

(97)

ISSN 1814-3520

№ 2
2015

ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Издательство Иркутского Государственного Технического Университета, 2015



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Издательство Иркутского Государственного Технического Университета, 2015



№ 2⁽⁹⁷⁾
2015

Издательство Иркутского Государственного Технического Университета

Редакционная коллегия

АФНАСЬЕВ А.Д., доктор физико-математических наук, профессор Иркутского государственного технического университета, главный редактор (Россия)

ПЕШКОВ В.В., доктор экономических наук, профессор Иркутского государственного технического университета, зам. главного редактора (Россия)

БОРОВИКОВ Ю.С., доктор технических наук, проректор Национального исследовательского Томского политехнического университета (Россия)

ВИСЯЩЕВ А.Н., кандидат технических наук, профессор Иркутского государственного технического университета (Россия)

ВОРОПАЙ Н.И., член-корреспондент РАН, директор Института систем энергетики СО РАН (г. Иркутск, Россия)

ГУТГАРЦ Р.Д., доктор экономических наук, профессор Иркутского государственного технического университета (Россия)

КУЗЬМИН М.И., академик РАН, советник РАН Института геохимии СО РАН (г. Иркутск, Россия)

ПАНТЕЛЕЕВ В.И., доктор технических наук, профессор Сибирского федерального университета (г. Красноярск, Россия)

ПЕТРОВ А.В., доктор технических наук, профессор Иркутского государственного технического университета (Россия)

ПОДЛЕСНЫЙ С.А., кандидат технических наук, Заслуженный работник высшей школы РФ, действительный член Международной академии наук высшей школы, советник ректора Сибирского федерального университета (г. Красноярск, Россия)

ПРОМТОВ А.И., доктор технических наук, профессор Иркутского государственного технического университета (Россия)

ПУЛЯЕВСКАЯ О.В., кандидат психологических наук, доцент Иркутского государственного технического университета (Россия)

РОГОЗНАЯ Н.Н., доктор филологических наук, профессор Иркутского государственного технического университета (Россия)

СНЕТКОВ В.И., доктор технических наук, профессор Иркутского государственного технического университета (Россия)

СТЫЧИНСКИ С.А., профессор Университета Отто-фон-Герике (г. Магдебург, Германия)

ХАО ДУНХЭН, профессор, ректор Шицзячжуанского Экономического Института (Китай)

ЯЗИКОВ Е.Г., доктор геолого-минералогических наук, профессор Национального исследовательского Томского политехнического университета (Россия)

Журнал основан в 1997 г.

Периодичность издания - ежемесячно

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство ПИ №ФС77-47902 от 22 декабря 2011 г.

Учредитель Иркутский государственный технический университет

Подписной индекс в каталоге
Агентства "Почта России" - 38237

Адрес редакции:
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, ауд. Д-215
e-mail: pgp@istu.edu

VESTNIK

of Irkutsk State Technical University

(97)
№ 2
2015

Editorial board

AFANASYEV A.D., Doctor of Physical and Mathematical sciences, Professor of the Irkutsk state technical university, Editor-in-Chief (Russia)

PESHKOV V.V., Doctor of Economics, Professor of the Irkutsk state technical university, Deputy Editor-in-Chief (Russia)

BOROVIKOV Yu.S., Doctor of technical sciences, Pro-Rector of the National Research Tomsk Polytechnic University (Russia)

VISYASHCHEV A.N., Candidate of technical sciences, Professor of the Irkutsk state technical university (Russia)

VOROPAI N.I., Corresponding Member of RAS, Director of the Energy Systems Institute SB RAS (Irkutsk, Russia)

GUTGARTTS R.D., Doctor of Economics, Professor of the Irkutsk state technical university (Russia)

KUZMIN M.I., Academician RAS, Councillor RAS of the Institute of Geochemistry SB RAS (Irkutsk, Russia)

PANTELEEV V.I., Doctor of technical sciences, Professor of the Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)

PETROV A.V., Doctor of technical sciences, Professor of the Irkutsk state technical university (Russia)

PODLESNYI S.A., Candidate of technical sciences, Honorary Worker of Russian Higher Education, Full Member of the International Higher Education Academy of Sciences, Rector's Adviser of the Siberian Federal University, (Krasnoyarsk, Russia)

PROMPTOV A.I., Doctor of technical sciences, Professor of the Irkutsk state technical university (Russia)

PULYAEVSKAYA O.V., Candidate of Psychology, Associate Professor of the Irkutsk state technical university (Russia)

ROGOZNAYA N.N., Doctor of Philology, Professor of the Irkutsk state technical university (Russia)

SNETKOV V.I., Doctor of technical sciences, Professor of the Irkutsk state technical university (Russia)

STYCZYNSKI S.A., Professor of the Otto-von-Guericke University (Magdeburg, Germany)

DONGHENG HAO, Professor, Rector of the Shijiazhuang University of Economics (China)

YAZIKOVE G., Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Professor of the National Research Tomsk Polytechnic University (Russia)

Publisher: Irkutsk State Technical University

The Journal was founded in 1997

Frequency of publication – monthly

The journal is registered with the Federal Agency for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Media (Roskomnadzor).

Certificate of registration № ПИ № ФС77-47902
of 22 December, 2011.

Founder: Irkutsk State Technical University

Subscription index in "Russian Post"
Agency catalogue - 38237

Address of the Publishers:
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074
Office D-215
e-mail: pgp@istu.edu

СОДЕРЖАНИЕ

Кибернетика.

Информационные системы и технологии

- | | |
|--|----|
| Городовская Ж.И., Иванько Я.М. Моделирование изменчивости сельского населения различных категорий на примере Иркутской области | 12 |
| Жидко Е.А. Методология формирования системы измерительных шкал и норм информационной безопасности объекта защиты | 17 |
| Хрусталеv Ю.П., Серышева И.А., Лузгин В.А., Ступина Е.А. Адаптация моделей временных рядов, содержащих детерминированные тренды..... | 22 |

Механика и машиностроение

- | | |
|---|----|
| Алейников Д.П., Лукьянов А.В. Исследование динамики крепления датчиков вибрации шпинделей обрабатывающих центров | 28 |
| Ботвенко С.И., Смольков П.С. Снижение коробления маложестких деталей из алюминиевых сплавов технологическими методами | 35 |
| Димов Ю.В., Подашев Д.Б. Температура в зоне резания при обработке эластичными абразивными кругами..... | 38 |
| Лихачев А.А., Герасимов В.В., Пашков А.А. Реализация системы управления процессом дробеударного формообразования на установках контактного типа | 42 |
| Нго Куанг Туен, Исаев А.И. Анализ результатов экспериментальных исследований влияния организации горения на эмиссию вредных веществ в газотурбинных двигателях..... | 47 |
| Осипов А.Г., Терпугов А.В. Влияние перепада температур базовой детали на работоспособность дизельного двигателя..... | 51 |

Науки о Земле

- | | |
|---|----|
| Буянтогтох Б., Турутанов Е.Х., Арвисбаатар Н. Морфология плотностных неоднородностей земной коры Улан-Баторского района (Монголия) по гравиметрическим данным..... | 56 |
| Гришковец В.Ю., Николаева Л.В. Бурение поисково-оценочных скважин с применением раствора на нефтяной основе | 65 |
| Леонтьев В.И. Крутопадающие минерализованные зоны как возможные рудоподводящие структуры золоторудного месторождения «Надежда» (Центральный Алдан) | 71 |
| Медведева С.А., Жмурова Т.М. Оценка профессиональных рисков работников на горно-добывающем участке «Северный» Заларинского месторождения гипса ООО «КнауфГипсБайкал» | 75 |
| Рященко Т.Г., Тирских С.А., Корнилова Т.А. Физико-механические свойства скальных грунтов строительной площадки в районе Удокана (на примере протерозойских песчаников) | 83 |
| Седых С.А. Создание геоинформационной системы экологического мониторинга в Забайкальском национальном парке | 89 |
| Семенов Р.М., Бадминов П.С., Лопатин М.Н., Оргильянов А.И., Крюкова И.Г. Гидрогеохимические исследования в Южном Прибайкалье в связи с поисками предвестников землетрясений | 94 |

СОДЕРЖАНИЕ

Строительство и архитектура

- **Алексеев В.В., Воронов Д.В., Каташевцев М.Д., Пахомовский А.Н.** Исследование гранулометрического состава эмульсий с помощью оптического микроскопа и методом автоматизированного распознавания объектов на цифровой фотографии 99
- **Зеленин А.М.** Технологические аспекты водовоздушной регенерации синтетической загрузки азотенка-биореактора 104
- **Пинус Б.И., Пинус Ж.Н., Хомякова И.В.** Изменение конструктивных свойств бетонов при охлаждении и замораживании 111
- **Преловская Е.С., Пуляевская Е.В.** Бульвары: архитектурный облик прошлого и настоящего 116
- **Рыбачук Н.А.** Старение битумного вяжущего 120
- **Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л.** Определение напряженно-деформированного состояния опор по новой программе «AutoRSS.02» и сравнение результатов расчета по существующим программным комплексам 125
- **Саландаева О.И.** Формирование архитектурно-конструктивных приемов жилой застройки г. Иркутска в условиях высокой сейсмичности 132
- **Халтурина Т.И., Чурбакова О.В., Бобрик А.Г.** Применение гальванокоагуляционной технологии для очистки хромсодержащих сточных вод 145

Транспорт

- **Катаргин В.Н., Хмельницкий С.В.** Обоснование выбора вида ремонта агрегатов транспортных средств на основе технико-экономической оценки, полученной на интегральной размерной модели 150
- **Попова Е.Е.** Экономико-организационные основы формирования региональных транспортно-логистических систем на пассажирском транспорте 156

Химия и металлургия

- **Гизетдинова А.Ф., Колесников С.С., Скорникова С.А.** Синтез и свойства бицеолитных материалов BEA/MOR 162
- **Карлина А.И.** Изучение механизма процесса гравитационного обогащения и совершенствование математических моделей процессов 168
- **Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В.** Экологические и ресурсосберегающие аспекты гальванотехники 173

Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь

- **Егоров В.Н., Нонг Куок Куанг.** Открытый двухзеркальный резонатор со смещенным образцом 184
- **Кузьмин О.В., Тимошенко А.А.** Анализ алгоритмов декодирования стандарта радиосвязи MIL-STD-188-141B 188

СОДЕРЖАНИЕ



Энергетика

- | | |
|---|-----|
| Дунаев М.П., Дунаев А.М. Алгоритмы диагностирования преобразователей частоты | 194 |
| Иванов С.Д., Кудряшов А.Н., Ощепков В.В. Определение параметров аэродинамического сопротивления элементов оборудования систем пылеприготовления котельных агрегатов по экспериментальным данным | 199 |
| Ле Конг Зань. Учет асинхронной нагрузки при моделировании несимметричных режимов электроэнергетических систем | 206 |
| Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Применение метода проводимостей для учета силы одностороннего магнитного притяжения асимметричного электромагнита | 214 |
| Чан Зюй Хынг. Снижение провалов напряжения в системах электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог | 218 |



Социально-экономические и общественные науки

- | | |
|--|-----|
| Абакарова Р.Ш. Необходимость модернизации сельского хозяйства как важнейшей части традиционной экономики | 224 |
| Алиева З.Б. Анализ реализации программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» в Республике Дагестан в 2013 году | 227 |
| Баярхуу Г. Проблемы регулирования инновационной деятельности в Монголии | 232 |
| Белокобыльский С.В., Мамаев Л.А. Анализ современных тенденций формирования и мониторинга систем менеджмента качества предприятия | 236 |
| Богунув Л.А. Анализ содержания компонентов управленческого экономического мышления менеджера | 242 |
| Зайцев А.М. Иностранные инвестиции как стратегический инструмент в системе внедрения инноваций ресурсодобывающих систем | 246 |
| Захаров С.В. Критерии и показатели финансовой эффективности оценки работы малых инновационных предприятий | 250 |
| Звягинцева Н.А. Оценка результативности регулирования рынка ценных бумаг (на примере рынка ценных бумаг США) | 253 |
| Камчаткина В.М. Некоторые отличительные особенности способов формирования фонда капитального ремонта | 262 |
| Колодин В.С., Быстрицкая Я.М. Современные проблемы розничных торговых предприятий Иркутской области: исследование мнений покупателей | 265 |
| Крапивкина О.А. Природа института особого мнения судьи в различных правовых системах | 269 |
| Москаленко Л.А. Уголовно-процессуальные проблемы приостановления предварительного следствия в связи с временным тяжким заболеванием подозреваемого или обвиняемого | 273 |
| Родивилина В.А. Некоторые вопросы применения видеоконференцсвязи в досудебном производстве | 278 |
| Тимофеева С.С., Иванова С.В., Рябчикова И.А., Волчатова И.В. Соревнования по лайфрестлингу как активный метод подготовки специалистов направления «Техносферная безопасность» | 281 |
| Торгашина И.Г. Рынок недвижимости: состояние и факторы роста | 287 |
| Шаламов Г.А., Фа Жу, Ли Шао Фэй. Девальвация российского рубля и падение цен на нефть | 291 |

VESTNIK

of Irkutsk State Technical University

CONTENTS

Cybernetics. Information Systems and Technologies

 Gorodovskaya Zh. I., Ivanio Ya.M. Modeling different category rural population variability for the case of the irkutsk region.....	12
 Zhidko E.A. Formation Methodology for the System of Protected Object Measuring Scales and Information Security Standards.....	17
 Khrustalev Yu.P., Serysheva I.A., Luzgin V.A., Stupina E.A. Adaptation of Models of the Time Series Containing Deterministic Trends	22

Mechanics and Mechanical Engineering

 Aleinikov D.P., Lukyanov A.V. Studying Fixation Dynamics of Machining Center Spindle Vibration Sensors	28
 Botvenko S.I., Smolkov P.S. Decreasing Buckling of Thin-Walled Parts from Aluminum Alloys through Technological Methods.....	35
 Dimov Yu.V., Podashev D.B. Cutting Zone Temperature under Elastic Flap Disc Machining.....	38
 Likhachev A.A., Gerasimov V.V., Pashkov A.A. Implementation of Shot Peen Forming Control System on Contact Type Installations.....	42
 Ngo Quang Tuyen, Isaev A.I. Analysis of the Results of Experimental Study of Burning Organization Effect on Hazardous Substance Emissions in Gas Turbine Engines.....	47
 Osipov A.G., Terpugov A.V. Base Member Temperature Gradient Effect on Diesel Engine Performance	51

Earth Sciences

 Buyantogto B., Turutanov E. Kh., Arvisbaatar N. Morphology of earth crust density inhomogeneity in the ulaanbaatar region (mongolia) by gravity data.....	56
 Grishkovets V.Yu., Nikolaeva L.V. Oil-Base Mud Drilling of Exploration Wells	65
 Leontiev V.I. Steeply Dipping Mineralized Zones As Probable Root Structures in "Nadezhda" Gold Ore Deposit (The Central Aldan).....	71
 Medvedeva S.A., Zhmurova T.M. Miners' Occupational Risk Assessment at "Severyn" Mining Site of the Zalarinsky Gypsum Deposit "KnaufGipsBaikal" LLC.....	75
 Ryashchenko T.G., Tirskikh S.A., Kornilova T.A. Physico-Mechanical Properties of Hard Rock Grounds of the Udokan Region Building Site (For the Case of Proterozoic Sandstones).....	83
 Sedykh S.A. Creation of the GIS System of Ecological Monitoring in the Zabaikalsky National Park	89
 Semenov R.M., Badminov P.S., Lopatin M.N., Orgilyanov A.I., Kryukova I.G. Hydrogeochemical Investigations in the Southern Baikal Region Due to the Search for Earthquake Precursors.....	94

CONTENTS



Construction and Architecture

- Alekseenko V.V., Voronov D.V., Katashevtsev M.D., Pakhomovskiy A.N.** Study of Emulsion Granulometric Composition by Means of an Optical Microscope and a Method for Automated Recognition of Objects in Digital Photos..... 99
Zelenin A.M. Technological Aspects of Water to Air Regeneration of Aerotank-Bioreactor Synthetic Loading..... 104
Pinus B.I., Pinus Zh.N., Khomyakova I.V. Change in Concrete Structural Properties under Cooling and Freezing..... 111
Prelovskaya E.S., Pulyaevskaya E.V. Boulevards: Architectural Image of the Past and Present (NR ISTU)..... 116
Rybachuk N.A. Aging of Asphalt Binder..... 120
Sabitov L.S., Kuznetsov I.L. Determination of Support Stress-Strain State by the New Program "AutoRSS.02" and Comparison of Calculation Results by Existing Software Systems..... 125
Salandaeva O.I. Formation of Architectural and Constructive Techniques for Irkutsk Residential Development under Conditions of High Seismicity..... 132
Khalturina T.I., Churbakova O.V., Bobrik A.G. Galvanocoagulation Technology Application for Chromiferous Wastewater Treatment..... 145



Transport

- Katargin V.N., S.V. Khmelnitsky** Substantiation of Vehicle Unit Repair Type Selection Based on the Technical and Economic Evaluation Obtained on an Integrated Dimensional Model..... 150
Popova E.E. Economic Organizational Bases for Regional Logistics and Transportation System Formation in Passenger Transport..... 156



Chemistry and Metallurgy

- Gizetdinova A.F., Kolesnikov S.S., Skornikova S.A.** Synthesis and Properties of BEA/MOR Co-Crystalline Zeolites..... 162
Karlina A.I. Study of the Gravity Separation Mechanism and Process Mathematical Model Improvement..... 168
Mikhailov B.N., Mikhailov R.V. Environmental and Resource Saving Aspects of Electroplating..... 173



Electronics, Measurement Technology, Radio Engineering and Communications

- Egorov V.N., Nong Quoc Quang.** Open Two-Mirror Resonator with a Displaced Specimen..... 184
Kuzmin O.V., Timoshenko A.A. Analysis of Decoding Algorithms of MIL-STD-188-141B Radio Communication Standard..... 188

VESTNIK

of Irkutsk State Technical University

CONTENTS



Power Engineering



⚡ Dunaev M.P., Dunaev A.M. Frequency Converter Diagnostic Algorithms.....	194
⚡ Ivanov S.D., Kudryashov A.N., Oshchepkov V.V. Determination of Aerodynamic Resistance Parameters of Boiler Unit Dust Production System Elements by Experimental Data.....	199
⚡ Le Cong Danh Asynchronous Loading Accounting When Modeling Asymmetrical Modes of Electrical Power Systems.....	206
⚡ Neyman L.A., Neyman V.Yu. Conductivities Method Application for Accounting Asymmetrical Electromagnet Single-Side Magnetic Attraction Force.....	214
⚡ Tran Duy Hung Decreasing Voltage Dips in Power Supply Systems of Non-Traction Railway Consumers.....	218



Socio-Economic and Social Sciences



💰 Abakarova R.Sh. Need for Agriculture Modernization As an Important Part of Traditional Economy.....	224
💰 Alieva Z.B. Analysis of the "Agriculture Development and Regulation of Agricultural Production, Raw Materials and Food Markets Program 2013–2020» Implementation in the Republic of Dagestan in 2013.....	227
💰 Bayarkhuu Gerelmaa Problems of Innovation Regulation in Mongolia.....	232
💰 Belokobylsky S.V., Mamaev L.A. Analysis of Modern Trends of Enterprise Quality Management Systems Formation and Monitoring.....	236
💰 Bogunov L.A. Component Content Analysis of Managerial Economic Thinking.....	242
💰 Zaitsev A.M. Foreign Investments As Strategic Tools in the Innovation Implementation System in Resource Extraction.....	246
💰 Zakharov S.V. Criteria and Indicators of Small Innovative Enterprise Financial Performance Evaluation.....	250
💰 Zvyagintseva N.A. Evaluating Securities Market Regulation Efficiency (For the Case of the USA Securities Market).....	253
💰 Kamchatkina V.M. Some Features of Major Repairs Fund Formation Methods.....	262
💰 Kolodin V.S., Bystritskaya Ya.M. Current Problems of Irkutsk Region Retailers: Customers' Opinion Survey.....	265
💰 Krapivkina O.A. On Judicial Dissenting in Different Legal Systems.....	269
💰 Moskalenko L.A. Criminal Procedure Problems of Preliminary Investigation Suspension Due to Temporary Severe Disease of the Suspect or the Accused.....	273
💰 Rodivilina V.A. Some Issues of Video Conferencing Application in Prejudicial Procedure..	278
💰 Timofeeva S.S., Ivanova S.V., Ryabchikova I.A., Volchatova I.V. Competition on Life Wrestling As an Active Method of Training Specialists in the Direction "Technosphere Safety".....	281
💰 Torgashina I.G. Real Estate Market: State And Growth Factors.....	287
💰 Shalamov G.A., Fa Zhu, Li Shao Fey Russian Ruble Devaluation and Drop in Oil Prices...	291





ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Уважаемые читатели!

Предлагаем вашему вниманию очередной выпуск научного журнала «Вестник Иркутского государственного технического университета».

Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, утвержденный ВАК Минобрнауки России.

«Вестник ИрГТУ» включен в Научную электронную библиотеку (eLIBRARY.RU), рассылается в Российскую книжную палату, ВИНТИ РАН, с 2013 года журнал включен в международный каталог периодических изданий «UlrichsPeriodicals Directory».

«Вестник ИрГТУ» реферируется и рецензируется.

Приглашаем вас к активному творческому сотрудничеству по научным направлениям:

- машиностроение и механика;
- энергетика и электроника;
- геология, поиски и разведка МПИ;
- техника и технология разработки месторождений твердых полезных ископаемых с учетом энергосбережения и экологических требований;
- геодезия и картография;
- охрана окружающей среды;
- химия и химические технологии;
- цветная металлургия;
- обогащение полезных ископаемых;
- строительные конструкции и материалы;
- коммунальное хозяйство;
- кибернетика, управление в сложных системах;
- философские, правовые, технико-экономические и социокультурные аспекты отношений человека к обществу и природе.

Редколлегия



VESTNIK

of Irkutsk State Technical University

Dear Readers!

We would like to bring to your attention the next installment of the scientific journal the "Bulletin of Irkutsk State Technical University" ("Vestnik of Irkutsk State Technical University"). The Journal is included in the list of the leading scientific journals and publications, where the key scientific

Results of doctoral (candidate) theses approved by the State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Ministry of Education are to be published.

The "ISTU Bulletin" is included in the Scientific Electronic Library (eLIBRARY.RU). It is sent to the Russian Book Chamber, VINITI Database RAS (Russian Academy of Sciences). The "ISTU Bulletin" has been also included into the international catalog of periodicals "UlrichsPeriodicals Directory" since 2013.

The "Bulletin of Irkutsk State Technical University" is abstracted and reviewed.

•You are welcome for active and creative collaboration in the following fields:

- Mechanical Engineering and Mechanics;
- Power Engineering and Electronics;
- Geology, Exploration and Prospecting for Mineral Deposits;
- Technique and Technology for Solid Minerals Development including Energy Saving and Environmental Requirements;
- Land Surveying and Cartography;
- Environmental Protection;
- Chemistry and Chemical Engineering;
- Metallurgy of Non-Ferrous Metals;
- Minerals Processing;
- Engineering Structures and Materials;
- Public Utilities;
- Cybernetics, Complex System Control;
- Philosophical, Legal, Technical and Economic, Socio-Cultural Aspects of Man's Attitude to Society and Nature.

Editorial Board





УДК 631.1:519-7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ© Ж.И. Городовская¹, Я.М. Иваньо²

Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского,
664038, Россия, Иркутский район, пос. Молодежный, 1/1.

На примере Иркутской области рассмотрены параметры, характеризующие численность сельского трудоспособного населения и людей старше трудоспособного возраста. Приведена статистика рождаемости и смертности сельского населения региона за 2005–2013 гг. Определены модели в виде трендов и авторегрессионных зависимостей, позволяющие прогнозировать численность различных категорий населения на 1–2 года. Приведены интервальные прогнозы демографических параметров с указанным упреждением, дополненные балансовой моделью, учитывающей рождаемость, смертность и миграцию населения.

Ключевые слова: трудоспособное сельское население; регион; моделирование; прогноз.

MODELING DIFFERENT CATEGORY RURAL POPULATION VARIABILITY FOR THE CASE OF THE IRKUTSK REGION**Zh. I. Gorodovskaya, Ya.M. Ivanio**

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky,
1/1, Molodezhny settlement, Irkutsk region, 664038, Russia.

The paper considers the parameters characterizing the number of able-bodied rural population and the people beyond the active working age on the example of the Irkutsk region. It provides the birth and death statistics 2005-2013 of regional country people and identifies the models in the form of trends and autoregression dependences allowing to predict the number of various categories of population in 1-2 years. The interval forecasts of demographic parameters with the specified anticipation supplemented by a balance model considering the birth rate, mortality and population shift are given as well.

Keywords: able-bodied rural population; region; modeling; forecast.

Иркутская область территориально относится к Сибирскому федеральному округу. Общая площадь региона составляет 774,8 тыс. км², что соответствует 4,5% площади территории Российской Федерации. Сельскохозяйственные угодья занимают 2,69 млн га, пашня – 1,88 млн га. Область относится к поясу рискованного земледелия. Больше половины (58%) объема сельхозпродукции вырабатывает животноводство. По данным министерства сельского хозяйства Иркутской области, регион обеспечивает себя собственными овощами на 71%, молоком и молочными продуктами – на 82%, мясом и мясными продуктами – на 57,5%, яйцом – на 165%.

В области действует 207 сельскохозяйственных организаций, 3238 крестьянских (фермерских) хозяйств и 176,6 тыс. личных подсобных хозяйств. На долю региона приходится 1,5% объема сельскохозяйственной продукции России и 8,9% – Сибирского федерального округа.

На обеспеченность предприятий агропромышленного комплекса (АПК) трудовыми ресурсами влияет динамика численности трудоспособного населения, обусловленная особенностями естественного движения населения: демографические процессы воспроизводства населения составляют количественную осно-

ву и естественную базу формирования трудовых ресурсов. Однако объем и качество производимой продовольственной продукции зависят не только от численности сельского трудоспособного населения, но и от квалификации сельских работников и производительности их труда, уровень которой обусловлен имеющейся материально-технической базой. Очевидно, что без внедрения новых технологий невозможно поднять уровень производства. При этом большое значение для рентабельности предприятий имеет возможность переработки продукции и наличие стабильных рынков сбыта. С учетом этих факторов необходимо рассматривать и сами демографические процессы, поскольку численность сельского населения и его изменчивость являются только одним из аспектов оценки обеспечения АПК трудовыми ресурсами. К этому следует добавить наличие различных категорий хозяйств, доля производства сельскохозяйственной продукции которых постоянно изменяется. В частности, в 2013 г. доля сельскохозяйственных предприятий составляла 38,0%, а крестьянских (фермерских) хозяйств – 7,0%.

Численность сельского населения Иркутской области на начало 2014 г., по данным Росстата, составляла 499 031 чел. или 20,6% от общего числа жителей

¹Городовская Жанна Игоревна, аспирант, тел.: 89140072414, e-mail: zhanna_gorodovsk@mail.ru
Gorodovskaya Zhanna, Postgraduate, tel.: 89140072414, e-mail: zhanna_gorodovsk@mail.ru

²Иваньо Ярослав Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры информатики и математического моделирования, тел.: 83952237692, e-mail: iasa_econ@rambler.ru
Ivanio Yaroslav, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Information Science and Mathematical Modeling, tel.: 83952237692, e-mail: iasa_econ@rambler.ru



региона. Отметим, что с 2005 по 2014 г. сельское население сократилось на 4,4% или на 23 073 чел.

Таким образом, построение моделей для прогнозирования изменчивости различных категорий сельского населения имеет большое значение для оценки использования кадрового потенциала АПК региона.

Рождаемость. Показатель рождаемости 2013 г. составил в сельской местности региона 19,2 на тыс. жителей. За 2001–2012 гг. прослеживается положительная динамика данного показателя – рост с 12,5 до 20,0. В 2013 г. этот показатель оказался ниже на 4,0% по сравнению с предыдущим годом.

Средняя ожидаемая продолжительность жизни в сельской местности региона по данным на 2013 г. оставила 64 года: женщин – 71 год, мужчин – 59 лет. С 2009 по 2013 гг. продолжительность жизни в сельской местности Иркутской области увеличилась на 2,5%. Естественный прирост сельского населения региона составил 4,8 тыс. человек при регистрируемом в РФ общем спаде численности населения. Естественный прирост сельского населения отмечается в области с 2007 г.

На рис. 1 показана динамика численности родившихся и умерших. Обе зависимости описываются с помощью логарифмической функции, обладающей высоким качеством по сравнению с другими выражениями. При этом точность тренда, оцениваемая коэффициентом детерминации, для числа родившихся выше по сравнению с показателем смертности.

Смертность. Общий показатель смертности в сельской местности Иркутской области в 2013 г. равен 14,4 чел. на 1000 жителей. За 2000–2013 гг. уровень смертности в сельской местности региона снизился на

11,8%. Постепенное уменьшение этого показателя наблюдается с 2005 г. За последние пять лет снижение смертности составило 1,4% – с 14,6 до 14,4 на тыс. жителей.

По уровню смертности в регионе лидируют такие районы, как Мамско-Чуйский, Катангский, Ленский, Нижнеудинский, с показателями 17 умерших на тыс. жителей. Причинами смертности в сельской местности региона в 2013 г. стали: болезни системы кровообращения (49,4%); травмы и отравления, включая отравления алкоголем, транспортные травмы, убийства и самоубийства (16,9%); новообразования (13,2%); болезни органов дыхания (5,7%); болезни органов пищеварения (5,2%); инфекционные и паразитарные болезни (4,0%); несчастные случаи и другие причины (5,7%) [5].

Младенческая смертность в 2013 г. в сельской местности региона составила 12,5 случаев на тыс. живых новорожденных. Показатель по России соответствует 9,4, что на четверть ниже, чем в Иркутской области. В последние годы в регионе наблюдается тенденция к снижению уровня данного показателя.

Рост рождаемости и снижение смертности обусловили увеличение естественного прироста сельского населения области с 4,2 до 5,4 чел. на 1000 жителей за период 2005–2014 гг.

Из графиков, представленных на рис. 1, видно, что интенсивность роста количества родившихся выше, чем темпы снижения числа умерших. Приведенные модели являются адекватными согласно оценке случайности остатка ряда. Они могут быть использованы для прогнозирования на 1–2 года, что подтверждает анализ ретроспективного прогноза с упрежде-

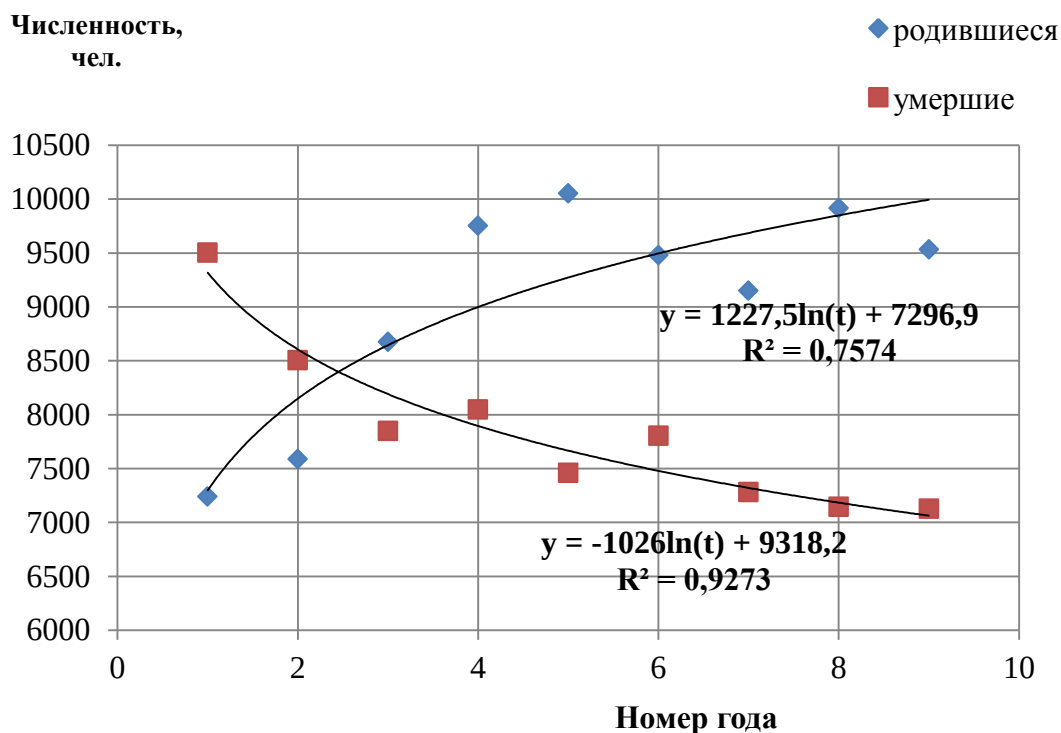


Рис. 1. Динамика численности родившихся и умерших в 2005–2013 гг. в Иркутской области



нием в 1 год: по рождаемости погрешность составляет 4,8%, а по смертности – 0,9%. Следует отметить, что точность интервального прогноза в зависимости от упреждения 1–2 года для смертности составляет 9,3–9,4%, а для рождаемости – 15,6–16,2%, при уровне значимости 0,05, что ниже аналогичного показателя для ретроспективного прогноза.

Помимо трендов, ряды рождаемости и смертности характеризуются высокими коэффициентами автокорреляции, что позволяет использовать авторегрессионные модели для прогнозирования числа родившихся и умерших с упреждением 1 год. Между тем трендовые зависимости предпочтительнее авторегрессионных функций благодаря более высокой точности по коэффициенту детерминации R^2 (R_1^2) и результатам ретроспективных прогнозов (табл. 1). При этом интервал прогнозирования для нелинейных трендовых моделей меньше, чем для авторегрессионных линейных зависимостей.

Миграция. Общие итоги миграции сельского населения Иркутской области имеют отрицательную тенденцию начиная с 2008 г. Если число мигрантов, прибывших на село за 2004–2013 гг., увеличилось в 1,5 раза, то число выбывших – в 2 раза. Так, в 2013 г. число жителей, покинувших сельские территории региона, возросло на 76,7% по сравнению с 2004 г., тогда как число прибывших – только на 47,3%. Основным фактором отрицательного значения миграции

является выбытие молодежи на обучение и службу в армии.

Таким образом, действие всех трех основных факторов, определяющих тренды динамики численности сельского населения Иркутской области, имеют противоречивый характер: рождаемость возрастает, смертность снижается, но при этом увеличивается отток населения из сельской местности.

Для прогнозирования количества прибывших и выбывших сельских жителей региона использованы трендовые и авторегрессионные модели (табл. 2).

Согласно данным, представленным в табл. 2, нелинейные трендовые модели точнее описывают миграционные процессы по сравнению с авторегрессионными функциями. Интервальные прогнозы приведены для уровня значимости 0,05.

Трудоспособное население. В регионе достаточно велика группа трудоспособного сельского населения, хотя численность его с каждым годом снижается. При этом увеличивается численность сельского населения старше трудоспособного возраста (рис. 2).

По данным переписи населения 2005 г., численность сельского населения трудоспособного возраста составила 61,1% от общей численности сельских жителей области, а в 2013 г. – 59,7%. При этом численность населения старше трудоспособного возраста увеличивалась и в 2013 г. находилась на уровне 20,6%, что на 3,6% больше показателя 2005 г. (рис. 2, б).

Таблица 1

Модели прогнозирования рождаемости и смертности сельского населения Иркутской области с заблаговременностью 1–2 года по данным за 2005–2013 гг., чел.

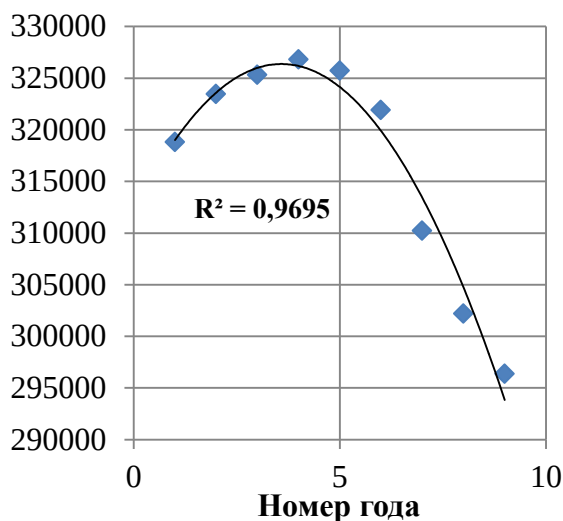
Характеристика	Уравнение	R^2 (R_1^2)	Прогноз на	
			2014 г.	2015 г.
Нелинейные трендовые модели				
Рождаемость	$y_t = 1227,5 \ln(t) + 7296,9$	0,76	10123±1587	10240±1666
Смертность	$y_t = -1026 \ln(t) + 9318,2$	0,93	6956±657	6858±638
Авторегрессионные модели				
Рождаемость	$y_i = 0,5949y_{i-1} + 3925,3$	0,62	9047±1490	9015±1484
Смертность	$y_i = 0,5161y_{i-1} + 3549,5$	0,66	7227±843	7213±806

Таблица 2

Модели прогнозирования миграции сельского населения Иркутской области с заблаговременностью 1–2 года по данным за 2005–2013 гг., чел.

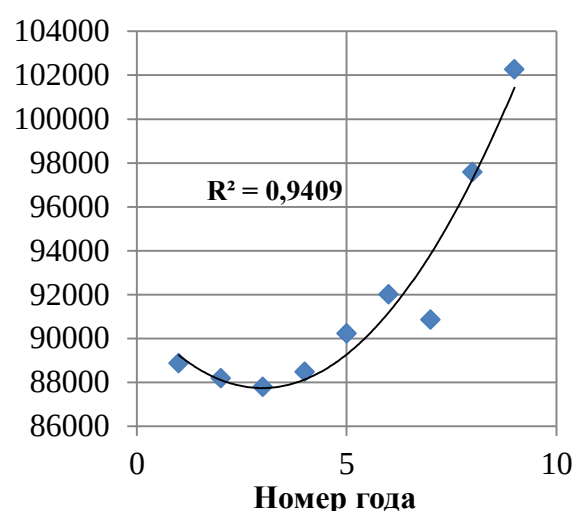
Характеристика	Уравнение	R^2	Прогноз на	
			2014 г.	2015 г.
Нелинейные трендовые модели (полином)				
Приток	$y_t = 327,73t^2 - 2527,6t + 13948$	0,84	21445±4031	25800±5305
Отток	$y_t = 255,76t^2 - 1496,5t + 12798$	0,74	23409±6221	27283±5873
Авторегрессионные модели				
Приток	$y_i = 0,9362y_{i-1} + 1372,1$	0,55	17143±6743	18177±6414
Отток	$y_i = 0,6784y_{i-1} + 5188,4$	0,28	18794±10033	20873±10510

Численность, чел.



а)

Численность, чел.



б)

Рис. 2. Численность трудоспособного сельского населения (а) и сельского населения старше трудоспособного возраста (б) Иркутской области за период 2005–2013 гг.

При моделировании динамики численности различных групп населения применяются тренды, авторегрессионные зависимости, балансовые соотношения и др. При этом следует учитывать специфику муниципальных образований и сельскохозяйственных территорий [1, 2 и др.].

Для моделирования изменения численности трудоспособного сельского населения y_1 и старше трудоспособного возраста y_2 (тыс. чел.) использованы статистические данные Иркутской области за 2005–2013 гг. (см. рис. 2), из различных нелинейных функций согласно критериям адекватности и точности выбраны полиномиальные тренды:

$$y_1 = -1107,6t^2 + 7932,4t + 312169; \quad (1)$$

$$y_2 = 379,1t^2 - 2266,6t + 91129, \quad (2)$$

где t – номер года.

Согласно критерию Фишера выражения (1) и (2) являются значимыми при уровне 0,05. На основе оценки остатка ряда модели являются адекватными.

Ретроспективный прогноз численности трудоспособного сельского населения на 2013 г. является достаточно точным. Расхождение фактической и прогнозной численности составило 0,9% или 2726 чел. Интервальный прогноз численности трудоспособного сельского населения Иркутской области по полиномиальному тренду на 2014 г. соответствует $274\,920 \leq y_1 \leq 286\,080$.

Что касается численности сельского населения региона старше трудоспособного возраста, то ретроспективный прогноз на 2013 г. также является достаточно точным: расхождение фактической и прогнозной численности составило всего 0,8% или 780 чел. Ин-

тервальный прогноз количества сельского населения Иркутской области старше трудоспособного возраста по полиномиальному тренду на 2014 г. соответствует $102996 \leq y_2 \leq 109804$.

Недостатком нелинейных трендовых моделей является преувеличение темпа снижения или роста показателей, что может привести к уменьшению точности результатов прогнозирования. Поэтому нелинейные тренды можно заменить линейными с учетом точки перелома (рис. 3) [4]. В этом случае интервальный прогноз численности трудоспособного сельского населения Иркутской области на 2014 г. соответствовал $280180 \leq y_1 \leq 299748$. В свою очередь прогностическое значение интервала количества сельского населения Иркутской области старше трудоспособного возраста по линейному тренду на 2014 г. составило

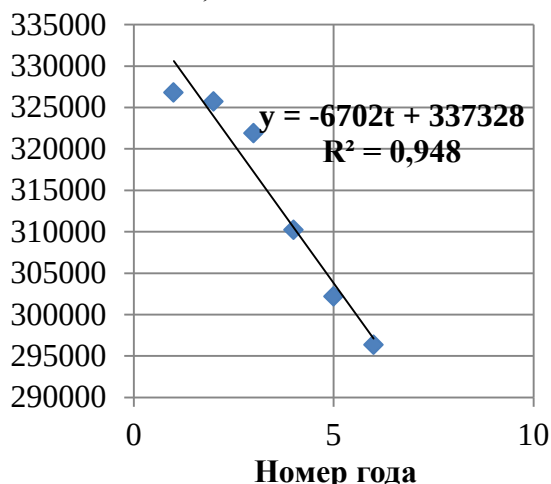
$$87\,994 \leq y_2 \leq 101\,700.$$

Помимо трендовых моделей, для оценки изменчивости численности сельского населения трудоспособного возраста и населения старше трудоспособного возраста использованы авторегрессионные модели благодаря их адекватности и точности (табл. 3).

Результаты сравнения моделирования численности трудоспособного сельского населения и сельского населения старше трудоспособного возраста по трендовым и авторегрессионным зависимостям показывают преимущество трендовых моделей, что связано с их более высокой точностью и меньшим относительным интервалом прогноза.

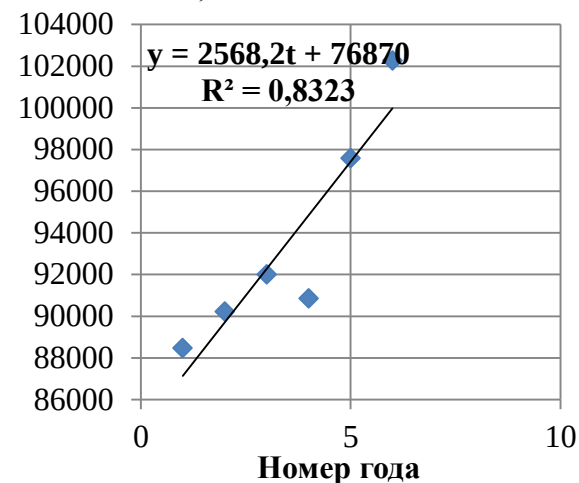
В ближайшие годы при сохранении действия указанных факторов (а для его изменения пока предположений не просматривается) численность сельского населения трудоспособного возраста в регионе будет продолжать сокращаться.

Численность, чел.



а)

Численность, чел.



б)

Рис. 3. Численность трудоспособного сельского населения (а) и сельского населения старше трудоспособного возраста (б) Иркутской области за период 2008–2013 гг.

Таблица 3

Авторегрессионные модели прогнозирования численности трудоспособного сельского населения и сельского населения старше трудоспособного возраста с заблаговременностью 1–2 года по данным за 2005–2013 гг., чел.

Характеристика	Уравнение авторегрессии	R_1^2	Прогноз на	
			2014 г.	2015 г.
Трудоспособное сельское население	$y_t = 1,232y_{t-1} - 77094$	0,81	288017±15576	286303±12776
Сельское население старше трудоспособного возраста	$y_t = 1,415y_{t-1} - 35954$	0,78	108744±7263	118122±6598

В целом наблюдается снижение общей численности трудоспособного сельского населения Иркутской области, которое сопровождается увеличением численности сельского населения старше трудоспособного возраста. Данная тенденция несет отрицательные последствия для экономики региона в целом. Поэтому необходимо повышать привлекательность региона для трудоспособного населения.

Следует отметить, что в работе [3] дан прогноз численности сельского населения Иркутской области на 2014 г., согласно которому интервал значения составил 496 617±10 321 чел.

Что касается прогноза на 2014 г. по балансовой модели, учитывающей рождаемость (10 123), смертность (6953), приток (21 445) и отток (23 409) сельского населения региона, то численность сельского насе-

ления региона составит 497 612 жителей, что выше на 0,2% по сравнению с предыдущим годом.

Таким образом, авторами приведены данные моделирования и прогнозирования численности различных групп сельского населения Иркутской области, динамика рождаемости, смертности и миграции. В результате исследования выявлено, что численность сельского населения региона будет увеличиваться благодаря превышению уровня рождаемости над смертностью, несмотря на отток населения из сел. Согласно предложенным моделям приведены прогнозы на 2014 и 2015 гг. Анализ качества моделей и ретроспективных прогнозов показывает, что прогноз с упреждением 2 года менее точен, чем прогноз с заблаговременностью в 1 год примерно на 3,5%.

Статья поступила 30.01.2015 г.

Библиографический список

- Бадмаев А.Д., Иванько Я.М. Оценка устойчивости сельскохозяйственного производства некоторых районов Иркутской области // Математические и информационные технологии в энергетике, экономике, экологии: тр. Всерос. конф. Иркутск: Изд-во ИСЭМ СО РАН, 2003. Ч. 2. С. 161–166.
- Городовская Ж.И., Иванько Я.М. О трудовых ресурсах сельского хозяйства Иркутской области // Современные проблемы и перспективы развития АПК: мат-лы региональной науч.-метод. конф. с междунар. участием, посвященной 80-летию ФГБОУ ВПО ИРГСХА. Иркутск: Изд-во ИРГСХА, 2014. Ч. 1. С. 10–14.
- Иванько Я.М., Астафьева М.Н. Моделирование устойчивого развития сельских территорий: учеб. пособие для студентов направления 080800 – Прикладная информатика. Иркутск: Изд-во ИРГСХА, 2012. 129 с.
- Иванько Я.М., Федосова Е.Г. Сценарии развития производства и переработки мясной продукции региона // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 11. С. 102–105.
- Численность населения по муниципальным образованиям на 1 января 2001 года: стат. бюллетень. Иркутск: Иркутскстат, 2001–2013 гг.



УДК 338.2

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ШКАЛ И НОРМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ© Е.А. Жидко¹

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет,
394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84.

Рассматривается возможность создания методологии формирования системы измерительных шкал и научно обоснованных норм информационной безопасности объектов защиты. Методология разрабатывается в интересах обеспечения требований Доктрины информационной безопасности Российской Федерации и базируется на логико-вероятностно-информационном подходе к разрешению проблемы в условиях XXI века.

Ключевые слова: безопасное и устойчивое развитие; конкурентоспособность; информационная безопасность; методология и методы моделирования.

FORMATION METHODOLOGY FOR THE SYSTEM OF PROTECTED OBJECT MEASURING SCALES AND INFORMATION SECURITY STANDARDS

E.A. Zhidko

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering,
84, 20-Letiya Oktyabrya St., Voronezh, 394006, Russia.

The article discusses the possibility of developing a formation methodology for the system of measuring scales and scientifically based standards of information security for the objects to be protected. The methodology is elaborated in order to implement the requirements of the Information Security Doctrine of the Russian Federation and is based on a logical and probabilistic information approach to resolving twenty-first century challenges.

Keywords: safe and sustainable development; competitiveness; informational security; methodology and simulation methods.

Введение. В Доктрине информационной безопасности Российской Федерации [1] в качестве одного из главных недостатков накопленной базы знаний и ресурса по проблеме отмечается: «... *противоречивость и неразвитость правового регулирования общественных отношений в информационной сфере приводят к серьезным негативным последствиям*» для личности, общества, государства и самого объекта. Проблема состоит в том, что необходимо обеспечить достижение интегральной цели [2] приоритетных объектов защиты (ОЗ), заданных Доктриной, то есть *безопасность и устойчивость их развития, в контексте* противоборства различных стран на политической арене и *конкурентной борьбы* в социально-эколого-экономическом аспекте в условиях информационной войны между ними. Цель достигается [5–8] путем заключения соглашений между странами о коллективной безопасности и взаимовыгодном сотрудничестве в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке XXI века на основе *координации* намерений и действий договаривающихся сторон по цели, месту и времени [9, 10, 12]. В интересах реализации этого пути «требуется безотлагательное решение такой задачи, как разработка критериев и методов оценки эффективности систем и средств обеспечения информационной безопасности (ИБ) приоритетных ОЗ» с целью устранения названного выше недостатка

накопленной базы знаний и ресурса по проблеме. Для решения задачи необходимо [7] разработать научно-методическое обеспечение программы исследований информационной безопасности приоритетных объектов защиты, заданных доктриной. Программа должна базироваться на едином алгоритме исследований и единой шкале оценки защищенности объекта от угроз нарушения его информационной безопасности. Научно-методическое обеспечение программы должно также способствовать созданию *единой системы подготовки кадров* по проблеме [1].

Постановка задачи. Согласно вышесказанному, *цель* создания единого алгоритма и единой шкалы программы исследований ИБ объекта – обеспечение его безопасного и устойчивого развития в заданном контексте, аспектах и условиях XXI века.

Путь достижения цели – устранение недостатков накопленной базы знаний и ресурса по проблеме, отмеченных в Доктрине, дальнейшее совершенствование ее достоинств.

Главная задача на этом пути – разработка теоретических основ системного математического моделирования ИБ ОЗ на основе [7–12]:

– *ER-концепции*, то есть *анализа* сущности исследуемых процессов и явлений, отношений между ними, влияющей на них атрибутики;

– *логико-вероятностно-информационного под-*

¹Жидко Елена Александровна, кандидат технических наук, профессор кафедры пожарной и промышленной безопасности, тел.: 89103454613, e-mail: lenag66@mail.ru

Zhidko Elena, Candidate of technical sciences, Professor of the Department of Industrial and Fire Safety, tel.: 89103454613, e-mail: lenag66@mail.ru



хода к реализации ЕР-концепции на основе комплексирования синтаксического, семантического и математического моделирования взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды объекта теоретически, эвентологическими и эмпирическими методами;

– *ветвления* интегральной цели объекта на частные в заданном контексте, аспектах и условиях; *фильтрации* ветвей, близких к оптимальным по ситуации и результатам; *управленческого консультирования* по *адекватной реакции* на угрозы нарушения ИБ объекта в статике и динамике условий XXI века.

Концептуально названные теоретические основы должны базироваться на утверждении (аксиоме) [5–7, 11]: безопасность и устойчивость развития (БУР) ОЗ является функцией его конкурентоспособности (КСП), одним из главных аргументов которой является своевременное и качественное информационное обеспечение (ИО) сведениями об истинных намерениях и действиях договаривающихся сторон в заданном контексте, аспектах и условиях. В обстоятельствах информационной войны одним из главных аргументов ИО становится защищенность объекта от угроз нарушения его ИБ. Одной из основных причин развязывания информационных войн является наличие противоречий в интересах договаривающихся сторон и приоритет собственных интересов у каждой из них. Это неизбежно приводит к возникновению информационного конфликта (ИК) между сторонами, возможность разрешения которого до, в процессе и после переговоров существенно влияет на требования к эффективности методов и систем обеспечения ИБ, приоритетных ОЗ, критериям их оптимизации по ситуации и результатам, адаптации к меняющимся условиям XXI века. Поэтому ИБ ОЗ следует рассматривать как функцию возможности разрешения ИК между договаривающимися сторонами, то есть ИО(ИБ(ИК)). В результате приходим к скобочной конструкции модели возможных исходов взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ОЗ в виде БУР(КСП(ИО(ИБ(ИК)))) ОЗ.

В этом случае программа исследований ИБ ОЗ на такой модели должна носить как минимум трехуровневый характер, в том числе:

1) на первом уровне – моделирование отношений вида БУР(КСП) ОЗ в заданном контексте, аспектах и условиях с целью адекватной реакции на угрозы нарушения устойчивости развития объекта;

2) на втором уровне – моделирование отношений вида КСП(ИО) в том же контексте, аспектах и условиях с целью адекватной реакции на угрозы нарушения КСП объекта и его продукции на внешних и внутренних рынках;

3) на третьем уровне – моделирование влияния человеческого, природного и других факторов на оценки ИО(ИБ(ИК)) на всех рассматриваемых уровнях с целью информационной и интеллектуальной поддержки управления устойчивостью развития и КСП ОЗ в условиях информационной войны за счет введения в состав объекта системы обеспечения его информационной безопасности (СИБ).

В результате приведенная выше скобочная кон-

струкция уточняется и приобретает вид

БУР(КСП(ИО(ИБ(ИК)))) ОЗ, его СИБ.

Согласно [6, 7], исследования на *каждом* таком уровне целесообразно обеспечить на основе введения *шестимерной системы координат* оценки состояний объекта требуемого целевого и функционального назначения, в том числе:

1) на первом уровне – три вида координат, устанавливающих *имя состояния* БУР ОЗ как функции устойчивости развития социальной, экологической и экономической систем объекта; а также два вида координат, устанавливающих влияние на состояние устойчивости внешних и внутренних политик, проводимых договаривающимися сторонами, и ограничений на их выбор, заданных действующим международным и национальным правом;

2) аналогично на втором уровне – три вида координат, устанавливающих *имя состояния* КСП(ИО) ОЗ, его *продукции* на внешних и внутренних рынках (структура пространства стратегических позиций объекта [4], его облик и траектория развития [6, 7]); два вида координат, отражающих влияние на состояние КСП таких факторов, как наличие у ОЗ [7] политики ИБ, регулирующей ее реализацию системы документационного обеспечения управления циклами информационной и интеллектуальной поддержки защищенности объекта от угроз нарушения его ИБ;

3) аналогично на третьем уровне – три вида координат, устанавливающих *имя состояния* ИО(ИБ(ИК)) как функции [7] осведомленности, интеллектуального потенциала и мотивации лиц, принимающих решения по реакции на угрозы нарушения ИБ объекта; два вида координат, устанавливающих влияние на адекватность решений этих лиц вызовам им извне и изнутри, а также проводимой на объекте кадровой политики. В качестве *интегрального эффекта* рассматриваются *промахи и ошибки* названных лиц в оценке степени опасности угроз нарушения ИБ(ИК), адекватности их реакции на угрозы.

С целью принятия количественно и качественно обоснованных решений по адекватной реакции на угрозы нарушения устойчивости развития ОЗ система координат каждого уровня должна быть снабжена системой измерительных шкал по каждой координате и нормами для оценки возможных исходов взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ОЗ. Конечная *цель* в этом случае – обеспечение *адекватной реакции* на угрозы нарушения ИБ объекта с негативными последствиями для личности, общества, государства и самого ОЗ.

Методология формирования системы измерительных шкал и норм информационной безопасности объекта защиты. Согласно вышеизложенному, данная методология предназначена для создания научно-методического обеспечения программы исследований ИБ ОЗ, базирующейся на едином алгоритме и единой шкале оценки эффективности методов и систем защиты информации. Конечная цель исследований – адекватная реакция на угрозы нарушения ИБ ОЗ с негативными последствиями для личности, общества государства и самого объекта. Путь достиже-



ния цели – научно обоснованный *выбор критериев* оптимизации и адаптации названных методов и систем по ситуации и результатам в статике и динамике условий XXI века.

Главная задача исследований на этом пути – формирование системы координат, измерительных шкал и норм ИБ объекта как основы для создания единого алгоритма программы исследований его ИБ и адекватной реакции на угрозы ее нарушения. Исходя из приведенной выше постановки задачи, разработка *методологии* ее решения должна обеспечить:

- *распознавание ситуации*, которая формируется во внешней и внутренней среде ОЗ в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке XXI века;

- *предвидение возможных исходов* взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды объекта, их приемлемости для личности, общества, государства и самого объекта;

- *адекватную реакцию на угрозы* нарушения ИБ ОЗ, которые влекут за собой критические и неприемлемые последствия.

Единый алгоритм таких исследований можно разработать, исходя из следующих общих свойств элементов синтаксической трехуровневой модели БУР(КСП(ИО(ИБ(ИК)))) ОЗ, его СИБ:

1. Наличие *дуэли* между сторонами А и В, которые пытаются договориться между собой о коллективной безопасности и взаимовыгодном сотрудничестве в условиях противоборства, конкурентной борьбы и информационной войны. Последние порождаются противоречиями в интересах сторон и создают неопределенность ситуации. В этом случае математическая модель дуэли ассоциируется с теоремами о вероятностях полной группы логически связанных событий в статике, теоремой Байеса и принципом Беллмана в динамике процесса: «намерения и действия нападающей стороны – противодействие ей атакуемой стороны – ответные меры нападающей, и так далее».

2. *Вероятности* возможных *исходов дуэли* являются функцией меры информации, которую получают лица, принимающие решения в условиях неопределенности ситуации с учетом влияния на исходы дуэли человеческого, природного, других объективных и субъективных факторов. Поэтому своевременное получение меры информации, необходимой и достаточной для адекватной реакции на угрозы нарушения ИБ ОЗ, также носит вероятностный характер. В этом случае имена состояний объекта в заданном контексте, аспектах и условиях ассоциируются с теоремами о вероятностях своевременного получения необходимой и достаточной качественной меры информации. Такие теоремы, как известно, аналогичны теоремам о вероятностях логически связанных событий. Это создает основу для формирования *синтаксической модели логико-вероятностно-информационного подхода* к оценке защищенности объекта от угроз нарушения его ИБ теоретическими методами с позиций ER концепции.

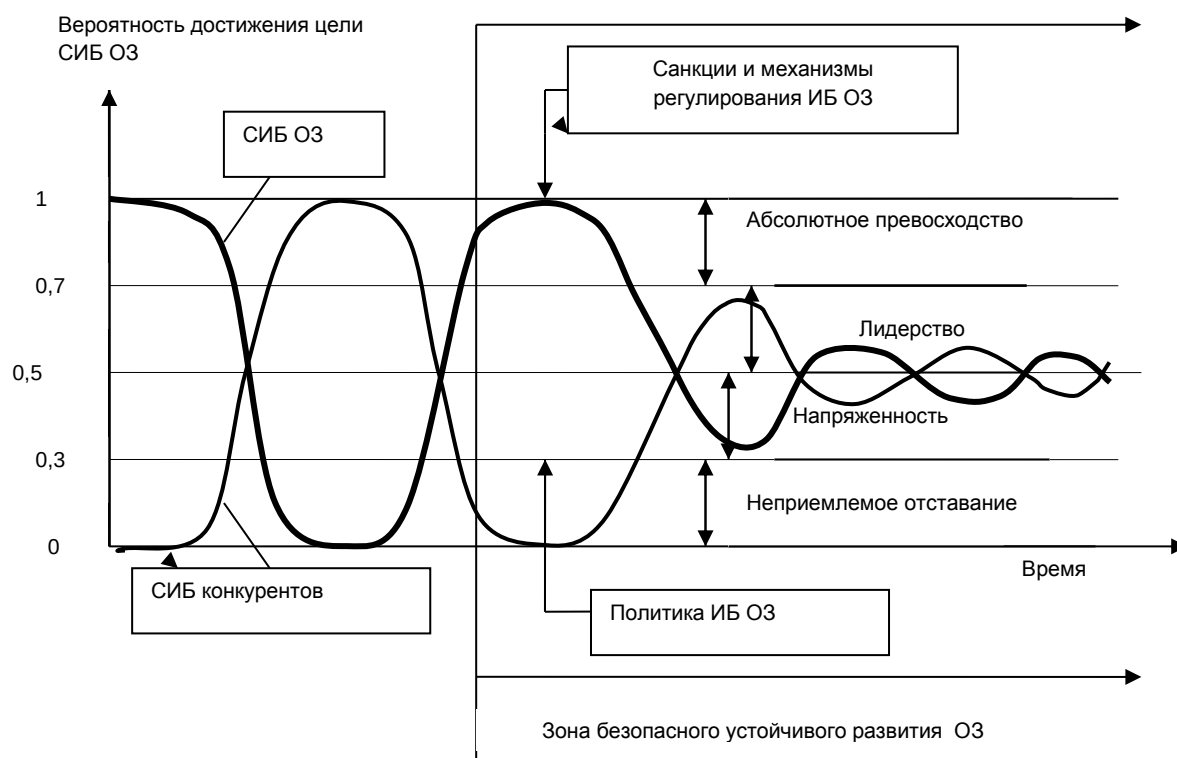
3. С целью распознавания реально складываю-

щейся обстановки во внешней и внутренней среде объекта, а также прогноза тенденций ее развития (то есть для распознавания ситуации), целесообразно воспользоваться универсальной математической моделью лингвистической переменной. В нашем случае такая переменная приобретает вид: «*имена возможных исходов дуэли между сторонами А и В – количественные и качественные характеристики аргументов имен состояний объекта защиты*», адекватные принятой трехуровневой конструкции синтаксической модели БУР(КСП(ИО(ИБ(ИК)))) ОЗ, его СИБ». Введение данной лингвистической переменной дает возможность разработать синтаксические, адекватные им семантические и математические модели защищенности объекта как теоретическими, так и эвентологическими методами с учетом влияния человеческого, природного и других фактов на возможные исходы дуэли в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке.

На современном этапе для оперирования с лингвистической переменной теоретическими и эвентологическими методами применяется [3, 11] универсальный прием введения начала отсчета возможных исходов. С этой целью в теории прогнозирования и принятия решений используется нормальный закон распределения плотности вероятности исходов с центральной симметрией в статике и аналогичный закон распределения вероятности исходов в динамике. Такой же прием используется в теории информации для введения начала отсчета вероятности своевременного получения необходимой и достаточной качественной меры получаемой информации. В эвентологии, используя тот же прием, оперируют с теоремами о распределении функции принадлежности возможных исходов к функции их полезности с точки зрения достижения целей объекта.

Наличие центральной симметрии в принятом нормальном законе делит всю область определения вероятности исходов на две подобласти: *упущенная выгода или причиненный ущерб* – в зависимости от промахов и ошибок лиц, принимающих решения по реакции на угрозы нарушения ИБ объекта. Дальнейшая градация подобластей возможна на основе определения координат особых точек в принятом законе. Ими являются: нижний и верхний пределы значений вероятности и функции принадлежности (0 и 1); точка перегиба, 0,5, которая разделяет названные подобласти; координаты точек выпуклости на уровне $(0,75 \pm 0,05)$ и вогнутости на уровне $(0,25 \pm 0,05)$, которые образуют дополнительные градации в названных подобластях. В результате формируются градации возможных исходов дуэли на всех рассматриваемых уровнях скобочной конструкции модели устойчивости развития ОЗ, что создает основу для нормирования уровней защищенности.

На рис. проиллюстрирован процесс формирования измерительной шкалы оценки эффективности СИБ ОЗ с учетом вышесказанного.



Семантическая процессная модель дуэли сторон А (СИБ ОЗ) и В (СИБ конкурентов) в виде шкалы оценки ее возможных исходов в общем виде

Очевидно, что зона безопасного и устойчивого развития объекта формируется в результате управления циклами информационной и интеллектуальной поддержки состояний абсолютного превосходства и лидерства. Состояние напряженности следует рассматривать как критическое, а чередование состояний «лидерство–напряженность» и обратно – как режим динамического равновесия возможных исходов дуэли в заданном контексте, аспектах и условиях.

Диспропорции между теоретически принятыми нормальными законами и реально действующими на практике будем рассматривать как его искажения. В результате возникает *задача асимптотического приближения* характеристик реально складывающейся и прогнозируемой обстановки к адекватным им характеристикам других известных законов распределения показателей эффективности методов и СИБ ОЗ.

Покажем возможность трансформации синтаксической и семантической моделей дуэли сторон А и В в адекватную им систему математических моделей в общем виде.

Согласно теореме о вероятности полной группы логически связанных событий, математическая модель возможных исходов переговоров между сторонами А и В приобретает вид

$$P_A^{(K \cap Ac \cap Yc)} + P_B^{(K \cap Ac \cap Yc)} = 1, \quad (1)$$

где первое слагаемое – вероятность (P) достижения интегральной цели стороны А, то есть устойчивости ее развития в заданном контексте (K), аспектах (Ac) и условиях (Yc); второе слагаемое – то же для стороны В. Далее в записи P(A) и P(B). Тогда, согласно (1),

намерения и действия одной из сторон существенно зависят от истинных намерений и действий другой, т.е.

$$P(A) = 1 - P(B). \quad (2)$$

В силу принятого деления вероятностей интегрального исхода дуэли (рис. 1) на две подобласти, будем рассматривать следующие *типовые ситуации*:

– «Да», то есть возможен положительный исход дуэли, если стороны, А и В, стремятся к договоренностям в заданном контексте, аспектах и условиях;

– «Нет», если хотя бы одна из сторон занимает враждебную и непримиримую позицию по отношению к другой;

– «Не знаю», если обе стороны готовы пойти навстречу друг другу на основе учета возможностей и приоритетных интересов каждой из них.

В любом случае интегральный исход переговоров в силу (2) носит *условный* характер и аналогичен теореме о вероятности совмещения событий А и В. Логико-аналитическое выражение вероятности достижения необходимого интегрального исхода в этой ситуации подчинено правилу их умножения, т.е.

$$P(A \cap B) = P(B)P(A/B). \quad (3)$$

Вероятность P(A/B) не определена, если P(B) = 0.

Очевидно, что проблемными являются вторая и третья типовые ситуации. С целью их предупреждения и успешного разрешения необходимо выявить причины возникновения проблемных ситуаций. С этой целью осуществляется ветвление интегрального исхода дуэли на частные исходы в заданном контексте, ас-



пектах и условиях. После чего осуществляется ветвление частных исходов по основаниям:

- цель, место и время действий, диапазон условий и поле проблемных ситуаций;
- природа и масштабы объекта, сложность его внешних и внутренних структурных связей, детерминированность и цикличность процесса взаимосвязанного развития его внешней и внутренней среды, их информационная обеспеченность;
- причинно-следственные связи, движущие силы, генеральные цели, законы и закономерности взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды ОЗ.

Это позволяет по результатам предпрогнозных исследований (задача анализа) *априори* получить *исходную информацию*, необходимую и достаточную для разработки *панорамы* благоприятных и проблемных ситуаций, которые складываются во внешней и внутренней среде ОЗ, что дает возможность научно количественно и качественно обосновать структуру пространства стратегических позиций объекта в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке. Наличие панорамы позволяет *апостериори* получить *адекватную панораму возможных исходов* взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды объекта на основе применения высоких технологий комплексного прогнозирования [5, 11].

Тогда выбор адекватной реакции на угрозы нарушения ИБ ОЗ сводится к постановке и решению задачи синтеза методов и СИБ, близких к оптимальным по ситуации и результатам, адаптивных к меняющимся условиям XXI века [6, 7]. Фактически речь идет о проектировании облика ОЗ, его СИБ и программно-целевом планировании траектории их безопасного и устойчивого развития, базирующихся на критериях оптимизации и адаптации проектов и программ к реально складывающейся и прогнозируемой обстановке. При этом устойчивость развития объекта достигается скоординированными намерениями и действиями сторон по цели, месту, времени, диапазону условий и полю проблемных ситуаций. Координация возможна:

- либо за счет совмещения частных исходов, полезных с точки зрения достижения требуемого интегрального исхода дуэли. Такая ситуация аналогична логической схеме «И»;
- либо за счет компенсации слабых намерений и действий одной из сторон сильными намерениями и действиями другой в заданном контексте и аспектах в условиях информационной войны. Эта ситуация равносильна логической схеме «ИЛИ – И»;
- либо за счет ликвидации слабых сторон и/или дальнейшего наращивания сильных сторон намерений и действий в заданном контексте, аспектах и условиях. Эта ситуация ассоциируется как комбинация первых двух. Она адекватна логической схеме «И – ИЛИ – И».

В результате приходим к выводу о том, что:

- математической модели ветвления интегрального исхода по логической схеме «И» ставится в соответствие теорема о вероятности совмещения всех событий, образующих ситуацию (3) в заданном кон-

тексте, аспектах и условиях:

$$P(A \cap B) = P(A^{(ИБ)} \cap B^{(ИБ)}) \\ P(A^{(КБ)} \cap B^{(КБ)}) P(A^{(ИБ)} \cap B^{(ИБ)}); \quad (4)$$

- математической модели ветвления интегрального исхода по схеме «ИЛИ – И» ставится в соответствие теорема о вероятности осуществления хотя бы одного из N независимых в совокупности событий:

$$P(A \cap B) = 1 - \{(1 - P(A^{(ИБ)} \cap B^{(ИБ)})) \cdot \\ \cdot (1 - P(A^{(КБ)} \cap B^{(КБ)})) \cdot (1 - P(A^{(ИБ)} \cap B^{(ИБ)}))\}; \quad (5)$$

- математической модели комбинированного ветвления интегрального исхода по схеме «И – ИЛИ – И» ставится в соответствие теорема о совмещении событий не менее n и точно [n] из N (не обязательно независимых) событий. Логико-аналитическое выражение модели в этом случае представляет собой комбинацию моделей (4) и (5) по ситуации.

В результате получаем многомерную, многофакторную и многокритериальную задачу принятия решений, оптимизация которых должна базироваться на *выборе схем компромисса и адекватных им математических моделей оптимизации* [11] методов и СИБ ОЗ. Предварительный анализ достоинств и недостатков известных подходов к решению таких задач привел к выводу о том, что в нашем случае целесообразно воспользоваться комплексом таких критериев, как:

- *необходимо*, согласно требованиям нормативно-правовых документов по информационной безопасности, «И» *потенциально возможно* при достигнутом уровне развития науки, техники и технологий по проблеме;
- «И» *реально достижимо* обеспечить требуемую безопасность и устойчивость развития объекта «ПРИ» *допустимых, критических и/или неприемлемых информационных рисках, их последствиях*.

Выбор схем компромисса и адекватных им принципов оптимальности целесообразно осуществлять с позиций: максимального использования накопленной базы знаний и ресурса по проблеме; разумной достаточности, последовательных уступок и равенства; необходимого и достаточного приближения реального к потенциально возможному и необходимому; гарантированного уровня развития и гибкого приоритета; глобальной оптимизации с целью достижения требуемого исхода дуэли на основе координации намерений и действий сторон А и В. Заметим, что научное обоснование системы схем компромисса и адекватной им системы принципов оптимизации остается проблемным до сих пор.

Заключение. Методология формирования системы измерительных шкал и норм ИБ ОЗ предназначена для создания *единого алгоритма* исследований на *системной математической модели* взаимосвязан-



ного развития его внешней и внутренней среды *адекватной скобочной конструкции* вида БУР (КСП (ИО (ИБ (ИК))) ОЗ, его СИБ. Методология включает операции распознавания ситуации; предвидения возможных исходов дуэли сторон А и В в заданном Доктриной контексте, аспектах и условиях; адекватной реакция на угрозы нарушения ИБ объекта. Единый алгоритм исследований базируется на общих свойствах аргументов, приведенных в скобочной конструкции модели, таких как: наличие дуэли, вероятностного характера ее исходов и возможности использования универсальной математической модели лингвистической переменной вида: «имя состояния устойчивости развития объекта – области определения его параметров» в заданном контексте, аспектах условиях. Реализация такого алгоритма базируется на системе шестимерных координат оценки исходов дуэли на каж-

дом из трех уровней приведенной скобочной конструкции модели устойчивости развития (безопасность, конкурентоспособность, влияние на них человеческого и других факторов). Каждая координата снабжается измерительной шкалой и нормами требуемого целевого и функционального назначения.

Перспективными направлениями дальнейшего развития и совершенствования предложенной методологии являются:

- совершенствование теоретических основ математического моделирования информационной безопасности объектов защиты;

- поиск универсального алгоритма «глобальной» оптимизации интегрального исхода дуэли между сторонами А и В в условиях XXI века.

Статья поступила 16.01.2015 г.

Библиографический список

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации от 09.09.2000, № Пр. 1895 [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901770877>
2. Концепция безопасности и устойчивости развития планеты Земля (принята ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 г.) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.unepcom.ru/development>
3. Воробьев О.Ю. Эвентология. Красноярск: Изд-во СибФГУ, 2007. 434 с.
4. Ефремов В.С. Стратегическое планирование в бизнес-системах. М.: Финпресс, 2001. 240 с.
5. Жидко Е.А., Попова Л.Г. и др. Интегрированный менеджмент XXI века: парадигма безопасного и устойчивого (антикризисного) развития: монография. Воронеж: Изд-во Воронеж. государственного архитектурно-строительного университета, 2011. 168 с.
6. Жидко Е.А., Попова Л.Г. и др. Интегрированный менеджмент XXI века: проектное управление устойчивостью развития: учеб. пособие. Воронеж: Изд-во Воронеж. государственного архитектурно-строительного университета, 2011. 168 с.
7. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Информационная безопасность: концепция, принципы, методология исследования: монография. Воронеж: Изд-во ВГАСУ, 2013. 175 с.
8. Жидко Е.А. Экологический менеджмент как фактор эколого-экономической устойчивости предприятия в условиях рынка: монография. Воронеж: Изд-во ВГАСУ, 2009. 170 с.
9. Колмогоров А.Н. К логическим основам теории информации и теории вероятностей // Проблемы передачи информации. 1969. № 3. С. 3–7.
10. Колмогоров А.Н. Три подхода к определению понятия «количество информации» // Проблемы передачи информации. 1965. Т. 1. Вып. 1. С. 25–38.
11. Саркисян С.А., Лисичкин В.А., Минаев Э.С. и др. Теория прогнозирования и принятия решений. М.: Высш. шк., 1977. 351 с.
12. Харкевич А.А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. 1960. № 4. С. 53–57.

УДК 004.94

АДАПТАЦИЯ МОДЕЛЕЙ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ТРЕНДЫ

© Ю.П. Хрусталева¹, И.А. Серышева², В.А. Лузгин³, Е.А. Ступина⁴

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Исследуются вопросы адаптации временных рядов, содержащих детерминированные тренды. В отличие от временных рядов, описываемых моделями авторегрессии-скользящего среднего, адаптацию которых можно выполнять, используя метод стохастического квазиградиента, рассматриваемый случай требует отдельной подстройки вектора параметров авторегрессии, скользящего среднего и величин детерминированных трендов. Предлага-

¹Хрусталева Юрий Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники, тел.: (3952) 405107, e-mail: khurstalev@istu.irk.ru

Khurstalev Yuri, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, tel.: (3952) 405107, e-mail: khurstalev@istu.irk.ru

²Серышева Ирина Анатольевна, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем, тел.: (3952) 405164, e-mail: sia_cyber@mail.ru

Serysheva Irina, Senior Lecturer of the Department of Automated Systems, tel.: (3952) 405164, e-mail: sia_cyber@mail.ru

³Лузгин Виктор Анатольевич, студент, тел.: 89641292000, e-mail: kepuby@inbox.ru

Luzgin Victor, Student, tel.: 89641292000, e-mail: kepuby@inbox.ru

⁴Ступина Елена Алексеевна, студентка, тел.: 89641296225, e-mail: ludus-stu@ya.ru

Stupina Elena, Student, tel.: 89641296225, e-mail: ludus-stu@ya.ru



ется методика решения подобных задач.

Ключевые слова: модели временных рядов; стохастическая аппроксимация; полиномиальные тренды; групповые эталоны.

ADAPTATION OF MODELS OF THE TIME SERIES CONTAINING DETERMINISTIC TRENDS

Yu.P. Khrustalev, I.A. Serysheva, V.A. Luzgin, E.A. Stupina

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The adaptation problems of the time series containing deterministic trends are considered in the article. Unlike the time series described by autoregressive moving-average models, which can be adapted using a stochastic quasigradient method, the case under investigation demands a separate fine tuning of a parameter vector autoregressive, moving average and the parameters of deterministic trends. The methods to solve similar tasks are proposed.

Keywords: time series models; stochastic approximation; polynomial trends; reference group.

Параметрическая оптимизация стохастических систем (СС) заключается в восстановлении их состояния на основе использования математических моделей [1]. Другими словами, одной из основных задач, связанных с параметрической оптимизацией СС, является оценка этих систем по результатам измерений. Если с таких позиций рассматривать вопрос обработки данных, получаемых в процессе функционирования групповых эталонов, то при конструировании алгоритмов, входящих в состав информационно-измерительных систем групповых эталонов (в частности, эталонов времени и частоты (ВиЧ)), можно использовать основные положения теории стохастических систем, изложенные в фундаментальной монографии [2], на которые мы опираемся в данной работе.

Одно из основных понятий теории СС – «состояние системы» – трактуется как вектор важнейших параметров, подлежащих оцениванию. Применительно к эталонам времени и частоты в качестве таких параметров обычно рассматриваются относительные отклонения частоты квантово-механических стандартов (мер времени и частоты), входящих в состав групповых эталонов (в Российской Федерации это водородные стандарты частоты, или, проще, водородные генераторы). Система позволяет измерять разности относительных отклонений частоты генераторов от приписанных им значений. Не вдаваясь в технические подробности, можно сказать, что при схеме измерений «каждый с опорным» результаты $z_i(s)$ представляют собой разности относительных отклонений частоты опорного генератора $y_{оп}$ и частоты y_i генератора под номером i . Опорным будем считать генератор с номером 1, что не меняет общности разрабатываемой математической модели; i принимает значение от 2 до n , n – число генераторов в групповом эталоне. Таким образом,

$$z_i(s) = y_1(s) - y_i(s) + \varepsilon(s), \quad (1)$$

где s – дискретное время, $\varepsilon(s)$ – погрешность измерений.

Обычно интервал между измерениями составляет одни сутки. При обработке данных, получаемых на суточных интервалах, шумами измерений, ввиду их малости, пренебрегают.

Из уравнения (1) видно, что измерения описыва-

ются линейными уравнениями с матрицей измерений H :

$$H = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & -1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & -1 \end{bmatrix}.$$

В результате система измерений, выполняемых в групповых эталонах, имеет вид [3]

$$Z = H \cdot Y \quad (2)$$

Ранг матрицы H равен $n - 1$. В этом случае решение уравнения (2) находится с помощью псевдообратной матрицы. Тогда составляющая y_1 – относительное отклонение частоты опорного генератора – равна среднему арифметическому результатов измерений:

$$\hat{y}_1(s) = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^n z_i(s). \quad (3)$$

Из теории СС следует, что оценка их состояния находится с помощью математических моделей, описывающих динамику системы. В рассматриваемых системах – групповых эталонах физических величин – результаты измерений упорядочены во времени, т.е. являются равнопромежуточными временными рядами, поэтому при обработке данных естественно использовать модели временных рядов – модели авторегрессии-скользящего среднего (динамические стохастические модели). Поскольку при обработке данных, получаемых на суточных интервалах, шумами измерений можно пренебречь, то для определения вектора состояния $Y(s)$ достаточно получить оценку состояния $\hat{y}_i$ какой-либо из составляющих вектора Y . Оценки остальных составляющих найдутся непосредственно из результатов измерений при замене величины y_i ее оценкой $\hat{y}_i$.

Оценка $\hat{y}_1$ находится с использованием прогнозирующих моделей по формуле [3]:

$$\hat{y}_1(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^n (z_i(s) + \hat{y}_i(1)), \quad (4)$$

где $\hat{y}_i(1)$ – прогноз величины y_i , вычисленный на предыдущем такте обработки данных. (В выражении (4) суммирование ведется при индексах i , меняющихся от 1 до n , для чего в сумму добавлено «фиктивное

измерение» $z_1 = y_1 - \hat{y}_1 = 0$. Это дает возможность использования формулы (4) с учетом прогноза $\hat{y}_1(s)$.

Прогнозирующие модели авторегрессии-скользящего среднего (АРСС) строятся с помощью широко известной методики Бокса-Дженкинса [4]. В процессе функционирования групповых эталонов выполняются косвенные измерения z_i . Методика построения моделей АРСС по результатам косвенных измерений детально изложена в работах [3, 5, 6]. Бокс и Дженкинс придерживаются мнения, что для получения «достаточно хороших» моделей временных рядов необходимо иметь временные ряды, содержащие не менее ста точек. При обработке данных, получаемых на суточных интервалах, такое требование приводит к большой временной задержке между моментами ввода в эталон новых генераторов (или после их перенастройки) и моментами включения результатов измерений с их участием в состав группы (т.е. при вычислении оценки $\hat{y}_1$ по формуле (4)). Наиболее приемлемый подход для уменьшения этой задержки заключается в использовании адаптивных процедур.

Адаптивные процедуры, разработанные в рамках теории СС, опираются на методы стохастической аппроксимации. Ю.М. Ермольев [7] рассматривает метод стохастического квазиградиента, который был использован авторами настоящей статьи для адаптации одномерной модели временного ряда [8]. При этом строилась последовательность точек:

$$\beta_{s+1} = \pi_\beta(\beta_s - \rho_s \alpha_s \beta_s), \quad (5)$$

где β_s – вектор параметров модели на такте s ; π_β – операция проектирования в область допустимых значений; ρ_s – коэффициент адаптации; α_s – градиент целевой функции (функция потерь).

Операция проектирования в случае процесса авторегрессии первого порядка сводится к ограничению коэффициента ϕ_1 по модулю 1. Коэффициент адаптации ρ_s полагается равным $\frac{1}{s}$. При функции потерь, равной сумме квадратов ошибок прогнозов, градиент α_s равен удвоенной ошибке прогноза. Более подробно этот эксперимент описан в [6]. Процесс адаптации достаточно быстро сходится, обеспечивая убывание функции потерь (сумма квадратов ошибок прогноза).

Рассмотренный в [8] пример носит иллюстративный характер, так как реальные временные ряды, описывающие процессы изменения частоты водородных генераторов, зачастую содержат детерминированные тренды. В общем случае временные ряды могут быть представлены следующей математической моделью:

$$y(s) = A(s) + B(s) + C(s), \quad (6)$$

где $A(s)$ – детерминированный тренд; $B(s)$ – сезонная составляющая; $C(s)$ – случайная составляющая; $s = 1, 2, \dots$ – дискретное время. При анализе реальных временных рядов, описывающих процессы изменения частоты водородных генераторов, сезонные составляющие не обнаружены [6]. Поэтому член $B(s)$ можно исключить из модели (6). Таким образом, мы представляем исследуемый процесс как сумму двух со-

ставляющих: $C(s)$ – процесс АРСС, $A(s)$ – детерминированный тренд.

Рассмотрим процедуру адаптации временных рядов, содержащих линейные тренды. Это, во-первых, в большинстве случаев не противоречит реальности [6], а во-вторых, расширение полученных результатов на тренды, описываемые полиномами более высоких порядков, не представляет трудности.

Известно, что процедура подстройки вектора параметров β и коэффициентов линейного тренда b_0 и b_1 должна производиться отдельно, так как рассматриваемая задача может быть отнесена к задаче стохастического программирования со сложными функциями регрессии [7]. При этом в обязательном порядке необходима раздельная корректировка коэффициентов авторегрессии-скользящего среднего и оценок b_0 и b_1 . Более того, как показано в работе [9], при идентификации систем, содержащих детерминированную и стохастическую составляющие, невозможно получение однозначного решения поставленной задачи. В нашем случае это очевидно: допустимо бесчисленное множество комбинаций параметров детерминированного тренда и составляющих вектора β , доставляющих минимум функции потерь. Таким образом, еще раз убеждаемся в необходимости раздельного рассмотрения вероятностной и детерминированной составляющей временного ряда.

В дальнейшем, говоря о параметрах тренда, будем подразумевать только коэффициент b_1 . Влияние члена b_0 можно не учитывать, т.к. в реальных системах информацию о его величине просто получить с помощью «внешних сличений» эталона (т.е. с использованием космических навигационных систем).

Пример временного ряда, содержащего линейный тренд, приведен на рис. 1. Ряд сгенерирован на основе модели «формирующего фильтра». При этом на детерминированный тренд с углом наклона (коэффициент b_1) 0.03 был наложен процесс авторегрессии первого порядка. Коэффициент ϕ_1 посчитали равным 0.5. Среднее квадратическое отклонение (СКО) «белого шума», возбуждающего систему, равнялось 0.5.

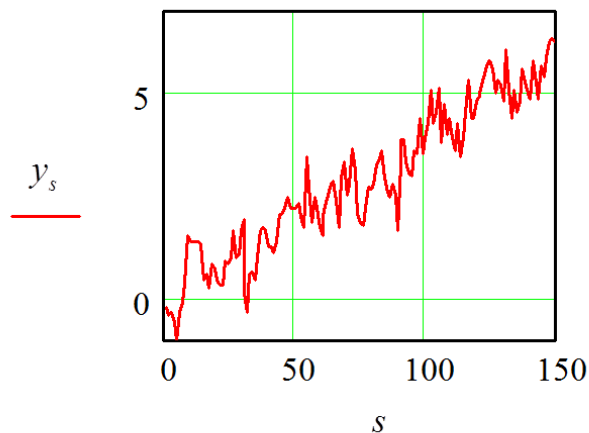


Рис. 1. Временной ряд, полученный наложением процесса авторегрессии первого порядка на линейную функцию



Прежде чем производить адаптацию полученного временного ряда, провели успешные исследования по раздельной адаптации двух переменных рядов: 1) содержащего только процесс авторегрессии с заданным; 2) временного ряда, содержащего детерминированный тренд с аддитивным шумом. Первый эксперимент описан в работе [8]. При этом использовался метод стохастического квазиградиента, а процесс подстройки коэффициента ϕ_1 проводился по формуле (5).

Подстройка коэффициента b_1 , определяющего угол наклона детерминированного тренда, осуществлялась в соответствии с рекомендациями Ю.М. Ермольева при описании процедуры адаптации со сложной функцией регрессии [7]. Эти рекомендации полностью совпадают с методом стохастической аппроксимации (процедура Роббинса-Монро) [10], когда коррекция величины b_1 пропорциональна погрешности прогноза текущего члена ряда. Вес ρ_s , или коэффициент адаптации, равен $\frac{1}{s}$. Естественно, что и этот эксперимент дал положительные результаты.

Несмотря на кажущуюся простоту проведенных исследований, из их результатов следуют весьма серьезные выводы:

1. Поскольку раздельная подстройка параметров ϕ_1 и b_1 дает положительные результаты, можно рассмотренные процедуры использовать в более общем случае, связанном с одновременной подстройкой этих величин.

2. Общий прогноз временного ряда, содержащего детерминированный тренд с наложенным на него процессом АРСС, должен содержать сумму прогнозов, обусловленных этими составляющими.

3. Для вычисления составляющей прогноза, обусловленной детерминированным трендом, достаточно иметь оценку коэффициента b_1 , вычисленную на предыдущем такте обработки данных (в случае, когда тренд – линейный).

4. Для вычисления составляющей прогноза, обусловленной процессом авторегрессии первого порядка, требуется знать текущее состояние этого процесса.

Последний пункт крайне важен, т.к. подразумевает возможность разбиения временного ряда Y_s на две составляющие. Для решения этой задачи предложена следующая методика.

Шаг 1. Проводится статистический анализ начального участка временного ряда Y_s , имеющегося в распоряжении исследователя. Строится функция линейной регрессии $y(s) = b_1 \cdot s$ (по указанным выше причинам коэффициент b_0 в модель не включается).

Шаг 2. Из исходного ряда Y_s (на начальном участке) удаляется линейная функция. Для оставшейся составляющей ряда строится динамическая стохастическая модель (модель АРСС).

Шаг 3. В процессе адаптации вычисляются прогнозы обеих составляющих ряда Y_s . Общий прогноз находится их суммированием. Ошибка прогноза ΔY_s находится как разность между «истинным» значением ряда Y_s и его прогнозом $\hat{Y}_{s-1}(1)$, вычисленным на

предыдущем такте.

Шаг 4. Ошибка прогноза ΔY_s делится на две составляющие:

- ошибка, обусловленная погрешностью оценки угла наклона линейного тренда;
- ошибка, вызванная погрешностью оценки стохастической составляющей.

Для выполнения этой операции воспользуемся результатами статистического анализа, выполненного на начальном участке временного ряда. При построении линейной регрессии и моделей АРСС находятся суммы квадратов остатков, полученные на конечном этапе построения моделей. Так как эти суммы пропорциональны остаточным дисперсиям, то вес, определяющий долю каждой составляющей процесса Y_s в общей ошибке прогноза, должен быть пропорциональным этим дисперсиям (по существу мы решаем задачу, обратную задаче объединения неравноточных измерений, что и обусловило такой подход к определению веса; разумеется, его сумма должна равняться единице).

Значение текущей составляющей стохастического процесса находится как сумма прогноза этого процесса, вычисленного на основе модели АРСС, и его ошибки.

Как указывалось выше, временной ряд, имитирующий процесс изменения относительного отклонения частоты водородного стандарта при наличии линейного тренда частоты, генерировался при следующих исходных данных: $Y_1 = 0$; $b_0 = 0$; $b_1 = 0.03$; $\phi_1 = 0.5$; $\sigma_a = 0.5$ (σ_a – СКО белого шума, «возбуждающего» систему). Статистический анализ сгенерированного ряда из 150 точек дал следующие оценки параметров процесса: $\hat{b}_1 = 0.0384$; $\hat{\phi}_1 = 0.529$.

Эти оценки будем в дальнейшем считать «истинными значениями параметров». Весьма значительное расхождение между величинами b_1 и $\hat{b}_{150}$ вызвано большой дисперсией белого шума, «возбуждающего» систему.

Оценки параметров, полученные на начальном интервале (по выборке из 50 точек), равны: $\hat{b}_{150} = 0.0384$, $\hat{\phi}_{150} = 0.529$. Именно с этих значений и начинается процесс адаптации (процедура построения моделей временных рядов, т.е. линейной регрессионной модели и модели авторегрессии первого порядка, проводилась с помощью пакета прикладных программ STATISTICA).

Процесс адаптации модели авторегрессии при наличии детерминированного тренда, описанный выше, реализован в программе, написанной в MATHCAD. «Разбиение» погрешности прогноза на каждом шаге адаптации, производимая в пропорции 2:1, соответствует суммам квадратов остатков от линейной функции и сумме, полученной при построении модели авторегрессии.

Процесс подстройки параметров ϕ_1 и b_1 показан на рисунках 2 и 3, из которых видно, что он проходит в нужном направлении. Незначительное улучшение оценки коэффициента b_1 после адаптации ($\hat{b}_1 =$

0.0384, $\hat{b}_{150} = 0.0376$, $\hat{b}_{150} = 0.039$) свидетельствует лишь о том, что начальное приближение, полученное по 50 точкам (b_{150}), незначительно отличается от «истинного» значения этого параметра (оценка по 150 точкам – b_{150}). Все же следует отметить, что абсолютная погрешность оценки этого параметра уменьшилась в процессе адаптации более чем в два раза.

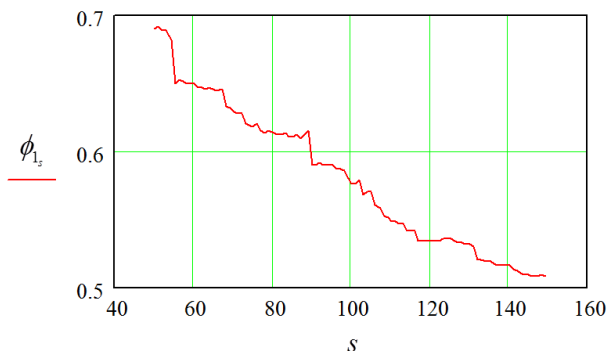


Рис. 2. Процесс адаптации коэффициента ϕ_1

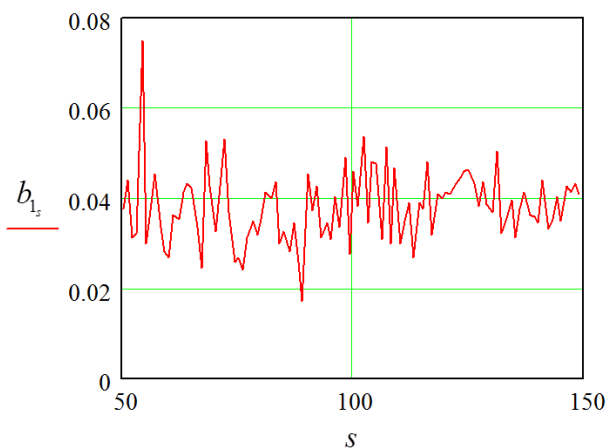


Рис. 3. Процесс подстройки коэффициента b_1

График квадратов остатков, полученных в процессе адаптации, мы здесь не приводим, поскольку он почти ничем не отличается от соответствующего рисунка в работе [8], (средний квадрат остатков довольно быстро убывает с каждым шагом).

Все вышесказанное относится к процессам адаптации одномерных моделей временных рядов при наличии линейных детерминированных трендов. Присутствие полиномиальных трендов более высокого порядка не меняет сути рассмотренной методики. Достаточно лишь при подстройке детерминированной составляющей оценивать на каждом такте адаптации не один параметр b_1 , а несколько. Например, при включении в модель полинома третьей степени необходимо оценивать коэффициенты b_1 , b_2 , b_3 (коэффициент b_0 , в силу указанных выше обстоятельств, в модель включать не следует).

Переход к многомерным моделям временных рядов и их адаптации основан на том, что результаты

измерений, выполняемых в групповых эталонах, представляют собой разности относительных отклонений частоты опорного генератора и всех остальных генераторов, входящих в групповой эталон ВиЧ. При этом следует для каждого такта s рассматривать величины $z_i(s) = y_1(s) - y_i(s)$, $i = 2, \dots, n$.

Имея в распоряжении начальные оценки величин y_1 и y_i , можно построить соответствующие динамические модели – модели АРСС и вычислять прогнозы этих величин, а, стало быть, и величин z_i на один такт вперед. Процедура адаптации таких многомерных моделей основана на минимизации математического ожидания квадрата ошибки прогноза, т.е. величины $(z_s - \hat{z}_{s-1}(1))^2$. Подробно эта процедура, при отсутствии детерминированных трендов, исследована в статье [11].

Если рассматривать систему обработки данных, получаемых в групповых эталонах ВиЧ, как информационно-измерительную систему, включающую в себя не только измерительную аппаратуру, но и программу вычисления оценок $\hat{y}_i(s)$, то можно все исследованные в данной работе положения применять к многомерным моделям временных рядов, содержащих детерминированные тренды. При этом, учитывая, что ряды относительных отклонений частоты водородных генераторов не коррелированы (во всяком случае, такое требование должно выполняться для эталонов, функционирующих в нормальном режиме), можно произвести декомпозицию вектора Y_s на отдельные составляющие и рассматривать полученные ряды оценок $\hat{y}_i(s)$ в качестве «истинных» значений y_i . Тогда все представленные выше положения можно применить к адаптации многомерных моделей, содержащих детерминированные тренды.

Выводы. Предлагаемая методика позволяет производить адаптацию прогнозирующих моделей временных рядов при наличии в них детерминированных составляющих. Использование адаптивных моделей позволяет значительно сократить этап первоначального накопления данных. Так, при обработке данных, полученных на суточных интервалах, можно строить модель АРСС по рядам, состоящим примерно из 50 точек, вместо рекомендованных авторитетными специалистами 100–120 точек. Как следствие – уменьшается задержка между моментом включения в состав группового эталона новых генераторов и началом использования результатов измерений, выполненных с участием этих генераторов, на 2–3 месяца.

При рассмотренной выше методике адаптации коэффициент ρ_0 полагался равным $\frac{1}{(k+1)}$, где k – объем первоначальной выборки. После обнаружения разладки модели следует от режима «подстройки» параметров моделей переходить к режиму их «перенастройки». Однако для этого необходимо решить проблему обнаружения момента разладки, что и определяет направление дальнейших исследований.

Статья поступила 25.11.2014 г.



Библиографический список

1. Острем К. Ю. Введение в стохастическую теорию управления. М.: Б.и., 1973. 321 с.
2. Пугачев В.С., Сеницын И.Н. Теория стохастических систем. М.: Логос, 2000. 999 с.
3. Khrustalev Yu. P. Statistical and dynamic processing of data obtained when handling time and frequency standards // Measurement Techniques. 2004. V. 47. № 6. P. 555–561.
4. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.: Мир, 1974. 406 с.
5. Khrustalev Yu.P., Serysheva I.A. Increasing of robustness of estimators of the state of time and frequency standards // Measurement Techniques. 2014. V. 57. № 5. P. 519–525.
6. Хрусталеv Ю.П., Акулов В.М., Ипполитов А.А., Курышева Л.Н. Обработка данных, полученных по результатам взаимных измерений вторичного эталона времени и частоты // Вестник ИрГТУ. 2012. № 7. С. 22–29.
7. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования. М.: Наука, 1976. 239 с.
8. Серышева И.А., Хрусталеv Ю.П. Метод стохастического квазиградиента в задаче адаптации прогнозирующих моделей // Вестник ИрГТУ. 2013. № 12. С. 25–30.
9. Кашьяп Р.Л., Рао А.Р. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным. М.: Наука, 1983. 384 с.
10. Невельсон М.Б., Хасминский Р.З. Стохастическая аппроксимация и рекуррентное оценивание. М.: Наука, 1972. 304 с.
11. Серышева И.А., Хрусталеv Ю.П. Адаптация многомерных динамических стохастических моделей // Современные технологии. Системный анализ. 2014. № 2 (42). С. 78–84.



УДК 62-531.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КРЕПЛЕНИЯ ДАТЧИКОВ ВИБРАЦИИ ШПИНДЕЛЕЙ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ© Д.П. Алейников¹, А.В. Лукьянов²Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Выявлены отклонения в чувствительности и определены резонансные частоты конструкций соединений вибропреобразователей при использовании различных методов закрепления датчиков. Установлены границы частотного диапазона для разных способов закрепления датчиков и сделано сравнение параметров вибрации обрабатываемого центра при использовании контактного и бесконтактного методов контроля вибрации.

Ключевые слова: контактный и бесконтактный метод измерения вибрации; оптический виброметр; частотный диапазон вибропреобразователя.

STUDYING FIXATION DYNAMICS OF MACHINING CENTER SPINDLE VIBRATION SENSORS

D.P. Aleinikov, A.V. Lukyanov

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, Russia, 664074.

Sensitivity deviations and resonant frequencies of vibration transducer linking designs are determined under the application of different methods of sensor installation. The boundaries of the frequency range are identified for different methods of sensor fixation. Comparison of machining center vibration parameters is performed for contact and non-contact method of vibration control.

Keywords: contact and non-contact method of measuring vibration; optical vibrometer; frequency range of a vibrator transducer.

Вибродиагностика, являясь одним из эффективных методов технической диагностики, последние 20 лет интенсивно развивается и используется в различных отраслях промышленности и на транспорте [1, 2]. Вибрация в обширном диапазоне частот содержит информацию о резонансных явлениях и колебаниях отдельных деталей и всего машинного оборудования, о развивающихся дефектах и технологических процессах в обрабатывающих станках и машинах. Искажение собираемой информации о вибрационных процессах в измерительном тракте приборов вибрационного контроля снижает его достоверность и качество диагностики дефектов [3, 4].

Широкое внедрение современных обрабатывающих центров на машиностроительных предприятиях России обеспечивает возможность применения технологии высокоскоростной фрезерной обработки. Она характеризуется повышенной скоростью резания и подачи инструмента за счет высоких частот вращения шпинделя и использования твердосплавного инструмента. Однако увеличение частоты вращения шпинделя приводит к возникновению опасных вибраций, вызванных периодическим силовым возмущением от режущих кромок фрезы, а также от развивающихся дефектов станка и инструмента [5, 6].

Контроль уровня вибрации и ее анализ позволяют оптимизировать процессы резания по уровню динамических нагрузок, защитить станок при превышении ее

предельного уровня, диагностировать состояние станка и инструмента. Учитывая, что первая гармоника частоты вращения (оборотная частота) может достигать при высоких частотах вращения шпинделя (30 000 об./мин) 500 Гц, а также то, что при вибрационной диагностике состояния станка и инструмента необходимо контролировать не менее 10, желательно и до 20, гармоник оборотной частоты, верхняя граница частотного диапазона вибропреобразователей должна лежать в пределах 8–10 кГц. А это накладывает жесткие требования к качеству крепления датчиков вибрации к шпинделю.

Целью данной работы является выявление отклонений чувствительности вибропреобразователей в зависимости от способа их закрепления. Датчики, применяемые в системах контроля вибрации, бывают: контактного (пьезоакселерометры) и бесконтактного (например, оптические и вихретоковые) принципов действия. Существует несколько способов механического соединения датчиков с контролируемым объектом [7]. По возрастанию жесткости соединения это крепление датчика с помощью щупа, магнита, воска, клея и шпильки. От метода крепления зависит резонансная частота системы «датчик – объект контроля».

Определение динамических характеристик при различных способах крепления вибропреобразователей AP85 (1) фирмы «Глобал Тест» (рис. 1), используемых в составе исследовательского 8-канального виб-

¹Алейников Дмитрий Павлович, аспирант, тел.: 89025681733, e-mail: aleynikov@istu.edu

Aleinikov Dmitry, Postgraduate, tel.: 89025681733, e-mail: aleynikov@istu.edu

²Лукьянов Анатолий Валерьевич, доктор технических наук, профессор кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, e-mail: loukian@inbox.ru

Lukyanov Anatoly, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Machinery and Automation of Mechanical Engineering, e-mail: loukian@inbox.ru

роизмерительного комплекса фирмы «National Instruments» с измерительными модулями С-серии NI-9234, проводилось на комплексе калибровки вибродатчиков фирмы «Брюль и Кьер». В состав комплекса калибровки входили: генератор сигналов, вольтметр, усилитель мощности 2718, вибростенд 4809 (2), эталонный акселерометр 8305 (3). Характеристики вибропреобразователей: осевая чувствительность – 100 мВ/г ($\pm 2\%$); частотный диапазон – 0,5...8 000 Гц; неравномерность АЧХ – 10%.

Испытания проводились методом сравнения показаний поверяемого вибропреобразователя (1) и механически соединенного с ним эталонного акселерометра 8305 (2). Созданный таким образом комплект закреплялся на вибростенде 4809 (3). На рис. 1 показан один из вариантов соединения датчиков с использованием магнита (4) с коэрцитивной силой 100 Н.

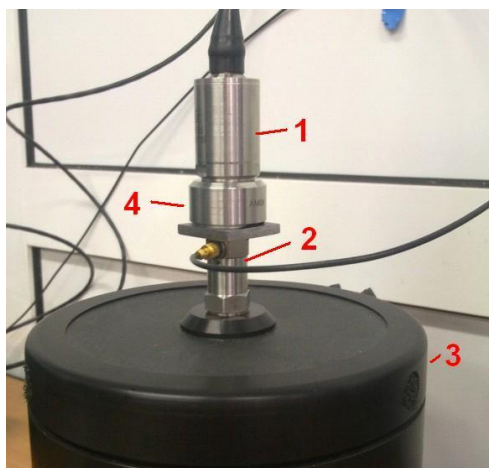


Рис. 1. Крепление вибропреобразователя AP85 (1) через магнит с коэрцитивной силой 100 Н (4) и эталонный акселерометр 8305 (2) к вибростенду 4809 (3).

Схема калибровки и испытания вибропреобразователя методом сравнения показана на рис. 2. Соединенным механически друг с другом вибропреобразователю и эталонному акселерометру 8305 сообщаются механические колебания синусоидальной формы с амплитудой виброускорения 1g ($9,8 \text{ м/с}^2$). Предусилитель эталонного акселерометра с учетом чувстви-

тельности формирует выходной сигнал по напряжению с уровнем 10 мВ/г. Создаваемые вибропреобразователями электрические сигналы преобразуются в предусилителе ВК2690. Усиленные электрические сигналы измеряются с помощью электронного вольтметра В7-64.

Результатом измерений является действительное значение коэффициента преобразования и его отклонение от номинального значения. Действительное значение коэффициента преобразования калибруемого датчика K_o определяют по формуле

$$K_o = \frac{U_{cv}}{A_o},$$

где U_{cv} – показания вольтметра по каналу калибруемого датчика, мВ; A_o – виброускорение, задаваемое вибростендом (показания по каналу эталонного датчика с учетом его коэффициента преобразования), м/с^2 (g).

Поскольку соединенные друг с другом калибруемый и эталонный акселерометры совершают механические колебания с идентичным ускорением, отношение амплитуд электрических сигналов вибропреобразователя и эталонного акселерометра непосредственно является отношением присущих им значений чувствительности. Отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения δK_d (относительная чувствительность) определяется по формуле

$$\delta K_d = \frac{|K_o - K_n|}{K_n} \cdot 100\%$$

где K_o – действительное значение коэффициента преобразования; K_n – номинальное значение коэффициента преобразования.

Целью эксперимента являлось определение амплитудно-частотных характеристик и графиков относительной чувствительности испытываемого вибропреобразователя при разных способах закрепления. Испытания проводились на фиксированных частотах 1/3-октавного ряда в диапазоне частот 16–8000 Гц. На всем диапазоне частот у вибростенда поддерживалась амплитуда ускорения, равная 1g ($9,8 \text{ м/с}^2$). Для

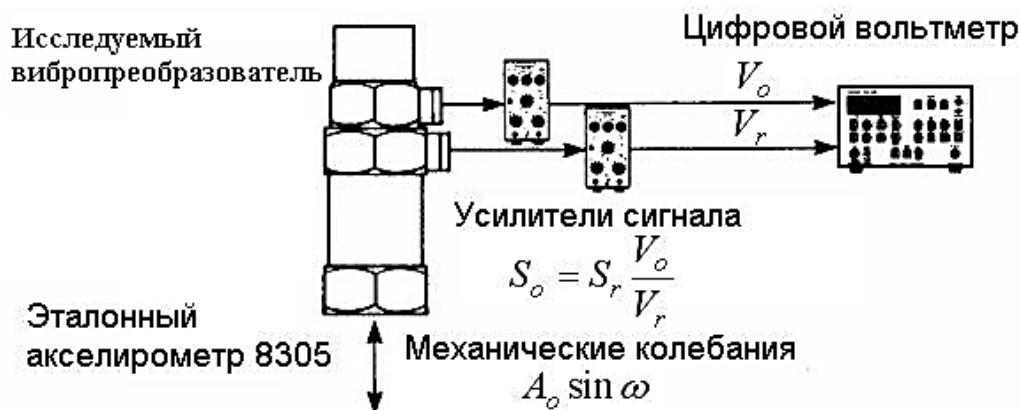


Рис. 2. Схема калибровки и испытаний вибропреобразователя методом сравнения

увеличения точности полученных результатов проводилась серия 8 измерений при каждом методе закрепления. Полученные результаты относительной чувствительности находятся вблизи истинного значения, так что их отклонения в сторону больших и меньших значений равновероятны. Средним значением выборки, или статистическим аналогом математического ожидания, является величина

$$\tilde{\delta K}_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta K_{oi},$$

где n – число измерений ($i = 8$).

При увеличении числа наблюдений среднее приближается к математическому ожиданию. При этом истинное значение располагается внутри доверительного интервала, вблизи полученного среднего значения. Для нахождения границы доверительного интер-

вала используется соотношение

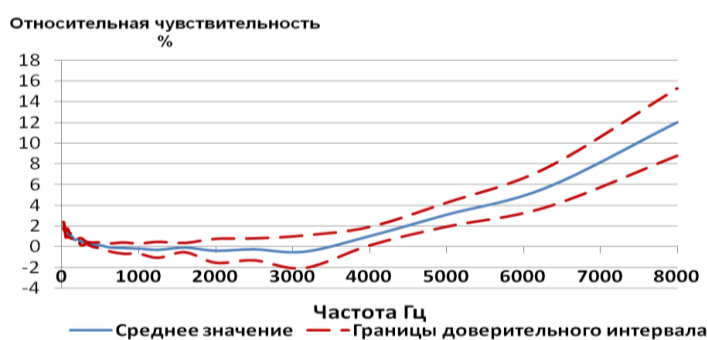
$$\Delta = s \cdot t_{p,N},$$

где s – среднее квадратичное отклонение; $s = \sqrt{\sigma}$; σ – дисперсия выборки:

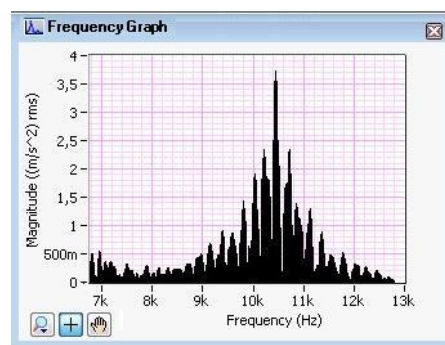
$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta K_{oi} - \tilde{\delta K}_o)^2;$$

$t_{p,N}$ – коэффициент Стюдента. При доверительной вероятности $P = 0,95$, $t_{p,N} = 2,4$.

Полученные результаты относительной чувствительности (т.е. отклонения от эталонной чувствительности) в зависимости от частоты гармонического возбуждения для различных способов крепления вибропреобразователей представлены на рис. 3, а–7, а.

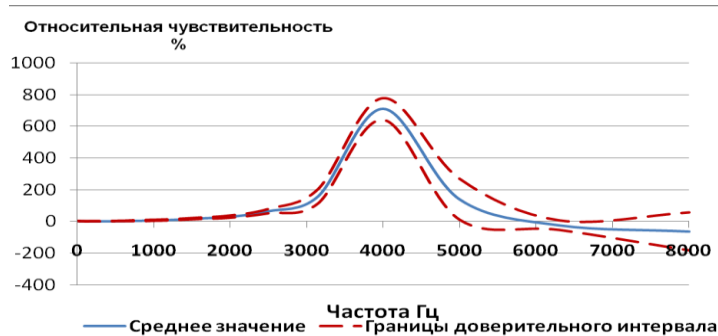


а)

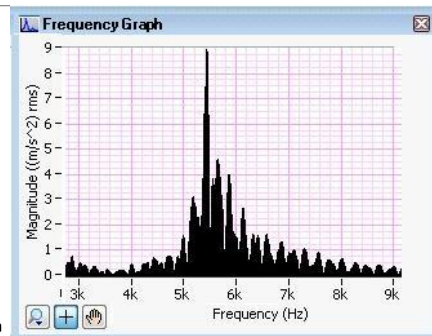


б)

Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика (а) и спектр собственных колебаний (б) при закреплении вибропреобразователя шпилькой

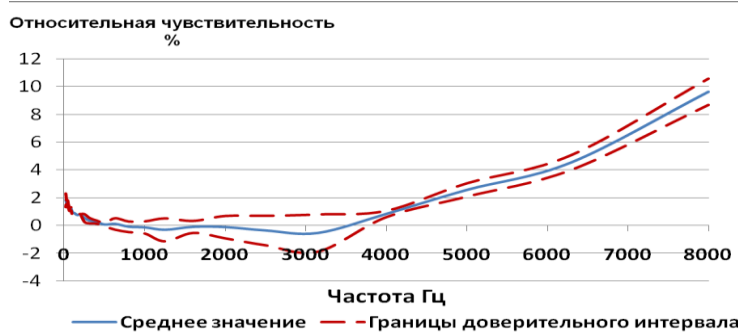


а)

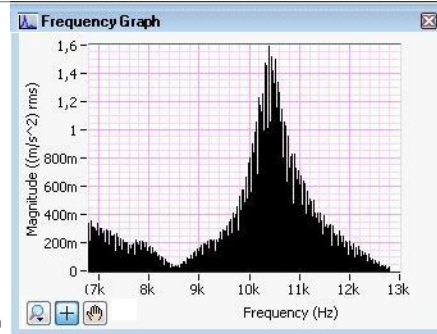


б)

Рис. 4. Амплитудно-частотная характеристика (а) и спектр собственных колебаний (б) при закреплении вибропреобразователя магнитом с коэрцитивной силой 100 Н



а)



б)

Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика (а) и спектр собственных колебаний (б) при закреплении вибропреобразователя цианоакриловым клеем

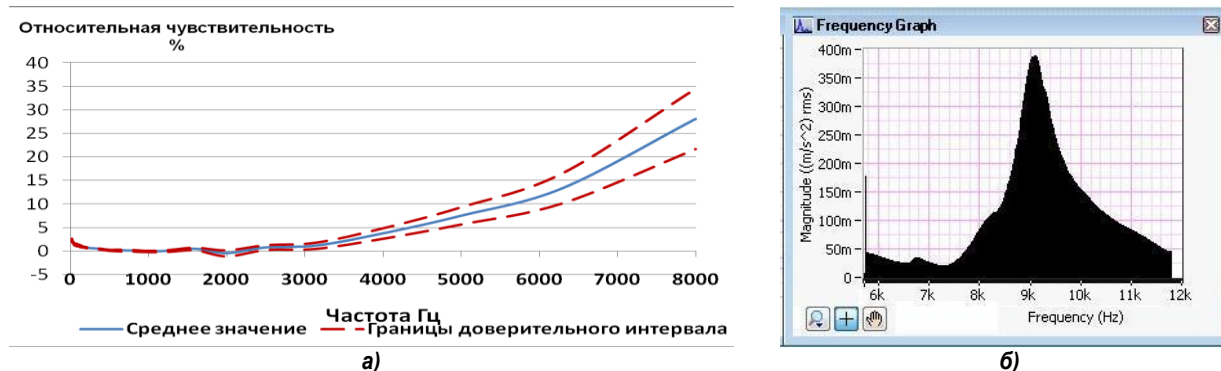


Рис. 6. Амплитудно-частотная характеристика (а) и спектр собственных колебаний (б) при закреплении вибропреобразователя пчелиным воском

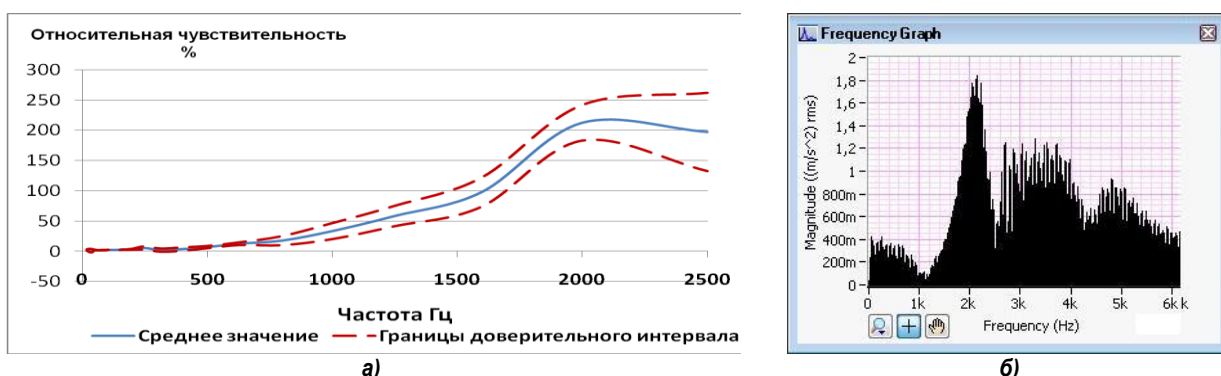


Рис. 7. Амплитудно-частотная характеристика (а) и спектр собственных колебаний (б) при креплении вибропреобразователя щупом

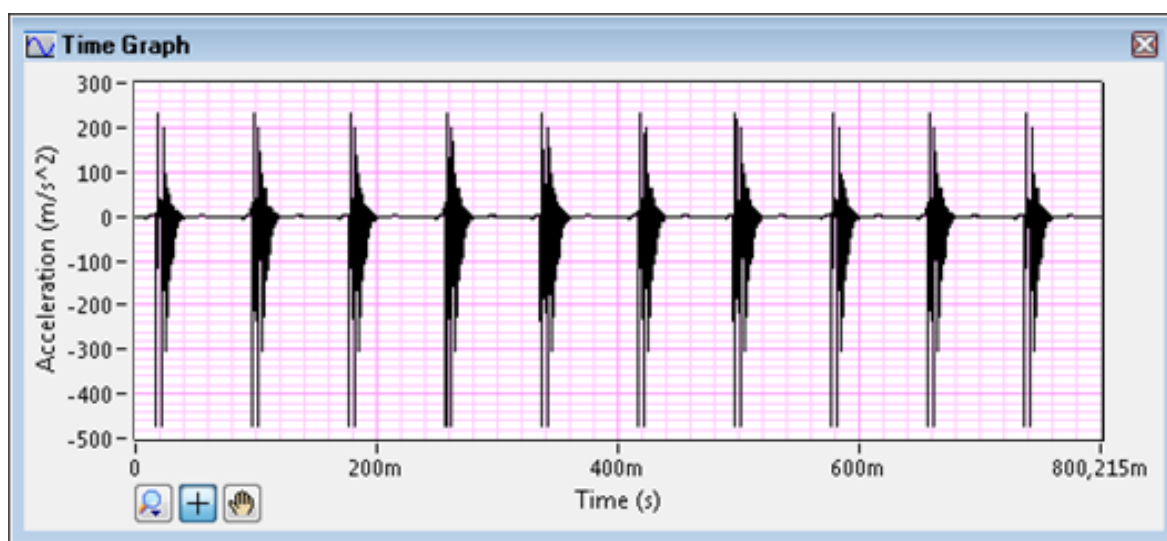


Рис. 8. Синтезированный сигнал свободных колебаний (до 10 копий переходных процессов)

Параллельно с определением амплитудно-частотных характеристик определялись собственные частоты крепления вибропреобразователей методом ударного теста. Вдоль главной оси закрепленных датчиков (рис. 1) задавался ударный импульс небольшой интенсивности. При этом регистрировался сигнал вибропреобразователя с использованием программно-аппаратного комплекса фирмы NI (США). Частота дискретизации зарегистрированного сигнала составляла 25600 отсчетов в секунду. Для повышения частотного разрешения спектральной характеристики неинформативная часть временного сигнала удаля-

лась и заменялась копиями полезного сигнала (рис. 8). При частоте синтезированного временного сигнала 20 000–25 600 отсчетов в секунду разрешение спектра собственных колебаний по частоте составляло 1–1,28 Гц.

Полученные спектры собственных колебаний вибропреобразователей при различных способах крепления приведены на рис. 3 б–7 б. На основании представленных выше данных можно выделить собственные резонансные частоты при разных способах крепления вибропреобразователя к объектам измерения – шпинделям обрабатывающих центров (таблица).

Собственные частоты при разных способах крепления вибропреобразователей

Метод крепления	Собственная частота, Гц	Верхняя граница допустимого диапазона, Гц (погрешность до 10%)
Шпилька	10445	8000 (± 500)
Цианакриловый клей	10390	7500 (± 200)
Пчелиный воск	9025	5700 (± 500)
Магнит с коэрцитивной силой 100 Н	5430	2700 (± 200)
Ручной щуп	2130	600 (± 200)

Таким образом, при периодических вибрационных обследованиях, а также при стационарной установке вибропреобразователей с целью мониторинга и вибродиагностики дефектов шпинделей станков и обрабатывающих центров оказывает существенное влияние на показания вибродатчиков способ их крепления к шпинделю. При периодических вибрационных измерениях наиболее подходящими методами крепления датчиков вибрации являются использование магнита или воска. Это позволяет измерять без существенных искажений вибрационные процессы с верхней границей частотного диапазона 2700 Гц и 5700 Гц соответственно. Щуп используется для измерения колебаний шпинделя в местах, где невозможна установка магнита, воск – только для контроля низкочастотных колебаний (до 600 Гц).

При стационарных виброизмерениях и постоянной установке вибропреобразователя наиболее рациональными методами крепления являются: установка

датчика на шпильку, цианкриновый клей или сочетание этих методов. Верхняя граница частотного диапазона измеряемых вибрационных процессов в этом случае будет 8000 Гц.

Для иллюстрации влияния способа крепления датчиков вибрации (акселерометров) на результаты измерений вибрации шпинделя фрезерного обрабатывающего центра DMC 635V (1) была собрана измерительная схема на основе виброизмерительного комплекса «National Instruments» (2) с датчиками AP85 (3) (0,5–8000 Гц, фирма «Глобал Тест») и CMCP 1100 (4) (0,5–10000 Гц, фирма STI) установленных на шпинделе с помощью магнитов с коэрцитивной силой 100 Н и 200 Н соответственно. Контрольным виброизмерительным прибором являлся лазерный виброметр «Polytec ofv-5000» (5), с точкой фокусировки лазерного луча (6), лежащей на шпинделе между датчиками AP85 и CMCP 1100 (см. рис. 9, 10).



Рис. 9. Шпиндель обрабатывающего центра DMC 635 V (1) с виброизмерительным комплексом NI (2), датчиками вибрации AP85 (3) и CMCP 1100 (4) и лазерным виброметром (5)

Одноточечный лазерный виброметр «Polytec ofv-5000» измеряет вибрацию объекта (виброскорость) в направлении лазерного луча. Состоит он из контролера и чувствительной лазерной головы. Его характеристики:

- величина измерения: виброскорость (мм/с);
- максимальный диапазон измерений 10 (м/с);
- максимальная чувствительность 1000 (мм/с/В);
- максимальное расстояние до объекта измерения 100 метров;
- величина погрешности составляет 1% на угол отклонения 7 градусов от перпендикулярности.

Ввиду бесконтактного способа измерения вибрации и высоких метрологических характеристик лазерного интерферометра, его можно принять за эталонный. Спектры виброскорости колебаний шпинделя при

обработке фрезой R590; $d = 63$; $z = 5$ заготовки из алюминия с частотой вращения шпинделя 10000 об./мин, полученные различными датчиками, приведены на рис. 11. За эталонный прием спектр лазерного виброметра. Среднеквадратическое значение (СКЗ) виброскорости у датчиков AP85 и СМСР 1100 больше аналогичного СКЗ лазерного виброметра на 37,5% и 10,2% соответственно, что объясняется выявленными выше погрешностями крепления датчиков магнитом.

Погрешность датчика СМСР 1100 ниже из-за того, что коэрцитивная сила его магнита в 2 раза выше: 200 Н, против 100 Н у датчика AP85. Соответственно и резонанс крепления у датчика СМСР 1100 на более высоких частотах.

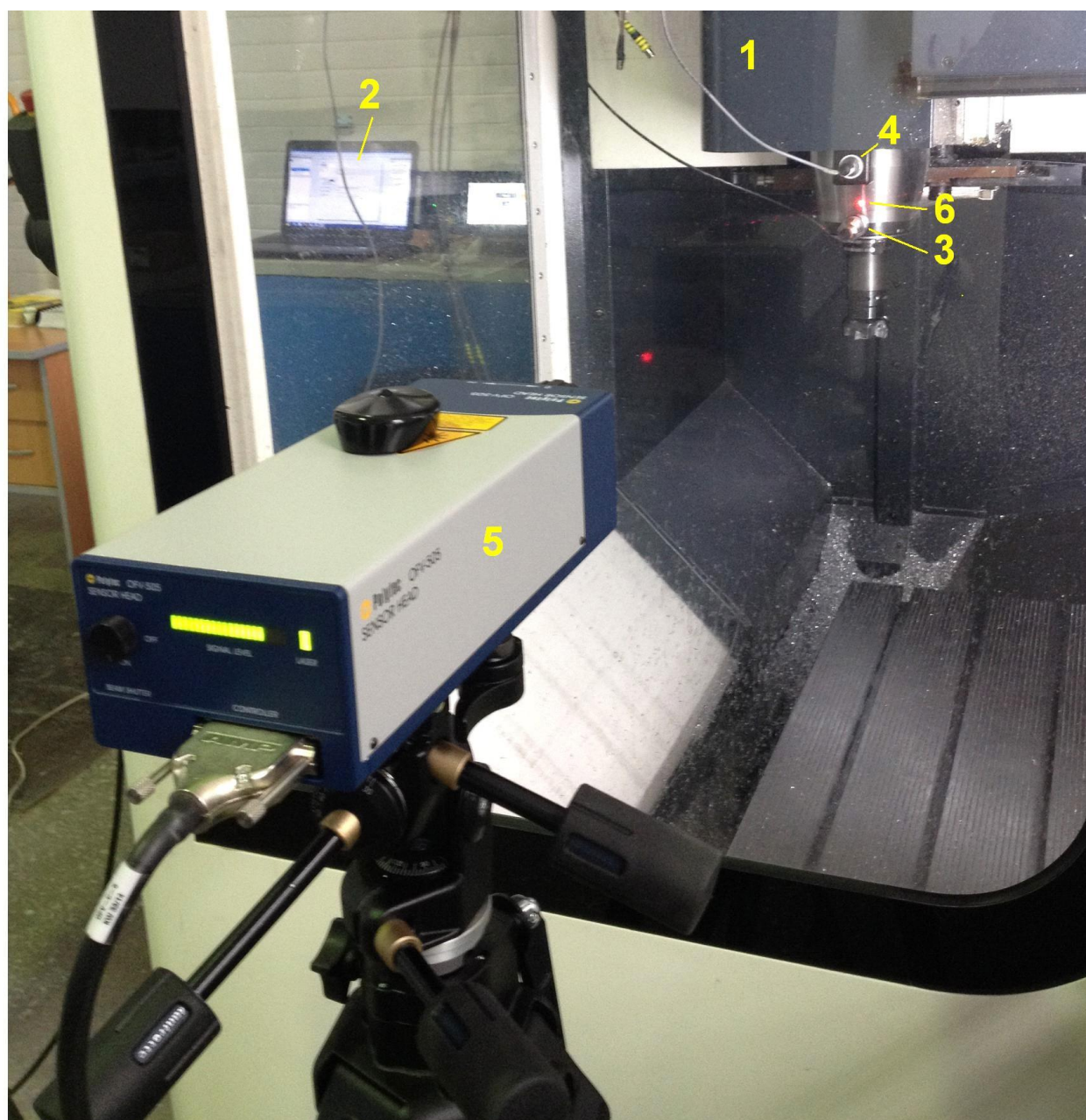


Рис. 10. Шпиндель (1) с установленными датчиками AP85 (3) и СМСР 1100 (4), программно-измерительным комплексом NI (2). Контроль качества измерения вибрации производится лазерным виброметром (5) с точкой фокусировки лазерного луча (6) на шпинделе

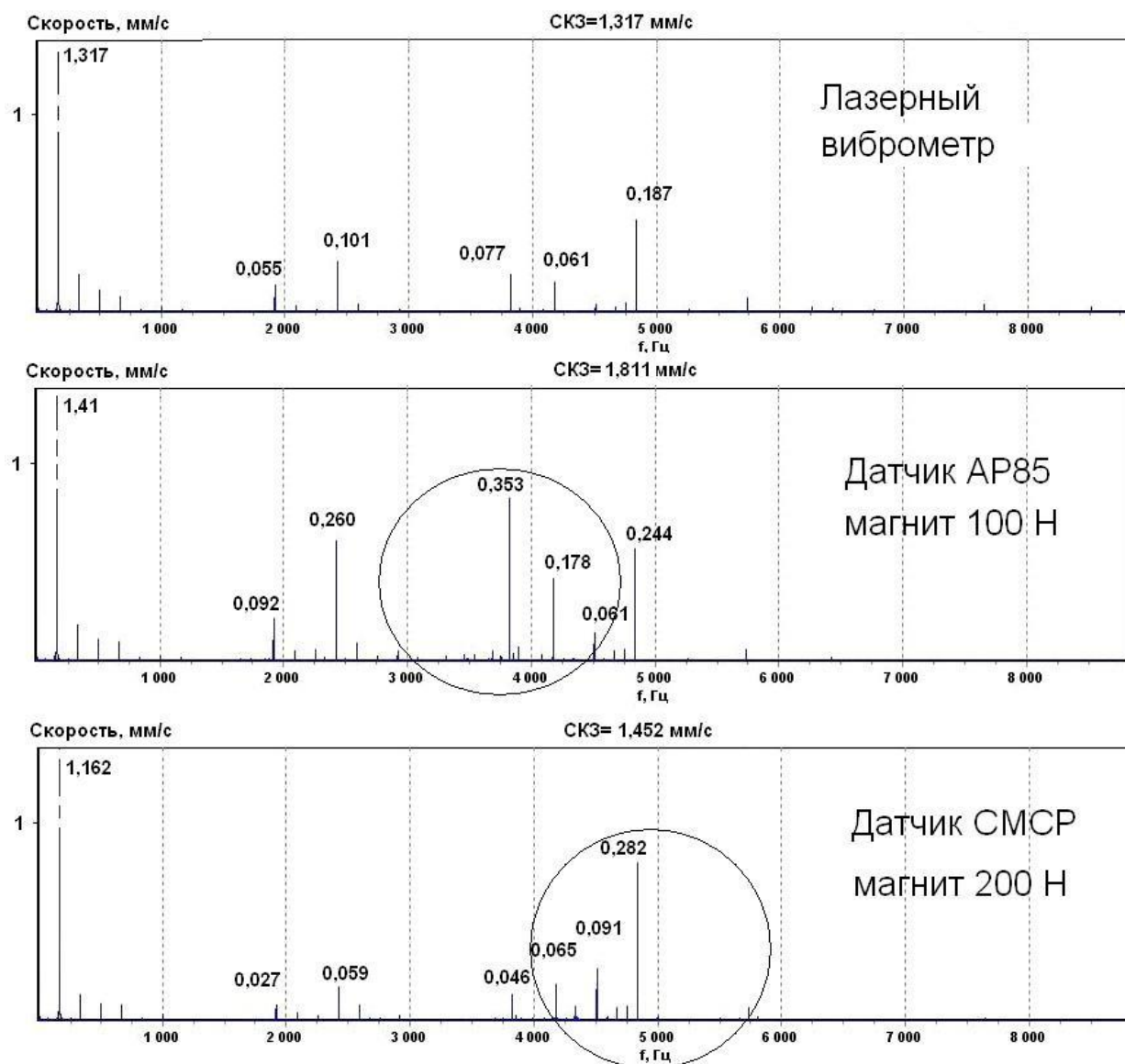


Рис. 11. Спектры виброскорости шпинделя, полученные лазерным интерферометром, вибропреобразователями AP85 и CMCP 1100

На спектрах видны более высокие пики спектральных подшипниковых составляющих, чем у лазерного виброметра: в диапазонах частот 3500–4500 Гц (датчик AP85) и 4500–5500 Гц (датчик CMCP 1100). Эти погрешности крепления датчиков могут привести к неправильной оценке вклада отдельных частот дефектов в общий уровень СКЗ, а значит, и к недостоверной диагностике развивающихся дефектов. Следовательно, при исследовании параметров вибрации необходимо учитывать не только частотный диапазон самих датчиков, но и частотный диапазон конструкции закрепления датчиков.

Представленная в рамках данной статьи рабо-

та проводится при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Статья поступила 26.11.2014 г.

Библиографический список

1. Сафарбаков А.М., Лукьянов А.В., Пахомов С.В. Основы технической диагностики деталей и оборудования: учеб. пособие. Ч. 1. Иркутск: Изд-во ИРГУПС, 2007. 128 с.
2. Лукьянов А.В., Портной А.Ю., Гарифулин В.Ю., Романовский А.И. Разработка комплекса входного виброконтроля вспомогательных машин электровозов при текущем ремонте

- // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2010. № 2. С. 45–50.
3. Лукьянов А.В. Методы и средства управления по состоянию технических систем переменной структуры: автореф. дис. ... доктора техн. наук. Иркутск, 2001, 36 с.
4. Лукьянов А.В., Романовский А.И. Виброактивность вспо-

могательных машин электровозов ВЛ-80, ВЛ-85 и рекомендации по ее снижению // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2006. № 4. С. 51–63.

5. Лукьянов Д.А., Алейников Д.П., Лукьянов А.В. Вычисление параметров и визуализация пространственных колебаний шпинделя обрабатывающего центра по результатам виброизмерений // Вестник ИрГТУ. 2013. № 12 (83). С. 92–99.

6. Лукьянов А.В., Алейников Д.П. Исследование простран-

ственной вибрации обрабатывающего центра в режиме фрезерования // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 96–101.

7. Неразрушающий контроль: справочник. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 7. Кн. 2. Балицкий Ф.Я., Барков А.В., Баркова Н.А. и др. Вибродиагностика. М.: Машиностроение, 2006. 829 с.

УДК 621.91

СНИЖЕНИЕ КОРОБЛЕНИЯ МАЛОЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

© С.И. Ботвенко¹, П.С. Смольков²

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведены результаты исследования остаточных деформаций в тонкостенных деталях П-образного профиля, изготовленных из термически обработанных заготовок с различным поперечным сечением. Изучено влияние величины удаляемых припусков на геометрическую точность мало жестких деталей при их механической обработке с двух сторон.

Ключевые слова: заготовка; мало жесткая деталь; остаточные деформации; остаточные напряжения.

DECREASING BUCKLING OF THIN-WALLED PARTS FROM ALUMINUM ALLOYS THROUGH TECHNOLOGICAL METHODS

S.I. Botvenko, P.S. Smolkov

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper provides the results of studying residual deformations in thin-walled parts of a U-shaped profile, which were made of heat-treated workpieces of various cross sections. It studies the influence of the amount of removed allowances on the geometrical accuracy of low rigid parts under their two-side machining.

Keywords: workpiece; low rigid part; residual deformations; residual stresses.

Большинство деталей силового набора летательных аппаратов (рамы, нервюры, панели, стрингеры и т.д.) относятся к разряду крупногабаритных мало жестких либо просто мало жестких деталей. Как правило, заготовками для них служат горячекатаные плиты или массивные поковки из алюминиевых сплавов, прошедшие полный цикл упрочняющей термообработки, включая закалку и последующее старение. Применение полуфабрикатов или поволоков с близкими размерами поперечных сечений и размерами в плане к размерам готовой детали в производственных условиях встречается не часто [3]. Как следствие – большой объем механической обработки при изготовлении рассматриваемых деталей и возникновение погрешностей форм локального и общего характера деталей, размерной неточности и т.д., вызванные удалением значительных припусков. Причины появления указанных погрешностей и возможные пути их снижения изложены в работе [1].

На основе экспериментальных исследований авторы установили рациональное распределение удаляемых припусков при обработке мало жестких дета-

лей из алюминиевых сплавов с минимальными остаточными деформациями с двух сторон.

Для изготовления мало жестких деталей были выбраны три вида заготовок из сплава В95 длиной 140 мм, отличающиеся размерами и формой поперечного сечения (рис. 1). Две группы образцов изготовили из заготовок призматической формы толщиной 40 и 25 мм, третью группу – из полуфабрикатов П-образной формы (таблица).

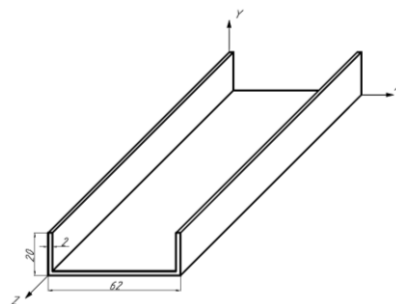


Рис. 1. Тонкостенная П-образная деталь в принятой системе координат

¹Ботвенко Сергей Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИЧ, тел.: 89025610151, e-mail: bsll110@yandex.ru

Botvenko Sergey, Candidate of technical sciences, Senior Researcher of the Research Department, tel.: 89025610151, e-mail: bsll110@yandex.ru

²Смольков Павел Сергеевич, аспирант, научный сотрудник НИЧ, тел.: 89834180261, e-mail: sps@istu.edu

Smolkov Pavel, Postgraduate, Research Fellow of the Research Department, tel.: 89834180261, e-mail: sps@istu.edu

Схема расположения детали в заготовке

Группа образцов	Заготовка	Схема расположения детали в заготовке		
		1	2	3
А				
Б				
В				

Каждая группа заготовок была подвергнута упрочняющей термической обработке, включающей операции закалки и искусственного старения по режимам заводской технологии. Размеры поперечных сечений призматических заготовок приняты из условий возможности моделирования величиной удаляемых припусков при обработке детали с двух сторон – заготовки группы А. Как правило, в производственных условиях толщина заготовок группы В принимается максимально близкой к высоте изготавливаемого профиля. Следует отметить, что при назначении удаляемых припусков для всех заготовок по схеме 3 исходили из принципа совмещения главных осей инерции поперечных сечений заготовки и готовой детали. Как отмечено в работах [1, 2], уравнивание пространственного распределения термических остаточных напряжений в призматических заготовках и полуфабрикатах со сложным поперечным сечением происходит относительно главных осей инерции их поперечных сечений. При членении призматической термиче-

ски обработанной заготовки на простейшие призматические элементы перераспределение и уравнивание остаточных напряжений в каждой составной части происходит также относительно главных осей инерции поперечного сечения каждого отдельного составного элемента. Отсюда следует, что при назначении величины удаляемых припусков при обработке маложестких деталей с двух сторон по принципу совмещения главных осей инерции поперечных сечений заготовки и готовой детали остаточные деформации последней будут минимальны.

Механическую обработку заготовок производили на станке модели 6Н13П двухзубой концевой фрезой диаметром 20 мм при $n=600$ об/мин, $S=40$ мм/мин. Измерение остаточных деформаций производили на координатно-измерительной машине (КИМ) Zeiss Calipso Accuro по внешнему контуру полотна образца с точностью до 0,001 мм в контрольных точках по схеме, изображенной на рис. 2.

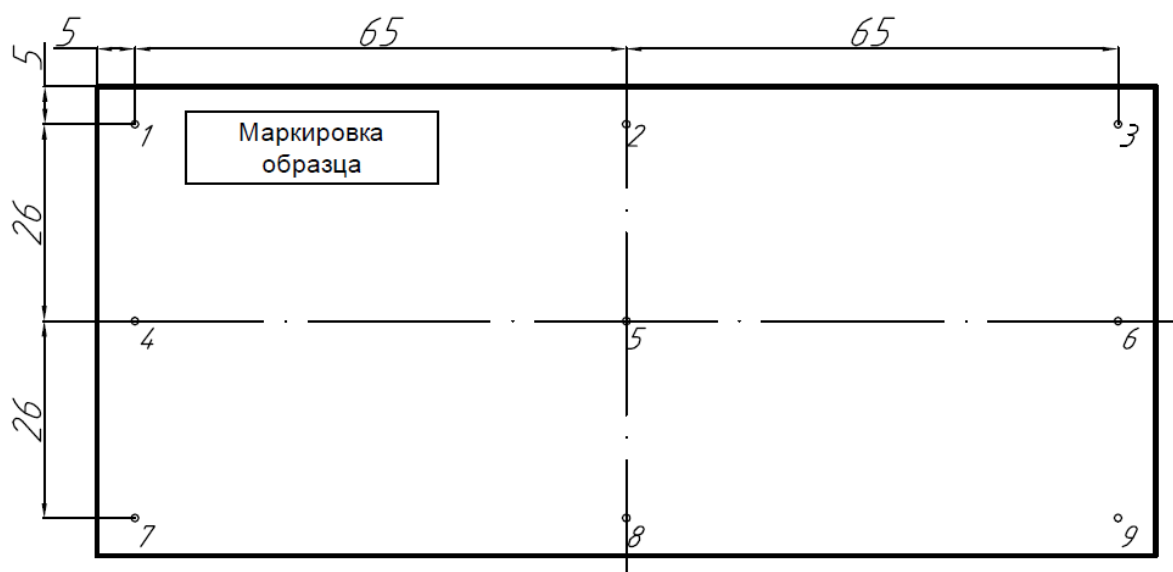


Рис. 2. Схема расположения контрольных точек для измерения отклонений от теоретической поверхности

Прогибы относительно осей Z и X определяли в соответствии со схемой измерения по следующим формулам:

$$f_{z1} = \frac{\Delta_1 + \Delta_3}{2} - \Delta_2;$$

$$f_{z2} = \frac{\Delta_4 + \Delta_6}{2} - \Delta_5;$$

$$f_{z3} = \frac{\Delta_7 + \Delta_9}{2} - \Delta_8;$$

$$f_{x1} = \frac{\Delta_1 + \Delta_7}{2} - \Delta_4;$$

$$f_{x2} = \frac{\Delta_2 + \Delta_8}{2} - \Delta_5;$$

$$f_{x3} = \frac{\Delta_3 + \Delta_9}{2} - \Delta_6,$$

где $\Delta_1... \Delta_9$ – отклонение от теоретической поверхности, измеренное с помощью КИМ в контрольных точках 1–9; f_{z1} , f_{z2} , f_{z3} , f_{x1} , f_{x2} , f_{x3} – прогибы в направлении соответствующих осей.

Для получения достоверных результатов при проведении исследований значение каждой контролируемой величины (в данном случае прогибов) определяли по трем идентичным образцам.

На рис. 3 представлены результаты исследований прогибов полотна тонкостенного профиля относительно

но оси Z при его изготовлении из толстостенной призматической заготовки (рис. 3, а), массивного полуфабриката П-образного поперечного сечения (рис. 3, б) и призматической заготовки, размеры поперечного сечения которой близки к размерам поперечного сечения исследуемой детали (рис. 3, в).

На рис. 4 показана гистограмма распределения прогибов полотна, что и в предыдущем случае, только относительно оси X.

Анализ гистограмм, изображенных на рис. 3, позволяет сделать заключение о том, что минимальный прогиб полотна исследуемой детали наблюдается для случаев, когда удаляемый припуск назначался из соблюдения принципа совмещения главных осей инерции поперечных сечений заготовки и детали. При этом величина остаточных деформаций в отдельных случаях по сравнению с другими схемами по абсолютной величине меньше в 5–6 раз. Менее рельефно указанная особенность наблюдается при изучении гистограмм, показанных на рис. 4. Как указано в работе [1], тонкостенный П-образный профиль обладает пониженной жесткостью относительно оси X. Прогибы собственно ребер после удаления припусков с их боковых сторон оказывают существенное влияние на деформации полотна в поперечном менее жестком направлении. Это сказывается также на «увезде» на несколько градусов оси ребра от вертикального положения.

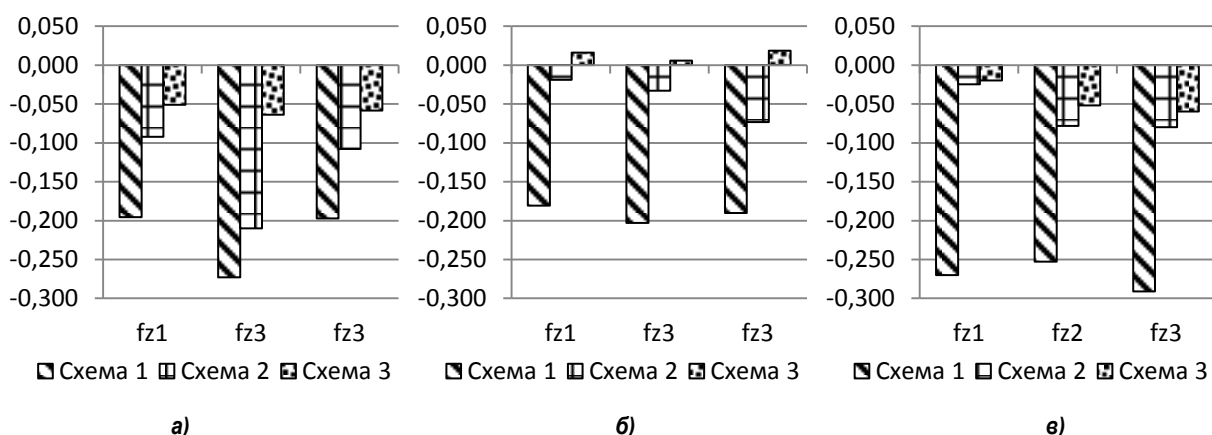


Рис. 3. Прогибы полотна тонкостенного профиля в направлении оси Z при различном сочетании удаляемых припусков с двух сторон: а – образцы группы А; б – образцы группы Б; в – образцы группы В

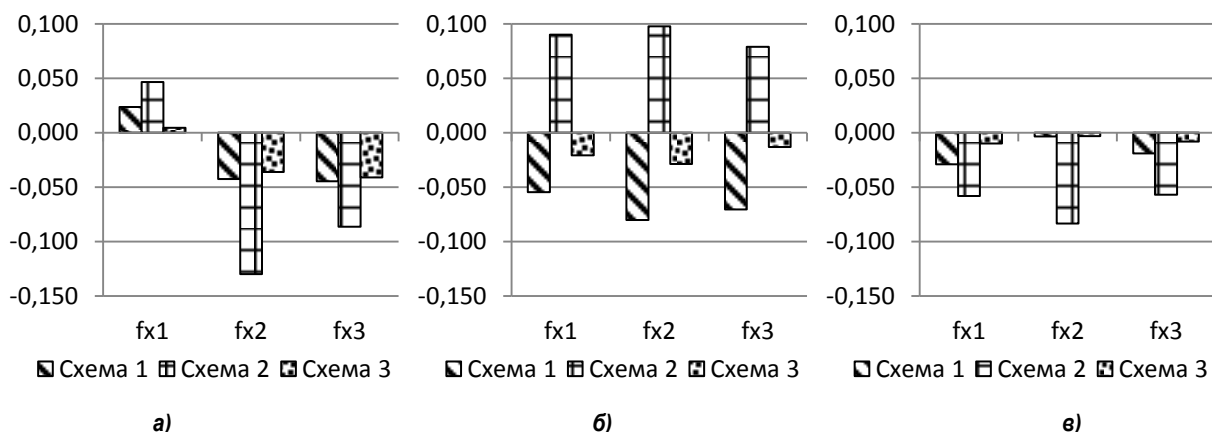


Рис. 4. Прогибы полотна тонкостенного профиля в направлении оси X при различном сочетании удаляемых припусков с двух сторон: а – образцы группы А; б – образцы группы Б; в – образцы группы В

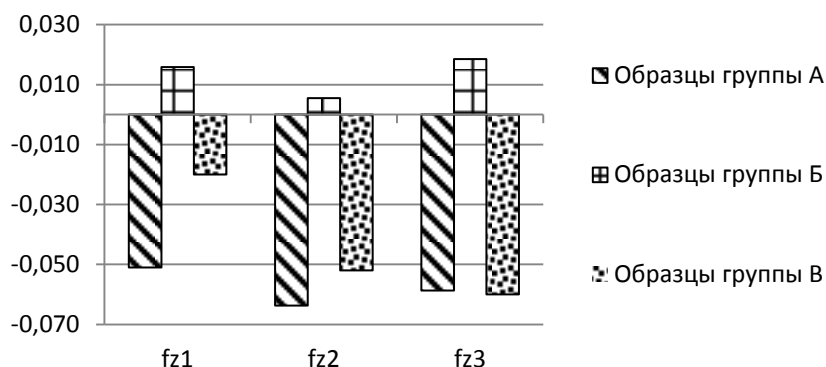


Рис. 5. Прогибы полотна тонкостенного профиля при его изготовлении из призматической заготовки (образцы группы А и В) и полуфабриката (образцы группы В)

На рис. 5 представлены прогибы полотна тонкостенного П-образного профиля при его изготовлении из заготовок с призматическим поперечным сечением и полуфабриката по схеме 3. Следует отметить, что прогибы полотна при изготовлении детали из полуфабриката значительно меньше прогибов при его изготовлении из массивной призматической заготовки. Эти данные совпадают с выводами автора работы [3].

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Изготовление деталей из полуфабрикатов (поковок, штамповок) с максимально близкими размерами поперечных сечений и размерами в плане к теоретическому контуру детали эффективно не только с точки зрения минимизации остаточных деформаций (поводок, коробления, закручивания), но и других показателей (снижение металлоемкости заготовки, снижение времени механической обработки и т.д.).

2. При изготовлении маложестких деталей из заго-

товок и полуфабрикатов, прошедших полный цикл термической обработки, назначение удаляемых припусков необходимо осуществлять из принципа совмещения главных осей инерции поперечных сечений заготовки (полуфабриката) и готовой детали.

Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета», согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Статья поступила 05.12.2014 г.

Библиографический список

1. Ботвенко С.И. Остаточные напряжения и деформации при изготовлении деталей типа пластин с подкреплениями. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. 132 с.
2. Ботвенко С.И. Механизм перераспределения термических остаточных напряжений // Вест-ник ИрГТУ. 2011. № 10 (57). С. 29–32.
3. Брондз Л.Д. Особенности технологии, проектирования и изготовления пассажирских самолетов: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. 73 с.

УДК 621.923; 621.922

ТЕМПЕРАТУРА В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЭЛАСТИЧНЫМИ АБРАЗИВНЫМИ КРУГАМИ

© Ю.В. Димов¹, Д.Б. Подашев²

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрено влияние режимов резания на температуру в зоне резания при обработке эластичными абразивными кругами. Измерение температуры производилось тепловизором FLIR Orion SC7000. Установлены закономерности изменения температуры в зоне резания от радиальной деформации круга, скорости резания и подачи. Приведены уравнения данных зависимостей.

¹Димов Юрий Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: 89645427169, e-mail: Dimov-Ura@yandex.ru
Dimov Yuri, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Design and Standardization in Mechanical Engineering, tel.: 89645427169, e-mail: Dimov-Ura@yandex.ru

²Подашев Дмитрий Борисович, кандидат технических наук, ассистент кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, тел.: 89086558744, e-mail: dbp90@mail.ru
Podashev Dmitry, Candidate of technical sciences, Assistant Professor of the Department of Design and Standardization in Mechanical Engineering, tel.: 89086558744, e-mail: dbp90@mail.ru

Ключевые слова: эластичный круг; нетканый материал Scotch-Brite™; прессованный круг; тепловизор; температура резания; эмпирические зависимости; режимы обработки.

CUTTING ZONE TEMPERATURE UNDER ELASTIC FLAP DISC MACHINING

Yu.V. Dimov, D.B. Podashev

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper deals with the effect of cutting modes on the temperature in the cutting zone under machining with elastic flap discs. The temperature has been measured by the FLIR Orion SC7000 infra-red imager. The regularities of temperature changing in the cutting zone are identified depending on radial disc deformation, cutting speed and feed. The equations of these dependences are provided.

Keywords: elastic disc; Scotch-Brite™ nonwoven material; pressed disc; infra-red imager; cutting temperature; empirical dependences; machining modes.

Эластичные абразивные круги применяются для финишной обработки с целью придания обрабатываемой поверхности требуемой шероховатости, подготовки ее под лакокрасочные покрытия, удаления заусенцев, скругления острых кромок, предварительной обработки перед полированием и ланцеванием и т.п. При этом обрабатываться могут различные металлы и их сплавы, пластмасса, дерево, стекло, керамика и камни.

Шлифование эластичными инструментами в отличие от обработки жесткими кругами имеет ряд специфических особенностей. Такие инструменты не устанавливаются на определенную глубину резания, необходимые условия для работы отдельных зерен создаются за счет их предварительного нагружения. При этом деформируется основание инструмента, прижимаемого к обрабатываемой поверхности.

В мире производится большое разнообразие эластичных абразивных и неабразивных кругов для финишной обработки деталей. В работе [1] приведена их классификация.

Существенное влияние на качество обработанной поверхности и на процесс износа инструмента оказывает температура, возникающая в процессе резания. В данной статье приведены результаты исследования температуры в зоне резания при обработке эластичными абразивными кругами компании 3M (Minnesota Mining and Manufacturing Company), изготовленными из абразивного материала Scotch-Brite™. Этот материал состоит из синтетических волокон, образующих трехмерное нетканое полотно, по всему объему которого равномерно распределены абразивные зерна.

Круги FS-WL 8A MED, FS-WL 6S FIN, FS-WL 2S CRS и DB-WL 8S MED – прессованные, в обозначении которых цифрами 8, 6, 2 обозначена структура, А – абразивный материал Al_2O_3 , S – абразивный материал SiC, зернистость: FINE – тонкое зерно, соответствующее 45–50 мкм; MEDIUM – среднее зерно, соответствующее 50–60 мкм; COARSE – грубое зерно, соответствующее ~200 мкм.

Круг CF-FB 0,5A FIN – очень эластичная щетка из лепестков материала типа Clean & Finish для чистовой обработки с абразивным материалом Al_2O_3 зернистостью FINE.

Как отмечено выше, одним из главных факторов, определяющих процесс износа инструмента, является температура резания. Если бы вся образующаяся при

резании теплота быстро и равномерно распределялась по всему объему изделия и инструмента, она отводилась бы в пространство. В действительности большое количество теплоты концентрируется в зоне контакта, сильно повышая ее температуру. В результате происходит износ инструмента и даже возможно изменение структуры тончайшего слоя обработанной поверхности.

Для исследования температуры в зоне резания использован тепловизор FLIR Orion SC7200 (серия SC7000) (Швеция) (рис. 1).



Рис. 1. Тепловизор FLIR Orion серии SC7000

Физической основой для создания тепловизора послужил эффект, связанный со способностью некоторых веществ (материалов) изменять свои электрические свойства (в частности проводимость) под воздействием электромагнитного излучения в инфракрасном диапазоне.

Упрощенно тепловизор состоит из оптической системы (объектива), фокусирующего тепловой поток от объекта на чувствительный элемент – приемник инфракрасного излучения (ИКИ), и блока обработки (усиления) для представления тепловой карты (термограммы) объекта в виде, удобном для анализа.

Основные характеристики камер серии SC7000:

- температурная чувствительность (до 0,018 K);
- высококачественные FPA детекторы нескольких типов для решения различных задач;
- большой выбор сменной оптики;
- скорость сбора данных (до 20 кГц);
- встроенный двигатель автофокусировки;



- интерфейс CamLink / USB2 / GigE;
- совместимость с ПО ALTAIR для анализа термографических данных.

Тепловизоры FLIR SC7000 серии Orion – это многоспектральные устройства, способные выдавать тепловые изображения с частотой видео в коротковолновой, средневолновой и длинноволновой областях ИК-спектра. Тепловое излучение изучаемого объекта фиксируется объективом, спроектированным таким образом, чтобы минимизировать искажения во всем инфракрасном спектре.

Тепловизоры Orion оснащены быстрым восьмипозиционным диском-кассетой спектральных фильтров, который размещен между объективом и фокальной плоскостью. Вращение диска синхронизировано с детектором так, чтобы под каждое положение фильтра был получен один кадр изображения.

Orion SC7000 способен снимать до 400 кадров в секунду с разрешением 320×240 пикселей, причем каждое изображение снимается в режиме моментального снимка. Время накопления заряда можно изменить программно для каждого фильтра. Изображение снимается для каждого положения диска светофильтров, позволяя выполнить многоспектральную съемку. Сняв или остановив диск-кассету фильтров, Orion SC7000 можно использовать и как обычный теплови-

зор с сохранением полной скорости съемки. Помимо записи изображений ПО ALTAIR также обрабатывает полученные данные.

Опции: моторизованная фокусировка (опционально), автофокус (опционально), встроенный временной интерфейс IRI-G-B (опционально), возможность внешнего запуска, поддержка SDK, совместимость с Lab View, совместимость с Matlab.

Экспериментальные исследования по определению температуры в зоне резания проведены при обработке сплава В95пчТ2. При исследовании образец крепился в специальном приспособлении и обрабатывался на универсально-фрезерном станке марки Deckel Maho DMC 635V. Температура измерялась в зоне выхода инструмента из контакта с обрабатываемым образцом.

На рис. 2 представлена зависимость температуры в зоне резания от радиальной деформации кругов Δy . Из графиков видно, что с ростом радиальной деформации температура возрастает. Это происходит потому, что с ростом радиальной деформации увеличивается глубина внедрения единичных зерен в обрабатываемый материал, и, как следствие, теплообразование в зоне контакта инструмента и заготовки увеличивается.

Таблица 1

Технические характеристики FLIR серии SC7000 Orion

Параметр	Характеристика
Тип датчика	InSb / MCT
Разрешение	320×240
Шаг датчика	30 мкм
Спектральный диапазон	1,5–5,1 мкм – для InSb (BB); 7,7–11,5 мкм – для SC7900VL
Частота кадров	InSb: 170–380 Гц – в полнокадровом режиме; 11–31,8 КГц – в оконном режиме съемки. MCT: 230 Гц – в полнокадровом режиме съемки; до 25 КГц – в оконном режиме съемки; 400 Гц – ограничение для модели Orion

зор с сохранением полной скорости съемки. Помимо записи изображений ПО ALTAIR также обрабатывает полученные данные.

Технические характеристики FLIR серии SC7000 Orion приведены в табл. 1.

Доступные объективы: SWB: 25 мм – 22×17°; 27 мм – 20×16°; в WB: 50 мм – 11×8,8°; 100 мм – 5,5×4,4°; 200 мм – 2,75×2,2°; MWB & LWB: 12 мм – 44×36°; 25 мм – 22×17°; 50 мм – 11×8,8°; 100 мм – 5,5×4,4°; 200 мм – 2,75×2,2°.

Параметры визуализации: диапазон волн – MW; динамический диапазон – 14 бит, 16 бит с TRE; температурная калибровка камеры – 5–300°C – для InSb, 5–150°C – для MCT, возможна компенсация окружающей среды; точность температурных измерений – $\pm 1\%$ или $\pm 1^\circ\text{C}$; Hypercal™/CNUC™.

Интерфейсы: аналоговый вход, аналоговое видео (композитное или S-Video), вывод цифровых данных (GigE, Camera Link), управление и контроль (GigE, Camera Link), оконный режим съемки (выбираемые размер и положение дополнительных окон), индекс диафрагмы (f/3.0 – для InSb, и f/2.0 – для MCT), диск-кассета спектральных фильтров (8 кассет-дисков, син-

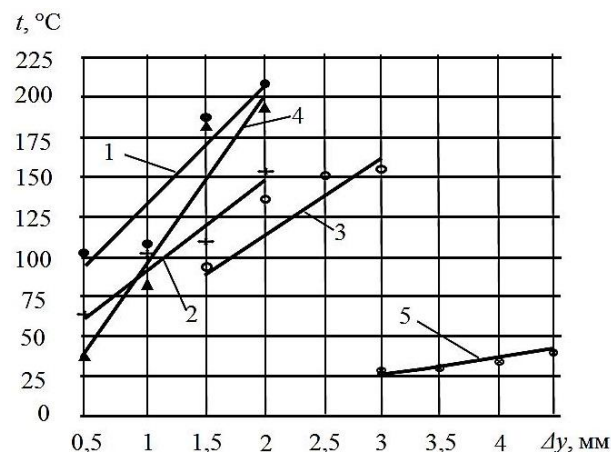


Рис. 2. Зависимость температуры в зоне резания от деформации Δy для кругов при $S = 130$ мм/мин: 1 – FS-WL 8A MED при $V = 441,4$ м/мин; 2 – FS-WL 6S FIN при $V = 406,8$ м/мин; 3 – FS-WL 2S CRS при $V = 462,4$ м/мин; 4 – DB-WL 8S MED при $V = 464,3$ м/мин; 5 – CF-FB 0,5A FIN при $V = 606,3$ м/мин

На рис. 3 представлена зависимость температуры в зоне резания от скорости резания. Из графиков вид-



но, что с ростом скорости резания температура также увеличивается. Это происходит в результате того, что количество теплоты, выделяющейся в единицу времени, увеличивается пропорционально скорости резания.

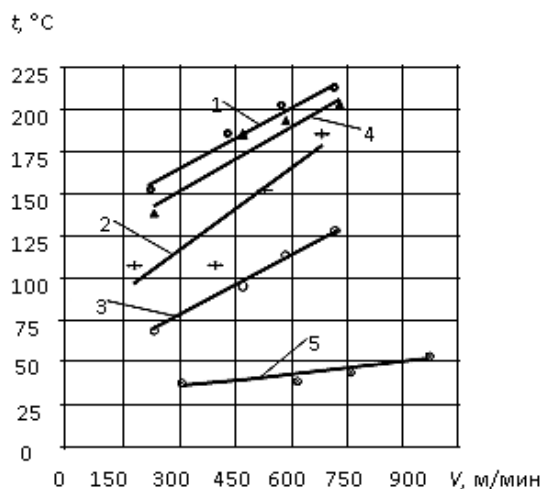


Рис. 3. Зависимость температуры в зоне резания от скорости резания V для кругов при $S = 130$ мм/мин: 1 – FS-WL 8A MED при $\Delta y = 1,5$ мм; 2 – FS-WL 6S FIN при $\Delta y = 1,5$ мм; 3 – FS-WL 2S CRS при $\Delta y = 1,5$ мм; 4 – DB-WL 8S MED при $\Delta y = 1,5$ мм; 5 – CF-FB 0,5A FIN при $\Delta y = 4,5$ мм

На рис. 4 представлены зависимости температуры в зоне резания от продольной подачи, из которых видно, что с ростом продольной подачи значения температуры уменьшаются. Это происходит потому, что с увеличением продольной подачи уменьшается время обработки, а следовательно, уменьшается и общее количество выделившейся теплоты.

Полученные экспериментальные зависимости были аппроксимированы следующей формулой:

$$t = a_1 \cdot \Delta y + a_2 \cdot V + a_3 \cdot S + a_4 \cdot \Delta y \cdot V + a_5 \cdot \Delta y \cdot S + a_6 \cdot V \cdot S + a_7 \cdot \Delta y \cdot V \cdot S + a_8$$

Значения коэффициентов a_{1-7} и свободных членов a_8 данного уравнения приведены в табл. 2.

Как уже было отмечено, температура, возникающая в зоне резания, оказывает существенное влияние на процесс износа инструмента. Экспериментальное исследование износа инструмента проводилось на универсально-фрезерном станке модели 675 на образцах из алюминиевого сплава В95пчТ2. Износ круга

определялся взвешиванием образца до и после обработки в течение 5 мин. на электронных весах с точностью 0,01 г.

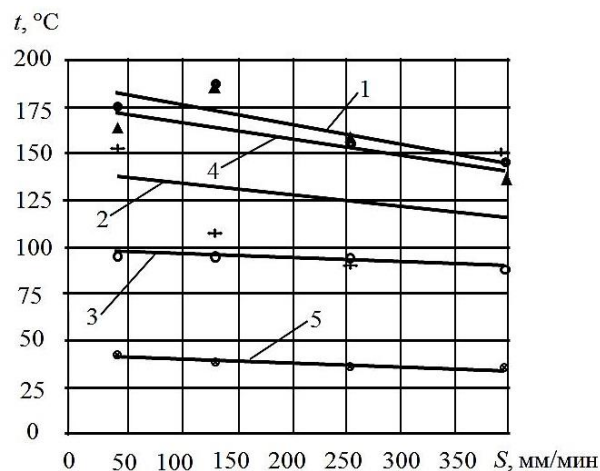


Рис. 4. Зависимость температуры в зоне резания от продольной подачи S : 1 – FS-WL 8A MED при $V = 441,4$ м/мин, $\Delta y = 1,5$ мм; 2 – FS-WL 6S FIN при $V = 406,8$ м/мин, $\Delta y = 1,5$ мм; 3 – FS-WL 2S CRS при $V = 462,4$ м/мин, $\Delta y = 1,5$ мм; 4 – DB-WL 8S MED при $V = 464,3$ м/мин, $\Delta y = 1,5$ мм; 5 – CF-FB 0,5A FIN при $V = 606,3$ м/мин, $\Delta y = 4,5$ мм

В качестве показателя износа круга использована величина износа I за единицу времени (мм/мин), которая рассчитывалась по формуле

$$I = \frac{(G_1 - G_2)}{\rho_K \cdot \pi \cdot D_K \cdot b \cdot T},$$

где ρ_K – плотность материала круга в г/мм³; G_1 и G_2 – масса круга до и после обработки соответственно, г; b – ширина обрабатываемого образца, мм; D_K – диаметр круга в мм; T – время обработки длины образца l ; $T = l/S$, мин.

Как следует из результатов исследования, зависимость износа инструмента от режима резания (Δy , V и S) аналогична зависимости температуры от тех же параметров. Обработка экспериментальных данных проведена по методу наименьших квадратов. В качестве примера такая зависимость приведена для круга CF-FB 0,5A FIN (рис. 5).

Таблица 2

Значения коэффициентов a_{1-7} и свободных членов a_8

Коэффициент	Марка круга				
	FS-WL 8A MED	FS-WL 6S FIN	FS-WL 2S CRS	DB-WL 8S MED	CF-FB 0,5A FIN
a_1	44,5699	24,261806	16,5461	42,983733	5,60395
a_2	0,0621162	0,0941789	0,055208	-0,067316	0,04105625
a_3	-0,1961227	-0,1797811	-6,45944 · 10 ⁻³	-0,317812	-0,0968395
a_4	0,0603936	0,0594147	0,0402005	0,141986	-1,02969 · 10 ⁻³
a_5	0,115684	2,95092 · 10 ⁻³	-4,10002 · 10 ⁻³	0,0589903	0,01319605
a_6	1,8293 · 10 ⁻⁵	-3,69861 · 10 ⁻⁵	-1,3454 · 10 ⁻⁵	5,40267 · 10 ⁻⁴	-2,62375 · 10 ⁻⁵
a_7	-1,93126 · 10 ⁻⁴	1,39442 · 10 ⁻⁴	-1,0616 · 10 ⁻⁵	-3,71007 · 10 ⁻⁴	1,24465 · 10 ⁻⁵
a_8	57,7678	33,405333	22,5513	60,857133	-3,851095

Значения коэффициента c для разных кругов

Марка круга	FS-WL 8A MED	FS-WL 6S FIN	FS-WL 2S CRS	DB-WL 8S MED	CF-FB 0,5A FIN
Коэффициент c	0,0071	0,0005	0,001	0,0032	0,0052

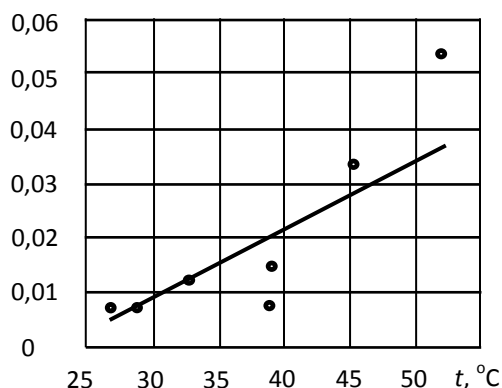
 I , мм/мин

Рис. 5. Зависимость износа инструмента от температуры в зоне резания для круга CF-FB 0,5A FIN

Зависимость износа инструмента за 1 мин работы от температуры выражается уравнением

$$I = c \cdot t,$$

где c – коэффициент, приведенный в табл. 3 для разных кругов.

Из результатов исследования можно констатировать, что по известной величине температуры в зоне резания t можно прогнозировать износ инструмента.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по постановлению Правительства от 9 апреля 2010 г. № 218 в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» (шифр 2012-218-03-120).

Статья поступила 27.01.2015 г.

Библиографический список

1. Димов Ю.В., Подашев Д.Б. Круги для финишной обработки деталей // Вестник ИргТУ. 2011. № 5 (52). С. 16–20.

УДК 621.924.9

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДРОБЕУДАРНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ НА УСТАНОВКАХ КОНТАКТНОГО ТИПА

© А.А. Лихачев¹, В.В. Герасимов², А.А. Пашков³

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены отечественные и зарубежные способы формообразования длинномерных обшивок. Описывается конструктивное решение дробеметного аппарата 3Д400М. Представлены варианты автоматизации основных узлов дробеметного аппарата, а также факторы, влияющие на стабильность и производительность, принципы функционирования и схемы работы систем адаптивного прижима и автоматической досыпки дробы дробеметных аппаратов.

Ключевые слова: дробеударное формообразование; дробеметная установка; адаптивное управление; досыпка дробы.

IMPLEMENTATION OF SHOT PEEN FORMING CONTROL SYSTEM ON CONTACT TYPE INSTALLATIONS

A.A. Likhachev, V.V. Gerasimov, A.A. Pashkov

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, Russia, 664074.

Having considered domestic and foreign methods of forming long skins, the article describes a design solution of a 3D400M shotblaster. It discusses automation options for the major units of a shotblaster as well as the factors affecting its stability and performance, operation principles and the workflow of the systems of adaptive clamping and automatic

¹Лихачев Андрей Александрович, научный сотрудник, старший преподаватель кафедры оборудования и автоматизации машиностроения, тел.: 89501129865, e-mail: pupajr@mail.ru

Likhachev Andrei, Researcher, Senior Lecturer of the Department of Equipment and Automation of Mechanical Engineering, tel.: 89501129865, e-mail: pupajr@mail.ru

²Герасимов Виталий Валериевич, научный сотрудник, аспирант, тел.: 89501311731, e-mail: krimskiy_tsar@inbox.ru

Gerasimov Vitaly, Researcher, Postgraduate, tel.: 89501311731, e-mail: krimskiy_tsar@inbox.ru

³Пашков Александр Андреевич, младший научный сотрудник, аспирант, тел.: 89041109030, e-mail: pashk0ff@mail.ru

Pashkov Alexander, Junior Researcher, Postgraduate, tel.: 89041109030, e-mail: pashk0ff@mail.ru

feed of peen in shotblast machines.

Keywords: shot peen forming; shotblast machine; adaptive control; peen feed.

Эффективным способом формообразования длинномерных панелей и обшивок является технология дробеударного формообразования (ДУФ). В основе процесса ДУФ лежит двухосное удлинение поверхностных слоев ударами дроби. При таком воздействии листовая деталь приобретает поверхность двойной кривизны. В зарубежной практике процесс получения требуемой формы деталей реализуется на дорогостоящих и технически сложных дробеударных установках проходного типа. Получение поверхностей знакопеременной кривизны в большинстве случаев является длительным и многошаговым и включает в себя последовательную обработку наружной поверхности детали, ее продольных кромок с двух сторон, а также применение заневоливания и растяжения кромок [1].

Альтернативная отечественная технология комбинированного формообразования крупногабаритных панелей разработана в ИргТУ и внедрена на Иркутском авиационном заводе [2]. Главным преимуществом используемого способа формообразования является разделение процесса получения конечной формы детали на достаточно простые, легко управляемые и контролируемые операции образования продольной и поперечной кривизны. Для получения про-

дольной кривизны монолитных ребристых панелей применяется раскатка ребер, для деталей типа обшивок используется гибка–прокатка. Поперечная кривизна достигается обработкой дробью наружной поверхности детали на специальных установках серии УДФ с использованием дробеметных аппаратов контактного типа.

На рис. 1 показано запатентованное конструктивное решение дробеметного аппарата ЗД400М [3], применяемого в качестве рабочего органа установки УДФ-4.

Устройство разгона дроби состоит из корпуса 13 со сменными эластичными уплотнениями; дробеметного колеса 12 с приводом от электродвигателя, импеллером 14 и питающим патрубком 15. Средство транспортирования дроби включает корпус 10; бункер 7; загрузочное колесо 2 с ковшами 1 и шнеком 6, расположенном в корпусе 3; привод вращения с электродвигателем 5. Устройства разгона и транспортирования соединены фланцем 11 и скатом 17. На корпусе устройства разгона и транспортирования установлен бункер 9 с устройством автоматической досыпки дроби 8. В нижней части питающего патрубка 15 выполнено разгрузочное окно 16.

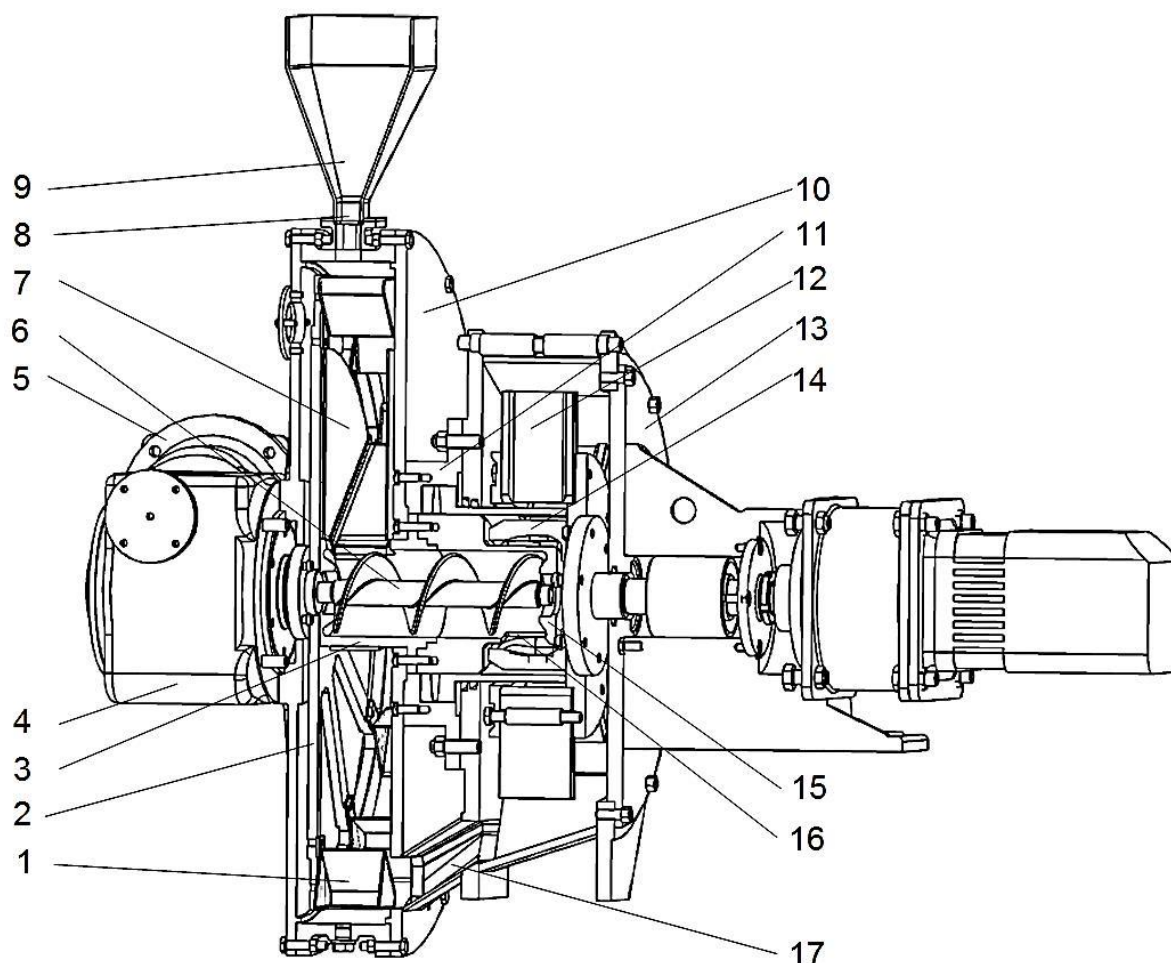


Рис. 1. Конструктивное решение дробеметного аппарата ЗД400М

Стабильную работу данного аппарата при реализации программы ДУФ обеспечивает подбор конструктивных параметров средства транспортирования дробы, обеспечивающий постоянство заполнения бункера 6 и расхода дробы, подаваемой шнеком 7 на лопатки дробемерного колеса 12 [4].

В процессе обработки контакт дробемерного аппарата с криволинейной поверхностью детали осуществляется при помощи эластичного уплотнения. Конструкцией 3Д400М предусмотрена возможность установки четырех типов уплотнений, ширина которых 100, 200, 300, 400 мм. Основным условием работы дробемерного аппарата контактного типа является

обеспечение стабильности процесса обработки дробью путем поддержания постоянного контакта эластичного уплотнения с обрабатываемой деталью. На установке УДФ-4 применено решение системы прижима на основе ультразвуковых бесконтактных датчиков расстояния Sonar – UNAM 12U9914/S14 (рис. 2).

Система функционирует следующим образом. В зависимости от установленного на дробемерном аппарате уплотнения обрабатываются сигналы датчиков и определяется угол, на который необходимо повернуть дробемерный аппарат для обеспечения стабильного прижима, как показано на схеме (рис. 3).

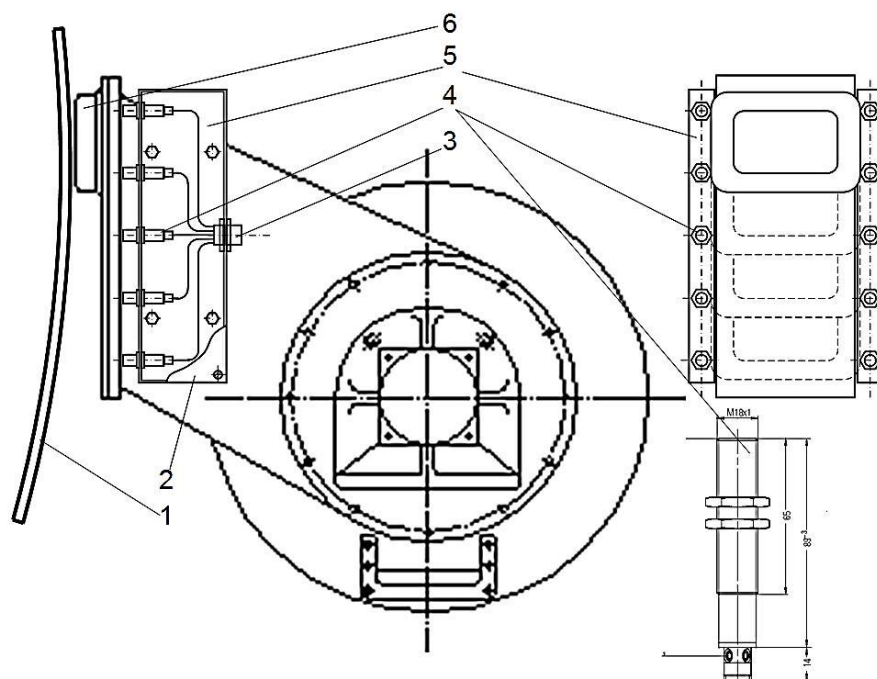


Рис. 2. Конструктивное исполнение системы прижима дробемерного аппарата 3Д400М: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – крышка; 3 – штепсельный разъем; 4 – ультразвуковой датчик Sonar – UNAM 12U9914/S14; 5 – корпус; 6 – эластичное уплотнение

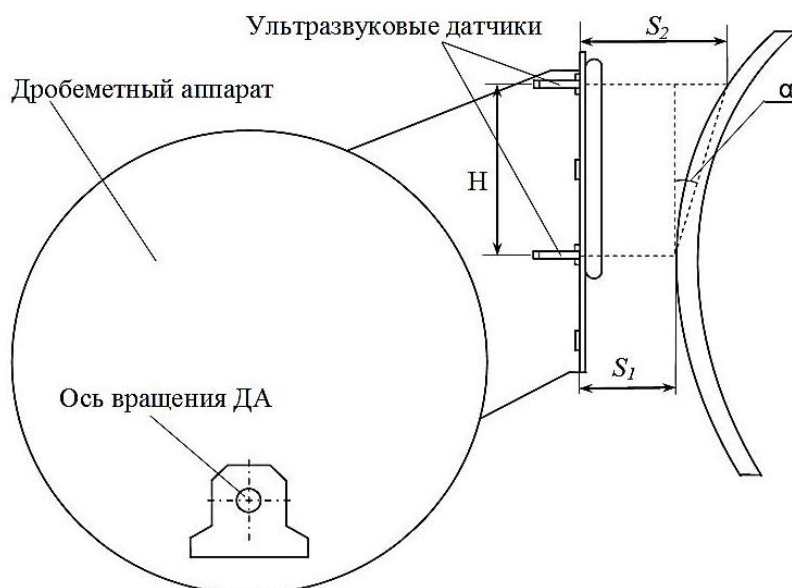


Рис. 3. Схема расчета угла поворота дробемерного аппарата

Угол поворота в таком случае определяется по формуле

$$\alpha = \arctg\left(\frac{S_1 - S_2}{H}\right),$$

где S_1 и S_2 – показания верхней и нижней пары ультразвуковых датчиков; H – расстояние между датчиками.

Для исключения смещения полосы обработки, вызванной поворотом дробеметного аппарата, вводятся поправочные перемещения по оси Z и Y (рис. 4). В зависимости от угла поворота дробеметного аппарата эти перемещения определяются по формулам:

$$\Delta Z = -\frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2} + \beta\right)}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)};$$

$$\Delta Y = -\frac{R \cdot \sin \alpha \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2} + \beta\right)}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)},$$

где R , β – полярные координаты середины уплотнения.

Для обеспечения работы системы прижима задан диапазон деформации уплотнения, обеспечивающий постоянный контакт с поверхностью детали. Для дробеметного аппарата 3Д400М этот диапазон составляет $\pm 2,5$ мм. За его пределами системой управления выдается сообщение об ошибке и подается сигнал остановки программы обработки детали.

Интеграция разработанного средства автоматизации в систему ЧПУ реализована при помощи программы, написанной в NC-коде, с использованием операций синхронной обработки. После активации продольного перемещения (координата X) и запуска дробеметного аппарата система опрашивает датчики расстояния с динамическим шагом, зависящим от скорости подачи по координате X , анализирует полученные значения и производит необходимые корректировки положения дробеметного аппарата (рис. 5).

Разработанная система адаптивного прижима позволяет сократить потери дроби. Для полного исключения потерь и обеспечения стабильности воспроизведения параметров обработки в конструкцию дробеметного аппарата введена система поддержания уровня дроби, включающая два электромагнитных датчика фирмы ТЕКО модели ISB AC21A-31P-4-LZS4, зафиксированных в бункере средства транспортирования дроби, анализирующих уровень дроби и подающих управляющие сигналы механизму автоматической досыпки. Система транспортирования в разрезе, демонстрирующая конструктивное решение механизма анализа уровня дроби, представлена на рис. 6.

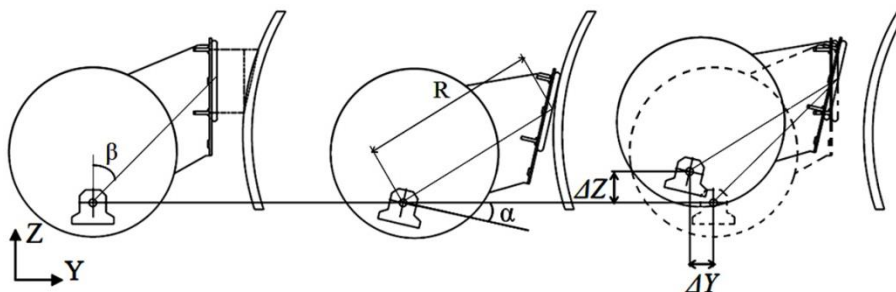


Рис. 4. Схема расчета поправочных перемещений дробеметного аппарата



Рис. 5. Алгоритм функционирования программы

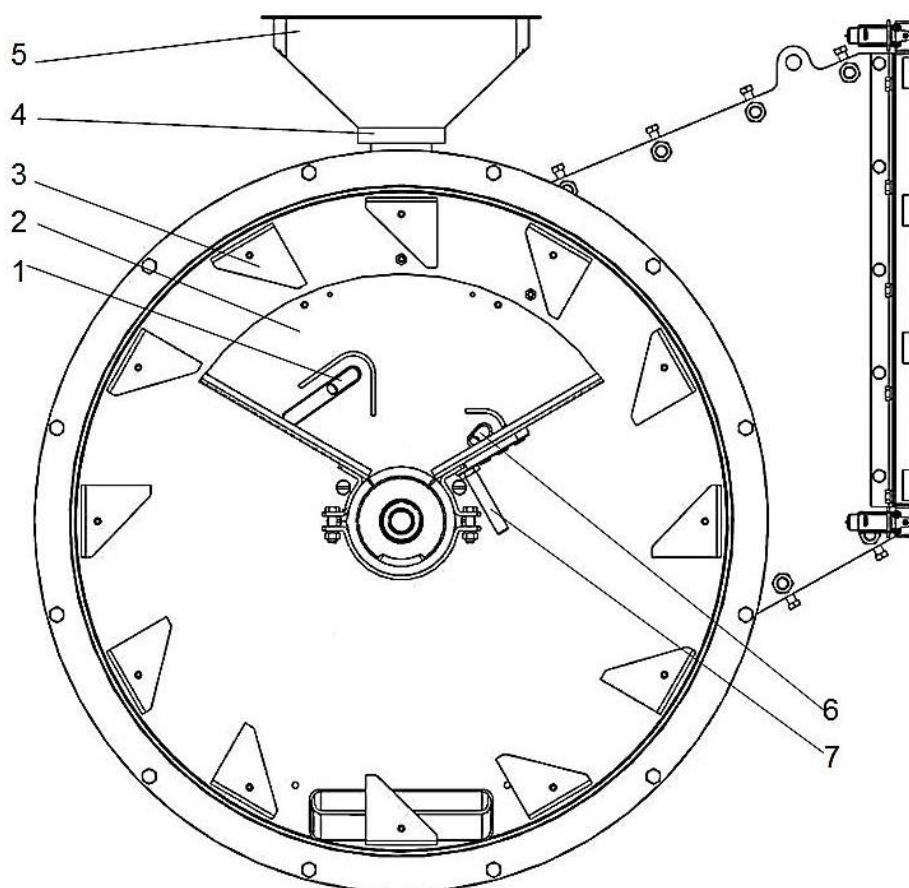


Рис. 6. Система анализа уровня дробы: 1 – электромагнитный датчик верхней границы уровня дробы; 2 – бункер; 3 – ковши; 4 – затвор средства автоматической досыпки; 5 – корпус средства автоматической досыпки; 6 – электромагнитный датчик нижней границы уровня дробы; 7 – альтернативный вариант размещения датчика нижнего уровня дробы

Емкость бункера 2 позволяет создать запас дробы, необходимый для стабильной работы дробеметного колеса. При недостаточном уровне дробы, фиксируемом датчиком 6, на механизм автоматической досыпки поступает управляющий сигнал, открывающий затвор 4, пополняющий запас дробы в накопительном бункере. После того, как сработал датчик 1, сигнал с которого свидетельствует о наполнении бункера, затвор закрывается и досыпка дробы прекращается.

В результате выполненной работы была разработана адаптивная система управления процессом дробеударного формообразования. Использование ультразвуковых и индуктивных датчиков в разработанной системе увеличивает эффективность процесса формообразования.

Таким образом, применение модернизированной системы управления позволяет добиться высокой производительности работы дробеметного аппарата.

Совокупное применение адаптивных систем прижима и поддержания уровня дробы обеспечивает стабильность дробеобработки, что необходимо для реализации программного управления процессом формообразования деталей.

Представленная в рамках данной статьи работа проводится при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки России) по комплексному проекту 2012-218-03-120 «Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218.

Статья поступила 24.10.2014 г.

Библиографический список

1. Ramati S. Single piece wing skin utilization via advanced peen forming technology / S. Ramati, G. Levasseur, S. Kernerkecht: 7-th Int. Conf. on Shot Peening. Warsaw, Poland, 28–30 Sept. 2000 (ICSP-7). P. 1–18.
2. Пат. № 2102221, Российская Федерация, С1 МКИ В 24 С, 3/00, 5/00. Дробеметное устройство / А.Е. Пашков. Заявл. 26.03.96; опубл. 20.01.98. Бюл. № 2. 4 с.
3. Венрев А.А. Автоматизация производства длинномерных панелей и обшивок на Иркутском авиационном заводе // Наука и технологии в промышленности. 2013. № 1–2. С. 49–52.
4. Пашков А.Е. О повышении эффективности дробеметной установки контактного типа. // Вестник ИрГТУ. 2013. № 10. С. 46–51.

УДК 62.656

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРЕНИЯ НА ЭМИССИЮ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ© Нго Куанг Туен¹, А.И. Исаев²^{1,2}Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.²Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации,
664047, Россия, г. Иркутск, ул. Советская, 139.

Приведены основные результаты гидродинамических исследований в кольцевой камере сгорания газотурбинных двигателей (ГТД). Моделирование течения основано на гидро- и газодинамической аналогии в модельном секторе камеры, размещенном в гидробассейне. Опираясь на представления о структуре потока в зоне горения, проведены экспериментальные изыскания влияния организации топливо-воздушной смеси на эмиссию вредных веществ.

Ключевые слова: организации горения; эмиссия вредных веществ; зона обратных токов; топливо-воздушная смесь.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDY OF BURNING ORGANIZATION EFFECT ON HAZARDOUS SUBSTANCE EMISSIONS IN GAS TURBINE ENGINES

Ngo Quang Tuyen, A.I. Isaev

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Irkutsk Branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation,

139 Sovetskaya St., Irkutsk, 664047, Russia.

The paper introduces the main results of hydrodynamic studies in an annular combustion chamber of gas turbine engines (GTE). Modeling of flow is based on a hydro- and gas dynamic analogy in the modeling sector of the chamber located in a water tank. Based on the concept of the structure of flow in the combustion zone, an experimental study of the effect of fuel-air mixture organization on the emission of hazardous substances has been carried out.

Keywords: organization of burning; emission of hazardous substances; zone of reverse currents; fuel-air mixture.

В основе развития авиационных газотурбинных двигателей лежит, наряду с улучшением параметров газодинамического процесса, улучшение экологических показателей.

В настоящее время при создании высокотемпературных и малотоксичных камер сгорания большое внимание уделяется организации процесса горения, разработке новых типов фронтных устройств, обеспечивающих высокоэффективное сжигание топлива при минимальной эмиссии вредных веществ.

Наибольшее распространение в камерах сгорания авиационных двигателей получили фронтные устройства с лопаточными завихрителями, использование которых позволяет осуществлять как подготовку смеси, так и стабилизацию пламени.

Эмиссия вредных веществ в конечном итоге зависит от условий организации топливо-воздушной смеси и самого процесса горения. Учитывая это обстоятельство, авторы первоначально провели гидродинамические исследования структуры потока за лопаточными завихрителями [1, 2]. Исследования проводились в гидробассейне (рис. 1).



Рис. 1. Гидробассейн

В качестве объекта исследования использована модель участка жаровой трубы кольцевой камеры сгорания (рис. 2).

Пренебрегая кривизной боковых поверхностей кольцевой камеры сгорания, основную часть модели выполнили из органического стекла в форме параллелепипеда, а фронтное устройство – в виде плоской поверхности с двумя завихрителями. Суживающаяся часть обеспечивала сочленение модели с магистралью слива.

¹Нго Куанг Туен, студент, e-mail: quangtuyendk44@gmail.com
Ngo Quang Tuyen, Student, e-mail: quangtuyendk44@gmail.com

²Исаев Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры самолетостроения и эксплуатации авиационной техники, зав. кафедрой авиационных двигателей ИФ МГТУ ГА, тел.: 89149383927.
Isaev Alexander, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Aircraft Construction and Operation, Head of the Department of Aircraft Engines of the Irkutsk Branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation, tel.: 89149383927.

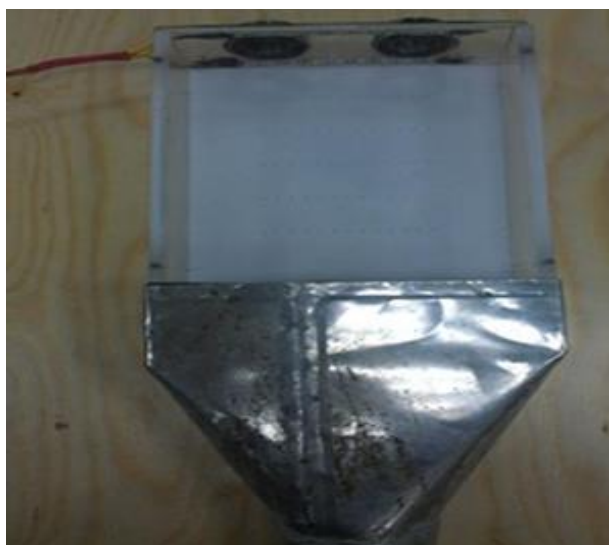


Рис. 2. Модель объекта исследования

Модель в гидробассейне была полностью в затопленном состоянии. Посредством слива жидкости через лопаточные завихрители формировалась вихревая структура течения за ними. Расстояние между завихрителями было выбрано из условия геометрического подобия для типовых кольцевых камер сгорания. Наличие двух лопаточных завихрителей во фронтальном устройстве позволяло моделировать вихревые течения при наличии интерференции между ними. По торцу фронтального устройства были выполнены 15 сквозных отверстий для обеспечения подвода подкрашенной жидкости в исследуемую область и визуализации течения (рис. 3).

Режим течения на входе лопаточного завихрителя задавался числом Рейнольдса [3] в диапазоне $Re = (0,11-0,45)10^6$, что соответствует условиям течения в лопаточных завихрителях в основных режимах работы газотурбинного двигателя.

При подаче подкрашенной жидкости через отверстия в торцевой поверхности фронтального устройства на вход лопаточного завихрителя и расчетные точки за лопаточным завихрителем была получена общая картина течения в зонах обратных токов и в области интерференции вихревых течений. Исключив циркуляционную составляющую вихревого течения, получили структуру осевого течения (рис. 4).



Рис. 3. Фронтальное устройство модели

Было установлено, что поток, пройдя лопаточные завихрители, вовлекается во внешнее периферийное течение, так называемую зону прямого течения, затем переходит в область обратных токов. В зоне обратных токов поток имеет осевую направленность в сторону завихрителей.

В области, непосредственно примыкающей к лопаточным завихрителям, поток устремляется в зону возвратного течения. Возвратное течение протекает между зоной прямого течения и зоной обратных токов.

Интенсивность как в зоне обратного, так и в зоне возвратного течения главным образом зависит от эжекции их со стороны потока зоны прямого течения.

Результаты исследования позволили сделать вывод, что воздух, поступающий в камеру сгорания, последовательно проходит три зоны: прямого течения, обратных токов и возвратного течения (рис. 5).

Для большинства серийных двигателей подача топлива осуществляется в область зоны обратных токов, непосредственно примыкающую к фронтальному устройству (см. сечение 1 на рис. 4).

При такой подаче топлива его испарение и образование топливо-воздушной смеси происходит в области перехода из зоны обратных токов в зону возвратного течения. Горение топливо-воздушной смеси осуществляется по мере возвратного течения. Стабилизация пламени обеспечивается соответствующим характером скорости в поперечном сечении в зоне возвратного течения.

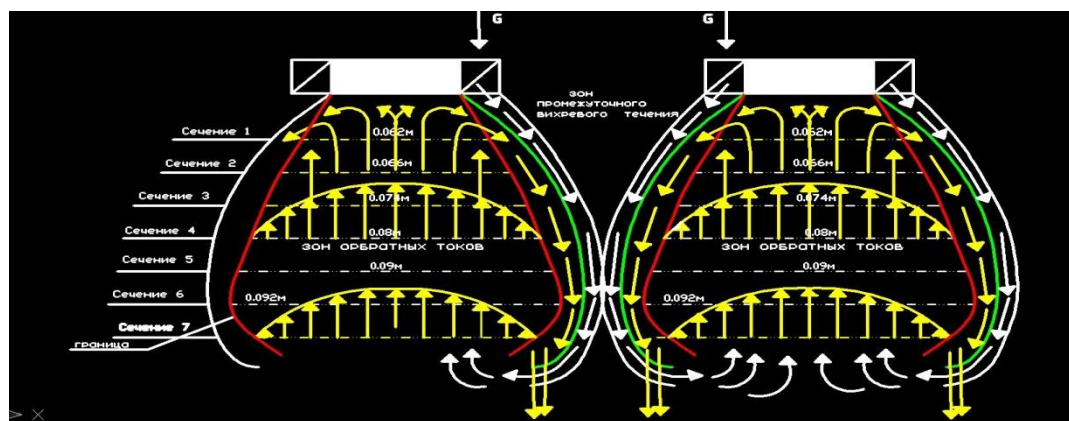


Рис. 4. Общая картина осевого течения за лопаточными завихрителями

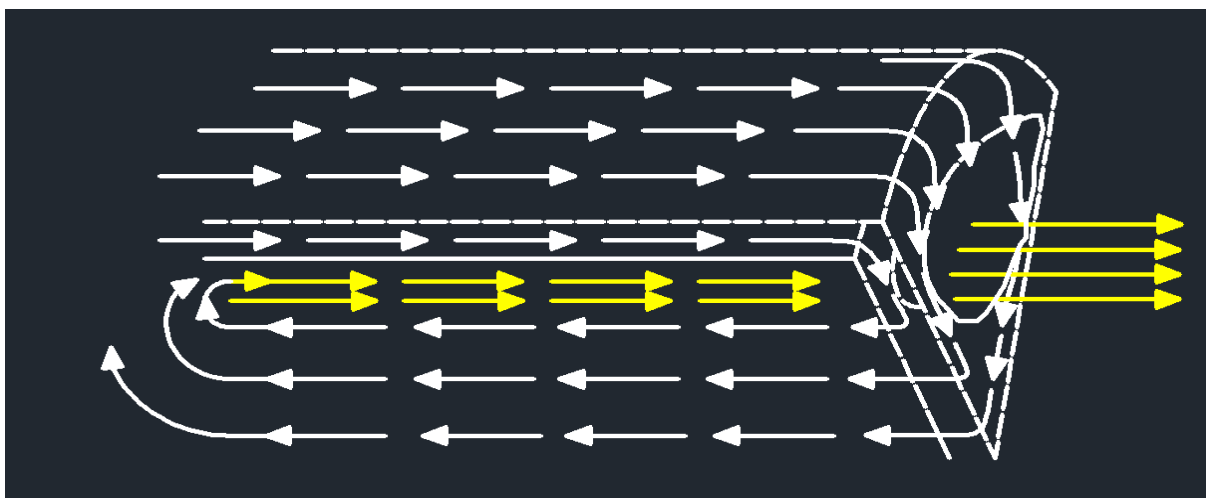


Рис. 5. Схема течения за лопаточным завихрителем

Полнота сгорания образованной топливо-воздушной смеси и эмиссия вредных веществ зависят главным образом от скорости и протяженности зоны возвратного течения.

Изменить условия образования топливо-воздушной смеси и процесса горения возможно за счет подачи топлива не в камеру сгорания за лопаточным завихрителем, а перед ним.

В этом случае образование топливо-воздушной смеси будет проходить на отрезке ее пути от места расположения форсунки до лопаточного завихрителя, в лопаточном завихрителе и в какой-то степени в зоне прямого течения. Горение топливо-воздушной смеси будет проходить как в зоне прямого течения, так и, отчасти, в зоне обратных токов. Учитывая довольно большую суммарную протяженность зон прямого и обратного течений (по сравнению с зоной возвратного течения), представляется возможным увеличить полноту сгорания топлива.

Экспериментальное исследование влияния организации топливо-воздушной смеси и условий горения на эмиссию вредных веществ проведено на камерном стенде (рис. 6).

Конструктивно камерный стенд состоит из двух

магистралей, каждая из которых имеет кран регулирования расхода воздуха, устройство замера расхода воздуха; системы измерения параметров; системы подачи топлива; пусковой системы и рабочих участков для размещения объекта исследования. Воздух к камерному стенду подается от воздуходувки.

В качестве объекта исследования использована модельная камера сгорания (рис. 7), позволяющая моделировать структуру потока за лопаточным завихрителем [4]. При этом интерференция между смежными вихревыми течениями в приведенной схеме не рассматривается.

Первоначально топливная форсунка располагалась во фронтальной части камеры сгорания, во внутреннем канале лопаточного завихрителя (рис. 8).

При этом подача топлива осуществлялась в область, расположенную непосредственно за лопаточным завихрителем.

Исследование процесса горения проведено в диапазоне устойчивого горения. Состав топливо-воздушной смеси задавался изменением расхода воздуха при постоянном расходе топлива. Для замера эмиссии вредных веществ использовался портативный газоанализатор KANE 940.



Рис. 6. Камерный стенд



Рис. 7. Модельная камера сгорания

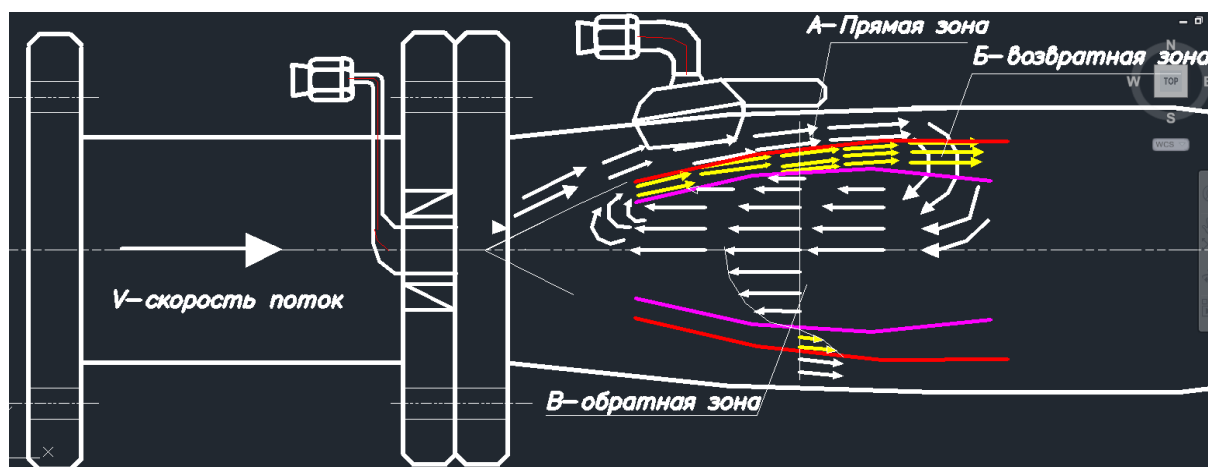


Рис. 8. Схема подачи топлива за лопаточным завихрителем

Учитывая небольшой диапазон рабочих температур KANE 940 (до 650 K), за камерой сгорания осуществлялся подвод охлаждающего воздуха из второй магистрали камерного стенда для обеспечения допустимой температуры работы газоанализатора.

При данной схеме подачи топлива эмиссия вредных веществ составляла:

$$\text{CO} - 150 \div 1300 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3};$$

$$\text{NO} - 1 \div 3 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Во втором случае при расположении форсунки перед лопаточным завихрителем (рис. 9) эмиссия вредных веществ составляла:

$$\text{CO} - 45 \div 100 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3};$$

$$\text{NO} - 4 \div 9 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Следует отметить, что подача топлива осуществлялась навстречу воздушному потоку, что способствует лучшему смешению топлива с воздухом.

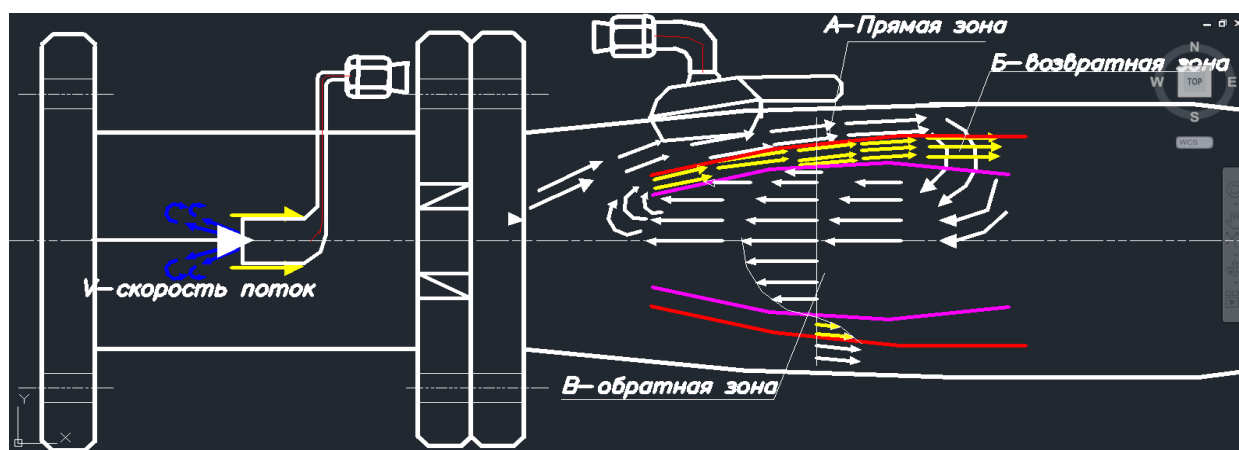


Рис. 9. Схема подачи топлива перед лопаточным завихрителем



Таким образом, изменение условий подачи топлива, образования топливно-воздушной смеси и горения за счет перехода подачи топлива из области за лопаточным завихрителем в область перед ним позволило снизить эмиссию CO с 1300 мг/м³ до 100 мг/м³. При этом эмиссия оксида азота (NO) увеличилась с 3 мг/м³ до 9 мг/м³.

Рост эмиссии оксида азота NO связан с увеличением времени пребывания продуктов сгорания в зоне высоких температур.

Следует отметить, что при подаче топлива перед камерой сгорания наблюдается снижение диапазона устойчивого горения. Это связано с тем обстоятельством, что воспламенение топливно-воздушной смеси происходит в зоне прямого течения, в зоне, в которой имеет место более высокое значение скорости потока. Последнее обстоятельство предполагает в будущем разработку мероприятий по стабилизации процесса горения.

Статья поступила 29.01.2015 г.

Библиографический список

1. Нго Куанг Туен, Исаев А.И. Исследование организации вихревого течения в кольцевой камере сгорания ГТД // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации: сб. тр. VI региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, 7 мая 2013 г., Иркутск: ИФ МГТУ ГА. 2013. С. 191–194.
2. Нго Куанг Туен, Исаев А.И. Исследование протяженности зон обратных токов за лопаточными завихрителями // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации: сб. тр. IV научно-практической конференции преподавателей, научных работников и аспирантов, 3–5

- декабря 2013 г., Иркутск: ИФ МГТУ ГА. 2013. С. 170–173.
3. Виноградов Р.И., Жуковский М.И., Якубов Н.Р. Газодинамическая аналогия и практическое приложение. М.: Машиностроение, 1978.
4. Нго Куанг Туен, Исаев А.И. Экспериментальное исследование влияния организации топливно-воздушной смеси на эмиссию вредных веществ в ГТД // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2014: сб. тр. VII региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, 16–17 октября 2014 г. Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2014 г. С. 5–8.

УДК 629.488

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР БАЗОВОЙ ДЕТАЛИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

© А.Г. Осипов¹, А.В. Терпугов²

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Отмечается, что одной из причин выхода из строя тепловых машин является большой перепад температур базовой детали в результате ее неравномерного нагрева в процессе работы. Приводятся результаты экспериментальных исследований температурного поля дизельного двигателя КамАЗ-740.11 при его прогреве.

Ключевые слова: тепловая машина; дизельный двигатель; базовая деталь, неравномерный нагрев; перепад температур; работоспособность дизельного двигателя.

BASE MEMBER TEMPERATURE GRADIENT EFFECT ON DIESEL ENGINE PERFORMANCE

A.G. Osipov, A.V. Terpugov

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

It is noted that one of the reasons for heat engine failure is a large difference in temperatures of the base member resulting from its uneven heating during operation. The paper provides the results of experimental studies of the temperature field of KamAZ-740.11 diesel engine when it warms-up.

Keywords: heat engine; diesel engine; base member; uneven heating; temperature drop; diesel engine performance.

Базовая деталь тепловых машин, преобразующих тепловую энергию в механическую работу, предназначена для размещения и крепления главной и остальных деталей. В настоящее время весьма распространенной на транспорте и в других отраслях тепловой машиной являются дизельные двигатели.

Базовой деталью дизельного двигателя является цилиндр, а в большинстве случаев блок цилиндров, конструктивно отливаемый заодно целое с картером

(блок-картер), в котором выполняются выточки для размещения подшипниковых опор главной детали двигателя – коленчатого вала.

Для совместной отливки блока цилиндров и картера дизельных двигателей в отечественном и зарубежном машиностроении преимущественно используются литейные серые чугуны, химический состав которых представлен в табл. 1.

¹Осипов Артур Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры конструирования и стандартизации в машиностроении, e-mail: arthur.osipov@rambler.ru

Osipov Artur, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Design and Standardization in Mechanical Engineering, e-mail: arthur.osipov@rambler.ru

²Терпугов Антон Владимирович, студент.
Terpugov Anton, Student.



Таблица 1

Химический состав серых чугунов для отливки блок-картеров дизельных двигателей

Страна, фирма	Состав, %								HB	σ_{Bmax} , кг/мм ²
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo		
Россия, КамАЗ СЧ 21-40	3,2–3,4	2,0–2,3	0,5–0,8	≤0,1	0,15–0,20	0,25–0,45	0,10–0,25	–	187–241	21
США, Джeneral Моторз GM 73-M	2,85–3,15	1,95–2,50	0,65–0,5	≤0,2	0,15	0,35–0,55	0,25–0,45	0,65–0,85	223–248	35
Италия, Фиат Gh 26	Факультативно			≤0,15	0,10	0,10–0,20	–	Sn 0,10	190–240	26

Следует отметить, что при совместной отливке блоков цилиндров и картеров дизельных двигателей за рубежом в серый чугун вводится молибден (Mo), повышающий прочность и жаростойкость чугуна GM 73-M.

Наряду с серым чугуном при совместном изготовлении блоков цилиндров и картеров дизельных двигателей используются литейные алюминиевые сплавы, легированные Si, так называемые силумины (табл. 2). Они обладают наиболее высокими литейными свойствами [1] и обеспечивают технологичность отливки базовых деталей.

Для отливки напряженных в температурном отношении базовых деталей дизельных двигателей, нагреваемых до температуры 275⁰C, применяются также сплавы АЛ-1 и АЛ-20 (табл. 3) с повышенными механическими свойствами.

Для совместной отливки под давлением блоков цилиндров и картеров, а также других сложных деталей дизельных двигателей применяются алюми-

новые литейные сплавы АЛ-4 и АЛ-32 [1], характеристики которых приведены в табл. 4.

Для упрочнения базовые детали из сплава АЛ-4 проходят термическую обработку закалкой при температуре 535 ± 5⁰C и старением при 180 ± 5⁰C в течение 8 ч.

Наличие Mn и Ti в химическом составе сплава АЛ-32 и большая скорость его кристаллизации при литье под давлением способствуют получению метастабильной структуры изготавливаемых базовых деталей. Базовые детали из АЛ-32 упрочняются путем искусственного старения без предварительной закалки и хорошо обрабатываются резанием, свариваются, а также обладают коррозионной стойкостью.

Механические свойства алюминиевых сплавов улучшаются путем модифицирования натрием Na, который в виде хлористых и фтористых солей добавляется в жидкий сплав в количестве 2–3% от массы сплава.

Таблица 2

Химический состав алюминиевых литейных сплавов для совместного изготовления блоков цилиндров и картеров дизельных двигателей

Сплав	Mg	Si	Mn
АЛ-4	0,17–0,3	8,0–10,5	0,2–0,5

Таблица 3

Химический состав алюминиевых литейных сплавов с повышенными механическими свойствами

Сплав	Cu	Mg	Si	Прочее
АЛ-1	3,75–4,50	1,25–1,75	–	1,7–2,2 Ni
АЛ-20	3,50–4,50	0,70–1,20	1,5–2,0	1,2–1,7 Fe; 0,15–0,3 Mn; 0,15–0,25 Cr; 0,05–0,10 Ti

Таблица 4

Характеристики алюминиевых литейных сплавов АЛ-4 и АЛ-32 для совместной отливки блоков цилиндров и картеров дизельных двигателей

Сплав	σ_B , кг/мм ²	$\sigma_{0,2}$	δ , %	HB
АЛ-4	18	8	6	50
АЛ-32	27	16	3	80

При работе дизельных двигателей конструкционные материалы в результате нагрева расширяются и размеры базовых деталей изменяются. Например, при нагреве до температуры 240°C блока цилиндров двигателей семейства КамАЗ, выполненного из СЧ 21-40, линейные размеры базовой детали по высоте увеличиваются на 2387 мкм, а аналогичной базовой детали, изготовленной из алюминиевого сплава АЛ-4 (силумина), – на 1298 мкм. При этом температурный коэффициент линейного расширения для СЧ 21-40 равен $\alpha = 11,8 \cdot 10^{-6}$ (1/Град), а для АЛ-4 равен $\alpha = 21,7 \cdot 10^{-6}$ (1/Град) [2].

Вследствие неравномерного нагрева базовой детали по высоте (поскольку источник тепла – отработанные газы, имеющие температуру порядка 1800–2000°C [3], нагревают в первую очередь верхнюю часть блока цилиндров дизельного двигателя) могут произойти: деформация цилиндров, изменение размеров проточек под подшипниковые опоры коленчатого вала и, в конечном счете, потеря работоспособности тепловой машины.

Для оценки уровня тепловой напряженности базовой детали дизельного двигателя и установления значений перепада температур по высоте его блока цилиндров и картера проведены экспериментальные исследования температурного поля 8-цилиндрового V-образного дизельного двигателя КамАЗ-740.11 при его ускоренном прогреве в диапазоне температур от минус 15 до плюс 80°C.

Измерение температур проводилось по классической методике [4] в семи точках двигателя с помощью шести хромель-копелевых термопар авиационного типа с контактными медными кольцами на конце и одного лабораторного ртутного термометра. Последний был установлен на выходе жидкости из рубашки охлаждения в том месте, где заводом-изготовителем предусмотрена установка датчика температуры. Четыре термопары посредством нормалей устанавлива-

лись на головках левых и правых цилиндров и на их полублоках. Две оставшиеся термопары с целью повышения долговечности и точности измерений заделывались стационарно в рубашку охлаждения и масляный поддон картера. При этом шарик спая термопары, составляющий в диаметре $1,5 \pm 0,15$ мм, фиксировался в гнезде при помощи эпоксидного клея. Компенсационные провода всех термопар были выведены к переключателям и от них на показывающие авиационные ферродинамические гальванометры и потенциометр КСП-4. Гальванометры в виброустойчивом исполнении работали в диапазоне температур 0...300°C. Включение в электрическую цепь переключателей позволяло осуществлять контроль за исправностью измерительных схем и одновременно измерять температуру во всех выбранных точках.

В ходе проведенного термометрирования установлено, что ускоренный прогрев приводит к значительной неравномерности температурного поля дизельного двигателя, в частности его базовой детали – блок-картера. Как показали результаты экспериментов, представленные на рис. 1, перепад температур полублоков цилиндров и нижней части картера составляет 88°C.

Такая значительная неравномерность температурного поля дизельных двигателей вызывает в базовой детали высокие тепловые напряжения и приводит к деформации этой детали, в частности несоосности опор коренных подшипников. Последнее создает опасность заклинивания коленчатого вала и даже его поломки из-за значительного увеличения изгибающего момента в местах неприлегания вала к опорам.

Кроме вышеотмеченного, значительный перепад температур по высоте блока цилиндров способствует возникновению термоэлектродвижущих сил, вызывающих электрохимическую коррозию и электроэрозию зеркала цилиндров дизельного двигателя.

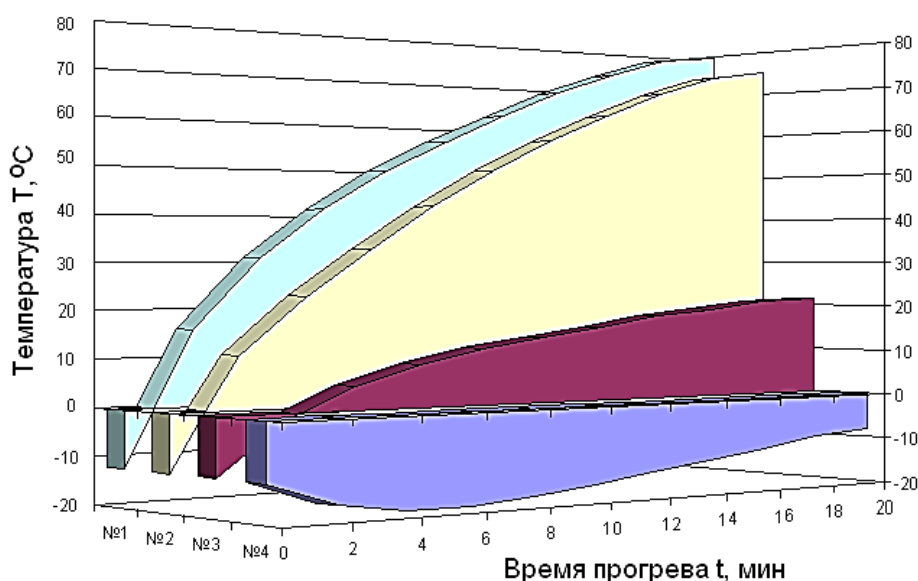


Рис. 1. Результаты ускоренного прогрева дизельного двигателя КамАЗ-740.11: 1, 2 – температура соответственно правого, левого полублока цилиндров; 3 – температура масла в поддоне картера; 4 – температура нижней части картера в зоне опор коренных подшипников

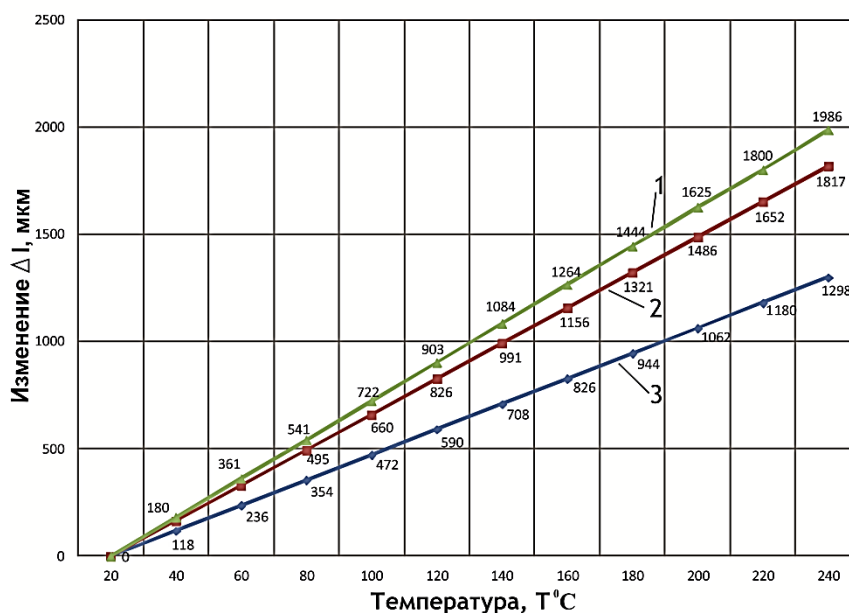


Рис. 2. График зависимости от температуры линейного расширения блока цилиндров, выполненного из СЧ 21-40: 1 – изменение линейного размера по длине детали; 2 – изменение линейного размера по ширине детали; 3 – изменение линейного размера по высоте детали

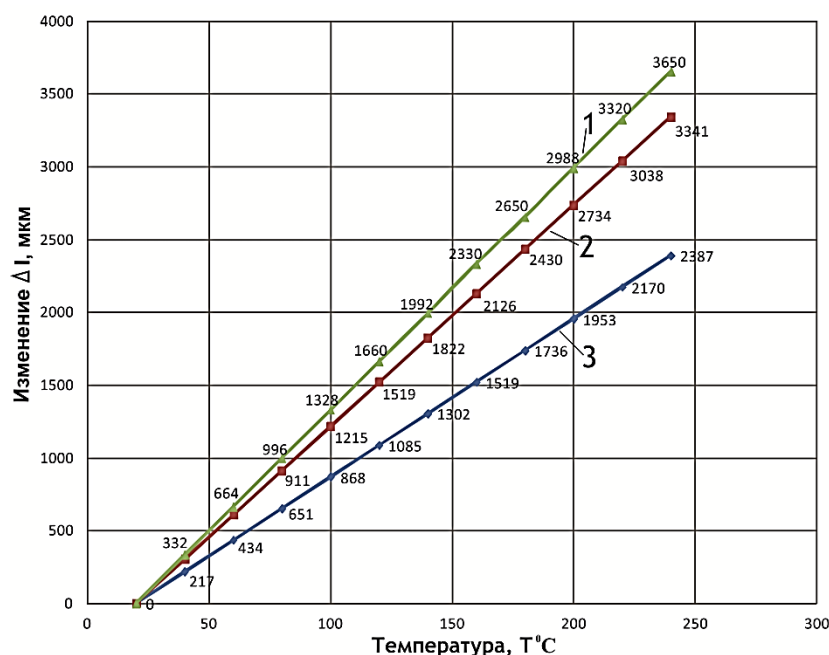


Рис. 3. График зависимости от температуры линейного расширения блока цилиндров, выполненного из АЛ-4: 1 – изменение линейного размера по длине детали; 2 – изменение линейного размера по ширине детали; 3 – изменение линейного размера по высоте детали

Очевидно, что при ускоренном форсированном прогреве дизельного двигателя неравномерность его температурного поля будет еще выше, что обуславливает необходимость выравнивания температуры базовых деталей по их высоте.

Проведенные расчеты показали, что нагрев базовой детали до температуры 240°C приводит к значительным изменениям линейных размеров как блока цилиндров, выполненного из СЧ 21-40 (рис. 2), так и блока цилиндров, выполненного из АЛ-4 (рис. 3).

Практический интерес вызывают и аналогичные изменения, происходящие с менее крупными, но не менее важными деталями. В качестве примера можно

акцентировать внимание на изменении диаметров шеек коленчатого вала (рис. 4) и головок шатуна (рис. 5).

Для коленчатого вала двигателя «КамАЗ», выполненного из стали 42ХМФА, с базовыми размерами по диаметру коренной шейки 95 и шатунной шейки 80 мм [5], при нагреве до 100°C приращения диаметров соответственно составят 92 и 77,5 мкм. Для шатуна, выполненного из стали 40ХН2МА [6], с базовыми размерами по диаметру верхней головки 49,02 и нижней головки 85,02 мм, прирост диаметров головок соответственно составит 46,3 и 80 мкм.

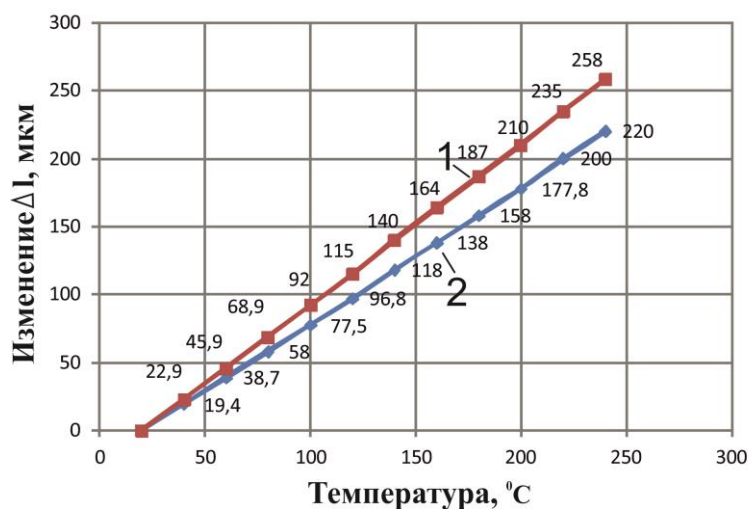


Рис. 4. График зависимости от температуры увеличения диаметров коленчатого вала, выполненного из стали 42ХМФА: 1 – изменение диаметра коренной шейки; 2 – изменение диаметра шатунной шейки

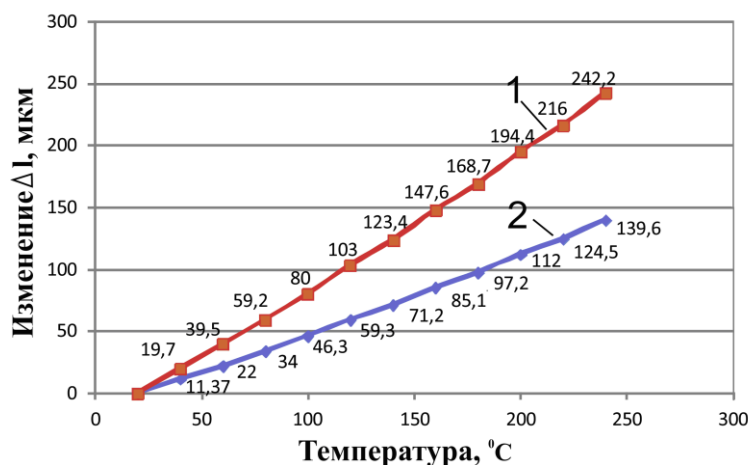


Рис. 5. График зависимости от температуры увеличения диаметров головок шатуна, выполненного из стали 40ХН2МА: 1 – изменение диаметра нижней головки; 2 – изменение диаметра верхней головки

Поскольку причиной перегрева верхней части блока цилиндров и недостаточного прогрева нижней части картера является верхнее расположение камер сгорания и соответствующая организация движения теплоносителя, поступающего к этим камерам в первую очередь, выравнивание температуры по высоте базовой детали дизельного двигателя может быть осуществлено несколькими способами. К ним относятся: изменение расположения камер сгорания, реорганизацию движения теплоносителя, дополнительный подогрев наименее прогреваемых нижних зон двигателя. Из перечисленных способов наиболее приемлемым и целесообразным, на наш взгляд, является по-

следний. Его реализация может быть осуществлена посредством омывания нижней части картера, включая масляный поддон, отработанными газами двигателя, имеющими на выходе температуру порядка 600–700°C [3].

Для предупреждения деформации базовой детали и сведения к минимуму ее последствий, в частности, защемления и поломки коленчатого вала, рекомендуется проведение технологических мероприятий, например, искусственное старение отливок блок-картеров при температуре 550–600°C.

Статья поступила 26.01.2015 г.

Библиографический список

1. Современные материалы в автомобилестроении: справочник / В.С. Дорфман [и др.]. М.: Машиностроение, 2007. 271 с.
2. Справочник металлурга [Электронный ресурс]. URL: http://metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/alu/AL4
3. Михайловский Е.В., Серебряков К.Б., Тур Е.Я. Устройство автомобиля: учебник для учащихся автотранспортных техникумов. 6-е изд., стереотип. М.: Машиностроение, 2001. 342 с.
4. Сороко-Новицкий В.И. Испытания автотракторных двигателей: учеб. пособие для высших технических учебных заведений. М.: Машиностроение, 1950. 378 с.
5. Двигатель КамАЗ-740. Чертежи [Электронный ресурс]. URL: http://avtotehtrans.ru/kolenvai_i_porshni_kamaz_740.html
6. Материалы деталей машин [Электронный ресурс]. URL: <http://everest-autokam.ru/news/vosstanovlenie-detaley-tsilindro-porshnevoy-gruppy-i-shatunno-krivoshipnogo-mekhanizma/>



УДК 550.831: 551.22

**МОРФОЛОГИЯ ПЛОТНОСТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ
УЛАН-БАТОРСКОГО РАЙОНА (МОНГОЛИЯ) ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ**© **Б. Буянтогтох¹, Е.Х. Турутанов², Н. Арвисбаатар³**¹Центр астрономии и геофизики МАН,
Р.О.-788, Ulanbaatar-210613, Mongolia.²Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.³Институт земной коры СО РАН,
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.³Национальный университет Монголии,
P.O. Box-46a/201, Ulaanbaatar-210646, Mongolia.

По результатам площадной гравиметрической съемки среднего масштаба, выполненной на территории Улан-Баторского района (Центральная Монголия), получена карта аномалий силы тяжести в редукции Буге. На основе интерпретации результатов среднемасштабной гравиметрической съемки Улан-Баторского района построены модели крупнейших плотностных неоднородностей района – Улан-Баторской впадины и Богдоулинского гранитного массива. Установлено, что фундамент депрессии имеет блоковое строение и осложнен двумя котловинами. Мощность осадочных отложений в западной котловине составляет около 150 м, в восточной может достигать 300 м. Толщина гранитоидов Богдоулинского массива достигает 4,5 км. Сведения о форме и размерах этих неоднородностей могут быть использованы при инженерно-сейсмологических работах по уточнению сейсмической опасности отдельных участков города Улан-Батора.

Ключевые слова: аномалия силы тяжести; осадочные отложения; гранитный массив.

**MORPHOLOGY OF EARTH CRUST DENSITY INHOMOGENEITY IN THE ULAANBAATAR REGION (MONGOLIA)
BY GRAVITY DATA****B. Buyantogtoh, E. Kh. Turutanov, N. Arvisbaatar**Center of Astronomy and Geophysics MAN,
P.O.-788, Ulanbaatar-210613, Mongolia.Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.Institute of the Earth's Crust SB RAS,
128 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.National University of Mongolia,
P.O. Box-46a/201, Ulaanbaatar-210646, Mongolia.

According to the results of a medium scale areal gravity survey, performed on the territory of the Ulaanbaatar region (Central Mongolia) a map of gravity anomalies in Bouguer reduction has been obtained. The models of the largest density inhomogeneity in the area – Ulaanbaatar depression and Bogdoulinsky granite massif – are built on the basis of the result interpretation of the medium scale gravity survey of the Ulaanbaatar region. It is found that the depression foundation has a block structure and is complicated by two basins. The thickness of sedimentary deposits in the western basin is about 150 m, while in the eastern basin it can reach 300 m. The thickness of Bogdoulinsky massif granitoids reaches 4.5 km. Information about the shape and size of these inhomogeneities can be used in engineering and seismic works in order to specify the seismic hazard of some parts of the city of Ulaanbaatar.

Keywords: gravity anomaly; sedimentary deposits; granite massif.

¹Буянтогтох Базарин, аспирант, научный сотрудник, тел.: (97611) 458024, e-mail: bazaryn_b@rcag.url.mn, bazaryn_b@yahoo.com

Buyantogtoh Bazarin, Postgraduate, Researcher, tel.: (97611) 458024, e-mail: bazaryn_b@rcag.url.mn, bazaryn_b@yahoo.com

²Турутанов Евгений Хрисанфович, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией комплексной геофизики Института земной коры СО РАН, доцент Института недропользования НИ ИргТУ, тел.: (3952) 428792, 89086611976, e-mail: tur@crust.irk.ru

Turutanov Evgeny, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Head of the Laboratory of Complex Geophysics at the Institute of the Earth's Crust SB RAS, Associate Professor of the Institute of Subsoil Use NR ISTU, tel.: (3952) 428792, 89086611976, e-mail: tur@crust.irk.ru

³Арвисбаатар Наваанчимидийн, кандидат геолого-минералогических наук, профессор Института физики и электроники, тел.: (976) 99859278, e-mail: arvis@num.edu.mn

Arvisbaatar Navaanchimiidiin, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Professor of the Institute of Physics and Electronics, tel.: (976) 99859278, e-mail: arvis@num.edu.mn



Введение

Горстовая блоковая структура гранитоидов массива Богдоул, как и Улан-Баторская впадина, расположены в краевой части Хэнтэйского нагорья Хангай-Хэнтэйского поднятия [4, 6, 11] Монголо-Забайкальской (Хангай-Хэнтэйской) складчатой системы Центральной Монголии. Улан-Баторская впадина и Богдоулинский гранитный массив, частично расположенные в пределах мегаполиса Улан-Батор, являются крупнейшими плотностными неоднородностями земной коры исследуемого района, и изучение их формы и размеров может помочь в уточнении уровня сейсмичности этой территории.

Выделение аномалий силы тяжести и их интерпретация

Массивы кислых интрузивных пород отражаются в гравитационном поле отрицательными локальными аномалиями [15]. Последние иногда близки к изометричным, но чаще являются линейно-вытянутыми, так как интрузивные тела обычно располагаются вдоль контролирующих их разломов. Отрицательные аномалии сходной интенсивности в рассматриваемых районах наблюдаются также и над позднемезозойскими впадинами, заполненными кластическими континентальными отложениями верхней юры – нижнего мела. Для определения природы отрицательных локальных аномалий необходимо сопоставлять гравитационное поле с геологическими данными. Если денудационный срез глубок и выходы гранитов соответствуют общей площади кровли плутона или ее значительной части, то изоаномалы гравитационного поля приблизительно согласуются с контурами массива, выявленными в процессе геологического картирования. Если тело кислых интрузивных пород не имеет выходов на поверхность, «гранитную» природу аномалий можно установить с той или иной достоверностью, исключая возможность ее соответствия другим перечисленным выше объектам. При этом необходимо использовать всю информацию, содержащуюся в геологических картах [15].

Минимумы, наблюдаемые над депрессиями, соизмеримы с ними по ширине. При взаимном положении таких аномалий разделить их невозможно. Однако совместный анализ гравиметрических и геологических карт показывает, что подобное наложение бывает сравнительно редко. Чаще встречается такая ситуация, когда минимумы, связанные с гранитами, осложнены региональным фоном, который создается особенностями глубинной структуры и плотностными неоднородностями вмещающих пород. Аномалии регионального фона более широки и пологи в сравнении с «гранитными». Поэтому предположение о линейном изменении регионального фона по коротким профилям, секущим интересующие нас гравитационные минимумы поперек их вытянутости, видимо, не вызовет больших погрешностей [15]. При интерпретации регионального фона определялся для каждого поперечного профиля отдельно как прямая наклонная линия, асимптотически приближающаяся к пологим участкам графика, которые наблюдаются на значительном удалении от центральных частей минимумов [13; 15]. В

нашем случае региональный фон определялся как плавная кривая, проходящая через его значения в точках пересечения продольного профиля с поперечными. Система взаимно увязанных таким способом профилей использована для построения схемы локальных аномалий силы тяжести, связанных с осадочными отложениями как Улан-Баторской впадины, так и гранитами Богдоулинского массива.

Приближенное представление о форме и размерах гранитоидных интрузий можно получить методом подбора моделей, гравитационное влияние которых согласуется с выделенными аномалиями силы тяжести. Метод подбора заключается в последовательном построении ряда моделей и в решении прямой задачи гравиметрии для каждой из них. Подбор имеет смысл вести до того варианта, когда отличия влияния модели от наблюдаемой аномалии станут равными погрешностям съемок, либо меньше их [15]. Мы пытались подобрать по каждому сечению наиболее компактное распределение масс с минимальным количеством апофиз. По результатам интерпретации построена схема толщины массива. Линии равных глубин проведены путем интерполяции с учетом хода изоаномал на картах остаточных аномалий. Применение описанной выше методики не исключает возможности существенных искажений выделяемых локальных минимумов.

Улан-Баторская впадина

Для изучения внутренней структуры Улан-Баторской впадины использовались гравитационные аномалии в редукции Буге, полученные в результате проведения среднемасштабной площадной гравиметрической съемки, выполненной по стандартной методике с помощью гравиметров CG-5. Высоты пунктов наблюдений определялись приборами Trimble 5700 GPS. Площадь работ составила 574 км². Всего выставлено 1143 координатных пункта. Точность гравиметрических наблюдений составила $\pm 0,04$ мГал, погрешность вычисления высот составила $\pm 0,22$ м.

Количественное выделение локальных (остаточных) аномалий выполнялось по профилям в предположении о линейном изменении регионального фона. Линии регионального фона проводились как касательные к максимумам, окружающим депрессию, либо к участкам выполаживания графиков аномалий Буге [13, 15]. При этом точки касания были расположены в пределах полосы шириной 2–3 км, которая окружает с внешней стороны зону сплошного развития кайнозойских кластических отложений. При таком подходе соответствие выделяемого минимума аномалий силы тяжести линзам рыхлых осадков представляется наиболее правдоподобным [1, 15]. В отдельных местах возможно преувеличение мощности кайнозойских осадков, т.е. полученные при интерпретации оценки этого параметра нужно рассматривать как его максимально возможные значения.

Как видно из схемы аномалий силы тяжести в редукции Буге (с поправкой за гравитационное влияние рельефа в радиусе 200 км), в западной и центральной частях впадины наблюдаются минимумы силы тяжести разной интенсивности (рис. 1): невысокой (около 5



мГал) в западной и вдвое большей – в центральной. Такой же характер гравитационного поля отмечается и на схеме локальных (остаточных) аномалий (рис. 2). Наблюдаемая заливообразная аномалия в западной части впадины располагается на площади сплошного развития речных отложений, и ее можно рассматривать как отражение увеличения мощности осадочных образований. Наиболее интенсивная аномалия силы тяжести изометричной формы в центральной части впадины может быть связана с линзами неогеновых и четвертичных отложений. Кайнозойские отложения

являются наименее плотными из всех геологических образований региона. Так как дополнительные сведения об их мощности почти отсутствуют, единственным критерием выделения локальных гравитационных минимумов, связанных с линзами этих отложений, является приуроченность указанных аномалий к площади впадины. Такая приуроченность характерна для Улан-Баторской впадины. Связь аномалий силы тяжести с осадками косвенно подтверждают и многочисленные буровые данные, полученные в долине реки Тола [3].

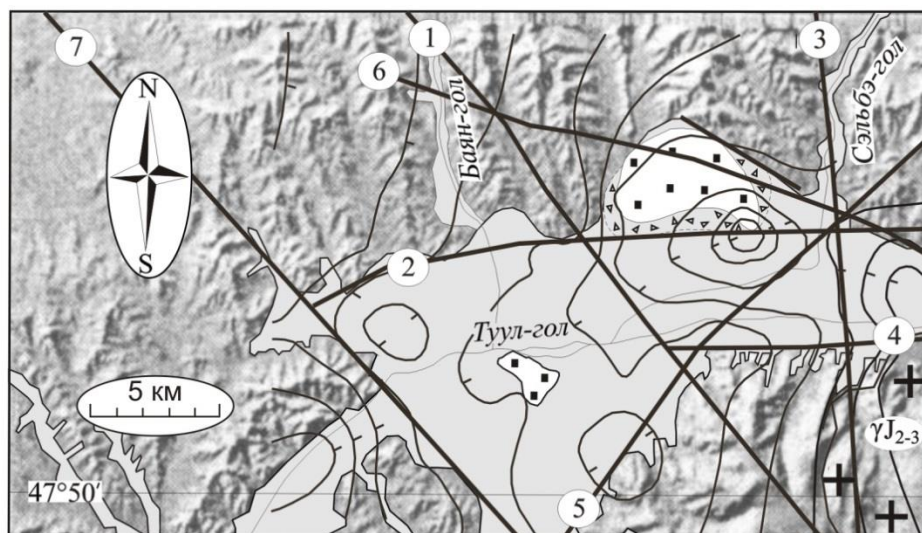


Рис. 1. Схема аномалий Буге Улан-Баторской впадины (по [16], в относительном уровне, сечение изоаномал через 2 мГал): 1 – четвертичные отложения; 2 – неогеновые отложения; 3 – пролювиальные отложения Q; 4 – докайнозойские породы фундамента; 5 – крупные разломы, выделенные по геологическим данным (названия разломов см. на рис. 9); 6 – гранитоиды Богдоулинского массива; 7 – изоаномалы силы тяжести, мГал

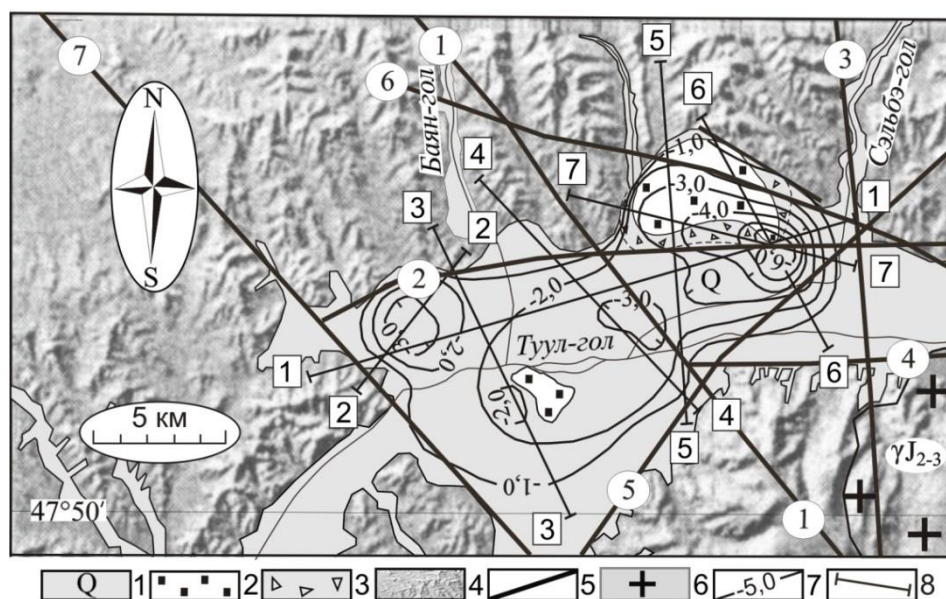


Рис. 2. Схема локальных аномалий Улан-Баторской впадины (по [16], в относительном уровне, сечение изоаномал через 1 мГал): 1 – четвертичные отложения; 2 – неогеновые отложения; 3 – пролювиальные отложения Q; 4 – докайнозойские породы фундамента; 5 – крупные разломы, выделенные по геологическим данным (названия разломов см. на рис. 9); 6 – гранитоиды Богдоулинского массива; 7 – изолинии локальных (остаточных) аномалий силы тяжести, мГал; 8 – интерпретационные профили.

Цифры в квадратах – номера профилей



Вмещающие впадину породы представлены в основном нижнекарбовыми песчаниками, сланцами и алевролитами. Величина плотности коренных пород, с учетом подстилающих их гранитоидов, принимается по [7, 8, 14, 15] и в среднем равна 2700 кг/м^3 . Средние значения плотностей осадков составляют соответственно $\sigma_0 = 2120 \text{ кг/м}^3$ [5, 14]. Зоны градиента изопакит предположительно интерпретировались как

разломы. Интерполяция глубинных профилей выполнена с учетом хода изомал силы тяжести.

Результаты интерпретации гравитационных аномалий, наблюдаемых в районе Улан-Баторской впадины, отражены на интерпретационных разрезах (рис. 3) и составленной на их основе структурной схеме депрессии (рис. 4).

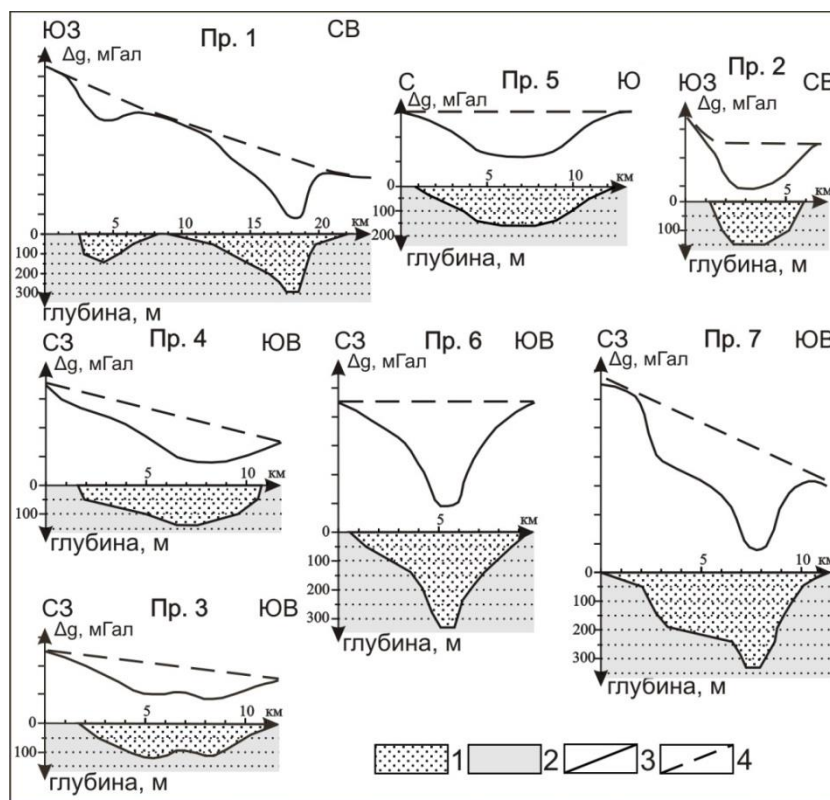


Рис. 3. Геолого-геофизические разрезы вдоль интерпретационных профилей Улан-Баторской впадины (по [16]): 1 – осадочные отложения; 2 – вмещающие породы; 3 – графики аномалий силы тяжести в редукции Буге; 4 – графики регионального фона

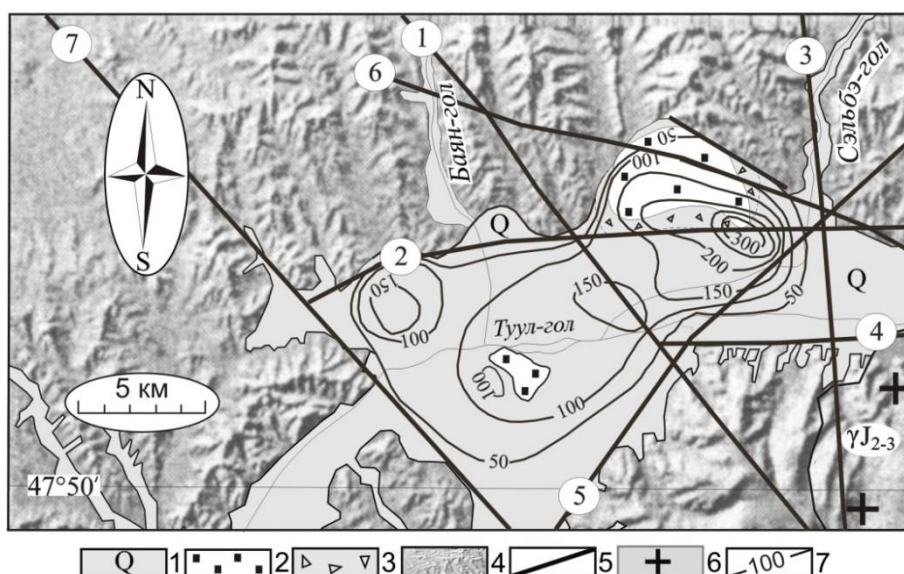


Рис. 4. Схема изопакит осадочных отложений Улан-Баторской впадины (по [16]): 1 – четвертичные отложения; 2 – неогеновые отложения; 3 – пролювиальные отложения Q; 4 – докайнозойские породы фундамента; 5 – крупные разломы, выделенные по геологическим данным (названия разломов см. на рис. 9); 6 – гранитоиды Богдоулинского массива; 7 – изопакиты осадочных отложений, м



Судя по интерпретационным разрезам (см. рис. 3) и схеме мощности осадочных отложений, Улан-Баторская впадина имеет сложное блоковое строение и по своей внутренней структуре разделяется на две основные части, представленные котловинами, длинные оси которых расположены под углом 90° друг к другу, с направлениями, совпадающими с простиранием разрывных нарушений, ограничивающих впадину с юго-запада, юга и северо-востока (см. рис. 1–4).

Структурная схема (см. рис. 4) дает общее представление о строении впадины и о глубине до кристаллического фундамента. В районах, где установлены крутые контакты осадков с вмещающими породами, предполагается наличие разрывных нарушений. На схеме показаны изопакиты кайнозойских отложений в Улан-Баторской впадине и разломы, выделенные по геологическим данным и частично отражающиеся в гравитационном поле.

Западная часть Улан-Баторской депрессии в своем юго-западном окончании ограничена зоной тектонических нарушений, установленных по геологическим данным. Здесь на основе гравиметрических исследований выявлена котловина в форме овала с размерами $4 \times 3,5$ км, толщина осадков в которой составляет около 150 метров. Большая ось ее ориентирована в северо-западном направлении вдоль западного борта впадины – вкрест простирания Улан-Баторской депрессии (согласно основному направлению простирания пород докайнозойского фундамента) и контролируется разломной структурой той же ориентировки. Можно полагать, что западный борт этой котловины является западным ограничением самой Улан-Баторской впадины.

Центральная часть Улан-Баторской впадины представляет собой вытянутую в северо-восточном направлении сложнопостроенную асимметричную структуру, состоящую из двух неодинаковых котловин, разделенных выходом фундамента на поверхность. Мощность осадочных отложений этих котловин убывает в направлении с северо-востока на юго-запад (в сторону выхода фундамента). Северо-восточная котловина (Сэльбинская), расположенная в устье р. Сэльбэ-гол, является самым крупным структурным элементом Улан-Баторской впадины. Она имеет форму овала с размерами 10×5 км, ее длинная ось направлена в северо-западном направлении и совпадает с направлением длинной оси западной котловины Улан-Баторской впадины. Восточное ограничение этой котловины, судя по геолого-геофизическим данным, контролируется разломом, проходящим по долине реки Сэльбэ-гол. Южный борт котловины на протяжении 5 км контролируется разломом, который далее к юго-западу меняет свое направление и в целом ограничивает всю центральную часть Улан-Баторской впадины (см. рис. 1, 4). Максимальная мощность отложений в этой структуре, по результатам интерпретации геолого-геофизических данных, составляет около 300 м. В состав осадочной толщи входят аллювиальные, аллювиально-пролювиальные и верхне-неоген-плиоценовые отложения (см. рис. 1, 2, 4). В пяти км к юго-западу от эпицентра мощности осадков расположен небольшой прогиб фундамента с разме-

рами в плане 3×2 км, мощность осадков в районе которого, судя по результатам интерпретации, составляет около 150 м. На крайнем юго-западном окончании центральной части Улан-Баторской впадины, в пяти км от этой мульды, наблюдается поднятие фундамента высотой около 50 м, которое является перемычкой, отделяющей упомянутую структуру от западной котловины.

К востоку от центральной котловины Улан-Баторской впадины (восточнее Сэльбинского разлома) оценка мощности рыхлых отложений по гравиметрическим данным затруднительна из-за сильного искажающего влияния Богдоулинского мезозойского гранитного массива, создающего, как и осадочные образования, интенсивную отрицательную аномалию силы тяжести. Здесь мощность осадочных отложений определена по данным электроразведочных и буровых работ [2, 3] и составляет, по-видимому, не более 30–40 м.

Богдоулинский гранитный массив

Для изучения глубинного строения Богдоулинского гранитного массива также использовались гравитационные аномалии в редукции Буге (рис. 5, 6). На площади 1150 км^2 с помощью гравиметра CG-5 выставлено 178 координатных пунктов наблюдения. Точность наблюдений составила $\pm 0,02$ мГал. Высоты пунктов определялись приборами Trimble 5700 GPS, точность этих измерений составила $\pm 0,35$ м.

На территории района исследований фиксируется цепочка из трех гравитационных минимумов силы тяжести, вытянутая в северо-западном направлении (см. рис. 5) в соответствии с простиранием крупных региональных разломов – Шижирбогдоулинского, Сэльбинского, Баянхошуунского и Хонхоринского (рис. 8, 9). Самая интенсивная аномалия наблюдается в районе Богдоулинского массива. Ее эпицентр практически совпадает с выходами гранитоидов (рис. 5). Эта аномалия осложнена минимумами высокого порядка, которые приурочены непосредственно к выходам гранитов на земную поверхность. Так как гравитационные минимумы второго порядка несколько смещены относительно выходов гранитов, можно полагать, что изменение мощности Богдоулинского массива происходит главным образом за счет неровностей подошвы плутона. К северо-западу от этой аномалии фиксируется следующий, сравнительно крупный, гравитационный минимум, наиболее интенсивная часть которого совпадает с выходами глин и галечников верхне-неоген-плиоценовых отложений Улан-Баторской впадины (см. рис. 1, 5). На юго-востоке, в 20-ти км от выходов гранитоидов, наблюдается третий интенсивный минимум силы тяжести, связанный с меловыми отложениями Зуунбаянской свиты (см. рис. 5), заполняющими Налайхскую котловину.

Схема локальных (остаточных) аномалий силы тяжести построена по четырем интерпретационным профилям (см. рис. 6). Интенсивность локальных отрицательных аномалий в районе Богдоулинского массива доходит до 18–20 мГал. Результаты интерпретации локальных гравитационных аномалий вдоль профилей отражены на интерпретационных разрезах (рис. 7) и составленной на их основе схеме мощности гранитоидов Богдоулинского массива (рис. 8).

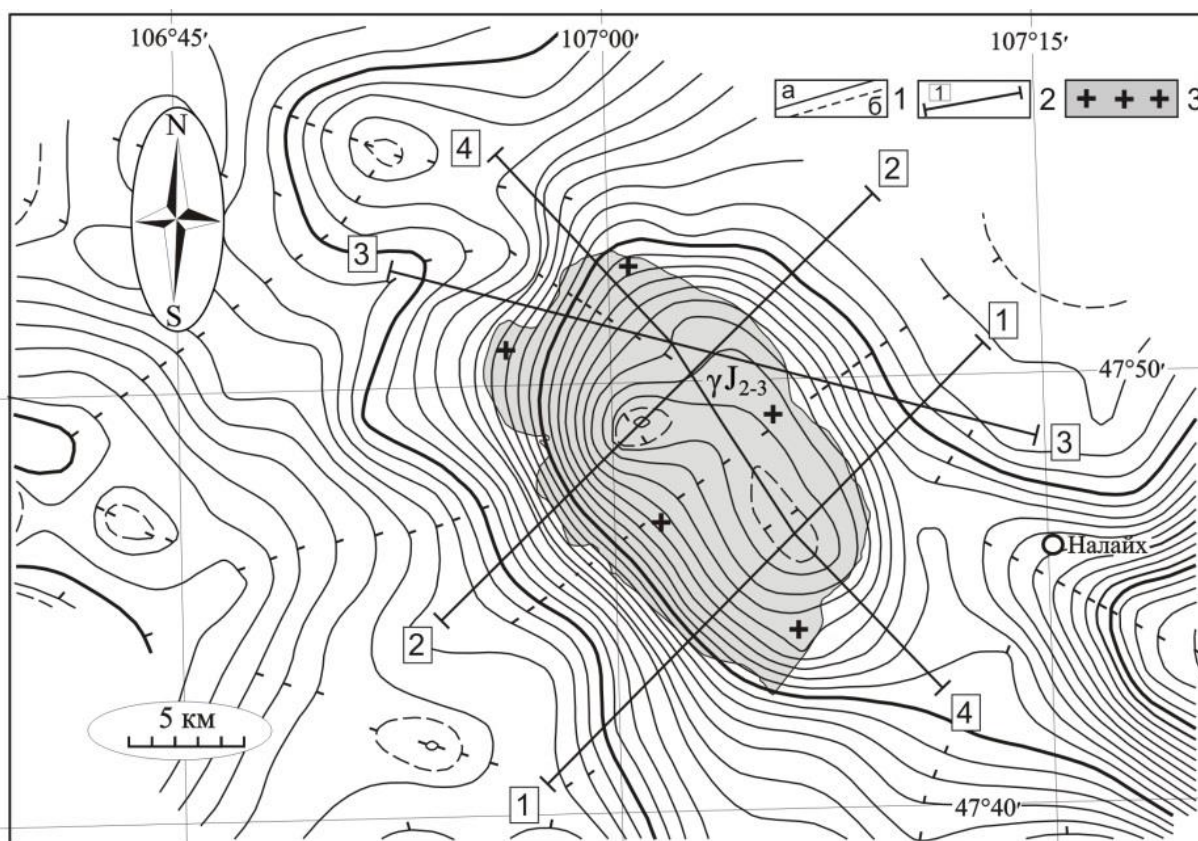


Рис. 5. Схема аномалий Буге Богдоулинского гранитного массива (в относительном уровне, сечение изоаномал через 0,5 мГал): 1 – изоаномалы силы тяжести: а – основные, б – дополнительные; 2 – интерпретационные профили; 3 – гранитоиды Богдоулинского массива

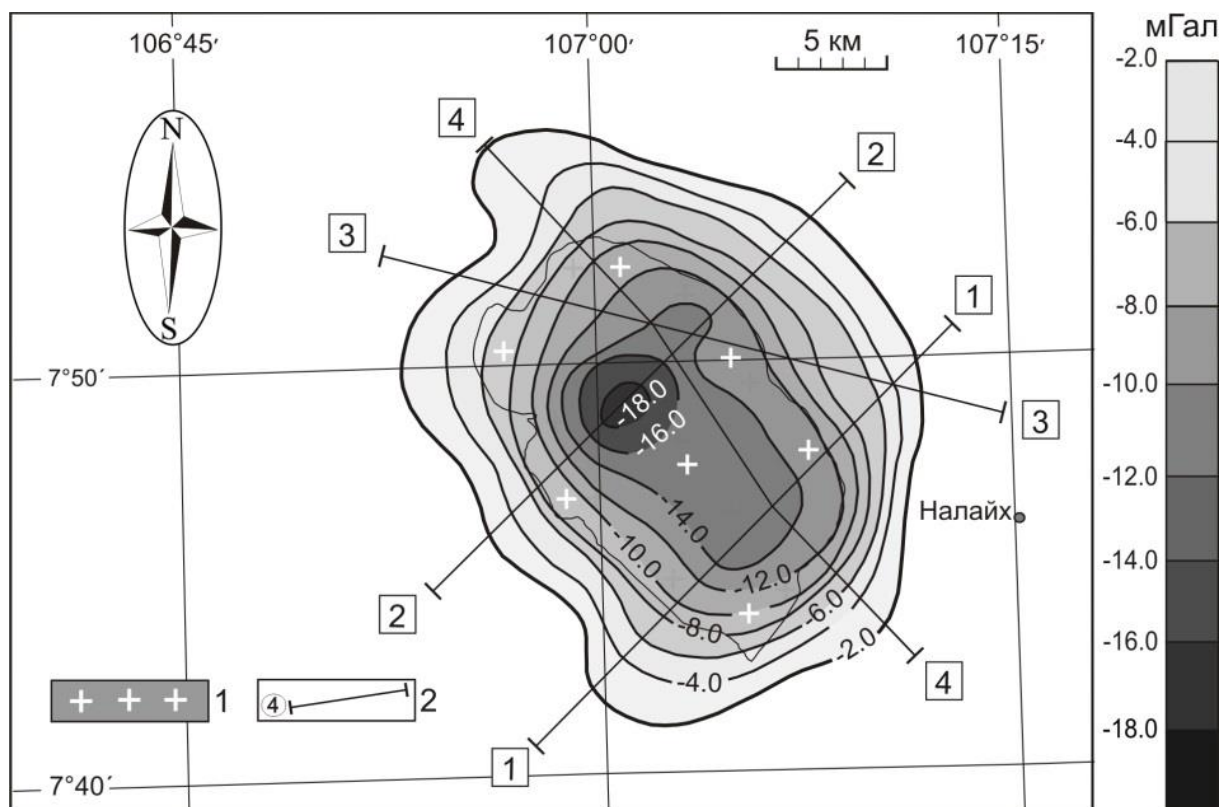


Рис. 6. Схема локальных (остаточных) гравитационных аномалий Богдоулинского гранитного массива: 1 – гранитоиды Богдоулинского массива; 2 – интерпретационные профили. Цифры в квадратах – номера этих профилей

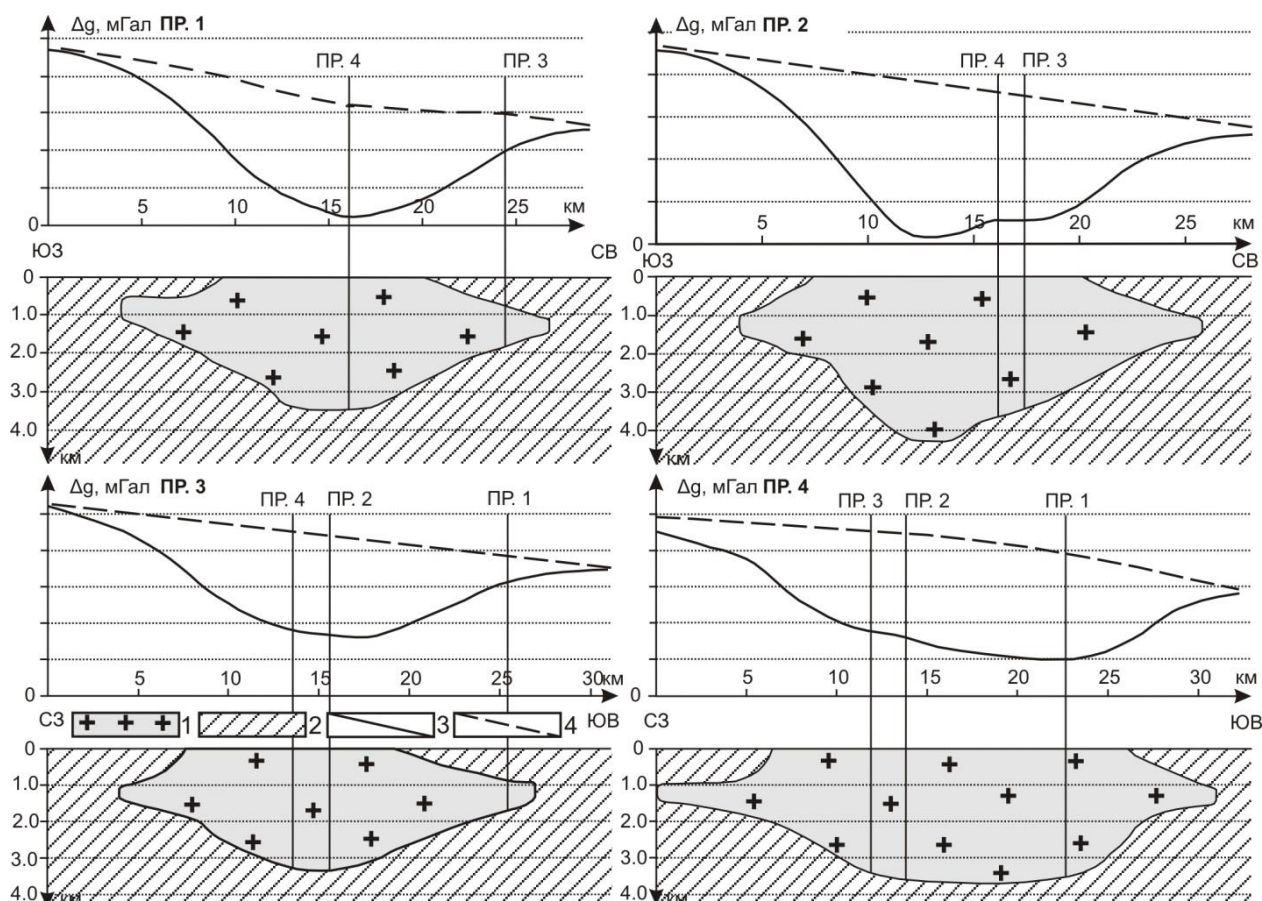


Рис. 7. Геолого-геофизические разрезы вдоль интерпретационных профилей Богдоулинского гранитного массива: 1 – гранитоиды массива; 2 – вмещающие породы; 3 – графики аномалий силы тяжести в редукции Буге; 4 – графики регионального фона

Результаты подбора тел, моделирующих гранитный плутон, изображены на рис. 7. При наших допущениях о характере изменения регионального поля богдоулинский гранитный плутон рисуется в виде довольно изометричного массивного крупного тела овальной формы (см. рис. 7, профили 1–4; рис. 8). Судя по интерпретационным разрезам и схеме мощности (см. рис. 8), Богдоулинский массив имеет сложное «клавишное» строение и представлен блоками, направления простирания которых совпадают с простиранием разрывных нарушений, ограничивающих массив (рис. 8, 9). Массив имеет форму овала с размерами $30 \times 15 \div 20$ км, его длинная ось направлена в северо-западном направлении и совпадает с направлением Шижирбогдинского, Сэльбинского, Баянхошуунского, Сонгиноульского и Хонхорынского глубинных разломов, которые ограничивают Богдоулинский массив с юго-запада и северо-востока. Северное ограничение массива контролируется Северо- и Южно-Тольской системой крупных тектонических нарушений, южное – Дэндэйским глубинным разломом (см. рис. 8, 9). Центральная часть массива пересечена региональным Хундайским разломом, параллельным Дэндэйскому и расположенному в 10–12 км севернее его. Максимальная мощность гранитоидов, судя по результатам интерпретации гравиметрических данных, составляет 4,5 км (см. рис. 7, профиль 2).

Необходимо заметить, что указанная величина

является, по-видимому, минимальной оценкой, поскольку концы линий интерпретационных профилей (как уже было сказано выше) во избежание возможных ошибок в определении уровня регионального фона были выведены на сравнительно пологие участки максимумов, расположенных в области распространения пород фундамента.

Северо-северо-западная часть интрузии ограничена Тольской системой глубинных разломов с севера, Сэльбинским разломом с запада и Баянхошуунским разломом с востока (см. рис. 8, 9). В этих пределах, судя по результатам интерпретации, ширина плутона составляет 5 км, толщина гранитоидов изменяется от 500 до 700 м (см. рис. 7, профиль 4). Юго-восточное ограничение плутона фиксируется Дэндэйским глубинным разломом, имеющим северо-восточную ориентировку (см. рис. 7, профиль 4; рис. 8). Толщина плутона в этой части составляет 1 км. Северо-восточная граница Богдоулинского массива расположена в шести километрах восточнее Хонхоринского разлома, имеющего северо-западную ориентировку (см. рис. 6–8, профили 1–3). Толщина тела здесь составляет 0,5–1,5 км. Юго-западная граница плутона расположена в четырех километрах к западу от Шижирбогдоулинского разлома (см. рис. 7, профили 1–3; рис. 8). Толщина массива в этой части достигает до 1,0–1,5 км. Максимальное значение мощности

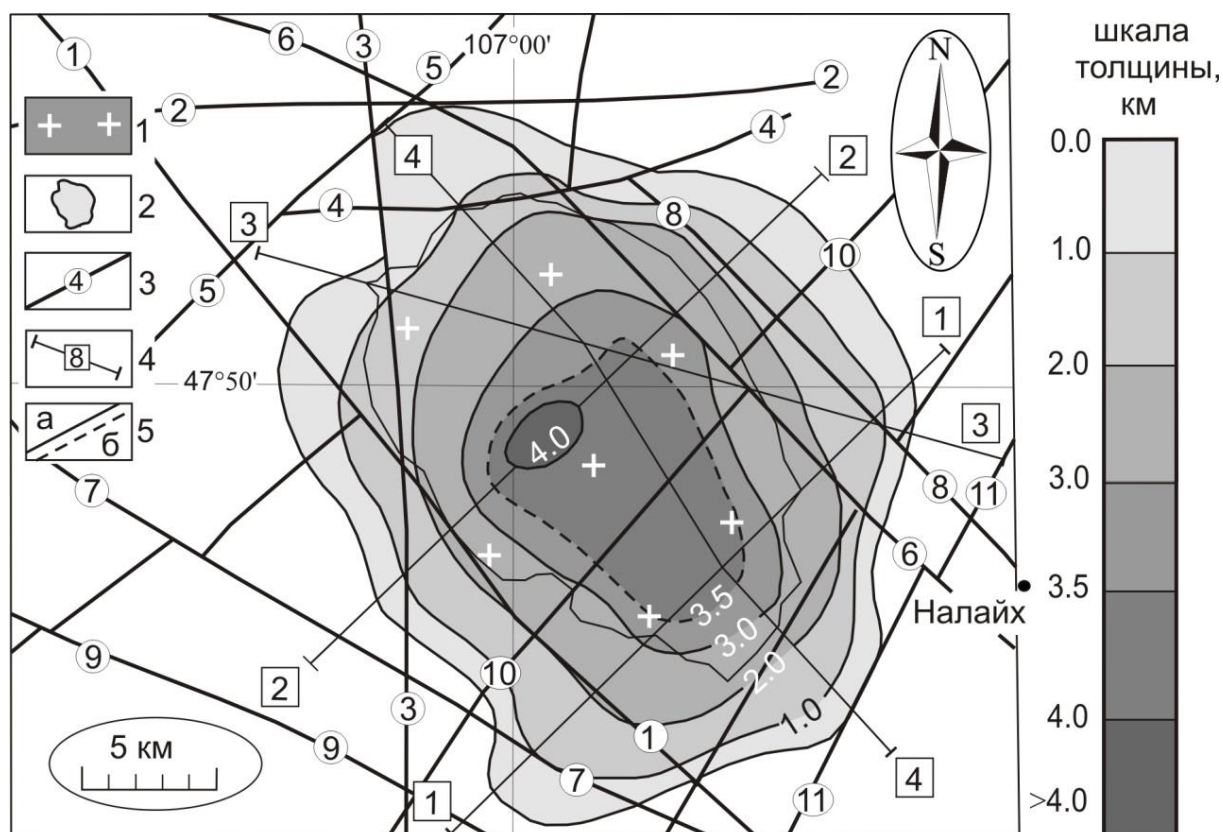


Рис. 8. Геолого-геофизическая модель глубинного строения Богдоулинского гранитного массива: 1 – гранитоиды Богдоулинского массива; 2 – площадь проекции массива на земную поверхность; 3 – крупные разломы, установленные по геологическим данным. Цифры в кружках – номера и названия разломов (см. усл. на рис. 9); 4 – интерпретационные профили. Цифры в квадратах – номера профилей; 5 – изолинии мощности (толщины) гранитоидов: а – основные, б – дополнительные

массива отмечается в районе профиля 2 (см. рис. 7). Поперечные сечения plutона имеют форму линз (см. рис. 7, профили 1–3). Если полагать, что plutон является межформационным, то его форма как бы вырисовывает крупную синклимальную структуру. Заметим, что геолого-геофизические данные говорят о том, что все части Богдоулинского интрузивного тела контролируются крупными разломами. На закономерную приуроченность мезозойских plutонов к протяженным разрывным нарушениям в пределах Агинской зоны Восточного Забайкалья Хангай-Хэнтэйской (Монголо-Забайкальской) складчатой области указывалось и ранее [9, 10, 12].

Судя по результатам количественной интерпретации, площадь проекции гранитоидного plutона на земную поверхность превышает 500 км².

Необходимо заметить, что выводы по глубине кровли подземных частей интрузий отличаются чрезвычайной неточностью. Скорее, здесь следует говорить лишь об оценке по порядку. Составленная нами схема строения толщины plutона дает лишь общее представление о глубинной структуре интрузии. В ряде случаев на ней, видимо, сильно искажены глубины и пропущены боковые апофизы, вытянутые в горизонтальном направлении.

Выводы

На территории Улан-Баторского района (Центральная Монголия) выполнена площадная средне-

масштабная гравиметрическая съемка. По результатам интерпретации гравитационных аномалий построена схема глубинного строения района (см. рис. 9).

Анализ гравитационного поля позволил оценить мощность рыхлых отложений и охарактеризовать морфологию поверхности фундамента Улан-Баторской впадины. Гравиметрические данные подтвердили блоковое строение фундамента впадины, межблоковые границы которых контролируются крупными разломами, установленными по геологическим данным (см. рис. 9). Поперечным поднятием фундамента эта впадина разделяется на две котловины: западную и центральную (см. рис. 2–3, 4, 9). В западной котловине мощность кайнозойских отложений составляет около 150 м, а в восточной может достигать 300 м.

Подобное строение характерно для ряда впадин, расположенных восточнее Улан-Баторской депрессии, для которых комплексом геофизических методов установлены аналогичные мульдообразные прогибы фундамента, к которым приурочены месторождения бурого угля [8]. По одним характеристикам, исследованная депрессия обнаруживает сходство с соседними межгорными впадинами, но по другим – отличается от них. Если провести сравнительную характеристику всех межгорных впадин Хангай-Хэнтэйской складчатой системы, то обнаружение двух идентичных структур невозможно, что подчеркивает многообразие

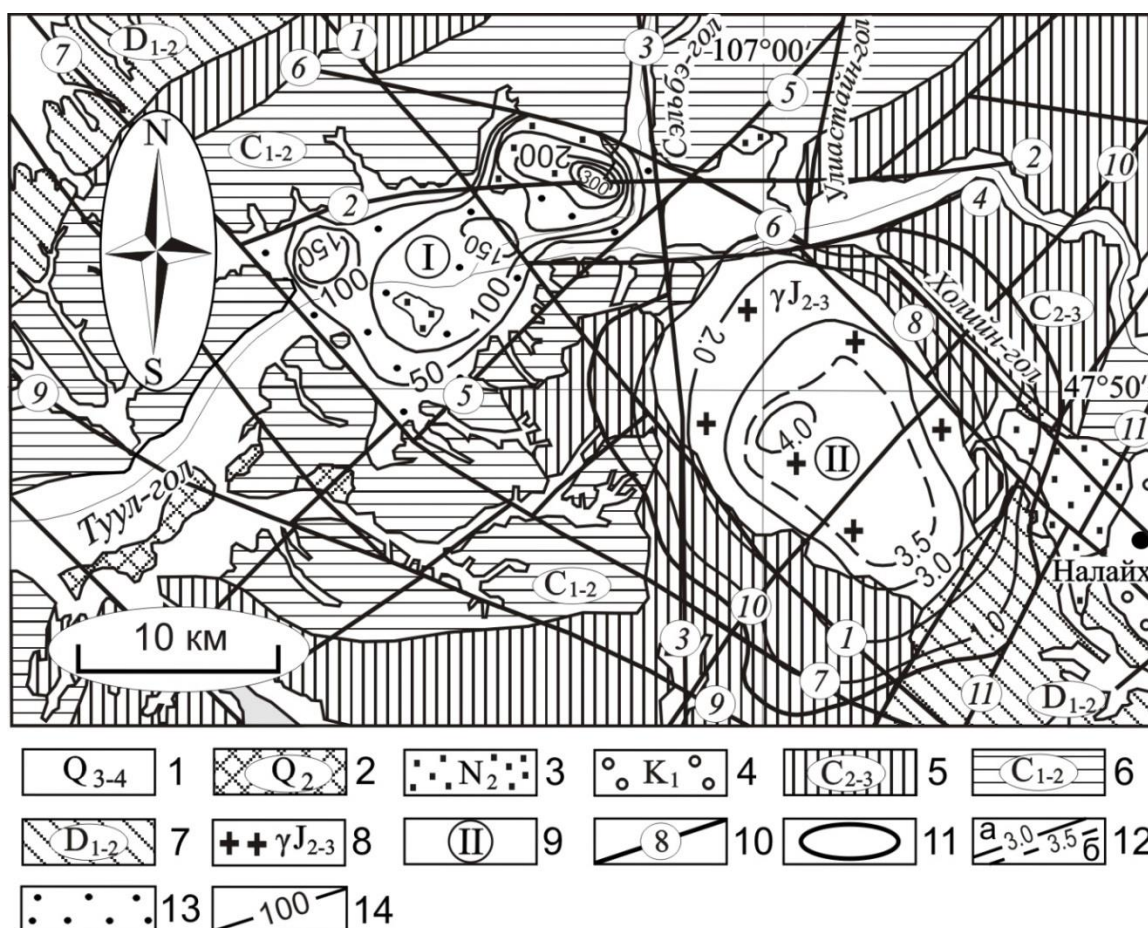


Рис. 9. Геолого-геофизическая схема глубинного строения Улан-Баторского района (по [14, 16], с изменениями): четвертичные отложения: 1 – аллювиально-пролювиальные отложения (галыка, гравий, песок, супесь, суглинок, глины, глыбы, дресва, щебень, галыка с суглинисто-супесчаным заполнением, делювиально-пролювиальные отложения); 2 – отложения древних низких речных террас (глыбы, дресва, щебень, галыка с суглинисто-супесчаным заполнением, супесь, суглинок); 3 – верхне-неоген-плиоценовые отложения (красноцветные, иногда желтовато-пестрые глины, алевроитовые галыки, пески, слабо цементированные брекчи, конгломераты, гравелиты, суглинки); 4 – нижний мел. Зуунбаянская свита (песчаники с фауной и флорой, алевролиты, конгломераты, гравелиты, глины, аргиллиты); 5 – средний-верхний карбон (разнозернистые песчаники с прослойками глинистых сланцев, редко гравелиты, конгломераты, алевролиты, гравелиты); 6 – нижний-средний карбон (глинистые сланцы с прослойками разнозернистых песчаников, алевролиты, кремнистые алевролиты, редко прослойки яшм); 7 – нижний-средний девон. Горихинская свита, нижний горизонт (песчаники с чередующимися прослойками алевролитов и сланцев, алевро-песчаный кварцит, редкие линзы основных эффузивов); 8 – Богдоулинский массив, харалгайская формация (гранит-порфиры с биотитом и мусковитом, мелко-среднезернистые граниты с биотитом и мусковитом, редко с аляскитом, средне-крупнозернистые порфировидные граниты с биотитом, аляскитом, иногда щелочные); 9 – цифры (римские) в кругах – крупнейшие плотностные неоднородности верхней части земной коры Улан-Баторского района: I – Улан-Баторская депрессия, II – Богдоулинский гранитный массив; 10 – крупные разломы, установленные по геологическим данным. Цифры (арабские) в кругах – названия разломов: 1 – Шижирбогдынский; 2 – Северо-Тольский; 3 – Сэльбинский; 4 – Южно-Тольский; 5 – Гацууртынский; 6 – Баянхошуунский; 7 – Сонгиноульский; 8 – Хонхорынский; 9 – Тургэнийский; 10 – Хундайский; 11 – Дэндэйский. 11 – площадь проекции гранитоидов на земную поверхность; 12 – изоглубины мощности (толщины) гранитоидов, км: а – основные, б – дополнительные; 13 – осадочные отложения Улан-Баторской впадины; 14 – изоглубины мощности (толщины) осадочных отложений, м

структурных форм, возникающих в процессе тектогенеза [4]. Сведения о мощности осадков и морфологии фундамента вместе со сведениями о выделенных разломах могут быть использованы при инженерно-сейсмологических работах по уточнению сейсмической опасности отдельных участков впадины. А районы мульдообразных структур, выявленные в пределах Улан-Баторской депрессии, которые могут содержать бурогольные месторождения, рекомендуются для

проведения общих поисковых работ с применением колонкового бурения.

Анализ поля силы тяжести в редукции Буге, полученного в результате выполненной наземной площадной гравиметрической съемки, позволил определить форму и размеры Богдоулинского гранитоидного массива, частично расположенного в пределах г. Улан-Батора. Максимальная толщина тела составляет 4,5 км, площадь проекции на земную поверхность –



около 500 км² (при площади выходов равной 200 км²). Гравиметрические данные подтвердили блоковое строение массива, границы которого контролируются крупными разломами, установленными по геологическим данным.

Сведения о форме и размерах Богдоулинского массива, как и о его структурном положении, могут быть использованы при инженерно-сейсмологических

работах по уточнению сейсмической опасности отдельных участков города Улан-Батора (по крайней мере, для районов, расположенных восточнее р. Сэльбэ-гол (рис. 9), русло которой совпадает с глубинным Сэльбинским разломом). Для этих районов, судя по результатам интерпретации гравиметрических данных, можно ожидать уменьшения этой опасности.

Статья поступила 24.11.2014 г.

Библиографический список

1. Арвисбаатар Н. Строение кайнозойских впадин Прихубсугуля по гравиметрическим данным: автореф. дис. ... канд. геол.-минералог. наук. Иркутск, 1990. 16 с.
2. Батсайхан Ц. Инженерно-геофизическая оценка сейсмической опасности грунтов территории г. Улаанбаатара: автореф. дис. ... канд. геол.-минералог. наук. Иркутск, 2006. 19 с.
3. Бат-Элзий Ш., Дорж Д. Отчет о гидрогеологических и геофизических работах, проведенных в 1982–1986 г. Улаанбаатар: Фонды ПИНИИ водного хозяйства МНР, 1988. 232 с.
4. Бямба Ж., Арвисбаатар Н., Турутанов Е.Х. Глубинное строение Монголии // Геология Монголии. Т. IV. Тектоника литосферных плит. Улаанбаатар: Изд-во АДМОН, 2012. С. 403–425.
5. Вахромеев Г.С. К вопросу формирования физико-геологических моделей месторождений полезных ископаемых МНР // Вопросы геологии и металлогении Восточной Монголии. Улаанбаатар: Изд-во МонГУ, 1979. С. 236–244.
6. Геология Монгольской Народной Республики. Том I. Стратиграфия / Под. ред. Н.А. Маринова, Л.П. Зоненшайна, В.А. Благодрава. М.: Недра, 1973. 582 с.
7. Дугараа П., Арвисбаатар Н. Петроплотная характеристика пород Жанчивланского рудного узла и его окрестностей // Вопросы геологии и полезных ископаемых Центральной и Восточной Монголии. Улаанбаатар, 1982. С. 11–13.
8. Дугараа П., Арвисбаатар Н. и др. Геолого-структурные особенности Бурульжунтинской и Налайхинской впадин Центральной Монголии // Вопросы геологии и полезных ископаемых Центральной и Восточной Монголии. Улаанбаатар, 1982. 13 с.
9. Зорин Ю.А. Структура Агинского палеозойского поля (Восточное Забайкалье) // Советская геология. 1964. № 6. С. 32–43.
10. Зорин Ю.А. О тектонике Восточного и Центрального Забайкалья в позднем мезозое // Геотектоника, 1967. № 1. С. 97–108.
11. Мезозойская и кайнозойская тектоника и магматизм Монголии / Отв. ред. А.Л. Яншин. М., 1975. 308 с.
12. Нагибина М.С. Тектоника и магматизм Монголо-Охотского пояса. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 463 с.
13. Нефедьев М.А. Строение и оценка перспектив рудных полей и месторождений Бурятии по геофизическим данным (на примере Еравнинского и Северо-Байкальского рудных районов). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. 205 с.
14. Сейсмичность и районирование сейсмической опасности территории Монголии / В.И. Джурик, А.В. Ключевский, С.П. Серебренников, В.М. Демьянович, Ц. Батсайхан, Г. Баяраа. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2009. 420 с.
15. Турутанов Е.Х. Морфология мезозойских гранитных плутонов Монголии по гравиметрическим данным. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. 223 с.
16. Турутанов Е.Х., Арвисбаатар Н., Буянтогтох Б., Цэндсүрэн Д. Морфология осадочных отложений Тольской впадины (Монголия) по гравиметрическим данным // Вестник ИрГТУ, 2014. № 5. С. 53–61.

УДК 622.24

БУРЕНИЕ ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСТВОРА НА НЕФТЯНОЙ ОСНОВЕ

© В.Ю. Гришковец¹, Л.В. Николаева²

¹ООО «Славнефть – Красноярскнефтегаз»,
660012, Россия, г. Красноярск, ул. Гладкова, 2 «А».

²Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Эффективность геологоразведочных работ неразрывно связана с качеством вскрытия продуктивных пластов и в значительной степени определяется возможностью установления истинной нефтегазонасыщенности и коллекторских свойств пород. Показано, что основным условием повышения эффективности поиска и подсчета запасов является применение растворов на нефтяной основе, которые обеспечивают сохранность естественного состояния коллектора и, следовательно, достаточную надежность и достоверность результатов опробования.

Ключевые слова: Восточная Сибирь; раствор на нефтяной основе; поисково-оценочные скважины; керн; пласт.

¹Гришковец Вячеслав Юрьевич, главный специалист производственно-технического отдела, тел.: 89135244811, e-mail: slavanb06@yandex.ru

Grishkovets Viacheslav, Chief Specialist of the Technical Engineering Department, tel.: 89135244811, e-mail: slavanb06@yandex.ru

²Николаева Людмила Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазового дела,

тел.: (3952) 405659, e-mail: lab.ngd@istu.edu

Nikolaeva Lyudmila, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Business, tel.: (3952) 405659, e-mail: lab.ngd@istu.edu



OIL-BASE MUD DRILLING OF EXPLORATION WELLS

V.Yu. Grishkovets, L.V. Nikolaeva

ООО «Slavneft – Krasnoyarskneftegaz»,

2A Gladkov St., Krasnoyarsk, 660012, Russia.

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Exploration efficiency is inextricably entwined with the drilling-in quality and is largely determined by the possibility of true estimation of hydrocarbon saturation and reservoir porosity and permeability. The paper shows that the main condition for increasing the efficiency of exploration operations and reserve estimation is the use of oil-base muds that ensure the preservation of the natural state of the reservoir, and therefore sufficient reliability and validity of test results.

Keywords: Eastern Siberia; oil-base mud; exploration wells; kern; reservoir.

В последние годы, в связи со строительством нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» и его выводом на проектную мощность, регион становится объектом приоритетного внимания отечественных и зарубежных компаний в части геологического изучения его недр. Эффективность геологоразведочных работ неразрывно связана с качеством вскрытия продуктивных пластов (ПП) и в значительной степени определяется возможностью установления истинной нефтегазонасыщенности и коллекторских свойств пород. Показано, что основным условием повышения эффективности является применение таких методов вскрытия, которые обеспечили бы сохранность естественного состояния коллектора и, следовательно, достаточную надежность результатов опробования.

В связи с рассмотрением запасов нефти и газа на месторождениях Восточной Сибири возник вопрос о необходимости получения керна из ПП с промывкой скважин инертными по отношению к пласту буровыми растворами (БР). Вызвано это тем, что при вскрытии ПП с применением водных растворов под влиянием перепада давления вода отфильтровывается в пласт и во внешнюю часть отбираемого керна, вытесняя заключенную нефть и активно воздействуя на состав и свойства связанной воды. К тому же часть связанной воды, находящейся в керне, также может быть потеряна. Таким образом, при применении растворов на водной основе, особенно в хорошо проницаемых коллекторах, существенно искажается значение коэффициента нефте- и водонасыщенности [1–3].

Практика вскрытия и освоения ПП подтверждает, что наиболее успешно данная проблема решается при использовании не фильтрующихся растворов на нефтяной основе (РНО). При этом особое внимание обращается на способ отбора керна. Чем совершеннее методы отбора керна и определения нефте- и водонасыщения, тем точнее устанавливаются промышленные запасы нефти и газа.

РНО, вследствие их высокой эффективности и уникальных свойств, находят широкое применение в буровой практике. К этому типу растворов относятся системы, дисперсионной средой которых являются нефтепродукты: сырая нефть, дизельное топливо; дисперсной фазой – битумы, органофильные глины, наполнители (мел, барит и другие твердые дисперсные материалы).

Из рецептур, разработанных в нашей стране, наиболее простой и надежной, апробированной в промысловых условиях, является приготовление рас-

творов из известково-битумных порошков (ИБР). К сожалению, использование их в Восточной Сибири возможно лишь в летнее время, что подтвердили испытания на Вилуйском месторождении газа в Якутии.

В суровых сибирских условиях целесообразно применять растворы на основе загущенной нефти, обладающие качеством ИБР, но менее трудоемкие в регулировании свойств. Как пример: для бурения оценочных скважин в Якутии, на Дулисьминском, Верхне-чонском и других месторождениях использовались РНО из местной нефти различных составов, но в каждом отдельном случае подбирались собственная рецептура и разрабатывалась технология применения раствора. При этом была доказана необходимость соблюдения алгоритма:

- разработка составов наиболее эффективных буровых растворов на углеводородной основе для бурения продуктивных пластов оценочных скважин на месторождениях Восточной Сибири;
- проведение исследования материалов и реагентов для приготовления растворов на основе загущенной нефти и определение основных требований к ним;
- нахождение оптимальных концентраций входящих в состав РНО компонентов;
- отработка методик определения воды в РНО;
- разработка технологии приготовления РНО и регулирования их свойств в процессе бурения.

Буровые растворы для вскрытия продуктивных пластов (ПП) в оценочных скважинах. Существует несколько типов повреждения продуктивного пласта:

- любой процесс, снижающий естественную проницаемость пласта;
- повреждение физическими или химическими факторами;
- при уменьшении повреждения пласта мы получаем более достоверную геолого-геофизическую информацию о толщине разбуриваемых горных пород и продуктивности скважин [3].

Единственный подконтрольный фактор в данной ситуации – повреждение пласта. Полные и достоверные сведения могут быть получены только при условии качественного вскрытия ПП бурением, которое заключается прежде всего в сохранении их естественной проницаемости в прискваженной зоне с использованием РНС [1]. Характерной особенностью таких растворов является нулевая фильтрация, поэтому при вскрытии они практически не проникают в пласт, чем обеспечивается сохранение естественной проницае-



мости призабойной зоны ПП. Применение РНС при бурении с отбором керна позволяет получать керны с сохранением естественной нефте- и водонасыщенности, при этом значительно увеличивается вынос керна. В результате керн, извлеченный с использованием РНО, представляет ценный материал для подсчета запасов нефти и газа.

В динамических условиях, и особенно в сочетании с повышенными температурами, наблюдается выделение из РНО некоторого количества фильтрата (углеводородной фазы), но, поскольку он имеет одинаковую природу с нефтью, в случае его проникновения в пласт проницаемость последнего не подвергается существенному изменению. Битумная корка, образовавшаяся на стенках скважины, легко растворяется нефтью, поэтому при применении РНО не требуется проведения специальных работ для ее ликвидации.

В зарубежной практике используется множество РНО. Из рецептов, разработанных в нашей стране, наиболее простой и надежной, апробированной в промысловых условиях, является рецептура из известняково-битумных порошков (по УФНИИ). Широкое распространение нашли также РНО бывшего МИН-ХиГП им. Губкина. Исследования, проведенные Вост-СибНИИГГиМС, и практический опыт применения данных растворов в Якутии (Вилуйское месторождение) показали сложность их приготовления и использования из-за низких атмосферных и пластовых температур, труднодоступности скважин, отсутствия таких реагентов, как специальная известь высокой активности, высокоокисленный битум и др. Эти обстоятельства вызвали необходимость разработки рецептов РНО, приемлемых для вскрытия ПП в условиях Лено-Тунгусской провинции.

Основные преимущества РНО:

- глины не гидратируют и не набухают;
- повышается устойчивость ствола скважины;
- повышается продуктивность глинистых песчаников;
- уменьшаются осложнения в процессе разбуривания эвапоритовых отложений (соли, ангидриты и т.д.);
- уменьшается произвольное расширение ствола скважины;
- повышается стабильность свойств бурового раствора;
- повышается устойчивость бурового раствора к загрязнению.

Методика исследований:

– экспериментальные исследования проводились на оборудовании и приборах в соответствии с «Методикой контроля параметров буровых растворов» (РД 39-2-645-81);

– вода в растворах на углеводородной основе определялась прибором Дина и Старка по методике в соответствии с ГОСТ 1597-69.

Пробу раствора (100 г) смешивают в круглодонной колбе с таким же количеством растворителя, например, петролейным эфиром с $t_{\text{кип.}} = 80^{\circ}\text{C}$, предварительно перегнанным и высушенным. Колба с содержимым нагревается электронагревателем. Скорость

перегонки не менее 1 час. При этом объем воды в приемнике-ловушке не должен увеличиваться и верхний слой растворителя обязан оставаться совершенно прозрачным.

Содержание воды в весовых % ($W_{\text{вес.}}$) вычисляют по формуле

$$W_{\text{вес.}} = \frac{100 \times V}{a},$$

где V – объем воды в приемнике-ловушке, мл; a – навеска раствора, взятая для определения, в г.

Активность извести определяется по ГОСТ 9179-59.

Материалы для приготовления РНО и требования к их качеству. Нефть представляет собой смесь органических веществ, в которых растворены различные твердые углеводороды и смолистые вещества. В зависимости от их содержания нефти делятся на легкие, имеющие плотность $700\text{--}800 \text{ кг/м}^3$, и тяжелые – с плотностью до 890 кг/м^3 . Тяжелые нефти богаты смолистыми веществами.

Лабораторными исследованиями установлено, что нефтяная основа местных образцов является не только дисперсионной средой, но и агентом, содержащим в своем составе асфальтены, смолы и другие высокомолекулярные соединения. В связи с этим при разработке рецептуры раствора для каждой конкретной скважины необходимо знать состав нефти, которая будет взята за основу. Целесообразнее применять нефть с высоким содержанием смол (10–12%) и асфальтенов (1,5–5%). В табл. 1 представлены материалы и оборудование для производства РНО.

Гудрон представляет собой густую (пастообразную) маслянистую жидкость – отход масложировой промышленности. Активное начало гудронов – предельные и непредельные жирные кислоты и их сложные эфиры. Применяется в качестве структурообразователя инвертных эмульсионных растворов и растворов на основе загущенной нефти.

Известь (ГОСТ 9179-77) применяется в качестве структурообразователя растворов на углеводородной основе и для связывания свободной воды. Как правило, используется негашеная известь, которая должна содержать не менее 60% активного вещества. Активность определяется по ГОСТ. Применяется в виде порошка высокой дисперсности. Процесс растворения битума в дизельном топливе можно ускорить за счет тепла, которое выделяется при гашении извести. Негашеная известь обладает высокой гигроскопичностью, поэтому особые требования необходимо предъявлять к ее хранению и перевозке. Комовая негашеная известь транспортируется в контейнерах.

Соапсток – отход маслозаводов, производящих рафинированные растительные масла. Он представляет собой 50%-ную водную пасту, состоящую из смеси нейтрального жира, мыла жирных кислот и примесей. Различают хлопковый, подсолнечный и касторовый соапсток. Следует отметить, что хлопковый соапсток, в отличие от подсолнечного и касторового, достаточно ферментативно устойчив.

Жирные кислоты – отход масложирзаводов. Об-



щая жирность 78,6%, влажность 20%.

Технология приготовления РНО. Приготовление раствора необходимо производить в следующей последовательности:

1. В гидромешалку или другое перемешивающее устройство залить расчетное количество нефти и жирных кислот, перемешивать 10–15 минут.

2. Ввести пятидесятипроцентный раствор каустической соды и перемешивать до достижения постоянной вязкости раствора.

3. Для снижения фильтрации раствора вводится мазут, время перемешивания с компонентами – 15 минут.

4. Для связывания воды вводится активная известь.

5. Для получения требуемой плотности вводится ПАВ и утяжелитель-раствор, перемешивается 40 минут.

Таблица 1

Материалы и дополнительное оборудование для производства РНО

Наименование	Ед. измерения	Количество
нефть	т	89,0
жирные кислоты	т	6,0
каустическая сода	т	1,5
цемент	т	15,0
мазут	т	30,0
известь	т	7,5
сульфонол	т	1,5
жидкое стекло	т	0,5
сталь листовая	м ²	15
пенногенераторная установка	шт.	1
емкость 50 м ³ (под нефть)	шт.	3
огнетушитель пенный	шт.	4
пожарный рукав длиной 40 м со стволом	шт.	2
дыхательный клапан для емкости	шт.	3
газоанализатор ГХ-4М	шт.	1
насосно-компрессорные трубы	м.	55

При приготовлении каждой порции определяется содержание воды в РНО, а также замеряются все показатели.

Содержание воды в РНО определяется при отборе керн во время каждого долбления из средней пробы, полученной отбором через 15 минут одинакового количества выходящего из скважины бурового раствора по циклу.

Регулирование свойств бурового раствора:

– для снижения вязкости и статического напряжения сдвига (СНС) применять нефть или дизельное топливо;

– увеличение вязкости и СНС осуществляется вводом омыленных жирных кислот;

– снижение фильтрации достигается введением в раствор мазута;

– для более полного удаления воды нужно использовать известь;

– для утяжеления раствора и частичного удаления воды возможно использование свежего тампонажного цемента.

– для утяжеления раствора, и в дальнейшем для более качественного вскрытия пласта, использовать известняк. Замена производится при спущенном на забой бурильном инструменте за 5 метров до кровли продуктивного пласта в следующей последовательности:

1. Снизить плотность используемого бурового раствора до 1050 кг/м³ и осуществить один цикл промывки скважины.

2. Закачать 4 м³ буферной жидкости (ДТ или нефти) и закачивать непрерывно РНО до выхода буфера на поверхность.

3. Выходящий из скважины в процессе замены буровой раствор отводить в запасные емкости.

4. После выхода буферной жидкости на поверхность прекратить подачу РНО и приступить к приготовлению недостающего объема раствора и выравниванию его показателей.

Для успешного проведения работ по применению растворов на основе загущенной нефти необходимо составить:

– план подготовительных работ;

– план перевода скважины на бурение с использованием загущенной нефти;

– инструкцию по соблюдению мер пожарной безопасности в процессе бурения на нефть и газ с применением безводных растворов на углеводородной основе [4].

Рецептуры загущенной нефти. Исследованиями была показана возможность получения растворов на основе загущенной нефти. С их использованием успешно пробурены скважины на Средне-Ботуобинском, Дулисьминском, Верхнечонском и др. месторождениях. Установлена предпочтительность применения местной нефти, так как большинство ее составов представляет собой не только дисперсионную среду, но и агент, содержащий асфальтены, смолы и другие высокомолекулярные соединения, которые при размылении образуют коллоидные системы. В связи с этим при разработке рецептуры раствора для каждой конкретной скважины необходимо знать состав нефти, которая будет взята как основа. Целесообразно для загущения применять нефть с высоким содержанием смол (8–12%) и асфальтенов (1,5–5%). Дополнительным источником асфальтосмолистых веществ могут служить продукты окисления нефтяных остатков – битумы. Структурирование загущенной нефти осуществляется мылами, образующимися в результате омыления щелочных жирных кислот, входящих в состав гудронов, soapстоков и др.

Безводными растворами принято считать те, в которых находится не более 7% свободной воды. Для связывания воды в таких растворах обычно применяют известь, содержащую в своем составе не менее



60% активного вещества. В результате образуется гидроокись кальция, которая, омылая имеющиеся в нефти кислоты, создает кальциевые мыла, являющиеся хорошими структурообразователями.

В табл. 2 приведены состав и свойства загущенных растворов на основе различных составов нефти. Из таблицы видно, что, например, для загущения Ярактинских образцов нефти практически не требуется дополнительного ввода битума. Плотность растворов регулируется мелом или цементом, который вводится в систему для связывания воды. Анализ полу-

ченных ранее данных показывает, что оптимальное загущение происходит жирными кислотами или омыленной щелочью, а введение активной извести обеспечивает рост структурно-механических показателей и снижение фильтрации. Это, вероятно, объясняется образованием кальциевых мыл жирных кислот, более прочно связанных с поверхностью частиц извести и обладающих большей стабилизирующей способностью, чем натровые мыла.

Более существенное снижение фильтрации обеспечивается введением окисленного битума.

Таблица 2

Загущение нефти Ярактинского месторождения
($\rho - 831 \text{ кг/м}^3$, смола – 1,87%, асфальтены – 0,02%, $\nu - 12,46 \text{ мм}^2/\text{с}^2$)

Состав раствора, %	Показатели раствора				Примечание
	ρ , кг/м ³	УВ100, С	СНС1/10 дПа	Φ_{30} , см ³	
Нефть – 96 NaOH – 1 Ж.к. – 3	863	15	6/6	14	Состав раствора, в %: Нефть – 50–55 Мазут – 19–20 Известь – 5–6 NaOH – 1–1,5 Сульфенол – 0,5–1,0 Ж.к. – 3–5 Мел – 15–20
Нефть – 76 NaOH – 1 Ж.к. – 3 Мазут – 20	905	22	8/9	9	–
Нефть – 56 NaOH – 1 Ж.к. – 3 Мазут – 20 Известь – 20	1014	25	10/10	10	–
Нефть – 25,5 NaOH – 1 Ж.к. – 3 Мазут – 30 Известь – 20 Мел – 20 Сульфенол – 0,5	1040	47	27/27	8	–
Нефть – 55 NaOH – 1 Ж.к. – 3 Мазут – 20 Известь – 20 Сульфенол – 1	1030	36	23/23	7	–
Нефть – 94,25 NaOH – 0,75 Ж.к. – 5	864	30	11/12	14	–



Утяжеление раствора до необходимой величины плотности достигается введением утяжелителей. Используемая в эксперименте известь, как и цемент, выполняет роль утяжелителя.

Лабораторными исследованиями установлено, что введением в загущенный раствор 5–7% активной извести связывается 60% воды, содержащейся в нем. Цемент в меньшей мере связывает воду: тем же количеством его связывается всего 11–13%. Полностью удалить воду из системы не удалось, 0,5% ее остается не связанной: по-видимому, она необходима для протекания реакции омыления жирных кислот.

Таким образом получены безводные буровые растворы на основе загущенных сортов нефти Средне-Ботуобинского и Верхнечонского месторождений. Показана возможность загущения нефти отходами масложировой промышленности. В качестве утяжелителей, связывающих воду, использовались цемент и известь [4].

Приведены результаты лабораторных опытов, проведенных на искусственных кернах для определения влияния растворов: на нефтяной основе, соленого водного, известково-крахмального, нефтемulsionного и других – на проницаемость. Методика испытаний была такова. Сначала измерялась начальная проницаемость керна для смеси, состоявшей из 50% светлого масла и 50% ксилола. Затем керны загрязнялись промывочным раствором в течение 1 ч при перепаде давлений 7 кг/см². После этого указанная смесь масла и ксилола пропусклась через керн в противоположном направлении и определялась восстановленная проницаемость. Результаты опытов показали, что наибольшее восстановление проницаемости получено в кернах, загрязненных раствором на нефтяной основе.

Восстановленная проницаемость, % от первоначальной:

Раствор на нефтяной основе А – 91,5%.

Раствор на нефтяной основе В – 96,4%.

Раствор на нефтяной основе С – 68,5%.

Нефтемulsionный раствор – 51,5%.

Нефтемulsionный раствор на соленой воде – 48,7%.

Известково-крахмальный раствор – 38,1%.

Водный глинистый раствор – 7,1%.

Опыты показывают, что при использовании для бурения и заканчивания скважин РНО достигается максимальная продуктивность. Данные согласуются с результатами, полученными при сопоставлении дебитов скважин, которые были пробурены на горизонты, имеющие примерно одинаковые пластовые характе-

ристики, и закончены с промывкой растворами на водной и нефтяной основах [2].

Геофизические исследования. Раствор на основе загущенной нефти является не электропроводящим типом раствора, поэтому все электрические методы геофизических исследований не пригодны. В этой среде применимы методы: радиоактивного каротажа, а также акустический, индукционный, инклинометрия, кавернометрия, профилометрия и термометрия.

Цементирование скважин. Качественное цементирование скважин, пробуренных с использованием загущенной нефти, возможно обычным тампонажным цементом с соответствующей буферной жидкостью. Последовательность подготовки скважины к цементированию: разжижение загущенной нефти производится дизельным топливом, затем закачивается водный раствор ПАВ (ОП-10, сульфенол и др.) в количестве 5 м³.

Меры противопожарной безопасности при приготовлении раствора и бурении скважины. Все участники производства должны быть дополнительно проинструктированы о мерах пожарной безопасности. До начала работ по приготовлению раствора выполняются следующие мероприятия:

1. Узел приготовления раствора должен быть изолирован от буровой и обеспечен естественной вентиляцией.

2. Емкости для хранения дизельного топлива, нефти и запаса раствора должны находиться от устья скважины на расстоянии не менее 50 м.

3. Все деревянные и тканевые поверхности вышеуказанных сооружений, находящихся в непосредственной близости от циркуляционной системы и приемных емкостей, должны быть покрыты 25–30%-ным раствором жидкого стекла.

4. Необходимо обеспечить естественную вентиляцию над желобами и приемными емкостями.

5. Настил пола буровой в месте прохождения желоба должен быть выполнен из негорючего материала. Ширина негорючей части настила – не менее двух метров.

Заключение. В ходе исследования выявлено, что основным условием повышения эффективности поисковых работ и подсчета запасов нефти и газа на месторождениях Восточной Сибири является применение растворов на нефтяной основе, которые обеспечивают сохранность естественного состояния коллектора и, следовательно, достаточную надежность и достоверность результатов опробования.

Статья поступила 24.11.2014 г.

Библиографический список

1. Николаева Л.В. Особенности вскрытия продуктивных горизонтов на нефтяных месторождениях Восточной Сибири // Известия СО РАН. 2013. 13 с.
2. Роджерс В.Ф. Состав и свойства промывочных жидкостей для бурения нефтяных скважин. М.: Недра, 1967. 599 с.
3. Уменьшение повреждения пласта с помощью специ-

ально разработанных решений по управлению коллектором. Красноярск: Изд-во компании Halliburton Baroid, 2014. 28 с.

4. Николаева Л.В. Методические рекомендации по приготовлению и применению растворов на углеводородной основе в Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во ВостСибНИИГ-ГИМС, 1983. 25 с.



УДК 553.411.071

**КРУТОПАДАЮЩИЕ МИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ЗОНЫ КАК ВОЗМОЖНЫЕ
РУДОПОДВОДЯЩИЕ СТРУКТУРЫ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «НАДЕЖДА»
(ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН)**© В.И. Леонтьев¹

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
199106, Россия, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2.

Исследована крутопадающая минерализованная зона, выявленная в ходе эксплуатации золоторудного месторождения «Надежда» куранахского типа. Проведено минералого-петрографическое изучение дайковых, вмещающих и метасоматически измененных пород. Установлены связи миграции химических элементов с изменениями минерального состава горных пород и оценена направленность процесса метасоматоза. На основе выполненных исследований и анализа существующей теоретической базы сделаны выводы о возможных рудоподводящих структурах месторождений куранахского типа.

Ключевые слова: Центральное-Алданский рудный район; куранахский тип оруденения; калиевый метасоматоз; золото; рудоподводящие структуры.

**STEEPLY DIPPING MINERALIZED ZONES AS PROBABLE ROOT STRUCTURES IN «NADEZHDA» GOLD ORE
DEPOSIT (THE CENTRAL ALDAN)**

V.I. Leontiev

National Mineral Resources University «Mining»,
2, 21 Line, Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199106, Russia.

A steeply dipping mineralized zone identified under the exploitation of a Kuranakh type gold deposit "Nadezhda" is studied. Having performed mineralogical and petrographic study of dyke, matrix and metasomatically altered rocks, the correlations between chemical element migration and the changes in the mineral composition of rocks are found and the direction of the metasomatic process is estimated. Conducted research and the analysis of the existing theoretical foundation allow to derive conclusions on possible root structures of the Kuranakh type deposits.

Keywords: Central Aldan ore province; Kuranakh type of ore mineralization; potassium metasomatism; gold; root structures.

Введение и цели исследования

Месторождение «Надежда» находится в северо-восточной части Нижнеякоитского рудного поля (Центрально-Алданский рудный район). Основное оруденение локализуется на контакте горизонтально залегающих доломитов унгелинской свиты нижнего кембрия и перекрывающих их юрских песчаников юхтинской свиты. Развитые на площади месторождения теригенно-карбонатные породы прорваны дайками минетт нижнекуранахского комплекса и сиенит-порфиоров колтыконского комплекса раннемелового возраста. Дайки сиенит-порфиоров являются важным элементом структуры рудного поля. Они выполняют трещины в пределах зон тектонических нарушений, контролируемых рудными залежами. Данная система тектонических нарушений принадлежит к зоне Эмельджанского регионального разлома, контролирующего размещение всех месторождений и рудопроявлений Нижнеякоитского рудного поля. С его поздней активизацией связана линейная рудоносность доломитов и сиенитовых даек. Омоложенная структура представляет собой левый сдвиг, со сложной системой параллельных разломов основного направления (простирающие 340°) и оперяющих (простирающие 16°) трещин.

Месторождение по своей геолого-структурной позиции, вещественному составу руд и околорудных

метасоматитов относится к куранахскому типу. Золотоносными являются коры выветривания сложного состава, в которых преобладают лимонит, каолинит, гидрослюда, калишпат и кварц. Золоторудные тела представляют собой залежи лентообразной, плащеобразной формы с сильноизвилистыми контурами, с раздувами и пережимами. Они приурочены к карстовым полостям неоген-четвертичного возраста и образуют цепочку, вытянутую в северо-западном направлении (320–340°) [1–4].

Ветлужских В.Г., Казанских В.И. и др. [2] выделяют три разделенных во времени и генетически разнородных этапа формирования месторождений куранахского типа. В первый из них на поверхности венд-кембрийской карбонатной толщи образовались доюрские коры и карстовые полости с накоплением в них остаточных глин. Во второй раннеюрский этап после накопления аркозов юхтинской свиты внедрились дайки калиевых минетт и сиенит-порфиоров. В связи с раннемезозойским магматизмом проявился калиевый метасоматоз карбонатных пород платформенного чехла и литифицированных глин, выполняющих доюрские карстовые полости. В третий поздненеогеновый-раннечетвертичный этап произошло развитие подземного карста, завершилось окисление вмещающих пород и руд с перераспределением рудных компонентов

¹Леонтьев Василий Иванович, аспирант, тел.: +7 921 897 55 71, e-mail: leonteyv@spmi.ru
Leontiev Vasily, Postgraduate, tel.: +7 921 897 55 71, e-mail: leonteyv@spmi.ru



и формированием современных золотоносных залежей. Однако не все авторы согласны с такой моделью. Максимов Е.П. и др. [4] считают, что сохранение доюрской коры выветривания или формирование ее в ранней юре в сколько-нибудь значительных объемах маловероятно. Данные исследователи предполагают, что создание современного облика месторождений куранахского типа происходило в результате проявления двух генетически совершенно независимых и разобщенных во времени на два автономных этапа процесса. На первом этапе в раннем мелу в результате проявления калиевого и кремнекалиевого метасоматоза были сформированы рудные объекты. Позднее в неогеновое и четвертичное время залежи золоторудных метасоматитов были дезинтегрированы и преобразованы в условиях подземного карста с образованием элювиальных золоторудных залежей коры выветривания.

Однако в представленных выше моделях основной акцент сделан на рудные субгоризонтальные залежи, хотя на большинстве месторождений куранахского типа выявлены и крутопадающие рудные зоны. Их потенциал на данный момент мало изучен, а уже проведенные исследования были довольно бессистемными.

Как известно, возможная рудоносность платформенного чехла ниже уровня золотоносных залежей куранахского типа изучалась в 1956–1957 гг., когда в Куранахской впадине была пройдена 31 скважина, в том числе 13 на глубину более 100 м, из них 4 достигли кристаллического фундамента. Скважины пробурены без какого-либо учета строения и условий залегания рудоносных зон. Несмотря на это, в ряде скважин на разных глубинах были зафиксированы значительной мощности рудные интервалы [4]. На рудном поле ниже золотоносных карстовых полостей разведочными скважинами вскрыты фрагменты крутопадающих зон трещиноватости [2]. В карбонатных породах на глубинах 260–500 метров присутствуют зоны крутопадающих карбонатных прожилок, содержащих пирит. По единичным пробам мелкозернистый пирит содержит десятки г/т золота и сотни г/т серебра [1].

Целью работы являлось выявление геолого-

генетических особенностей подобных крутопадающих минерализованных зон на месторождении «Надежда» куранахского типа.

Материал и методы исследования

В процессе разработки месторождения «Надежда» была выделена крутопадающая минерализованная зона, развивающаяся по системе тектонических нарушений и представленная дезинтегрированными и метасоматически измененными доломитами и дайками сиенитового состава (рис. 1). По результатам пробирного анализа установлено, что золотоносными являются катаклазированные и брекчированные доломиты и измененные породы сиенитового состава (среднее содержание 2,4 г/т) [3].

Для определения направленности метасоматического процесса и установления связи с ним благороднометального оруденения были исследованы дайковые, вмещающие и метасоматически измененные породы. Исследование заключалось: в изучении прозрачных шлифов измененных и исходных горных пород; выявлении закономерностей распределения рудной минерализации в отдельных зонах измененных пород с использованием минераграфического и микроскопического исследования аншлифов; установлении связи миграции химических элементов с изменением минерального состава горных пород и оценке направленности и стадийности процесса метасоматоза на основе изучения баланса вещества при метасоматическом процессе. Минеральный состав метасоматитов и вмещающих горных пород определялся микроскопически в проходящем свете на микроскопе «Zeiss Axioplan» с компьютерной системой Videotest. Исследование рудной минерализации проводилось на сканирующем электронном микроскопе-микроанализаторе модели MV 2300 фирмы CamScan (Великобритания). Измерение плотности горных пород на образцах было выполнено гидростатическим способом. Химический анализ проб произведен на рентгеновском флуоресцентном спектрометре XRF-1800 методом фундаментальных параметров, совмещенном с термическим анализом на ДСК-ТГА термоанализаторе SDT Q600.

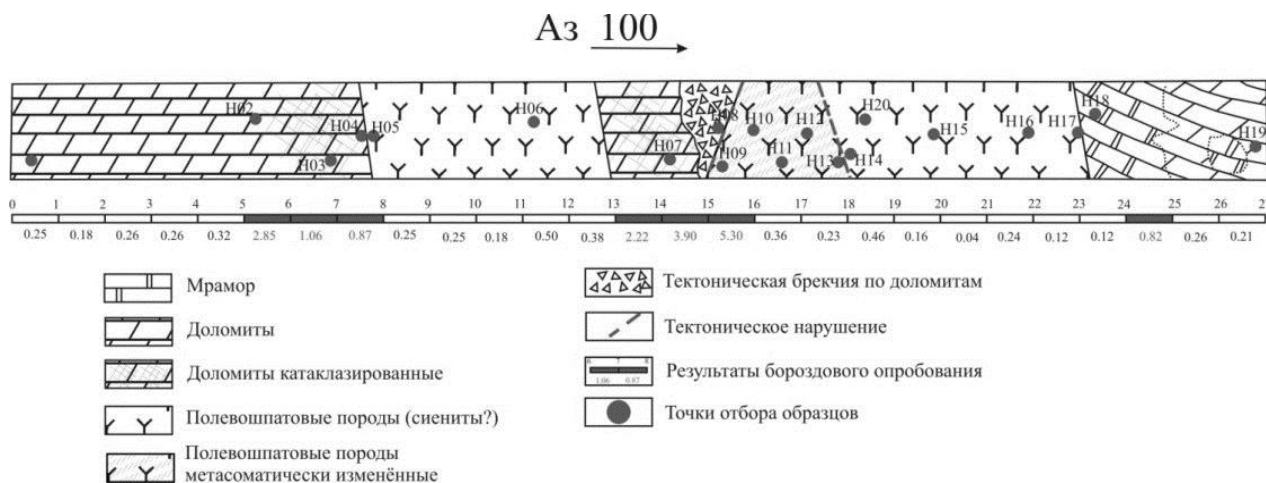


Рис. 1. Геологическая схема крутопадающей минерализованной зоны, вскрытой в северном борту карьера

Результаты исследований и их обсуждение

Вмещающими породами являются доломиты, состоящие из ксенобластовых изометричных зерен карбоната. Текстура массивная. Присутствует мелкий пирит, нередко кубической формы; иногда отмечаются более темные полосы, обусловленные большей долей глинистого материала.

Внедрившиеся в доломиты дайки представлены сиенит-порфиром трахитовой структуры. Фенокристаллы представлены ортоклазом, основная масса сложена более мелкими лейстами ортоклаза. Кварц в породе представлен редкими включениями небольших зерен и составляет 2–3%. Порода подвергалась слабым среднетемпературным изменениям, что отражается в слабой серицитизации основной массы, замещением темноцветных минералов гидроокислами железа и карбонатом, присутствием отдельных зерен флюорита.

Контакты, в целом, не сопровождаются изменениями, лишь в восточном контакте доломиты мраморизованы. Мрамор состоит из ксенобластовых зерен карбоната, имеющих изометричные формы и различные размеры. Встречаются единичные зерна рудного минерала. Структура гетеробластовая. Присутствуют реликты практически не перекристаллизованного доломита. На контакте сиенит-порфиров и доломитов отмечаются прожилки карбоната, секущие как доломиты, так и сиенит-порфиры; лимонитизация наложена на оба типа пород.

Измененные породы представлены катаклазированными доломитами. По трещинам развивается кальцит-доломит-анкеритовый агрегат. Тектонические брекчии представлены обломками доломитов, сцементированными анкеритовой массой. К карбонатным прожилкам приурочена мелкая вкрапленность галенита, пирита и арсенопирита (рис. 2).

Измененные сиенит-порфиры отличаются слабой серицитизацией и широким развитием сульфидов в порах и трещинах, причем интенсивность сульфиди-

зации уменьшается по мере отдаления от зоны тектонического нарушения.

Результаты химического анализа по породообразующим элементам вмещающих пород и метасоматитов показаны в табл. 1.

Вмещающие породы представлены доломитами унгелинской свиты нижнего кембрия. Дайки можно отнести к колтыконскому гипабиссальному комплексу сиенит-порфиров, представленных калиевой щелочносиенитовой ассоциацией

($\text{SiO}_2 = 57,7\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 6,67$).

Измененные породы представлены катаклазированными и брекчированными доломитами, в которых прожилки и цемент тектонических брекчий представлены анкеритом, доломитом и кальцитом. К прожилкам приурочена мелкая вкрапленность галенита и арсенопирита. В сиенит-порфирах в зоне тектонического нарушения прошло выщелачивание ортоклаза с образованием пор. В порах и трещинах позже проходило отложение сульфидов. Интенсивность сульфидизации уменьшается по мере отдаления от зоны нарушения. В гипергенных условиях практически все сульфиды подверглись окислению. Продуктивная минерализация представлена вкрапленными пиритом, арсенопиритом, галенитом.

По результатам химического анализа был выполнен расчет баланса вещества при метасоматозе. В табл. 2 отражено содержание атомов элементов в объеме $10\,000\text{ Å}^3$ по каждому типу пород.

Процесс, проходящий по карбонатным породам, характеризуется выносом Si, Ti, Al, Mg, Ca, Na, K, воды и CO_2 , привнесом Fe, Mn, P. Метасоматоз проходит со значительным уменьшением объема горной породы. При метасоматическом изменении сиенит-порфиров отмечается вынос Fe, Mg, Mn, Ca, Na, CO_2 , привнос Si, Ti, Al, K, P (табл. 2). Метасоматоз можно охарактеризовать как калиевый. Полученные данные довольно хорошо отражают процесс анкеритизации доломитов и выщелачивания полевых шпатов с образованием серицита в сиенит-порфирах.

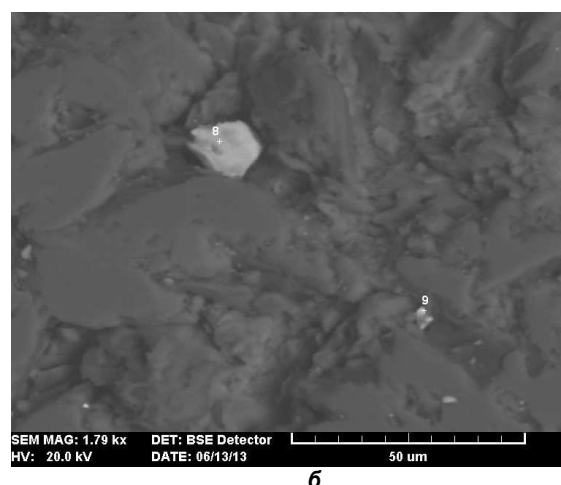
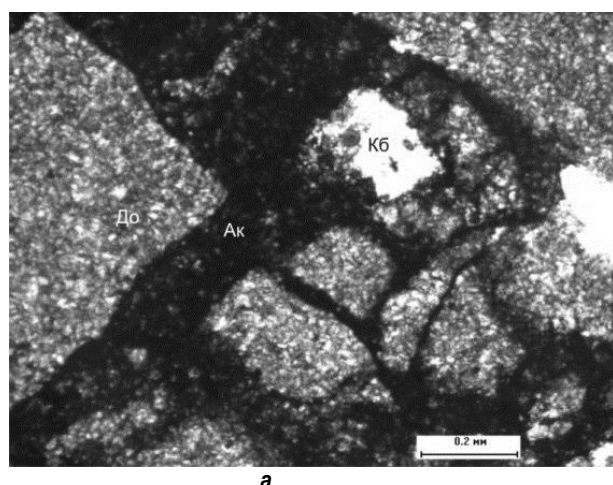


Рис. 2. Тектоническая брекчия по доломиту: а) микроскопическое изображение шлифа в проходящем свете; До – доломит, Ак – анкерит, Кб – кальцит; б) BSE-изображение, вкрапления рудных минералов в цементе тектонических брекчий; точка 8 – арсенопирит (S – 34.43 ат.%, Fe – 31.15 ат.%, As – 34.42 ат.%); точка 9 – никелин (Ni – 43.71 ат.%, Fe – 0.44 ат.%, As – 55.85 ат.%)



Таблица 1

Результаты химического анализа, масс. %

Элементы	Доломит	Выветрелый доломит	Сиенит-порфир	Доломит брекчированный	Доломит брекчированный	Лимонит-зирванный сиенит-порфир	Лимонит-зирванный сиенит-порфир	Лимонит-зирванный сиенит-порфир	Лимонит-зирванный сиенит-порфир	Сиенит-порфир
SiO ₂	15.3	10.4	54.9	27.8	16.6	61.1	60.7	56.7	56.6	56.4
CaO	22.9	28.1	5.8	16.3	25.9	0.81	0.71	0.69	0.86	1.8
MgO	14.9	15.4	3.5	12.1	13.6	0.69	1.3	4.7	6.0	3.0
Al ₂ O ₃	3.7	1.3	14.5	6.1	0.95	16.6	16.8	15.8	16.0	15.9
Fe ₂ O ₃	1.6	1.5	5.6	2.3	2.9	3.6	4.4	5.6	6.2	6.9
K ₂ O	2.9	0.88	6.2	4.6	0.62	12.6	11.8	11.5	8.8	8.5
MnO	0.04	0.06	0.10	0.06	0.15	0.05	0.07	0.12	0.08	0.06
Na ₂ O	0.14	0.084	2.6	0.28	0.041	0.66	0.85	1.1	1.1	2.6
TiO ₂	0.19	0.064	0.64	0.30	0.044	0.79	0.71	0.78	0.78	0.69
P ₂ O ₅	0.051	0.016	0.37	0.072	0.083	0.66	0.50	0.53	0.48	0.43
CO ₂	34.3	38.4	2.9	26.6	37.5					0.71
H ₂ O	3.3	3.6	2.4	3.3	1.5	1.2	1.7	1.6	2.5	1.85
Σ	99.5	99.7	99.5	99.8	99.8	98.7	99.6	99.1	99.3	98.8

Таблица 2

Содержание атомов элементов в объеме 10 000 Å³ во вмещающих, дайковых и метасоматически измененных породах

Порода	Si	Ti	Al	Fe ⁺²	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	H	C
Доломит	45,38	0,42	25,89	7,14	0,10	65,89	72,80	1,61	21,96	0,26	65,33	138,99
Брекчированный доломит	33,93	0,07	4,58	8,92	0,26	41,45	56,75	0,33	3,24	0,29	40,93	104,73
Сиенит-порфир	148,53	1,30	92,55	22,80	0,23	14,12	16,82	27,29	42,82	1,70	43,34	10,72
Измененный сиенит-порфир	166,52	1,62	106,74	14,77	0,12	2,80	2,37	6,98	87,67	3,05	43,66	0,00

Выводы

Выделение крутопадающих минерализованных зон имеет большое значение, так как при относительно небольшой мощности они довольно протяженные и распространяются на большую глубину. Оруденение подобного типа может иметь весьма значительные масштабы, поэтому наличие подобных зон открывает широкие перспективы выявления новых золоторудных объектов в пределах Куранахского и Нижнеякокитского рудных полей.

Можно предположить, что характеризующаяся в данной работе минерализованная зона является частью системы рудоподводящих структур для золоторудных залежей месторождения «Надежда». В будущем объективное обоснование или опровержение данного предположения детальными геохимическими, минералого-петрографическими и геолого-структурными исследованиями может приблизить нас к полному пониманию механизмов становления благороднометальной минерализации на месторождениях куранахского типа.

Статья поступила 31.10.2014 г.

Библиографический список

1. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н. Золото и уран в мезозойских гидротермальных месторождениях Центрального Алдана (Россия) // Геология рудных месторождений. 1998. № 4. Т. 40. С. 354–369.
2. Ветлужских В.Г., Казанский В.И., Кочетков А.Я., Яновский В.М. Золоторудные месторождения Центрального Алдана // Геология рудных месторождений. 2002. № 6. Т. 44. С. 467–499.
3. Леонтьев В.И. Руды и метасоматиты крутопадающих минерализованных зон золоторудного месторождения «Надежда» (Центральный Алдан). Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2013. Том 1. С. 25–27.
4. Максимов Е.П., Уютлов В.И., Никитин В.М. Центральное-Алданская золото-урановорудная магматогенная система (Алдано-Становой щит, Россия) // Тихоокеанская геология. 2010. № 2. Т. 29. С. 3–26.



УДК 613:614

**ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ РАБОТНИКОВ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩЕМ
УЧАСТКЕ «СЕВЕРНЫЙ» ЗАЛАРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА
ООО «КНАУФ ГИПС БАЙКАЛ»**© С.А. Медведева¹, Т.М. Жмурова²Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Оценка профессиональных рисков работников горнодобывающего участка «Северный» Заларинского месторождения гипса выполнена с использованием и сравнением результатов методов, отличающихся методологическим подходом: балльных оценок, Файна и Кинни, анкетирования. Согласно расчетам каждый из методов может успешно решать присущие ему задачи оценки профессиональных рисков (оценки уровня безопасности производственных факторов, вероятности получения травмы или заболевания) и конкретизировать области снижения риска. Результаты работы предприятие может использовать для разработки карт профессиональных рисков.

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие; профессиональные риски; метод балльных оценок; метод Файна и Кинни; метод анкетирования.

**MINERS' OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT AT "SEVERNY" MINING SITE OF THE ZALARINSKY GYPSUM
DEPOSIT "KNAUF GIPS BAIKAL" LLC**

S.A. Medvedeva, T.M. Zhmurova

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Assessment of miners' occupational risks at "Severny" mining site of the Zalarinsky gypsum deposits is performed with the use and comparison of the results of the methods with different methodological approaches: scoring, Fine and Kinney, questioning. According to calculations, each method can successfully solve those problems of occupational risks evaluation it was designed for (assessment of the production factor safety level, probability of injury or disease) and specify the fields of risk reduction. The results of enterprise operation can be used for the development of occupational risk maps.

Keywords: mining enterprise; occupational risks; scoring method; Fine and Kinney method; method of questioning.

Горнодобывающая промышленность является одним из источников масштабного загрязнения окружающей среды. Среди предприятий этого профиля значительный объем разработок месторождений природного сырья принадлежит предприятиям, добывающим гипс.

Спектр влияния на биосферу разрушенных ландшафтов, распространения загрязнителей, образующихся в результате деятельности горнодобывающих и обогатительных предприятий, настолько широк, что в ряде районов вызывает непредсказуемые эффекты, губительно сказывающиеся на состоянии почвы, растительности, представителей животного мира, здоровья людей.

Отрицательные последствия воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду следует ограничивать некоторым минимальным уровнем, например, социально приемлемым допустимым уровнем. Должны работать экономические механизмы, реализующие компромисс между качеством среды обитания и социально-экономическими условиями

жизни населения, особенно в условиях интенсификации производства. В связи с этим очень важно учитывать как экологические, так и производственные риски организуемых и действующих предприятий.

В настоящее время в России стратегия менеджмента рисками является частью общей стратегии управления развитием страны, которая заложена в концепции перехода России к устойчивому развитию (указ Президента РФ от 01.04.1996 № 440), концепции национальной безопасности РФ (Указ Президента РФ от 17.12.1997 № 1330), концепции демографической политики РФ на период до 2015 г. (распоряжение Правительства РФ от 24.09.2001 № 1270-р).

Риск как количественная мера опасности уже широко применяется, и не только для обоснованного сравнения безопасности различных отраслей экономики и типов работ, аргументации социальных преимуществ и льгот для определенной категории лиц, но и используется для оценки безопасности работающего населения по отдельным регионам, профессиям, критериям сокращения продолжительности жизни, веро-

¹Медведева Светлана Алексеевна, доктор химических наук, профессор кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: 89027610272, e-mail: jrsam@mail.ru
Medvedeva Svetlana, Doctor of Chemistry, Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, tel.: 89027610272, e-mail: jrsam@mail.ru

²Жмурова Татьяна Михайловна, магистрант, тел.: 89041403313, e-mail: tatto4ka@bk.ru
Zhmurova Tatiana, Master's Degree student, tel.: 89041403313, e-mail: tatto4ka@bk.ru



ятности реализации того или иного нежелательного последствия и др. Его цель – избежать будущий риск [1].

Любой вид профессиональной деятельности характеризуется совокупностью факторов производственной среды и трудового процесса, которые непосредственно влияют на работника. Для характеристики и прогнозирования безопасности человека в процессе трудовой деятельности используется понятие «профессиональный риск».

Профессиональный риск – вероятность нарушения или повреждения здоровья работника в результате неблагоприятного влияния факторов производственной среды и трудового процесса. Актуальность изучения профессиональных рисков в России в настоящее время резко возрастает. Это в первую очередь связано со становлением страховых механизмов обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также формированием обязательных профессиональных пенсионных систем.

Объектом изучения профессионального риска служит рабочее место, где проявляет себя рискованная ситуация как пересечение трех компонентов: факторов риска, субъекта риска и управления риском. На человека на рабочем месте одновременно могут воздействовать факторы риска физической, химической, биологической природы, а также факторы риска трудового процесса (тяжесть, интенсивность и монотонность труда).

Поскольку факторов риска множество, то возможны различные их сочетания и разные рискованные ситуации. Требования и рекомендации по выбору и применению методов оценки рисков в России регламентируются Национальным стандартом РФ «Менеджмент риска. Методы оценки риска» [2].

К настоящему времени идентификация опасностей, оценка и контроль рисков становятся неотъемлемой частью системы управления охраной труда [3], и уже разработано множество методик определения профессионального риска, каждая из которых имеет свои особенности и точность определения.

Целью данной работы является оценка профессиональных рисков для работников на горнодобывающем участке (карьере) «Северный» Заларинского месторождения гипса ООО «КНАУФ ГИПС БАЙКАЛ» с использованием и сравнительной оценкой различных методов определения рисков.

Предметом деятельности ООО «КНАУФ ГИПС БАЙКАЛ» является добыча, производство и реализация гипсового камня и ряда изделий из гипса. Предприятие является одним из основных поставщиков сырья для получения цемента на более чем 14 цементных заводах Сибири и Дальнего Востока и поставляет доломитовый щебень для дорожно-строительных организаций Иркутской области [4].

Добыча гипса на карьере осуществляется открытым способом, связана с проведением буровых и взрывных работ с использованием буровых установок, бульдозеров и горного транспорта.

Условия труда работающих на карьере, как и на

многих предприятиях горной промышленности, связанных с открытой разработкой, нередко характеризуются превышением гигиенических нормативов некоторых производственных факторов в рабочей зоне, чаще других это запыленность воздуха и шум. И даже весьма эффективные комплексы инженерных средств борьбы с вредными факторами не всегда позволяют достичь их нормативных уровней. В настоящее время разработаны методы оценки производственных рисков, позволяющие предусмотреть и предотвратить действия опасных и вредных факторов, для выявления которых в соответствии с требованиями «Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда», утвержденного приказом Минздравсоцразвития № 342н от 26 апреля 2011 г. (ред. от 12.12.2012), проводится, как правило, аттестация рабочих мест.

Оценка профессиональных рисков балльным методом

Результаты аттестации рабочих мест (2013 г.) по условиям труда [5] показали, что при работе на карьере «Северный» ООО «КНАУФ ГИПС БАЙКАЛ» более других неблагоприятными производственными факторами являются повышенный уровень шума, недостаточная освещенность и тяжесть трудового процесса. Для оценки степени соответствия состояния условий труда нормативным требованиям и степени влияния на организм человека отклонений от нормативных значений факторов условий труда на основе данных аттестации рабочих мест с использованием методики балльного метода оценки рисков [6] нами были определены уровни безопасности производственных факторов на рабочих местах (табл. 1).

На основании вычисленных уровней безопасности производственных факторов рассчитали обобщенный уровень риска ($R_{\text{ПС}}$) по формуле

$$R_{\text{ПС}} = 1 - \prod_{i=1}^n S_{\text{ПС}i},$$

где $S_{\text{ПС}i}$ – уровень безопасности по i -му фактору производственной среды; он рассчитывается по формуле

$$S_{\text{ПС}i} = \frac{(X_{\text{max}} + 1) - x_i}{X_{\text{max}}},$$

где X_{max} – максимальная балльная оценка, принимаемая в соответствии с методикой НИИ труда, $X_{\text{max}} = 6$; x_i – балльная оценка по i -му фактору среды, определяемая по классу условий труда в соответствии с данными, приведенными в таблицах 2, 3.

Полученные результаты позволили оценить профессиональные риски работников различных профессий, которые приведены в таблице 4.

Сравнение расчетных значений обобщенного уровня риска для каждого рабочего места с максимально допустимым риском позволило выявить величину отклонения от максимально допустимого риска и, в соответствии с данными таблицы 3, определить уровень риска (табл. 4). Используя эти результаты, мы провели ранжирование рисков, согласно которому наиболее рискованными являются профессии машинистов дробильной установки, механиков горной добычи и дробления и машинистов конвейера: отклонение обобщенного профессионального риска от максимально допустимого уровня лежит в интервале 18–20% (рис. 1).



Таблица 1

Класс опасности труда* и уровни безопасности производственных факторов
работников различных профессий карьера «Северный»**

Наименование рабочего места	Уровни безопасности $S_{лс}$ по i -му производственному фактору							
	Освещенность	Шум	Вибрация	Микроклимат	Химический фактор	Травмобезопасность	Тяжесть	Напряженность
Участок добычи гипсового камня								
Мастер горный	2* (0,83)**	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	–	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)
Машинист гидравлического экскаватора	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	3.2 (0,5)	2 (0,83)
Водитель погрузчика	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	3.2 (0,5)	2 (0,83)
Машинист бульдозера Д-175	2 (0,83)	3.1 (0,67)	3.1 (0,67)	2 (0,83)	2 (0,83)	–	3.2 (0,5)	2 (0,83)
Машинист буровой установки	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	–	3.2 (0,5)	2 (0,83)
Водитель, занятый на транспортировании горной массы	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	–	3.2 (0,5)	2 (0,83)
Водитель автомобиля	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	3.1 (0,67)	2 (0,83)	3.1 (0,67)	2 (0,83)
Машинист насосных установок	3.1 (0,67)	3.1 (0,67)	3.1 (0,67)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)	2 (0,83)
Участок дробления гипсового камня								
Механик горной добычи и дробления	3.1 (0,67)	2 (0,83)	–	–	3.4 (0,17)	–	2 (0,83)	2 (0,83)
Машинист дробильных установок	3.1 (0,67)	2 (0,83)	3.1 (0,67)	2 (0,83)	3.4 (0,17)	–	2 (0,83)	2 (0,83)
Машинист конвейера	3.1 (0,67)	3.2 (0,5)	2 (0,83)	2 (0,83)	3.4 (0,17)	–	2 (0,83)	2 (0,83)

Таблица 2

Уровень безопасности

Класс условий труда	Уровень безопасности
2	0,83
3.1	0,67
3.2	0,5
3.3	0,33
3.4	0,17

Таблица 3

Уровень риска

Отклонение	Уровень риска
менее 10%	Низкий риск
10–30%	Средний риск
30–60%	Высокий риск
более 60%	Очень высокий риск



Таблица 4

Обобщенный уровень безопасности производственных факторов и профессиональные риски работников различных профессий карьера «Северный»

Наименование рабочего места	Обобщенный уровень безопасности $S_{nc} = \prod_{i=1}^n S_{nci}$	Обобщенный уровень риска $R_{nc} = 1 - \prod_{i=1}^n S_{nc}$	Максимально допустимый уровень обобщенного риска	Отклонение обобщенного профессионального риска от максимально допустимого, %	Уровень риска
Участок добычи гипсового камня					
Мастер горный	0,27	0,73	0,73	–	–
Машинист гидравлического экскаватора	0,13	0,87	0,81	6	низкий
Водитель погрузчика	0,13	0,87	0,81	6	низкий
Машинист бульдозера Д-175	0,11	0,89	0,78	9	низкий
Машинист буровой установки	0,16	0,84	0,78	6	низкий
Водитель, занятый на транспортировании горной массы	0,16	0,84	0,78	6	низкий
Водитель автомобиля	0,15	0,85	0,77	8	низкий
Машинист насосных установок	0,12	0,88	0,81	7	низкий
Участок дробления гипсового камня					
Механик горной добычи и дробления	0,06	0,94	0,74	20	средний
Машинист дробильных установок	0,04	0,96	0,78	18	средний
Машинист конвейера	0,03	0,97	0,78	19	средний

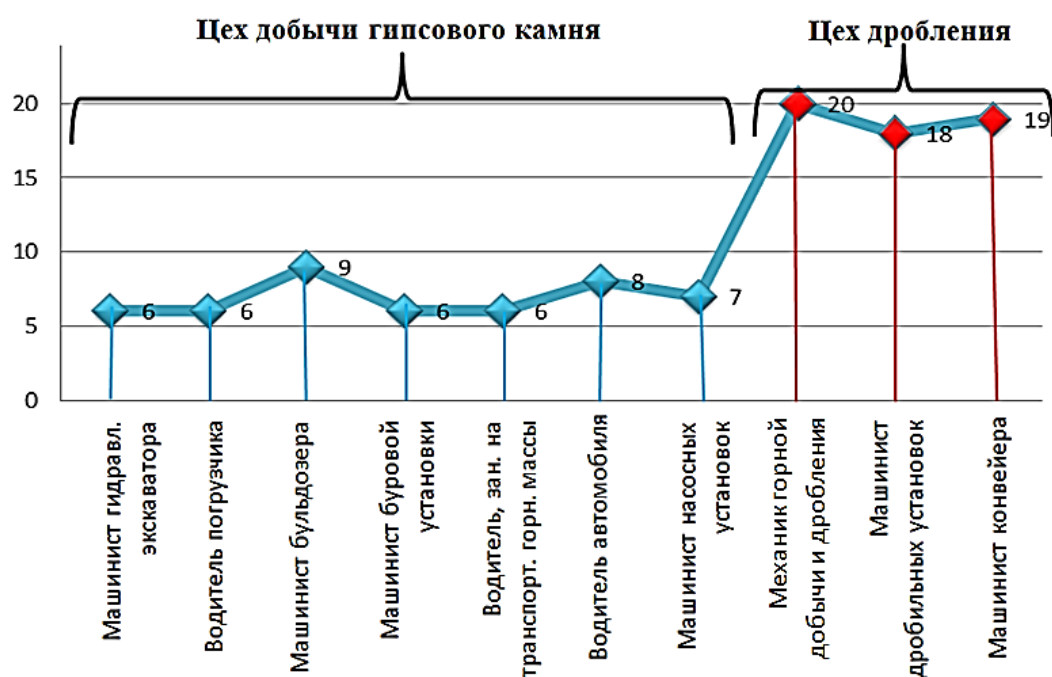


Рис. 1. Отклонения фактического уровня профессионального риска от максимально допустимого уровня обобщенного риска



Количественная оценка риска позволяет и участок дробления гипсового камня, в целом, отнести к наиболее рисковому подразделению. Следовательно, именно здесь следует принять соответствующие меры по устранению риска и обратить особое внимание на внедрение мероприятий по улучшению условий труда.

Оценка профессиональных рисков методом Файна и Кинни

Используя метод Файна и Кинни [7], мы оценили индивидуальные риски каждого работника. Риски определяли как вероятность получения травмы или заболевания в результате существующей опасности.

Для примера выполним расчет индивидуального профессионального риска для механика горной добычи и дробления, у которого по результатам балльного метода и анкетного опроса наименьший уровень безопасности.

Определим возможные опасные и вредные факторы (ОВПФ) на этом рабочем месте, которые могут

привести к травме или профессиональному заболеванию, то есть их вероятность, воздействие и последствие, оценив их в баллах [6; 7] (табл. 5).

Среднее значение риска рассчитываем по формуле

$$P_{cp} = \frac{\sum P}{n} = \frac{252 + 420 + 108 + 36 + 36 + 126 + 108 + 252}{8} = 167,25$$

где n – количество факторов.

По таблице 6 полученный результат $P_{cp}=167,25$ баллов можем оценить как высокий уровень риска.

Подобным образом были рассчитаны уровни индивидуального профессионального риска для всех рабочих на предприятии (табл. 7).

Таблица 5

ОВПФ, действующие на механика горной добычи и дробления

ОВПФ	Вероятность	Воздействие	Последствие	Общий балл (P)
Недостаток освещенности	6	6	7	252
Воздействие химических факторов	10	6	7	420
Повышенный уровень шума	6	6	3	108
Тяжесть трудового процесса	6	2	3	36
Поражение электрическим током	6	2	3	36
Неисправность оборудования	6	3	7	126
Работа с ручными инструментами	6	6	3	108
Поднятие тяжелых грузов	6	6	7	252
Итого:				1338

Таблица 6

Балльная шкала оценки профессиональных рисков

Баллы	Риск	Профилактические меры
> 320	Очень высокий	Немедленное прекращение деятельности
160–320	Высокий	Необходимо немедленное улучшение
70–160	Существенный	Необходимо улучшение
20–70	Возможный	Необходимо обратить внимание
< 20	Малый	Подлежит исследованию

Таблица 7

Результаты уровней профессионального риска, рассчитанные методом Файна и Кинни

Наименование профессии	Общий балл	Уровень риска
Участок добычи гипсового камня		
Мастер горный	57,5	Риск возможный
Машинист гидравлического экскаватора	64,6	Риск возможный
Водитель погрузчика	60,0	Риск возможный
Машинист бульдозера Д-175	96,5	Риск существенный
Машинист буровой установки	44,0	Риск возможный
Водитель, занятый на транспортировании горной массы	68,0	Риск возможный
Водитель автомобиля	93,0	Риск существенный
Машинист насосных установок	115,4	Риск существенный
Участок дробления гипсового камня		
Механик горной добычи и дробления	167,3	Риск высокий
Машинист дробильных установок	169,5	Риск высокий
Машинист конвейера	183,0	Риск высокий

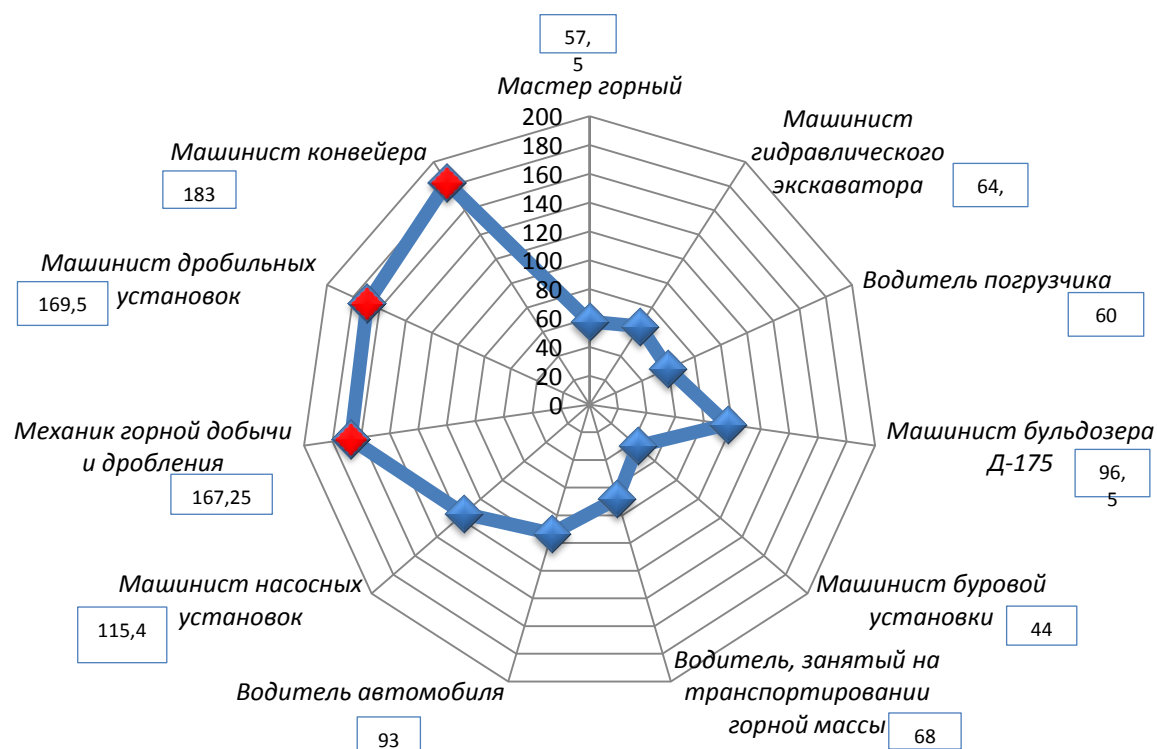


Рис. 2. Сравнительная диаграмма результатов оценки профессионального риска методом Файна и Кинни

Анализ полученных результатов приводит к заключению о том, что на участке добычи гипсового камня лишь для некоторых профессий определяется существенный риск, что свидетельствует о необходимости улучшения условий труда. В целом работники участка дробления гипсового камня в процессе трудовой деятельности подвергаются более высокому уровню риска (рис. 2).

Следовательно, именно на этом участке необходимо разработать инженерно-технические решения по снижению уровня риска и внедрению мероприятий по улучшению условий труда для данных профессий. В частности, для механика горной добычи и дробления необходимо в первую очередь уменьшение воздействия химических факторов, улучшение освещенности рабочего места и обеспечение автоматической поддержки в поднятии тяжелых грузов.

Расчет уровня индекса профессионального риска работника методом анкетирования

Метод анкетирования используется для выявления опасностей (рисков) на рабочих местах. Оценка профессиональных рисков методом анкетирования основана на анкетном опросе работников, которые сами оценивают опасность производственных факторов на своих рабочих местах с учетом продолжительности их действия.

Данные, полученные в результате обработки анкет в соответствии с весовым коэффициентом опасности фактора, учетом уровня серьезности проблемы (β) [6], представлены в таблице 8.

Используя матрицу ранжирования проблем по уровню важности (табл. 9), численные величины итогового значения риска можно перевести в понятие «уровень риска» и оценить необходимые меры по уменьшению величины риска.

Так, согласно полученным результатам анкетного опроса, наибольшие – высокие – риски отмечаются на участке дробления гипсового камня. Здесь, в первую очередь, необходимо проводить мероприятия по улучшению условий труда. Среди профессий участка добычи гипсового камня наибольшие риски отмечены для машиниста буровой установки. Для всех профессий с высоким риском, согласно полученным данным, необходимо минимизировать риски химических (действие аэрозолей), физических (шум) и эргономических (тяжесть труда) факторов.

Оценка использованных методов определения профессиональных рисков

Для определения профессиональных рисков мы выбрали методы, которые различаются методологией расчета. Метод балльных оценок основывается на базе данных аттестации рабочих мест и использует оценку класса опасности труда, которая определяется согласно нормативным документам. Метод Файна и Кинни в основу расчета закладывает балльную оценку определения вероятности получения травмы или заболевания в результате опасности, существующей на рабочем месте. Метод анкетирования использует индивидуальную оценку работника влияющих на него факторов труда (субъективный подход).



Таблица 8

Результаты оценки профессиональных рисков методом анкетирования

Наименование рабочего места (профессии, должности)	Факторы труда									Итоговое значение риска
	аэрозоли	шум	вибрация общ.	вибрация лок.	микроклимат	световая среда	тяжесть труда	напряженность труда		
Участок добычи гипсового камня										
Мастер горный	0	14	18	12,5	20	29	11	13	16,8	Умеренный риск
Машинист гидравлического экскаватора	27	29	22	20	16	13	22	25	21,75	Умеренный риск
Водитель погрузчика	36	18	16	13	21	18,5	16	27	20,7	Умеренный риск
Машинист бульдозера Д-175	75	49	78	64	22	26	43	45	50,28	Средний риск
Машинист буровой установки	48	76	12	16	45	32	12	10	31,4	Умеренный риск
Водитель, занятый на транспортировании горной массы	36	48	41	43	12	16	22	13	28,8	Умеренный риск
Водитель автомобиля	78	45	33	38	15,25	33	16,25	45	37,9	Средний риск
Машинист насосных установок	70	85	40	37,5	23	36	45	18,25	44,5	Средний риск
Участок дробления гипсового камня										
Механик горной добычи и дробления	85	70	0	0	0	68	78	69	74	Высокий риск
Машинист дробильных установок	80	75	66,6	66,6	50	66,6	75	66,6	69	Высокий риск
Машинист конвейера	88	83	69	69	46	66,6	76	64	70,2	Высокий риск

Таблица 9

Ранжирование проблем по уровню важности

Пределы изменения величины β	Уровень проблемы (недостатка)	Необходимые меры
0–10	Низкий	Принять во внимание
11–32	Умеренный	Рекомендуется рассмотреть возможные пути решения проблем в будущем
33–67	Средний	Рекомендуется планирование мероприятий, направленных на устранение недостатков
68–89	Высокий	Рекомендуются планирование мер и приоритетная их реализация, направленные на устранение или снижение негативного воздействия недостатка
90–100	Чрезвычайно высокий	Если рассматриваемая проблема связана с реально выполняемой работой и несет угрозу для жизни и здоровья, то меры, направляемые на устранение или снижение негативного воздействия, должны быть предприняты незамедлительно



Таблица 10

Результаты оценки профессиональных рисков, рассчитанных с использованием различных методов

Наименование рабочего места (профессии, должности)	Профессиональный риск						Итоговое значение риска
	Метод анкетирования		Балльный метод		Метод Файна и Кинни		
	Числовое значение риска	Описание	Числовое значение риска	Описание	Числовое значение риска	Описание	
Участок добычи гипсового камня							
Мастер горный	16,8	11–32	-	< 10%	57,5	20–70	Низкий риск
	Умеренный риск		Малая вероятность		Риск возможный		
Машинист гидравлического экскаватора	21,75	11–32	6	<10%	64,6	20–70	Низкий риск
	Умеренный риск		Низкий риск		Риск возможный		
Водитель погрузчика	20,7	11–32	6	< 10%	60	20–70	Низкий риск
	Умеренный риск		Низкий риск		Риск возможный		
Машинист бульдозера Д-175	50,28	33–67	9	< 10%	96,5	70–160	Средний риск
	Средний риск		Низкий риск		Риск существенный		
Машинист буровой установки	31,4	11–32	6	< 10%	44	20–70	Низкий риск
	Умеренный риск		Низкий риск		Риск возможный		
Водитель, занятый на транспортировании горной массы	28,8	11–32	6	< 10%	68	20–70	Низкий риск
	Умеренный риск		Низкий риск		Риск возможный		
Водитель автомобиля	37,9	33–67	8	< 10%	93	70–160	Средний риск
	Средний риск		Низкий риск		Риск существенный		
Машинист насосных установок	44,5	33–67	7	< 10%	115,4	70–160	Средний риск
	Средний риск		Низкий риск		Риск существенный		
Участок дробления гипсового камня							
Механик горной добычи и дробления	74	68–89	20	10–30%	167,25	160–320	Высокий риск
	Высокий риск		Средний риск		Высокий риск		
Машинист дробильных установок	69	68–89	18	10–30%	169,5	160–320	Высокий риск
	Высокий риск		Средний риск		Высокий риск		
Машинист конвейера	70,2	68–89	19	10–30%	183	160–320	Высокий риск
	Высокий риск		Средний риск		Высокий риск		

Несмотря на различные подходы в определении профессиональных рисков, используемые нами методы расчета дали достаточно близкие результаты: на участке добычи гипсового камня – низкий и средний риск, на участке дробления – преимущественно высокий.

Сравнительный анализ профессиональных рисков, выполненный с использованием различных методов, наглядно представлен в таблице 10.

При сравнении степени вероятности риска, определенного различными методами, выявлено, что балльный метод дает более низкое итоговое значение риска.

Каждый из использованных методов однозначно показал (результаты совпали по трем методам), что наиболее рисковым является участок дробления гипсового камня: все профессии машинистов и механика характеризуются высоким риском. Предприятие, опираясь на эти данные, именно на этих участках может разработать инженерно-технические решения по снижению уровня риска и внедрению мероприятий по

улучшению условий труда для данных профессий. Причем, на основании результатов метода анкетирования и метода Файна и Кинни можно конкретизировать область снижения риска. Например, для механика горной добычи и дробления необходимо уменьшение воздействия химических факторов, улучшение освещенности рабочего места и обеспечение автоматической поддержки в поднятии тяжелых грузов.

Таким образом, использование полученных результатов по оценке профессиональных рисков работающих на горнодобывающем участке «Северный» позволит предприятию сократить издержки, целенаправленно осуществляя профилактические меры по снижению риска и улучшению условий труда. Результаты работы предприятие может использовать для разработки карт профессиональных рисков. Каждый из трех методов, использованных нами, может успешно применяться для оценки профессиональных рисков и решать присущие ему конкретные задачи.

Статья поступила 04.12.2014 г.



Библиографический список

1. Ваганов П.А. Экологические риски: учеб. пособие. 2-е изд. М.: Просвещение, 1995. 168 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. Введ. 01.12.2012 / Национальный стандарт Российской Федерации. М.: АНО «НИЦКД».
3. СТП 581-6.7-002-2006 СУОТ. Идентификация опасностей, оценка и контроль рисков // Справочник специалиста по охране труда. М.: Издательский дом ЗАО «МЦФЭР», 2008. № 1.
4. Проектная документация «Завод по производству ГКЛ мощностью 60 млн м²/год» (ООО «КНАУФ ГИПС БАЙКАЛ»). Иркутск, 2012.
5. Аттестация рабочих мест (ООО «КНАУФ ГИПС БАЙКАЛ»). Иркутск, 2013.
6. Тимофеева С.С., Хамидуллина А.А. Основы теории риска: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. 128 с.
7. Евсеев А.Я., Макаров П.В., Борисов А.Ф. Оценка и управление профессиональным риском: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во ННГАСУ, 2009. 138 с.

УДК 624.131.1. (571.5)

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ В РАЙОНЕ УДОКАНА (НА ПРИМЕРЕ ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ПЕСЧАНИКОВ)© Т.Г. Рященко¹, С.А. Тирских², Т.А. Корнилова³^{1,2,3}Институт земной коры СО РАН,

664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

^{1,2}Иркутский государственный технический университет,

664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматриваются результаты изучения физико-механических свойств протерозойских песчаников, распространенных на строительной площадке в районе пос. Удокан Забайкальского края. В разрезах скважин на базе геологической документации выделены инженерно-геологические элементы с оценкой опасных признаков; при обработке данных о плотности, прочности и водостойкости грунтов, полученных в процессе изысканий, применены программы «Стандартная статистика» и «Кластер-анализ»; впервые изучены структурно-текстурные особенности пород в петрографических шлифах; сделаны выводы о факторах прочности исследованных объектов.

Ключевые слова: инженерно-геологический элемент; песчаник; плотность; прочность; программы; структура; текстура.

PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF HARD ROCK GROUNDS OF THE UDOKAN REGION BUILDING SITE (FOR THE CASE OF PROTEROZOIC SANDSTONES)

T.G. Ryashchenko, S.A. Tirskikh, T.A. Kornilova

Institute of the Earth's Crust SB RAS,

128 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The article discusses the results of studying physico-mechanical properties of Proterozoic sandstones frequently occurring on a building site located near the Udokan settlement in the Trans-Baikal region. On the basis of geological records, engineering and geological elements have been identified in well-logs with the estimation of hazardous characteristics. The obtained data on density, strength and water-resisting properties of investigated grounds have been processed with the use of the "Standard Statistics" and "Cluster analysis" programs. It is the first time when structural and textural features of rocks are studied in petrographic microsections. The conclusions on the strength factors of the studied objects are derived.

Keywords: engineering and geological element; sandstone; density; strength; programs; structure; texture.

Введение. Инженерно-геологические изыскания выполнялись на строительной площадке в районе Удокана, где, согласно программе работ, в апреле 2014 г. были пробурены скважины глубиной 25–52 м, которые вскрыли метаморфизованные песчаники про-

терозоя. В составлении технического отчета по результатам первого этапа исследований принимала участие инженер Центра геоэкологических исследований (ЦГЭИ) НИ ИрГТУ С.А. Тирских, аспирант заочного обучения Института земной коры СО РАН (ИЗК СО

¹Рященко Тамара Гурьевна, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры прикладной геологии Института недропользования,

тел.: (3952) 426133, e-mail: ryashenk@crust.irk.ru

Ryashchenko Tamara, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Leading Researcher, Professor of the Department of Applied Geology of the Institute of Subsoil Use, tel.: (3952) 426133, e-mail: ryashenk@crust.irk.ru

²Тирских Светлана Андреевна, аспирант, инженер Центра геоэкологических исследований,

тел.: (3952) 426133, e-mail: ryashenk@crust.irk.ru

Tirskikh Svetlana, Postgraduate, Engineer of the Center of Geoecological Studies, tel.: (3952) 426133, e-mail: ryashenk@crust.irk.ru

³Корнилова Татьяна Александровна, главный специалист, тел.: (3952) 426133, e-mail: ryashenk@crust.irk.ru

Kornilova Tatyana, Chief Specialist, tel.: (3952) 426133, e-mail: ryashenk@crust.irk.ru



РАН). Использованы данные документации разрезов трех скважин (1А-5, 1В-4, 1С-2 – выполнено геологами Е. Марчук и А. Лысенко) и результаты определения физико-механических свойств песчаников (материалы ЦГЭИ НИ ИргТУ). По материалам документации авторами выделены инженерно-геологические элементы (ИГЭ) и с помощью условных индексов (метод экспертных оценок) представлена характеристика их опасных признаков, которые понижают степень устойчивости грунтовых толщ площадки. При обработке данных о плотности, прочности и водостойкости скальных грунтов применялись программы «Стандартная статистика» и «Кластер-анализ», кроме того, впервые были изучены структурно-текстурные особенности пород в петрографических шлифах. Полученные комплексные материалы позволили сделать некоторые выводы о факторах прочности исследованных объектов [1–4].

Выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ). При документации в разрезах выделены зоны дробления и участки различной степени макротрещиноватости песчаников (слабая – менее 14 трещин в пределах интервала; 14–85 – средняя; более 85 – сильная); прочность оценивалась визуально: прочные, средней прочности и мало прочные разновидности. Песчаники серого цвета, мелкозернистые, полосчатые, со следами метаморфизма (отмечено окварцевание, эпидотизация, хлоритизация); супесчано-глыбовая зона (делювиальный современный комплекс) с включениями льда достигает 2,5–5,0 м. В каждой скважине по различным «опасным» признакам выделяются особые участки (зоны), которые можно считать инженерно-геологическими элементами (ИГЭ). Так, для 1А-5 установлено восемь таких зон, 1В-4 – семь, 1С-2 – девять.

Определение степени опасности признаков выполнено методом экспертных оценок в интервале шкалы условных индексов от единицы до шести (1–6): чем больше индексов набирает разрез, тем он менее устойчив. Наибольшую опасность представляют зоны дробления, присутствующие в толще скальных грунтов, 6 условных индексов; далее – льдообразование (многолетняя мерзлота) или следы разломной тектоники – 5; наличие глыбовой зоны (современный делювий) или выветрелых песчаников среднетрещиноватых – 4; появление маломощных дисперсных зон – 3. Опасность снижается до двух индексов, если глыбовая зона делювия небольшая (до 2,5 м); прочные окварцованные слабо трещиноватые песчаники получают 1 индекс. В качестве примера приводится характеристика ИГЭ скв. 1А-5 (табл. 1).

К числу опасных признаков относятся: присутствие двух зон дробления, расположенных в верхней (интервал 6,1–9,7 м) и нижней (интервал 18,2–20,9 м) частях разреза; льдообразование до глубины 20,9 м в виде линз, цементирующей массы и заполнителя трещин в песчаниках; достаточно мощный (до 5 м) глыбовый современный делювий с линзами льда. Аналогичные таблицы составлены по данным документации остальных разрезов. Для скв. 1В-4 общая сумма условных индексов для выделенных семи ИГЭ равна 20. К числу опасных признаков относится присутствие среди скальных грунтов маломощных (10–20 см) прослоев сильно выветрелых разновидностей с «гнездами» вторичного эпидота. Кроме того, на глубине 22,4 м в темно-серых песчаниках зафиксирован «тектонический шов» (зона разлома), выполненный глиной трения. Лед обнаружен только в трещинах глыб песчаников делювиальной зоны мощностью

Таблица 1

Инженерно-геологические элементы (ИГЭ) и их характеристика, скв. 1А-5

ИГЭ	Н, м	Описание	N
1	0,0–4,9	Глыбовая зона (dQ ₄) – супесь, щебень с линзами льда и глыбами серых, мелкозернистых, полосчатых выветрелых песчаников	5
2	4,9–6,1	Песчаники средней прочности, слаботрещиноватые	1
3	6,1–9,7	Зона дробления – дресва, супесь, единичные глыбы песчаников с многочисленными (до 42) трещинами; толща сцементирована льдом	6
4	9,7–12,9	Выветрелые песчаники средней прочности, средне трещиноватые (14 трещин, заполненных льдом); два образца – 1А-5 – 9,9м (шлиф № 1); 1А-5 – 11,5 м (шлиф № 2)	4
5	12,9–17,5	Песчаники серые, мелкозернистые, полосчатые, окварцованные, прочные, среднетрещиноватые; образец 1А-5 – 15,2 м	1
6	17,5–18,2	Песчаники серые, мелкозернистые, окварцованные, полосчатые, прочные, слаботрещиноватые	1
7	18,2–20,9	Зона дробления – крупный щебень (2,5–20,0 см) серых мелкозернистых полосчатых песчаников, глыбы этих пород с многочисленными трещинами шириной до 25 см, заполненными супесью и дресвой, сцементированных льдом	6
8	20,9–28,0	Песчаники серые, мелкозернистые, полосчатые, окварцованные, прочные, слаботрещиноватые (12 трещин шириной до 3 мм, заполненных супесью)	1
Общая сумма условных индексов (Σ)			25

Примечание. Сква. 1А-5 пробурена 12–13 апреля 2014 г., глубина 28,0 м; абс. отм. 1607,97 м; Н – интервал выделенного ИГЭ; N – количество условных индексов.



3,8 м. Для скв. 1С-2 общая сумма индексов для выделенных девяти ИГЭ равна 22. К числу опасных признаков относится чередование в разрезе прочных и мало прочных (сильно трещиноватых) разновидностей пород, кроме того, в нижней части скважины (27,3–52,0 м) среди слабо окварцованных, прочных и средней прочности песчаников обнаружена зона дробления мощностью 2,0 м (27,3–29,3 м). Таким образом, наиболее «опасным» разрезом является скв. 1А-5 (25 индексов). Тем не менее, отрицательные (по устойчивости) признаки обнаружены и в других исследованных разрезах ($\Sigma=20-22$). Предложенный способ оценки ИГЭ в толще скальных грунтов на основе их геологической документации – дополнительная информация при инженерно-геологическом изучении объекта изысканий.

Физико-механические свойства песчаников (анализ материалов). Данные о природной влажности, плотности и прочности скальных грунтов получены в ЦГЭИ НИ ИрГТУ, они включены в отчет первого этапа исследований. Авторами статьи отобрано 16 образцов ненарушенной структуры (керна), из числа которых для 10 объектов имеются определения природной влажности, плотности, прочности на растяже-

ние и сжатие в условиях природной влажности и при водонасыщении (табл. 2). Кроме того, В ИЗК СО РАН впервые были изготовлены и описаны петрографические шлифы (10 образцов, они указаны при выделении в разрезах ИГЭ).

Природная влажность песчаников ничтожна – 0,2%, природная плотность при этом составляет 2,58–2,83 г/см³ (табл. 2). Определены пределы прочности на растяжение ($R_p=15,3-38,6$ МПа) и одноосное сжатие ($R=92,9-151,4$ МПа) в условиях природной влажности; аналогичные определения выполнены для тех же образцов в водонасыщенном состоянии ($R_{p1}=10,3-29,4$ МПа; $R_1=77,7-137,5$ МПа); рассчитаны коэффициенты размягчаемости (в долях единицы) по результатам растяжения ($K_{pA}=0,53-0,96$) и одноосного сжатия ($K_{pB}=0,67-0,97$).

При сопоставлении прочности песчаника на одноосное сжатие и растяжение четко устанавливается анизотропия этого свойства: коэффициент анизотропии изменяется от 3,7 до 8,0 ($K_{an}=R/R_p$).

По представленным материалам проведена статистическая обработка данных (табл. 3) и построены графики-дендрограммы с помощью программы «Кластер-анализ» (рис. 1, 2).

Таблица 2

Показатели физико-механических свойств метаморфизованных песчаников протерозоя площадки Удокан (материалы ЦГЭИ НИ ИрГТУ)

№ п/п	№ скв.	Н	Показатели физико-механических свойств							
			$R_{пр}$	R_p	R	R_{p1}	R_1	K_{pA}	K_{pB}	K_{an}
1 ш	1А-5	9,9	2,67	18,4	93,9	16,9	77,7	0,92	0,83	5,1
2 ш	1А-5	11,5	2,59	20,5	110,3	16,2	106,8	0,79	0,97	5,4
3	1А-5	15,2	2,67	32,9	151,4	27,2	130,9	0,83	0,86	4,6
4 ш	1А-6	5,3	2,68	25,1	132,2	21,4	96,9	0,85	0,73	5,3
5	1А-6	8,8	2,75	30,4	141,7	29,4	108,5	0,96	0,77	4,7
6 ш	1В-1	12,4	2,74	18,2	92,9	16,6	89,5	0,91	0,96	5,1
7	1В-4	9,0	2,58	15,3	109,7	10,3	94,9	0,67	0,87	7,2
8 ш	1В-4	13,0	2,83	16,8	133,8	15,6	124,0	0,93	0,93	8,0
9 ш	1С-2	9,0	2,74	30,6	132,3	18,7	88,7	0,61	0,67	4,3
10 ш	1С-2	48,5	2,70	38,6	144,0	20,4	137,5	0,53	0,95	3,7

Примечание. Н – глубина отбора образца, м; $R_{пр}$ – природная плотность песчаника, г/см³; R_p – прочность на растяжение, МПа; R – прочность на сжатие, МПа; R_{p1} – прочность на растяжение в водонасыщенном состоянии, МПа; R_1 – прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа; K_{pA} , K_{pB} – коэффициенты размягчаемости песчаников по прочности на растяжение и сжатие (доли единицы); K_{an} – коэффициент анизотропии по прочности (доли единицы); ш – изготовлен и описан петрографический шлиф.

Таблица 3

Результаты статистической обработки данных о показателях физико-механических свойств метаморфизованных песчаников протерозоя, площадка Удокан (n=10)

П	Показатели физико-механических свойств							
	$R_{пр}$	R_p	R	R_{p1}	R_1	K_{pA}	K_{pB}	K_{an}
$\bar{X}$	2,70	24,7	124,2	19,3	105,5	0,80	0,85	5,3
X_{min}	2,58	15,3	92,9	10,3	77,7	0,53	0,67	3,7
X_{max}	2,83	38,6	151,4	29,4	137,5	0,96	0,97	8,0
σ	0,075	8,018	20,973	5,637	19,767	0,148	0,104	1,307
$V, \%$	3	32	17	29	19	19	12	24
θ	0,057	6,845	18,010	4,248	16,003	0,12	0,083	0,916
Md	2,69	22,8	132,2	17,8	101,9	0,84	0,87	5,1

Примечание. П – статистические параметры: $\bar{X}$, X_{min} , X_{max} – среднее, минимальное и максимальные значения показателя; σ – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации; θ – среднее отклонение; Md – медиана; n – количество образцов; коэффициенты размягчаемости (K_{pA} , K_{pB}) и анизотропии (K_{an}) рассчитаны в долях единицы.

**Результаты статистического анализа**

Природная плотность метаморфизованных песчаников в среднем составляет $2,70 \text{ г/см}^3$ (табл. 3), степень изменчивости этого показателя очень низкая (коэффициент вариации всего 3%). Для сравнения приведем данные по гранитам, габбро, пироксенитам, кварцитам, сланцам и гнейсам из монографии [3], в которой на с. 51–59 указаны следующие цифры: для гранита среднее значение плотности (11217 образцов) $2,57 \text{ г/см}^3$, диорита – 2,81 (3683 образца), габбро – 2,95 (1990 образцов), пироксенита – 3,20 (2895 образцов), кварцита – 2,61, сланцев – 2,72, гнейса – 2,70–3,10. Таким образом, наши метаморфизованные протерозойские песчаники по своей природной плотности близки сланцам и кварцитам ($2,61\text{--}2,72 \text{ г/см}^3$); максимальная плотность характерна для магматических пород среднего и основного состава ($2,81\text{--}3,20 \text{ г/см}^3$).

Прочность на одноосное сжатие для исследованных песчаников в среднем составляет 124,2 МПа – это очень прочные скальные грунты (максимальное значение 151,4 МПа, минимальное – 92,9), при этом коэффициент вариации достигает 17%, то есть по сравнению с плотностью здесь отмечается заметная изменчивость показателя, причину которой и нужно установить (это могут быть особенности структуры и текстуры песчаников, степень их микротрещиноватости, возможно, химический состав, но не величина плотности). При сравнении наших песчаников с диоритами, габбро и кварцитами видно, что по прочности они несколько отстают: песчаники – 124 МПа, диориты – 154 МПа, габбро – 110–191 МПа, кварциты – 182 МПа.

Прочность при растяжении по абсолютному значению в четыре-восемь раз меньше прочности на сжатие. Кроме того, этот показатель отличается максимальной изменчивостью – коэффициент вариации 32%. Можно предположить, что уменьшение прочности на растяжение связано с наличием полосчатой макротекстуры в песчаниках, снижающей сопротивление породы горизонтальной нагрузке.

Коэффициент размягчаемости, рассчитанный по прочности на растяжение (K_pA), изменяется в относительно широких пределах, о чем свидетельствует коэффициент вариации (19%), следовательно, песчаники могут «бояться» воды, то есть попадают в группу размягчаемых разновидностей (три образца из десяти имеют $K_p < 0,75$). Тот же коэффициент, рассчитанный по прочности на сжатие (K_pB), также позволяет выделить размягчаемые разновидности (два образца из десяти). В чем здесь причина? Видимо, искать ее нужно в структурно-текстурных особенностях песчаников, их составе или микротрещиноватости.

Результаты кластерного анализа

Эта программа широко применяется в грунтоведческой группе лаборатории инженерной геологии и геоэкологии Института земной коры СО РАН (ИЗК СО РАН), где она установлена на персональном компьютере в EXCEL [2, 5, 6]. Программа состоит из двух частей: R-анализ исследует связь признаков (показа-

телей физико-механических свойств песчаников) по общей выборке образцов; Q-анализ устанавливает связь между объектами (образцами), то есть группирует их в кластеры.

В первом случае (R-тип) строится график-дендрограмма, характеризующая степень корреляционной связи между признаками и их группами: по вертикали располагаются признаки, по горизонтальной оси – коэффициент корреляции R (от +1 до –1). При $R > 0,7$ связи между признаками и их группами считаются существенными, при $R < 0,4$ – слабыми; коэффициент корреляции в пределах 0,4–0,7 свидетельствует о средней степени связей (их можно назвать «заметными»).

Во втором случае (Q-тип) дендрограмма представляет собой группирование объектов по степени сходства между ними относительно анализируемых признаков: по горизонтали указывается «евклидово расстояние» (r) – мера близости между объектами (от 0 до +1), по вертикали – порядковые номера объектов-образцов. Чем больше «евклидово расстояние», тем меньше степень близости между образцами по значениям показателей.

По кластеру R-типа выделились две группы признаков (рис. 1): 1) природная плотность (P_{np}) и коэффициент размягчаемости, рассчитанный по прочности на растяжение (K_pA), с коэффициентом корреляции между ними 0,35 (связь несущественная); 2) прочность на растяжение R_p и сжатие R (коэффициент корреляции 0,78) при природной влажности, прочность на растяжение при водонасыщении R_{p1} (коэффициент корреляции 0,70) и прочность на сжатие при водонасыщении R_1 (коэффициент корреляции снижается до 0,52); первая и вторая группы между собой связи не имеют (коэффициент корреляции равен нулю). Самостоятельное положение занимает коэффициент размягчаемости по прочности на сжатие K_pB , так как его связи с другими показателями практически отсутствуют (коэффициент корреляции $< 0,1$).

При группировании (кластер Q-типа) четко выделились четыре пары объектов ($r = 0,12\text{--}0,18$): 1) образцы 1, 6 (имеются близкие значения R_p , R , R_{p1} , K_pA); 2) образцы 2, 7 (P_{np} , R); 3) образцы 3, 10 (P_{np}); 4) образцы 4, 9 (R) (рис. 2). Следовательно, образцы песчаников по близости значений показателей физико-механических свойств разделились на два кластера: первый – образцы 1, 6, 2, 7; второй – 3, 10, 8, 4, 9, 5.

Учет глубины отбора образцов показал, что их группирование подчиняется интервалам опробования: первая, вторая и четвертая пары образцов находятся в верхней части разреза (5,3–12,8 м), третьей соответствуют разные глубины (15,2–48,9 м).

Результаты просмотра петрографических шлифов

В качестве примера приводятся фотографии шлифов двух образцов, при этом особенности состава, текстуры и структуры, а также признаки метаморфических изменений песчаников сопоставляются с показателями их плотности и прочности (рис. 3, 4).



Кластер R

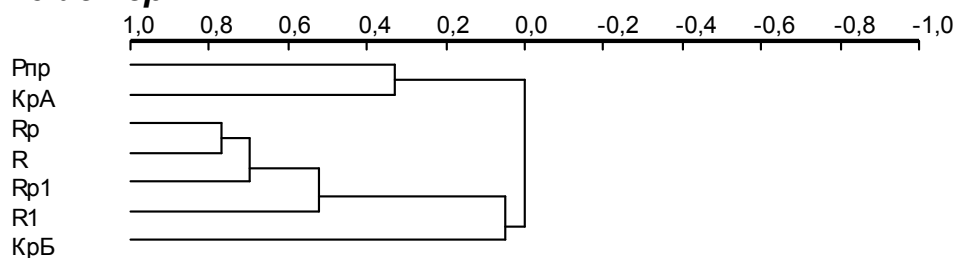


Рис. 1. Взаимосвязи природной плотности ($R_{пр}$) песчаников, их прочности на растяжение (R_p) и сжатие (R) при природной влажности и в условиях водонасыщения (R_{p1} , R_1), коэффициентов размягчаемости по прочности на растяжение (K_{pA}) и сжатие ($K_{pБ}$) ($n = 10$, $m = 7$)

Кластер Q

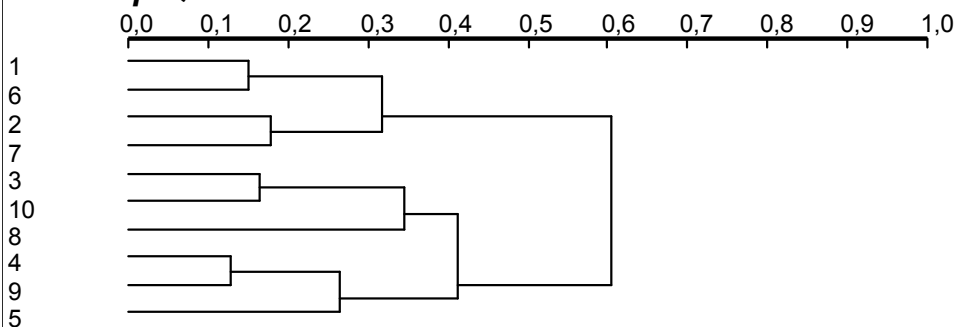


Рис. 2. Группирование образцов песчаников по показателям их плотности, прочности и коэффициентам размягчаемости ($n = 10$)

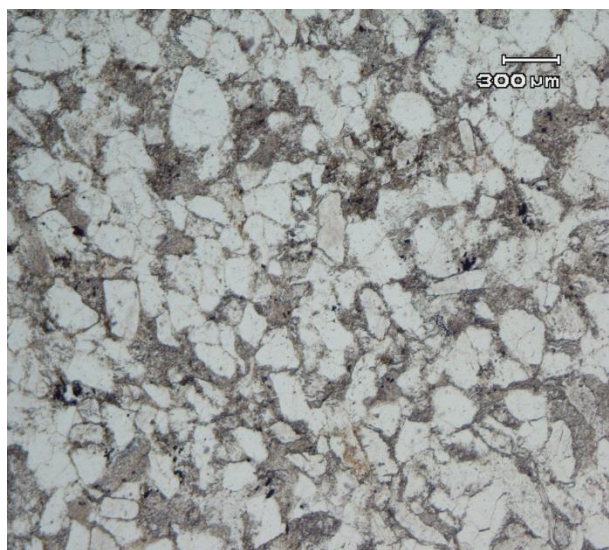


Рис. 3. Шлиф № 1, обр. 1А-5 – 9,9 м

Метапесчаник – текстура микрослоистая, структура алевро-псаммитовая (размер обломков 0,1–0,6 мм, 0,06–0,1 мм); цемент контактово-поровый глинисто-слюдистый; состав обломков – кварц (57%), плагиоклаз (15%), калишпат (10%); контуры обломков реакционные, плагиоклазы замещены серицитом, отмечается вторичный хлорит (метаизменения); наблюдаются микротрещины и волнистое погасание кварца (следы катаклаза). $R_{пр} = 2,67$; $R_p = 18,4$; $R = 93,9$; Кан = 5,1; $K_p = 0,92–0,83$

Природная плотность метапесчаника (рис. 3) незначительна – $2,67 \text{ г/см}^3$, прочность на сжатие в условиях природной влажности по сравнению с другими образцами минимальная – 93,9 МПа, прочность на растяжение уменьшается до 18,4 МПа (Кан = 5,1). Как мы и предполагали выше, причина этих различий – микрослоистая текстура. Следы катакlastического метаморфизма и разъедание обломков за счет глини-

сто-слюдистого цемента – причины относительно пониженной прочности как на одноосное сжатие, так и на растяжение. Образец принадлежит к неразмягчаемым разновидностям ($K_p = 0,92–0,83$). В водонасыщенном состоянии, согласно стандарту [1], метапесчаник относится к прочной разновидности по сжатию ($R_1 = 77,7 \text{ МПа}$) и разновидности средней прочности по растяжению ($R_{p1} = 16,9 \text{ МПа}$).

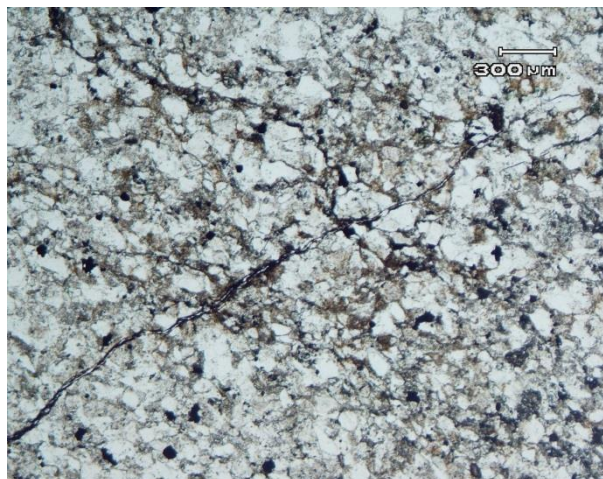


Рис. 4. Шлиф № 8, обр. 1С-2 – 9,0 м

Метапесчаник, текстура неясно микрослоистая, структура реликтовая – псаммитовая (размер обломков 0,1–0,3 мм). Обломки: кварц (66%), плагиоклаз (16%). Признаки бластогенеза: глинисто-слюдистый цемент превратился в мусковит, биотит и хлорит; трещина-прожилок заполнена гранобластовыми образованиями эпидота, кальцита и кварца; на фоне перекристаллизации – реликтовая микрослоистость (чередование мелких и более крупных агрегатов); микротрещины с агрегатным эпидотом, чешуйками биотита (катаклаз). $R_{пр} = 2,74$; $R_p = 30,6$; $R = 132,3$; $Kан = 4,3$; $Kр = 0,61–0,67$

В шлифе второго образца (рис. 4) четко видны признаки перекристаллизации (бластогенез): бывший глинисто-слюдистый цемент превратился в мусковит, биотит и хлорит; по полевым шпатам развиты пелит-серицитовые тонкочешуйчатые агрегаты; отмечена трещина-прожилок, заполненная гранобластовыми образованиями эпидота, кальцита и кварца, эти же минералы присутствуют и в песчанике в виде небольших зерен. На фоне перекристаллизации сохраняется неотчетливая микрослоистость за счет чередования реликтового мелкозернистого агрегата с более крупными агрегатными формами.

Наблюдаются микротрещины, заполненные агрегатным эпидотом с примесью мелкочешуйчатого зеленоватого биотита и хлорита; слои в песчанике трассируются трещинками катаклаза (возникают в процессе катакlastического метаморфизма), к которым стягивается тонкочешуйчатый новообразованный материал хлорито-биотитового состава с примесью агрегатного эпидота. Итак, налицо признаки бластогенеза и катаклаза; кроме того, имеет место микрослоистость.

Природная плотность метапесчаника составляет $2,74 \text{ г/см}^3$, прочность на сжатие – $132,3 \text{ МПа}$, на растяжение – $30,6 \text{ МПа}$. Коэффициент анизотропии, следовательно, оказывается значительным ($Kан = 4,3$), что, естественно, связано с ориентированной и слоистой текстурой породы. Фиксируется весьма интересная особенность: по величине коэффициентов размягчаемости, определенных по сжатию и растяжению, метапесчаник относится к размягчаемым разновидностям ($Kр = 0,61–0,67$). Видимо, причина относительной водонеустойчивости скального грунта – присутствие агрегатов разного состава, возникших в процессе перекристаллизации (бластогенеза). Согласно стандарту, песчаник относится к прочной разновидности по сжатию ($R_1 = 88,7 \text{ МПа}$) и разновидности средней прочности – на растяжение ($R_{p1} = 18,7 \text{ МПа}$).

На основании изложенных материалов можно сделать следующие выводы:

1. Выделение ИГЭ в разрезах исследованных скважин выполнено на основе фиксирования опасных признаков, понижающих устойчивость грунтовой толщи, при этом применен метод экспертных оценок с использованием условных индексов в пределах шкалы от единицы до шести.

2. Статистическая обработка материалов по физико-механическим свойствам протерозойских песчаников показала, что их природная плотность занижена и изменяется незначительно ($V = 3\%$), показатели прочности разнородны, особенно по растяжению ($V = 29–32\%$), четко проявляется анизотропия при сопоставлении прочности на сжатие и растяжение и ее заметная изменчивость ($V = 24\%$), значения коэффициентов размягчаемости находятся в пределах $0,53–0,97$ ($V = 12–19\%$). В целом метаморфизованные песчаники протерозоя не отличаются стабильностью изученных свойств.

3. Природная плотность песчаников не является фактором их прочности, что установлено по результатам кластерного анализа R-типа; группирование образцов произошло на основе близости значений различных показателей их физико-механических свойств и глубины отбора (Q-тип).

4. Главными факторами прочности протерозойских метапесчаников оказались особенности их микроструктуры и микротекстуры, а также признаки, связанные с процессами бластогенеза и катаклаза, что установлено при изучении петрографических шлифов. Следует добавить, что, к большому сожалению, при инженерно-геологических изысканиях в нашем регионе указанный фактор прочности скальных грунтов давно исключен из технических заданий по причине отсутствия специалистов-петрографов в грунтоведческих лабораториях.

Статья поступила 11.11.2014 г.



Библиографический список

1. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. Издание официальное. МНТКС. 60 с.
2. Данилов Б.С. Кластерный анализ в EXCEL // Строение литосферы и геодинамика. Иркутск, 2001. С. 18–19.
3. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России / Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королева. М.: КДУ, 2011. 672 с.
4. Макаров С.А., Рященко Т.Г., Акулова В.В. Геоэкологический анализ территорий распространения природно-техногенных процессов в неоген-четвертичных отложениях Прибайкалья. Новосибирск: Наука, 2000. 160 с.
5. Рященко Т.Г., Ухова Н.Н. Химический состав дисперсных грунтов: возможности и прогнозы (Восточная Сибирь). Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН, 2008. 131 с.
6. Рященко Т.Г., Чернышова Ю.В. Микроструктура и физико-химические свойства глинистых грунтов (опыт применения кластерного анализа) // Вестник ИрГТУ. 2010. № 4. С. 41–44.

УДК 528:338.26

СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЗАБАЙКАЛЬСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ

© С.А. Седых¹

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.

В Байкальском регионе весьма актуален вопрос применения технологий геоинформационных систем (ГИС) для обеспечения мониторинга состояния окружающей среды. Исследование направлено на создание ГИС-проекта для программы комплексного экологического мониторинга Забайкальского национального парка, включающего базовые, дистанционные и тематические пространственные данные, позволяющие формировать специальные тематические карты и базу данных по наблюдениям. Предложен метод, основанный на разных масштабных уровнях для цифровых карт и позиционных атрибутивных данных, с детальной проработкой разных аспектов картографирования объектов мониторинга.

Ключевые слова: национальный парк; экологический мониторинг; ГИС; картографирование, база данных; ландшафты.

CREATION OF THE GIS SYSTEM OF ECOLOGICAL MONITORING IN THE ZABAIKALSKY NATIONAL PARK

S.A. Sedykh

Sochava Institute of Geography SB RAS,
1 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033, Russia.

The application of GIS technology for environmental monitoring is a relevant question for protected areas in the Lake Baikal region. The study aims at the creation of a GIS project for an integrated environmental monitoring program in the Zabaikalsky National Park. The GIS project includes basic, remote sensing and thematic spatial data that enable to develop observation-based special thematic maps and a database. As a result, the paper proposes a method based on different scale levels for digital maps and positional attribute data, with the detailed study of various mapping aspects of the objects of monitoring.

Keywords: national park; environmental monitoring; GIS; mapping; database; landscapes.

Введение. В настоящее время в развитых и развивающихся странах актуально развитие технологий геоинформационных систем (ГИС) для обеспечения мониторинга состояния окружающей среды на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), где расположены важные рекреационные объекты. В РФ организация экологического мониторинга на геоинформационной основе поставлена как приоритетная задача в Концепции развития системы ООПТ федерального значения на период до 2020 года, что отвечает прогрессивным мировым тенденциям. Современные работы по ГИС-картографированию объектов и явлений на ООПТ активно ведутся службой леса США (US Forest Service) на охраняемых и подотчетных территориях для формирования обширной базы геоданных. Примером общественной и частной инициативы в этой

области могут служить ГИС-проекты для инвентаризационных и исследовательских задач центра экологических исследований Тахо (Калифорнийский Государственный Университет, Дэвис) и Тахо Института Естественных Наук (Tahoe Institute of Natural Science) в водосборном бассейне озера Тахо (штаты Калифорния и Невада).

В России в настоящее время для ряда национальных парков и заповедников также созданы или создаются геоинформационные системы, включающие функцию экологического мониторинга (Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника, Алтайского заповедника и др.).

Актуальность и цель исследования. Забайкальский национальный парк (ЗНП) расположен в центральной экологической зоне Байкальской природной

¹Седых Сергей Анатольевич, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории картографии, геоинформатики и дистанционных методов, тел.: (3952) 426760, e-mail: sedykh@li.ru
Sedykh Sergei, Candidate of Geography, Researcher of the Laboratory of Mapping, Geoinformatics and Remote Sensing Methods, tel.: (3952) 426760, e-mail: sedykh@li.ru



территории (БПТ). По физико-географическому районированию БПТ парк находится в границах среднебайкальского горно-таежного и подтаежно-котловинного округа Байкальской котловинной прибрежной подпровинции, а также части Баргузинского высокогорно-гольцового округа Прибайкальской гольцово-горно-таежной и котловинной провинции [1]. Здесь расположены уникальные аквальные комплексы Чивыркуйского и Баргузинского заливов, пляжи и береговые комплексы с песчаными дюнами (рис. 1). Над заливами возвышается плато Святого Носа с гольцовыми, горно-тундровыми и горно-таежными ландшафтами. На Чивыркуйском перешейке широко представлены озерно-болотные виды. Разные типы гольцовых, подгольцовых и горно-таежных ландшафтов распространены в обширной системе Баргузинского хребта.

Редкие и эндемичные виды растений и животных, памятники природы широко представлены на всей территории ЗНП.

Общая площадь свежих гарей 2011–2013 гг. составляет около 16 км².

Масштабные исследования по обустройству рекреационной инфраструктуры проводились при планировании парка в 1980-х годах, когда были определены его территория, режимы охраны участков. Геоэкологические и рекреационные исследования с элементами мониторинга проводились сотрудниками СО РАН и некоторых вузов с момента основания парка, в том числе по изучению ландшафтов и их компонентов, наблюдений на научных полигонах и трансектах, планированию рекреации [2–4].



Рис. 1. Инвентаризационная карта объектов экологического мониторинга в Забайкальском парке



В настоящее время ЗНП, Баргузинский заповедник и Фролихинский заказник находятся в стадии объединения в новую организационную структуру «Заповедное Подлеморье», изменяются подходы и принципы управления территорией. При этом постоянно увеличиваются туристские потоки и воздействие на уникальные природные комплексы, особенно на берега Чивыркуйского и Баргузинского заливов (25 тыс. только зарегистрированных посетителей в летний период, 10 тыс. – в зимний). Всего 500–600 человек из них размещаются в пяти небольших турбазах (4 – в Чивыркуйском заливе), что составляет менее 2% от общего числа посетителей.

Большая часть рекреантов проживает в летних палаточных лагерях на побережье Чивыркуйского и Баргузинского заливов на песчаных пляжах, зимой – в мобильных строениях. Экологический туризм также популярен, но на его долю приходится примерно лишь 22% от общего числа посетителей. На территории парка функционируют 5 пеших и 2 водных туристических маршрутов: водный, пеший, горный, орнитологический, научный, комбинированный и лыжный. К источникам постоянного антропогенного воздействия в границах ЗНП также относятся деревни Курбулик (128 чел.) и Катунь (12 чел.). В зимний период мобильные строения и машины размещают на берегу и льду Чивыркуйского залива. Автомобильный и водный транспорт является основным источником загрязнения вод залива.

Комплексного экологического мониторинга в ЗНП в данное время не существует, проводятся только отраслевые локальные наблюдения (государственный экологический мониторинг в настоящее время затрагивает лишь загрязнение вод Чивыркуйского и Баргузинского заливов, состояние лесного фонда) или же на отраслевых научных биосферных полигонах. В связи с этим главная цель исследования – геоинформационное и картографическое обеспечение мониторинга состояния геосистем и развития рекреации на основе ГИС-проекта для программы экологического мониторинга, с возможностью расширения до многокомпонентной ГИС.

Методы исследования. Программа геоинформационного экологического мониторинга для ЗНП предполагает наблюдения за современным состоянием рекреационной деятельности и антропогенным влиянием на природные комплексы. Для комплексного исследования таких объектов необходим импактный (локальный) мониторинг. Этот вид мониторинга предусматривает наблюдения за антропогенным воздействием на локальном уровне, точки которых располагаются на участках наиболее активного и потенциально опасного антропогенного воздействия. Он требует использования цифровых базовой топографической и тематических картографических основ, их детализации в крупном масштабе.

Мониторинг рекреационного воздействия с применением геоинформационного и картографического обеспечения должен включать непрерывные наблюдения и сбор различной информации. Основным методом проведения мониторинга, связанного с воздействием

рекреации, – периодические наблюдения на ландшафтах, где размещены рекреационные объекты и адекватные им пункты. В качестве последних могут выступать полигоны слежения, ключевые участки, контрольная площадь, профиль, экскурсионный маршрут, стоянка туристов и др. Выбор периодичности зависит от специфики контролируемых параметров, характеристик наблюдаемых объектов и явлений, а также доступности объекта. При этом для одних параметров устанавливается строго определенная периодичность, а для других она может варьироваться в зависимости от конкретной цели исследования. Пространственная визуализация производится на картах крупного или же среднего масштабов. Параметры мониторинга по компонентам природной среды и регламент прописываются в базе данных пунктов мониторинга.

Геоинформационное обеспечение мониторинга состоит из трех подсистем: информационной, технологической и аналитической. Основу информационной подсистемы составляют цифровые векторные базовые и тематические слои, космические и другие растровые данные, объектная атрибутивная информация. Технологическая подсистема поддерживает функционирование всех операций ГИС-обеспечения мониторинга. Аналитическая – включает анализ данных и разработку экологически обоснованных решений. Полученные результаты располагают в картографических и атрибутивных базах данных.

Современным инструментом информационной основы мониторинга являются ГИС с развитыми инструментами работы с различными данными. На базе пакетов MapInfo Professional, Панорама и ENVI осуществляется не только сбор, обработка и хранение информации, но также ее детальный анализ. Наиболее значимая проблема заключается в совмещении предметной и информационной областей, создании единой системы ГИС-мониторинга.

Формирующаяся ГИС-мониторинга ЗНП направлена на выполнение следующих задач:

- создание общей базы данных из разнородной исходной информации для ее интеграции и автоматизации работы; составление цифровых карт-основ среднего и крупного масштаба на исследуемую территорию; инвентаризацию объектов;
- сбор данных используется для получения информации из различных источников для выполнения научных и практических задач, принятия решений, формирования баз данных в MapInfo, MS Access, ORACLE;
- создание и ведение баз данных экологического мониторинга; обработку ДДЗ, построение классификаций, использование трансформаций на основе нормализованных индексов (NVDI, EVI и др.);
- составление тематических карт ландшафтов и его компонентов, функционального зонирования, современного использования земель и моделирование (3D-рельефа, динамики процессов в геосистемах и др.);
- обработку и анализ данных мониторинга для экологической оценки и разработки природоохранных



мероприятий при проектировании и строительстве рекреационных объектов;

- представление итоговых цифровых карт и баз данных в открытом доступе на геопортале, на основе технологий WEB-интерфейса Mapserver и SQL-Server, их актуализации и дополнения.

Уровни мониторинга. Вся система мониторинга строится относительно источников воздействия на окружающую среду. Источниками воздействия выступают либо объекты туристско-рекреационной и социально-хозяйственной инфраструктуры, либо рекреанты и местное население. Воздействие объектов инфраструктуры на окружающую природную среду в значительной степени зависит от соблюдения природоохранных норм и правил. Основным методом мониторинга в этом случае является сравнительная характеристика проектных и фактических показателей состояния и размещения объектов туризма и рекреации, а также использования ими природных ресурсов.

В ходе исследования было определено три уровня мониторинга по масштабу пространственной детализации, видам и формам представления геоинформации (см. табл.). На субрегиональном уровне рассматриваются общие сведения о парке в различных формах представления информации (тематические карты и данные). К локальному относятся данные полигонов мониторинга, планировочных центров (пунктов) и осей, природные комплексы. На топоуровне (микро) представлены отдельные точки мониторинга, формирующие сеть режимных наблюдений.

Первичные источники включают широкий спектр данных. Их сбор, ввод, преобразование и обработка необходимы для формирования общей базы данных и создания цифровых карт-основ среднего и крупного масштаба на исследуемую территорию, а также для инвентаризации рекреационных объектов в целом.

Источники данных делятся на позиционные и непозиционные.

Дистанционные растровые данные представлены в форматах GeoTiff, MrSID, IMG и др. Пополнение актуальных дистанционных данных во многом зависит от возможностей приобретения, в открытых источниках территория хорошо представлена в базах ИТЦ Сканэкс-Яндекс, Google.

Непозиционные данные хранятся в форматах XLS, MDB и др.; полевые описания – в формате TXT. Векторные итоговые данные представлены в форматах MapInfo. Система управления базами данных на базе программно-языковых и аппаратных средств SQL позволяет создавать, вести и актуализировать их на основе геореляционных таблиц и баз Access, непозиционных данных в реляционной форме.

Проведение инвентаризационных работ позволило сформировать базу данных об исходном (фоновом) состоянии окружающей природной среды, объектов рекреационной, социально-хозяйственной инфраструктуры и рекреантов, а также жизнедеятельности парка. На основе полевых исследований, обработки и анализа аэрокосмических, картографических материалов определялись: структура наблюдательной сети, включающая объекты рекреационно-планировочной организации территории (турбазы, палаточные лагеря, населенные и рыболовецкие пункты, туристские тропы); пробные площадки; учетные площадки и ходы; полигоны мониторинга и полигоны-трансекты. В особую группу входят памятники природы, уникальные природные объекты и объекты историко-культурного наследия. В ходе исследования созданы карты и геореляционные таблицы, в которых представлены сведения о населенных пунктах, рекреационных объектах и туристских маршрутах, проведен семиотический анализ, создание картознаков и их значений.

Источники данных и уровни мониторинга

Источники информации	Топоуровень мельче 1:500–1:50 000	Локальный уровень 1:50 000–1:200 000	Субрегиональный уровень 1:200 000
Базовые картографические	Топографические планы на площадки (проекция Гаусса-Крюгера, ПЗ-90)	Топографические и тематические карты (проекция Гаусса-Крюгера в системах эллипсоида Красовского и ПЗ-90)	Общегеографические карты
Дистанционные данные	Сверхвысокого разрешения (QuickBird-2, GeoEye, Ikonos, RapidEye, аэросъемка)	Высокого разрешения (Aster (Terra), Landsat 7, 8 TM, комбинации 4-5-1, 4-3-2, 7-3-1), цифровые модели на основе радарных данных SRTM и ASTER GDEM	Высокого и среднего разрешения (Terra (Aqua) для мониторинга пожаров и производные слои)
Полевые и геодезические	GPS, полевые описания		
Тематические данные	Ландшафтные и компонентные карты на полигоны, полигоны-трансекты, площадки и точечные объекты, геохимические данные	База данных мониторинга, ландшафтные карты и компонентов, лесоустройство	Карты районирования и зонирования
Прочая информация	Статистические данные, литературные описания, фото, метаданные (файлы с описаниями всех данных).		

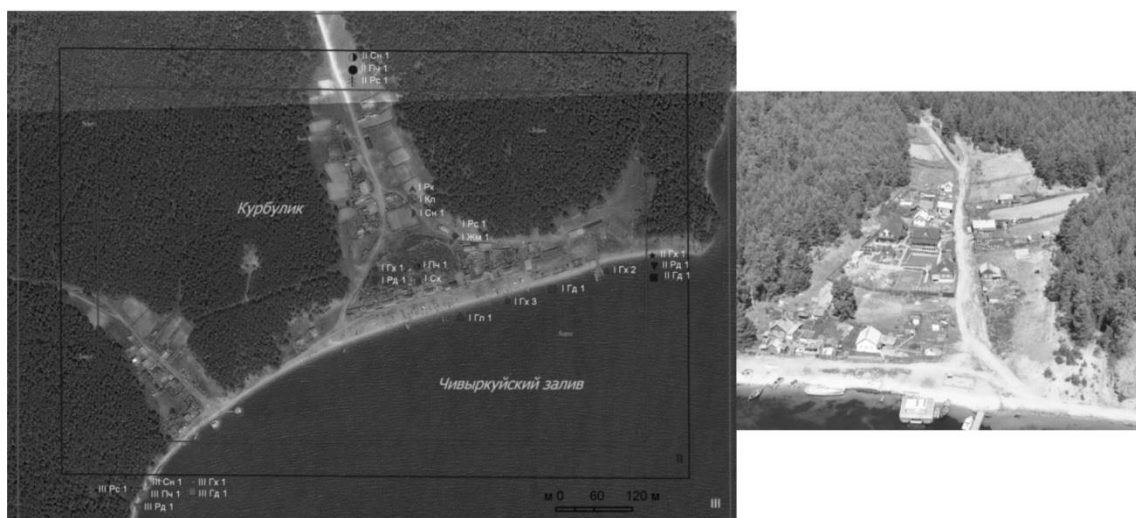


Рис. 2. Размещение точек наблюдения на участке «Курбулик» на космоснимке GeoEye-1 (разрешение 1,65 м). Зоны: I – источников воздействия (рабочая); II – буферная, III – фоновая (контрольная). Виды мониторинга: Рк – рекреационные объекты; Сх – социально-хозяйственные объекты; Сн – снежный покров; Кл – климат; Гх – геохимическая среда; Рд – радиационная среда; Пв – поверхностные воды; Пч – почвы; Рс – растительный покров

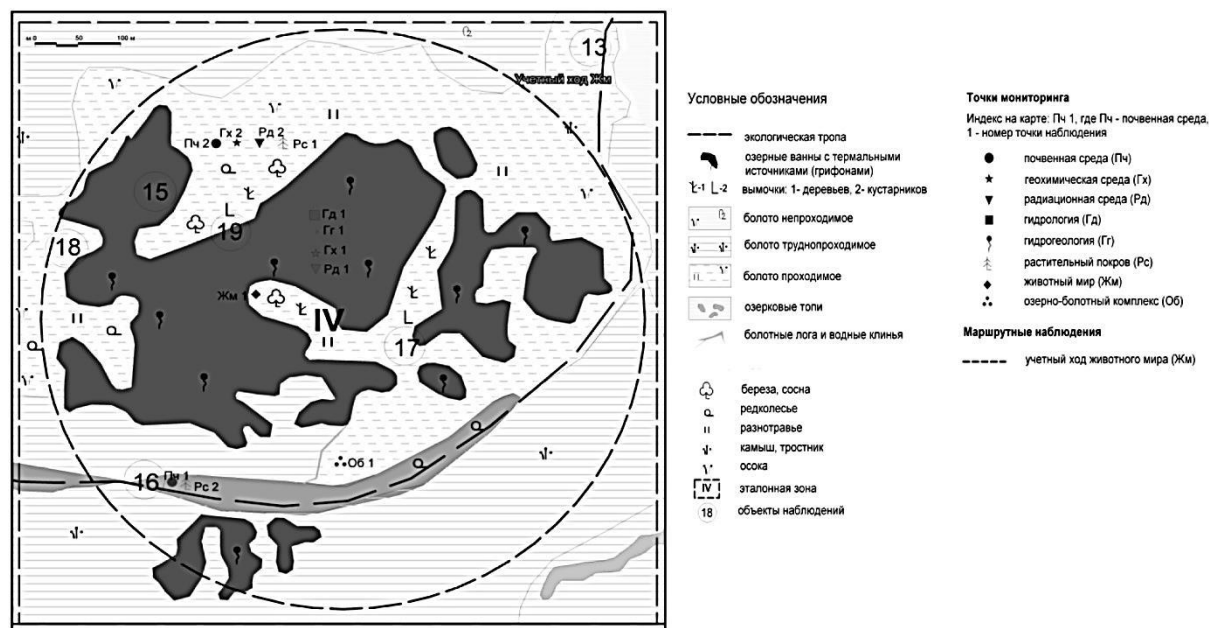


Рис. 3. Ландшафтный план памятника природы «Кулиные источники»

На топоуровне на участках и полигонах представлены отдельные точки мониторинга, формирующие сеть режимных наблюдений. На объекты наблюдений выделены три зоны с точками наблюдения за источниками воздействия и компонентами ландшафта (рис. 2). На эталонных участках, где нет значимого антропогенного воздействия, но велика экологическая и научная ценность, предложен мониторинг в пределах одной зоны (рис. 3).

Заключение. Увеличение антропогенного воздействия от рекреационной деятельности требует сохранения уникальной природы ЗНП, модернизации и современных методов создания туристско-рекреационного комплекса. Долгосрочное направление реализации программы экологического ГИС-

мониторинга – сбор актуальных данных, их анализ для принятия решений и оперативного использования администрацией и работниками парка, привлеченными специалистами. Сведения, полученные при периодических наблюдениях и анализе проб, а также пространственная визуализация информации необходимы ученым-экспертам, органам исполнительной власти, представителям турбизнеса и заинтересованным частным лицам.

Разработка ГИС-проекта для программы комплексного мониторинга состояния геосистем и антропогенного воздействия позволяет сформировать актуальную базу пространственных данных, включающую базовые и тематические карты и охватывающую три масштабных уровня. На локальном и топо- уровнях



предложен подход с максимальной детализацией точек наблюдения на объекте за физическим воздействием и геохимическими показателями, с последующим внесением результатов в базу данных мониторинга. Постепенно формирующийся банк знаний поз-

воляет развивать направление по изучению и картографированию состояния как ландшафтов в целом, так и их отдельных природных компонентов.

Статья поступила 10.11.2014 г.

Библиографический список

1. Плюснин В.М. и др. Географические исследования Сибири. Структура и динамика геосистем. Новосибирск: Изд-во "Гео", 2007. Т. 1. 452 с.
2. Абалаков А.Д. и др. Территориальная организация Забайкальского национального парка. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2003. 125 с.
3. Абалаков А.Д. и др. Геоэкологические основы организации научно-учебного полигона на особо охраняемых природных территориях: Забайкальский национальный парк. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. 147 с.
4. Abalakov A.D. and others. Recreational Utilization of the Fauna: Transbaikalian National Park. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 142 p.
5. Седых С.А. и др. Программа организации геоинформационного экологического мониторинга туристско-рекреационного комплекса Забайкальского национального парка // Российский журнал устойчивого туризма. 2011. № 1. С. 26–33.

УДК 550.348.64(571/55)

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ В СВЯЗИ С ПОИСКАМИ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

© Р.М. Семенов¹, П.С. Бадминов², М.Н. Лопатин³, А.И. Оргильянов⁴, И.Г. Крюкова⁵

^{1,3}Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

^{1,2,4,5}Институт земной коры СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

Рассмотрен метод прогноза землетрясений, основанный на изучении вариаций содержания растворенного гелия в глубинной воде Байкала. С целью повышения достоверности результатов предложено включение в обработку данных, получаемых не с одного, а с трех пунктов гидрогеохимических наблюдений в Южном Прибайкалье.

Ключевые слова: гидрогеохимические исследования; растворенный в глубинной воде гелий; очаг землетрясения; энергетический класс землетрясения; условная энергетическая характеристика.

HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATIONS IN THE SOUTHERN BAIKAL REGION DUE TO THE SEARCH FOR EARTHQUAKE PRECURSORS

R.M. Semenov, P.S. Badminov, M.N. Lopatin, A.I. Orgilyanov, I.G. Kryukova

Irkutsk State University of Railway Engineering, 15 Chernyshevsky St., Irkutsk, 664074, Russia.

Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.

The paper treats the method of earthquake prediction based on the study of dissolved helium variations in deep waters of the Lake Baikal. In order to improve the reliability of obtained results it is proposed to process observation data from three rather than from one station of hydrogeochemical observations in the Southern Baikal region.

Keywords: hydrogeochemical studies; helium dissolved in deep water; earthquake focus; earthquake energy class; conditional energy characteristic.

¹Семенов Рудольф Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инженерной сейсмологии и сейсмогеологии ИЗК СО РАН, профессор ИрГУПС, тел.: 89086607683, e-mail: semenov@crust.irk.ru
Semenov Rudolf, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Engineering Seismology and Seismic Geology of the Institute of the Earth's Crust SB RAS, Professor of Irkutsk State University of Railway Engineering, tel.: 89086607683, e-mail: semenov@crust.irk.ru

²Бадминов Прокопий Сократович, ведущий инженер лаборатории гидрогеологии, тел.: 89025139137, e-mail: prokop_sbade@mail.ru.

Badminov Prokopi, Leading Engineer of the Hydrogeology Laboratory, tel.: 89025139137, e-mail: prokop_sbade@mail.ru

³Лопатин Максим Николаевич, аспирант, тел.: 89041369108, e-mail: flamewolf@mail.ru

Lopatin Maxim, Postgraduate, tel.: 89041369108, e-mail: flamewolf@mail.ru

⁴Оргильянов Алексей Юльевич, главный специалист лаборатории гидрогеологии, тел.: 89027666075, e-mail: irig@crust.irk.ru

Orgilyanov Aleksei, Chief Specialist of the Hydrogeology Laboratory, tel.: 89027666075, e-mail: irig@crust.irk.ru

⁵Крюкова Ирина Георгиевна, ведущий инженер лаборатории гидрогеологии, тел.: 89027673097, e-mail: irig@crust.irk.ru.

Kryukova Irina, Leading Engineer of the Hydrogeology Laboratory, tel.: 89027673097, e-mail: irig@crust.irk.ru

Введение

Установлено, что зарождение и реализация очагов землетрясений оказывают влияние на изменение химического и газового составов подземных вод. При этом их предсейсмические вариации часто являются предвестниками времени возникновения землетрясений. Возникновение этих вариаций, на наш взгляд, объясняется моделью подготовки и реализацией очага землетрясения. Из многих существующих в настоящее время моделей очагов для Южного Прибайкалья, характеризующегося развитием рифтогенного процесса, наиболее приемлемой является дилатантно-диффузная (ДД) модель (рис. 1).



Рис. 1. Схема дилатантно-диффузной модели подготовки очага землетрясения

Модель очага землетрясения

На основании модели подготовка и реализация очага землетрясения и связанных с ними изменений концентраций растворенных в воде газов в подземных водах объясняются следующим образом.

На первой стадии развития (см. рис. 1), в связи с возрастанием тектонических напряжений в земной коре, в некотором объеме водонасыщенных горных пород происходит формирование многочисленных микротрещин, которое сопровождается ультразвуковыми колебаниями от долей герца до 10–30 кГц. Распространение этих колебаний приводит к ослаблению адсорбционных сил, удерживающих газ на стенках пор и пустот внутри пород, десорбции эманаций и переходу «связанного» газа в свободный. Кроме того, ультразвуковые колебания, проходя через обводненные горные породы, ускоряют диффузионный процесс выделения газов и обогащают водную фазу газами. Именно в это время отмечаются повышенные концентрации гелия в подземных водах.

На второй стадии напряжения достигают предела прочности горных пород, в результате чего возникают трещины отрыва, увеличивается объем горных пород и в верхней части земной коры образуется зона трещинной дилатансии. Горная порода при этом относительно осушается, внутрипоровое давление падает, и прочность породы повышается.

На третьей стадии в образовавшиеся трещины мигрируют большие массы флюидов вместе с растворенными в них газами. По-видимому, именно в это время происходит резкое уменьшение содержания газов в подземных водах.

На четвертой и пятой стадиях при дальнейшем повышении напряжений мелкие трещины группируют-

ся в магистральный разрыв, с которым связаны: возникновение землетрясения, резкое выделение из пор и трещин растворенных газов и повышение их содержания в подземных водах.

На шестой стадии землетрясение сопровождается многочисленными афтершоками. Происходит снижение тектонического напряжения, уплотнение пород, закрытие трещин, и, следовательно, восстанавливается прежний режим выхода газов, вследствие чего их содержание приходит к своим фоновым значениям.

Гидрогеохимические исследования

Из всех компонентов газового состава природных вод наиболее подходящими в качестве гидрогеохими-

ческих предвестников землетрясений являются гелий и радон. Оба элемента – продукты радиоактивного распада урана (U) и тория (Th). Однако тяжелый и мало живущий радон (с периодом полураспада 3,8 дня) накапливается только в непосредственной близости от источника своего образования, тогда как легкоподвижный и стабильный гелий рассеивается в виде широкого ореола на значительное расстояние и создает повышенный фон в местах миграции флюидов по зонам тектонических нарушений. Как правило, подземные воды зоны активного водообмена характеризуются низкими фоновыми содержанием гелия. Поэтому наблюдения за вариациями гелия велись не только в глубинных водах Байкала (Листвянка, Сухой Ручей), но и в термальной воде скважины Сухая, вскрывшей фундамент Усть-Селенгинской депрессии.

Для измерения содержания растворенного гелия в пробах, отбираемых по стандартной методике, используется прибор ИНГЕМ-1 (индикатор гелия магниторазрядный).

Именно по сценарию дилатантно-диффузной модели подготовки очага землетрясения происходило изменение концентраций растворенного гелия в подземных водах Байкала накануне Култукского землетрясения. Таким образом в Южном Прибайкалье были выявлены краткосрочные предвестники сильного землетрясения 2008 г.

Как показали наблюдения за содержанием гелия в подземных водах, на концентрацию гелия могут также влиять и другие факторы, среди которых выделяются «астрономически точные» – приливные процессы, «менее точные» – сезонные колебания и «весьма случайные» – колебания, связанные с изменением погоды. Но эти факторы, как правило, вызывают кратко-



срочные изменения в концентрациях гелия, выражающиеся в их единичных отклонениях в сторону повышения или понижения значений содержания. Колебания концентраций, связанные с вариациями напряженно-деформированного состояния земной коры, обычно продолжаются в течение определенного времени. В отличие от приливных, сезонных и других факторов, они характеризуются закономерностями, зависящими от величины очага и, следовательно, от энергии готовящегося подземного толчка и эпицентрального расстояния до пункта наблюдения.

Возникает естественный вопрос: какова должна быть интенсивность сейсмического воздействия в пункте гидрогеохимических наблюдений для того, чтобы происходило изменение концентраций растворенного гелия в воде?

По мнению В.Л. Барсукова и его коллег, изменение газового состава подземных вод при сейсмических воздействиях может происходить в том случае, если условная энергетическая характеристика землетрясения в пункте гидрогеохимических наблюдений составляет $K' > 5$.

Рассчитывается она следующим образом:

$$K' = K - A \lg R,$$

где K' – условная энергетическая характеристика; K – энергетический класс землетрясения (десятичный логарифм энергии); A – специально подобранный численный коэффициент, равный 2,5; R – расстояние от эпицентра землетрясения до точки наблюдения, км.

По нашим наблюдениям, на территории Южного

Прибайкалья изменения газового состава подземных вод при сейсмических воздействиях часто фиксируются именно при величине условной энергетической характеристики в пункте наблюдения $K' \geq 5$. На основании этих данных нами были рассчитаны эпицентральные расстояния, на которых землетрясения определенных энергетических классов способны проявиться с $K' \geq 5$ в пункте гидрогеохимических наблюдений (табл. 1). Так, при энергетическом классе $K = 15,9$ Култукского землетрясения и эпицентральном расстоянии 62 км, условная энергетическая характеристика в пункте гидрогеохимических наблюдений (пос. Листвянка) составила $K' = 11,4$.

Известно, что более надежные гидрогеохимические предвестники землетрясений получаются в том случае, если наблюдения в эпицентральных областях ведутся не на одном, а на нескольких пунктах. В этом случае, на наш взгляд, будут учитываться только сейсмические эффекты и исключаться различные природные факторы, влияющие на изменения концентраций гелия в подземных водах. Именно поэтому мы расширили территорию гидрогеохимических наблюдений в Южном Прибайкалье. С мая 2014 г. были установлены постоянные наблюдения в пункте Сухая, расположенном на восточном берегу Байкала севернее дельты р. Селенги, а с августа – режимные наблюдения в пункте Сухой Ручей, расположенном на южном берегу Байкала близ г. Слюдянки (рис. 2).

Таблица 1

Эпицентральные расстояния землетрясений различных энергетических классов, при которых их условная энергетическая характеристика в пункте гидрогеохимических наблюдений составит $K' \geq 5$

Энергетический класс землетрясения, K	Максимальное эпицентральное расстояние (км), на котором условная энергетическая характеристика землетрясения в пункте наблюдения будет $K' \geq 5$	Энергетический класс землетрясения, K	Максимальное эпицентральное расстояние (км), на котором условная энергетическая характеристика землетрясения в пункте наблюдения будет $K' \geq 5$
9	40	9,5	60
10	100	10,5	160
11	250	11,5	400
12	630	12,5	1000
13	1600	13,5	2500

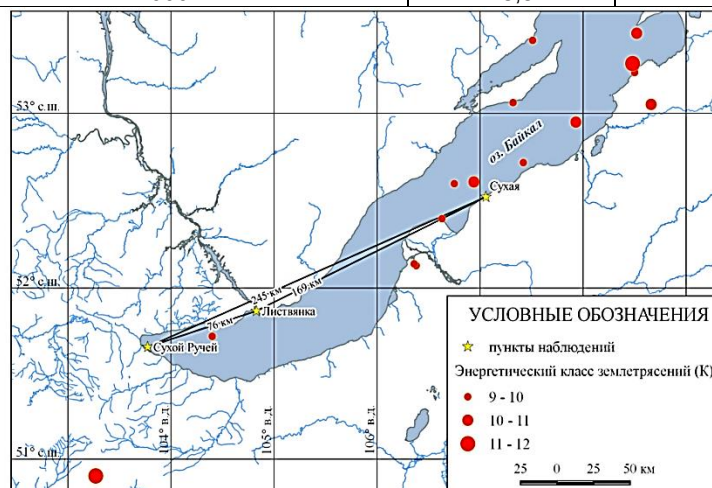


Рис. 2. Схема расположения пунктов гидрогеохимических наблюдений в Южном Прибайкалье



В пункте Сухой Ручей отбор проб глубинной воды Байкала ведется с глубины 400 м на расстоянии 1700 м от берега. В пункте Сухая пробы отбираются из скважины глубиной 278 м, пробуренной на береговой полосе озера, вскрывающей напорные высокотемпературные воды.

Расстояния между пунктами наблюдений следующие: Листвянка–Сухой Ручей – 76 км, Листвянка–Сухая – 169 км, Сухой Ручей–Сухая – 245 км. При этом все три пункта расположены вдоль Байкала в полосе шириной 70 км, вытянутой в северо-восточном направлении на расстояние 250 км. Учитывая энергетический класс землетрясений и их эпицентральные расстояния от пунктов наблюдений (см. табл. 1), легко рассчитать условную энергетическую характеристику для каждого пункта, а также выделить те землетрясения, которые проявились в одном, двух или во всех трех пунктах с $K' \geq 5$ (табл. 2).

Так, при землетрясении 01.09.2014 г. ($K = 11,5$), с эпицентральной расстоянием 90 км от пункта Сухой Ручей, условная энергетическая характеристика в пункте наблюдения составила $K' = 6,6$, а в Листвянке, на расстоянии 152 км от эпицентра, – $K' = 5,9$. В пункте наблюдения Сухая, удаленном от эпицентра на расстояние 203 км, условная энергетическая характеристика составила $K' = 5,7$. Следовательно, естественно было ожидать вариаций содержания гелия, обусловленных данным подземным толчком во всех трех пунктах наблюдений, которые отражены в табл. 3. И действительно, в них при подготовке землетрясения наблюдалось некоторое снижение концентраций гелия, затем – резкое увеличение накануне подземного толчка и, наконец, очередное снижение после землетрясения.

Таблица 2

Землетрясения Южного Прибайкалья и их условная энергетическая характеристика в пунктах гидрогеохимических наблюдений

Землетрясения					Пункты гидрогеохимических наблюдений		
Дата землетрясения	Время землетрясения (по Гринвичу)	Координаты эпицентра землетрясения		Энергетический класс землетрясения	Листвянка	Сухая	Сухой Ручей
					Эпицентральное расстояние от водозабора, км / условная энергетическая характеристика землетрясения, $K' \geq 5$		
год, м-ц, день	час, мин	с.ш.	в.д.	K	L/K		
2014.05.20	21.35	52,61	106,94	10,4	166/4,8	137/7,6	–
2014.05.27	07.46	52,61	106,94	10,1 афт.	165/4,6	137/7,3	–
2014.06.05	03.47	52,95	107,93	10,1	244/4,2	72/5,5	–
2014.06.18	01.07	53,41	107,51	9,7	250/3,7	100/4,7	–
2014.06.27	16.40	52,60	106,75	9,9	153/4,4	23/6,5	–
2014.07.07	22.21	53,23	108,50	фор. 9,8	290/3,6	124/4,6	–
2014.07.07	22.41	53,28	108,48	11,3	292/5,1	124/6,1	–
2014.07.14	13.56	52,13	106,38	9,7	108/4,6	67/5,1	–
2014.07.20	06.36	51,72	104,40	9,6	33/5,8	205/3,8	–
2014.07.24	10.08	53,45	108,52	10,2	305/4,0	138/4,9	–
2014.08.12	08.43	52,72	107,42	9,5	200/3,7	30/5,8	274/3,4
2014.08.21	20.59	52,14	106,36	9,6	106/4,5	68/5,0	182/3,9
2014.09.01	20.10	50,90	103,27	11,4	152/5,9	320/5,2	90/6,6
2014.09.09	14.29	53,06	107,32	9,6	215/3,8	60/5,2	287/3,5
2014.09.14	11.09	52,40	106,63	9,7	135/4,4	35/5,8	210/3,9
2014.10.17	23.13	55,29	113,64	11,9	687/4,8	525/5,1	750/4,7
2014.10.18	03.04	55,28	113,71	11,0 афт.	690/3,9	525/4,2	759/3,8
2014.10.18	06.29	55,30	113,56	9,5 афт.	685/2,4	525/2,7	750/2,3
2014.10.22	06.12	54,32	111,18	11,4	507/4,6	340/5,1	575/4,4
2014.10.22	11.20	55,39	113,81	11,4	705/4,3	525/4,6	777/4,4
2014.10.24	10.43	53,05	108,66	10,8	282/4,7	112/5,7	360/4,4

Примечание: фор. – форшок, афт. – афтершок.

Таблица 3

Вариации содержания гелия в глубинной воде Байкала, связанные с землетрясением 01 сентября 2014 г.

Даты	Содержания He, ($\text{н} \cdot 10^{-5}$ мг/л)		
	Сухой Ручей	Листвянка	Сухая
27.08.2014	5,72	6,07	70,6
28.08.2014	5,2	5,72	93,2
29.08.2014	5,2	5,90	72,5
30.08.2014	–	5,72	42,6
31.08.2014	–	5,64	112,6
01.09.2014	8,35	7,82	114,6
02.09.2014	7,65	5,87	40,0

**Выводы**

В течение нескольких суток до землетрясения отмечалось снижение содержания гелия в глубинной воде Байкала, тогда как за день до подземного толчка произошел его резкий всплеск (аналогичные показатели фиксировались при Култукском землетрясении 2008 г.). За месячный промежуток мы располагаем пока одним зарегистрированным землетрясением, которое проявилось одновременно в трех пунктах гид-

рогеохимических наблюдений, тем не менее, предлагаемый метод поиска предвестников землетрясений в Южном Прибайкалье, на наш взгляд, заслуживает внимания, в связи с чем гидрогеохимические наблюдения в Прибайкалье продолжаются.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-05-00245).

Статья поступила 18.11.2014 г.

Библиографический список

1. Барсуков В.Л. [и др.] Вестники беды (о поиске средств геохимического прогноза землетрясений). М.: Наука, 1989. 136 с.
2. Горбушина Л.В. [и др.] К вопросу о механизме образования радиогидрогеологических аномалий в сейсмоактивном районе и их значении при прогнозировании землетрясений // Советская геология. 1972. № 1. С. 153–156.
3. Грацинский В.Г. [и др.] О выделении радиоактивных газов из образцов горных пород под действием ультразвука // Физика Земли. 1967. № 10. С. 91–94.
4. Карус Е.В. [и др.] К вопросу о прогнозировании неглубоких землетрясений. Новые данные по сейсмологии и сейсмогеологии Узбекистана. Отв. ред. В.И. Уломов. Ташкент: Изд-во ФАН УзССР, 1974. С. 292–302.
5. Саломов Н.Г. [и др.] Поиск геохимических предвестников землетрясений на Душанбинском геофизическом полигоне // Прогноз землетрясений. 1982. № 1. С. 219–241.
6. Семенов Р.М., Смекалин О.П. Сильное землетрясение на Байкале 27 августа 2008 г. и его предвестники // Геология и геофизика. 2011. № 4 (52). С. 521–528.
7. Семенов Р.М. [и др.] Способ краткосрочного прогноза землетрясений / Патент на изобретение. RU 2519050 С 2. G01V 9/00 2006.01.
8. Соболев Г.А. Прогноз землетрясений // Природные опасности России. Сейсмические опасности. 2000. С. 97–138.
9. Хитаров Н.И. [и др.] О геохимических эффектах, сопутствующих тектоническим землетрясениям. Новые данные по сейсмологии и сейсмогеологии Узбекистана. Отв. ред. В.И. Уломов. Ташкент: Изд-во ФАН УзССР, 1974. С. 303–330.
10. Scholz C.H. Earthquake prediction: a physical basis // Science. 1973. Vol. 181. Pp. 803–810.

УДК 004

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭМУЛЬСИЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА И МЕТОДОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАФИИ© В.В. Алексеенко¹, Д.В. Воронов², М.Д. Каташевцев³, А.Н. Пахомовский⁴Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Представлена работа программы по автоматизированному распознаванию объектов по цифровой фотографии на примере исследования битумных эмульсий. Получены результаты обработки изображения: средний размер частиц, среднеквадратическое отклонение. Изучено влияние вязкости битума на размеры битумных частиц эмульсии, получаемой методом диспергирования.

Ключевые слова: битумная эмульсия; оптическая микроскопия; диспергирование; дисперсия частиц; степень распада эмульсий; устойчивость эмульсий.

STUDY OF EMULSION GRANULOMETRIC COMPOSITION BY MEANS OF AN OPTICAL MICROSCOPE AND A METHOD FOR AUTOMATED RECOGNITION OF OBJECTS IN DIGITAL PHOTOS

V.V. Alekseenko, D.V. Voronov, M.D. Katashevcev, A.N. Pakhomovskiy

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper describes the operation of a program for automated recognition of objects in digital photos for the case study of bitumen emulsions. The results of image processing including the average particle size and root-mean-square deviation are obtained. The influence of bitumen viscosity on the size of bitumen emulsion particles obtained by the dispersion method are studied.

Keywords: bitumen emulsion; optical microscopy; dispersion; dispersion of particles; rate of emulsion decay; emulsion stability.

Эмульсии используются в дорожном и гражданском строительстве в качестве связующих с различными наполнителями, а также в качестве гидроизоляционных и лакокрасочных материалов. При любых технологиях применения эмульсий сталкиваются с одними и теми же проблемами, касающимися подбора состава, приготовления, определения физико-механических характеристик, стабильности, контроля их распада и получения продукции с необходимыми свойствами [1]. Далее мы будем рассматривать только прямые битумные и битумно-латексные эмульсии, которые являются наиболее крупнотоннажным продуктом: мировое потребление составляет миллионы тонн в год.

Традиционные методы оценки свойств битумных эмульсий включают: определение содержания вяжущего вещества с эмульгатором, устойчивости эмульсии при перемешивании, остатка на сите, условной вязкости, адгезии эмульсий с поверхностью наполнителей, устойчивости при хранении и транспортировке и т.п. [2]. Наряду с традиционными методами изучения качества эмульсии, во многих приложениях желательно знать более тонкие характеристики, например, функцию распределения по размерам. Эта характери-

стика является одним из важнейших параметров и позволяет предсказывать большинство свойств эмульсии. Обычно размер частиц оценивают с помощью определения остатка на сите с заданным размером ячейки, но такой метод позволяет оценить только верхний предел размеров частиц эмульсии. Полная картина распределения частиц по размеру может быть представлена с использованием таких технических приемов, как рассеяние света, микроскопия с анализом изображений, или же с помощью техники электроозонирования («техники Культера» – Coulter). Точный анализ размеров частиц битумной эмульсии позволит решить многие проблемы, которые в настоящее время являются актуальными в сфере производства битумных эмульсий:

- Влияние эмульгатора и его концентрации на размер битумных частиц эмульсии.
- Влияние модифицирующих битум-добавок на качество получаемой эмульсии.
- Корректировка технологической схемы производства эмульсии.
- Влияние размера битумных частиц на основные физические свойства эмульсии.

¹Алексеенко Виктор Викторович, кандидат химических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, тел.: (3952) 405139.
Alekseenko Viktor, Candidate of Chemistry, Associate Professor of the Department of Automobile Roads, tel.: (3952) 405139.

²Воронов Дмитрий Валерьевич, студент, тел.: (3952) 405139.
Voronov Dmitry, Student, tel.: (3952) 405139.

³Каташевцев Михаил Дмитриевич, аспирант, тел.: (3952) 405139.
Katashevcev Mikhail, Postgraduate, tel.: (3952) 405139.

⁴Пахомовский Александр Николаевич, аспирант, тел.: 89500925677.
Pakhomovskiy Alexander, Postgraduate, tel.: 89500925677.

Описание методики распознавания частиц эмульсии. Оптическая микроскопия является наиболее удобным и точным способом распределения частиц по размерам. Например, если при использовании метода «рассеяние света» могут возникнуть проблемы с отражением света от черных поверхностей, какими являются частицы битума, то в способе микроскопии, при высоком контрасте черного цвета, напротив, частицы от среды, в которой они находятся, отличаются наиболее четко (рис. 1).

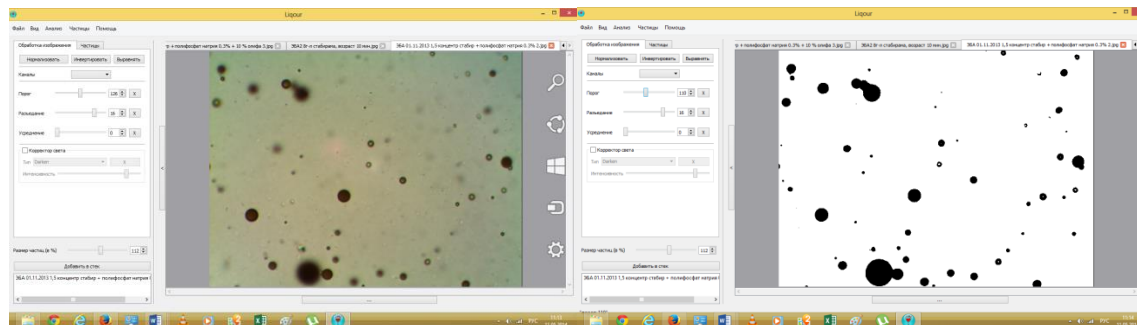


Рис. 1. Скриншоты программы «анализ изображений»

На скриншотах представленной нами программы видно, что в проходящем свете (справа) частицы легко отличить друг от друга, но для получения такого изображения необходимо создать некоторое пространство между ними, в противном случае получится следующее изображение (рис. 2).

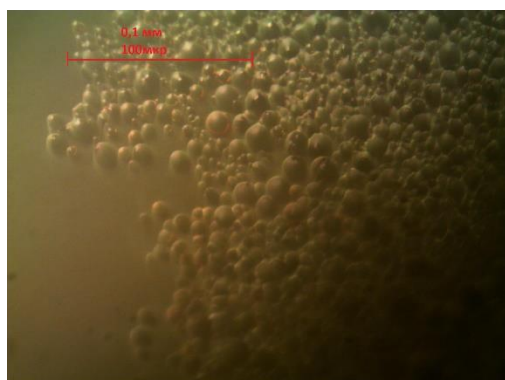


Рис. 2. Концентрированная битумная анионная эмульсия в отраженном свете (микроскопическая съемка)

Поэтому перед микроскопическими исследованиями образцы эмульсии распределяют небольшим количеством (концентрация от 1:100–1:50) в специальном стабилизирующем растворе. Необходимость данной процедуры объясняется тем, что частицы битума могут слипаться под стеклышком, а отсутствие сцепления между ними осуществляется за счет pH-среды, в которой они будут находиться. Для анионных эмульсий это pH-щелочной раствор, для катионных – pH-кислотный. На рис. 3 показаны частицы битума в эмульсии. Одним из недостатков программы является сложность определения распавшихся частиц (рис. 4). Хотя в таких случаях необходимость в измерении размера частиц эмульсий отпадает, в дальнейшем программа сможет определять степень распада, что, в свою очередь, станет аналогом стандартного метода

определения скорости распада [2].

Гибкость настроек программы позволяет редактировать изображение вручную, убирая «мнимые частицы», затемненные области и другие недочеты фотографии. После чего происходит автоматический подсчет частиц и построение графика функции распределения по размерам, рис. 5. Также следует отметить, что для данной программы не требуется специализированного оборудования. Необходим оптический микроскоп с поддержкой передачи оцифрованного изоб-

ражения на компьютер с операционной системой Windows или Linux. Пользователь выбирает нужное увеличение и делает такое количество фотографий эмульсии, при котором дальнейший анализ изображений даст наиболее подробную картину распределения частиц по размерам.

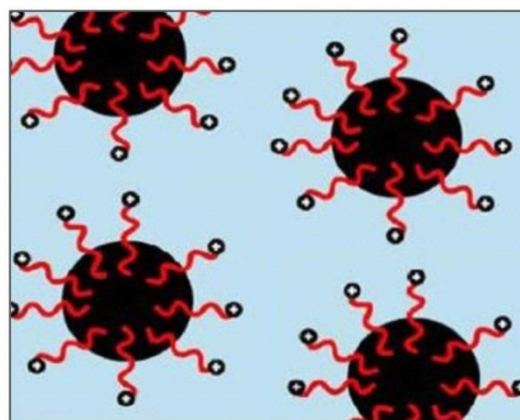


Рис. 3. Частицы битума

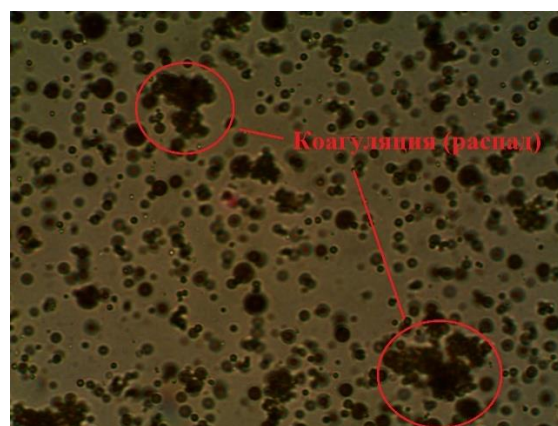


Рис. 4. Распавшиеся частицы битума (микроскопическая съемка)

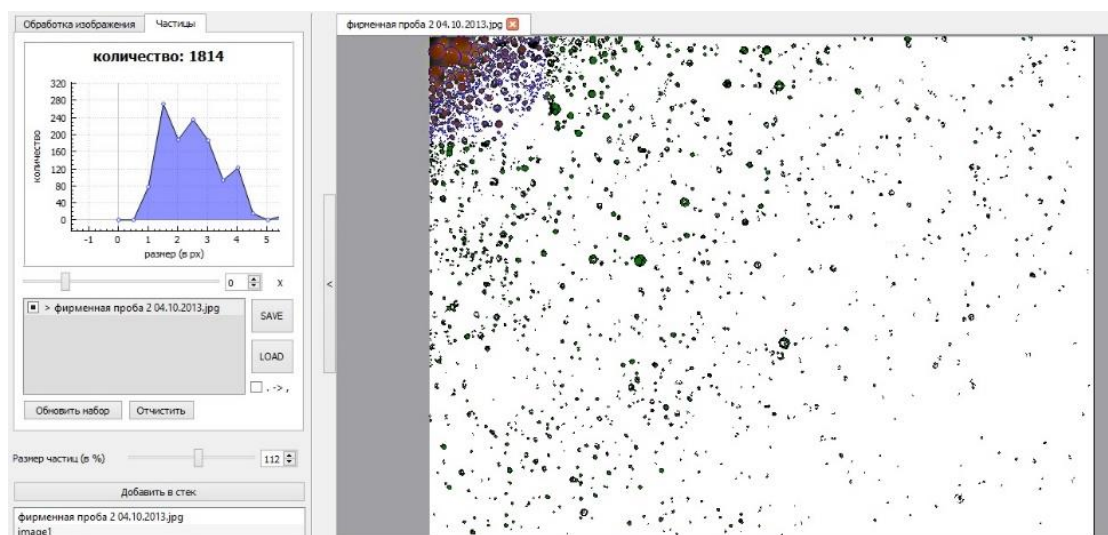


Рис. 5. Работа программы

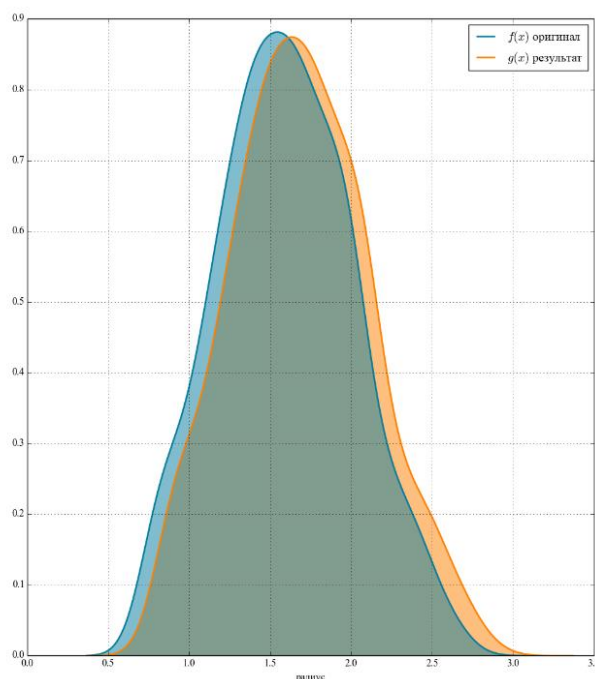


Рис. 6. Проверка работы программы

Для проверки работы программы использовались специальные тестовые данные.

На рис. 6 приведены два графика: тот, что сильнее смещен влево, соответствует исходным авторегистрированным данным; смещенный вправо – распознанным. Формы графиков практически идентичны. Смещение, как правило, вызвано ошибками округления при распознавании объектов. В табл. 1. приведена информация об исходном и распознанном распределениях для рис. 6.

Вторым фактором (первый – ошибки округления), отрицательно влияющим на качество распознавания, является наличие слипшихся частиц. На рис. 7 приведены два графика: исходного (более сплюснутый) и распознанного распределения частиц (тот, что выше). Заметное различие между графиками обусловлено тем, что при распознавании слипшиеся объекты не

учитываются.

Из табл. 2 видно, что, несмотря на то, что почти половина частиц не была распознана, характеристики распределения были определены достаточно точно к исходным, а погрешность составила около 4–5%.

Получение высококачественной, долговечной битумной эмульсии зависит в основном от вязкости битума, поступающего в диспергатор вместе с раствором ПАВ, а также от скорости вращения и вида диспергирующих элементов. После выхода готовой эмульсии из диспергатора необходимо оценить ее качество. Внешние признаки распада эмульсии видны невооруженным глазом, но, если речь идет о количественном сравнении двух визуально схожих эмульсий, то в таком случае применение программы для анализа размера частиц будет весьма кстати.

Таблица 1

Анализ распределения частиц на рис. 6

График	Минимальный размер частиц, мкм	Максимальный размер частиц, мкм	Среднее значение, мкм	Среднеквадратичное отклонение, мкм	Всего частиц
Исходный	0.87	2.87	1.69	0.42	500
Распознанный	0.87	2.69	1.59	0.41	493

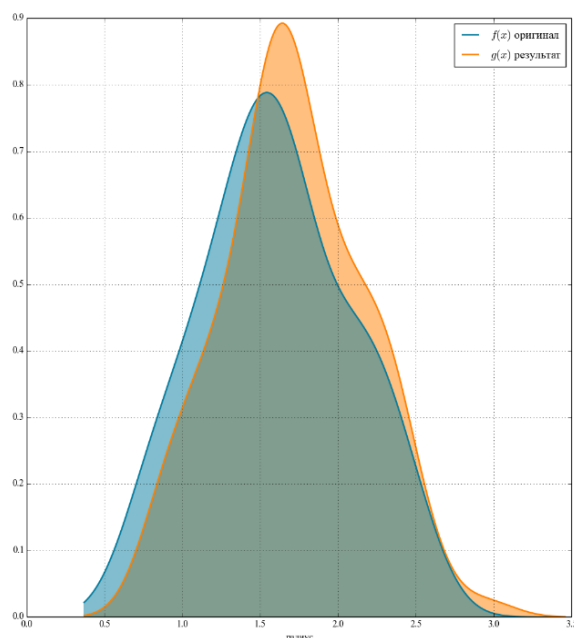


Рис. 7. Проверка работы программы при наличии слипшихся частиц

Таблица 2

Распределение частиц на рис. 7

График	Минимальный размер частиц, мкм	Максимальный размер частиц, мкм	Среднее значение, мкм	Среднеквадратичное отклонение, мкм	Всего частиц
Исходный	0.87	2.98	1.71	0.44	100
Распознанный	0.87	2.52	1.6	0.46	57

Определение среднего размера и дисперсии частиц битумной эмульсии на модифицированном битуме. Стабильность эмульсии в большой степени определяется размером частиц, который, в свою очередь, зависит от вязкости исходного битума. Во многих практических ситуациях необходимо получать мелкие (1–5 мкм) частицы эмульсии, что дает очень хорошую стабильность при хранении и необходимое обволакивание заполнителей. Однако для получения таких эмульсий необходимо специализированное дорогостоящее оборудование, так как стандартные диспергаторы, на которых дорожники производят битум-

ные эмульсии, позволяют вырабатывать частицы среднего размера, примерно 10–20 мкм. Одним из возможных способов уменьшения размеров частиц эмульсии может являться понижение вязкости битума. Кроме того, эмульсии на разжиженных битумах имеют лучшие гидроизоляционные свойства. Поэтому в нашей работе большое внимание уделяется изучению влияния разжижителей на размер частиц битумной эмульсии. На рис. 9 и в табл. 4 приведены результаты анализа смеси ЭБА-1 на олифе (5%), а на рис. 8 и в табл. 3 – ЭБА-1, без разжижения, полученные в лабораторных условиях.

Таблица 3

Распределение частиц на рис. 8

Среднее значение, мкм	Среднеквадратичное отклонение, мкм	Всего частиц
12.86	5.06	108

Таблица 4

Распределение частиц на рис. 9

Среднее значение, мкм	Среднеквадратичное отклонение, мкм	Всего частиц
11.56	6.99	89

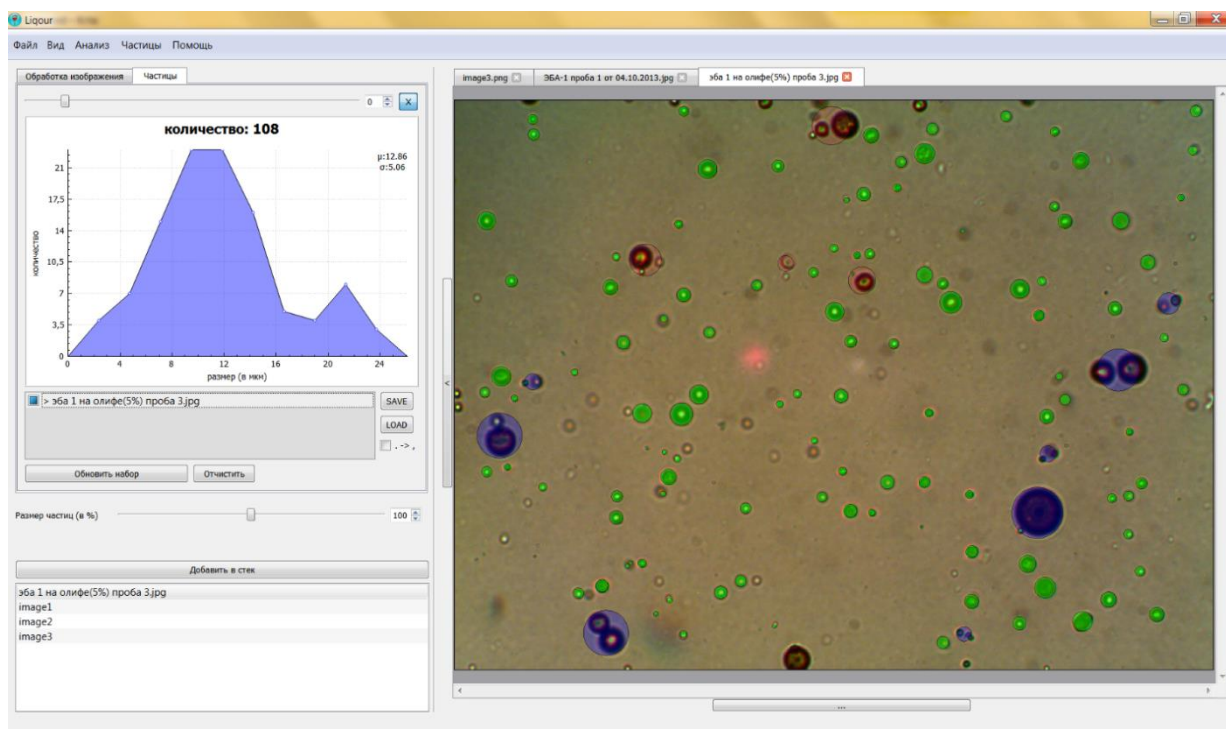


Рис. 8. ЗБА-1

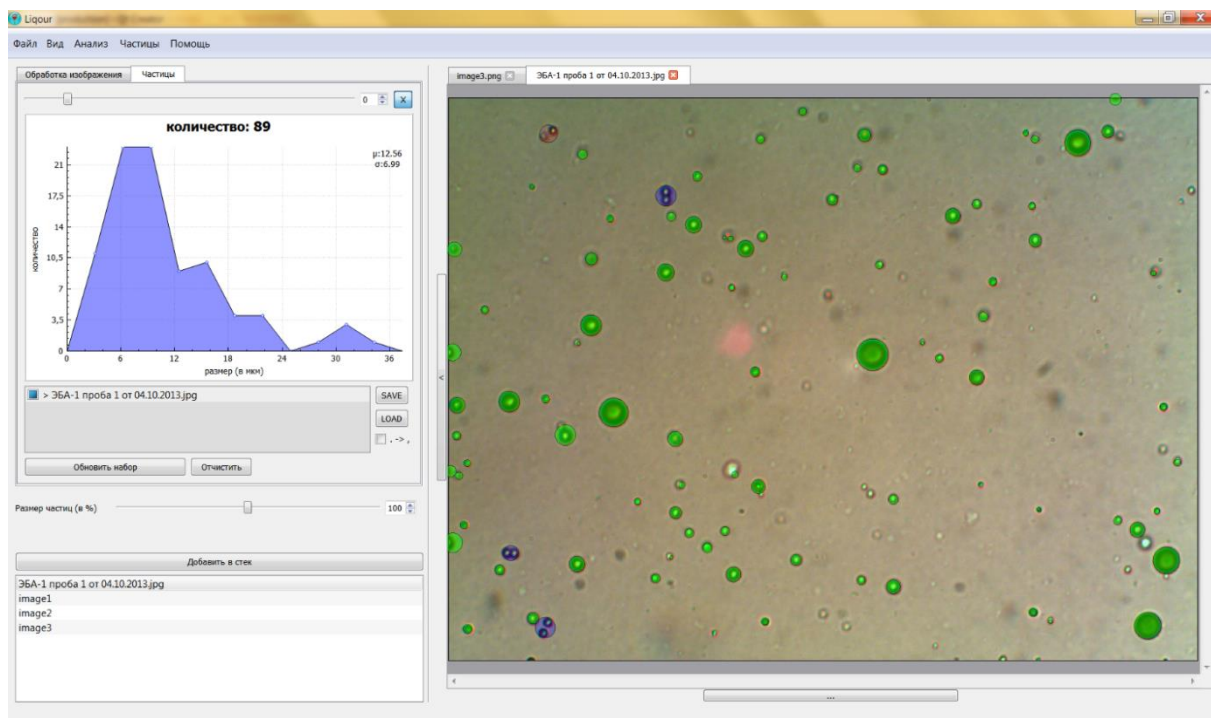


Рис. 9. ЗБА-1 на битуме, разжиженном олифой (5%)

Закключение. Таким образом, в нашей работе продемонстрировано, что с помощью программы обработки цифровых изображений можно определять средний размер и дисперсию частиц прямых битумных эмульсий. Для нескольких видов эмульсий на модифицированных битумах были определены размеры частиц и показано, что размер частиц уменьшается с уменьшением вязкости битума. Дисперсия при этом, напротив, немного возрастает. Но даже для самого жидкого битума на данном диспергаторе размер ча-

стиц не может быть сильно уменьшен.

Следует отметить, что такие приемы, как измерение размера или распределения частиц по размеру, рассмотренные в статье, служат хорошим подспорьем при решении возникающих вопросов с вязкостью эмульсии, стабильностью при хранении, свойствами конечного продукта после нанесения эмульсии, а также для реализации контроля качества при производстве эмульсии.

Статья поступила 14.11.2014 г.

Библиографический список

1. Дорожные эмульсии: Энциклопедия. Т. 1 / Под ред. И.Н. Петухова. М.: EARE, 1988.
2. ГОСТ Р 52128-2003. Эмульсии битумные дорожные прямые. Технические условия / СоюздорНИИ, РосдорНИИ: введ. 01.10.2003 взамен ГОСТ 18659-81. М.: Изд-во стандартов, 2003. 18 с.
3. Эшли Р., Колин Н. Микроскопические методы исследования материалов. Эберхардт, 2007.
4. Кемалов А.Ф. Интенсификация производства окисленных битумов, имодифицированные битумные материалы на их основе: дис. ... доктора техн. наук. Казань, 2005, 363 с.
5. Сюняев З.И., Сюняев Р.З., Сафиева Р.З. Нефтяные дисперсные системы. М.: Химия, 1990. 226 с.
6. Туманян Б.П. Научные и прикладные аспекты теории нефтяных дисперсных систем. М.: Техника, 2000.
7. Ферлонг С., Джеймс А., Калиновский Э., Томпсон М.. Вода, заключенная в каплях битумных эмульсий, и ее отношение к вязкости // Коллоиды и поверхности. 1999. Vol. 152. P. 147–153.

УДК 628.316

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОДОВОЗДУШНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ
СИНТЕТИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКИ АЭРОТЕНКА-БИОРЕАКТОРА**© А.М. Зеленин¹

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Изучена водовоздушная регенерация иммобилизованного ила на ершовой загрузке аэротенка-биореактора. Получены зависимости удельного расхода воздуха в водо-воздушном факеле, выходящем из одной форсунки, от удельного расхода воды и давления в водном контуре подающей системы, включающей несколько форсунок. Определена эффективность регенерации инертной загрузки от количества работающих форсунок. Приведена зависимость объема жидкости биореактора, обрабатываемого одной форсункой при заданной эффективности регенерации.

Ключевые слова: аэротенк-биореактор; синтетическая ершовая загрузка; водо-воздушная регенерация загрузки; иммобилизованный ил; свободноплавающий ил; эффективность регенерации.

**TECHNOLOGICAL ASPECTS OF WATER TO AIR REGENERATION OF AEROTANK-BIOREACTOR SYNTHETIC
LOADING**

A.M. Zelenin

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper studies water to air regeneration of the immobilized sludge on aerotank-bioreactor brush loading. It obtains the dependences of the specific air flow in a water to air torch ejected from a nozzle on the specific water flow and pressure in the water circuit of a feeding system including a fixed number of nozzles. The efficiency of inert loading regeneration depending on a number of operating nozzles has been determined. The dependence of liquid volume in a bioreactor that is processed by a single nozzle under the specified regeneration efficiency is given.

Keywords: aerotank-bioreactor; synthetic brush loading; water to air loading regeneration; immobilized sludge; free floating sludge; regeneration efficiency.

В современных условиях развития промышленности усиливается антропогенное воздействие на окружающую среду. Особенно плачевно ситуация складывается с загрязнением поверхностных водоемов, в которые производится сброс воды, использованной на производственные и хозяйственно-бытовые нужды. В этих условиях существенно изменились требования к эффективности работы сооружений по очистке сточных вод.

Одним из наиболее перспективных методов увеличения эффективности работы очистных сооружений является метод биологической очистки, базирующийся на использовании сообществ, прикрепленных и свободно плавающих микроорганизмов. Основным принципом данного метода является увеличение дозы активного ила в аэротенке с целью снижения удельной нагрузки на активный ил. Для стабильного повы-

шения дозы ила в аэротенке устанавливаются носители биомассы с большой поверхностью для обрастания биопленкой, что позволяет повысить эффективность биологической очистки за счет увеличения рабочей концентрации активного ила, а также повысить устойчивость сооружений биологической очистки при залповых сбросах экстраординарных (токсичных) загрязнений [2].

В качестве носителей микрофлоры используются как плавающие, так и фиксированно установленные насадки из различных материалов различной формы, позволяющие поднять дозу ила в аэротенке до 8–10 г/л без ухудшения работы вторичных отстойников [1]. Эффективным материалом для носителей биомассы, размещаемым в аэротенках, является загрузка типа ерш из капронового волокна, которая обеспечивает удержание значительного количества биомассы на

¹Зеленин Александр Матвеевич, аспирант, тел.: (3955) 523484, 89025614470, e-mail: zelenin@avk.intel.ru
Zelenin Alexander, Postgraduate, tel.: (3955) 523484, 89025614470, e-mail: zelenin@avk.intel.ru

единицу удельной поверхности. Удельная поверхность адсорбции на ершах составляет $500 \text{ м}^2/\text{м}^3$ [4]. Иммунизация клеток ила на носителях обычно проходит по типу естественной адгезии, т.е. самопроизвольного прилипания бактериальных клеток к поверхности носителя.

Однако необходимо отметить, что применение инертной синтетической загрузки типа ерш из капронового волокна в качестве носителей биомассы имеет и свои ограничения. Эта загрузка требует периодического удаления (регенерации) иммобилизованной биомассы, так как самопроизвольного отделения биомассы при ее отмирании не происходит. Потоки воды со скоростью $\sim 0,5$ м/с не смывают биомассу даже в

счет зоны разряжения подсос атмосферного воздуха, которым на выходе из форсунки обогащается струя воды и образуется водовоздушный факел. Сочетание воды и воздуха в значительной степени увеличивает эффективность удаления иммобилизованной биомассы без увеличения прямых и косвенных затрат на регенерацию ершовой загрузки.

Исследование технологических аспектов регенерации синтетической инертной загрузки водовоздушным способом проводилось на физической модели биореактора, представляющей собой вертикальное поперечное сечение одного коридора объемного аэротенка [5]. Принципиальная схема установки показана на рис. 1.

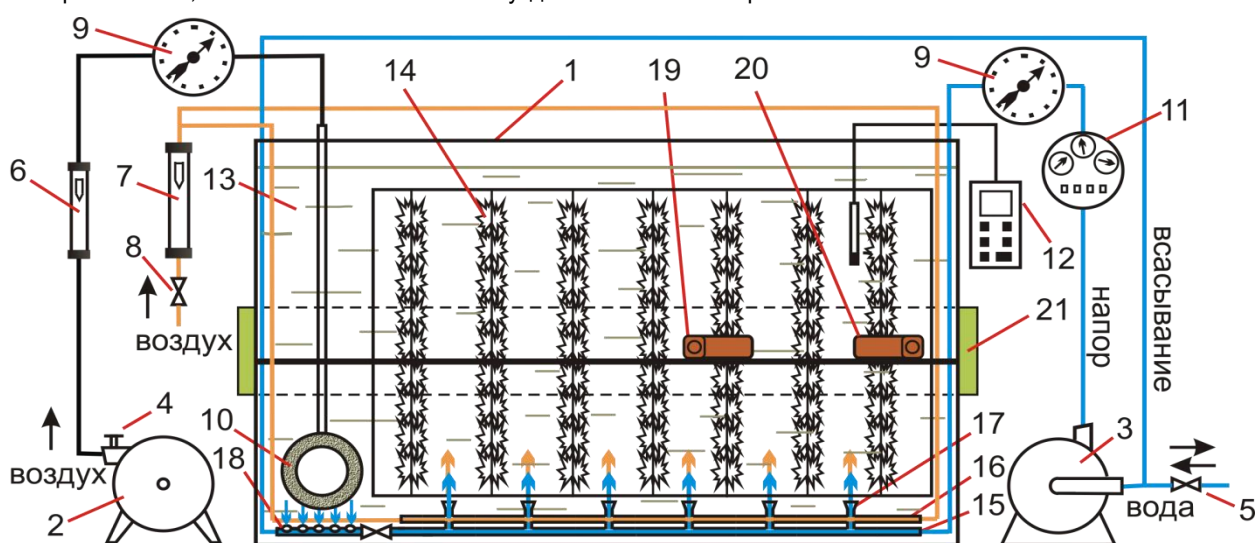


Рис. 1. Схема установки

основном циркуляционном контуре аэротенка, а в «застойной зоне», в которой установлена ершовая загрузка со скоростью потоков жидкости $\sim 0,15$ м/с и ниже, биомасса устойчиво находится на загрузке и со временем покрывается слизью, вызывая вторичные загрязнения очищаемой воды [6]. Для интенсификации и стабилизации биологической очистки сточных вод с использованием инертных синтетических носителей необходимо периодически регенерировать загрузку, удаляя с нее иммобилизованный ил, в том числе для предотвращения вторичного загрязнения.

Существует несколько способов регенерации ершовой загрузки с иммобилизованным илом, в том числе:

- использование интенсивной аэрации с последующим возвратом промывных вод в голову очистных сооружений [1];
- извлечение ершовой загрузки из сооружения с последующей гидравлической промывкой струей воды из брандспойтов [1];
- механическая регенерация посредством передачи кинетической энергии на ершовую загрузку для встряхивания [3].

В данной работе рассмотрены технологические аспекты водовоздушной регенерации с использованием гидравлической форсунки; ее конструкция при достаточном гидравлическом напоре обеспечивает за

Установка состоит из физической модели биореактора (1), которая выполнена из силикатного полированного стекла с внутренними размерами 0,053×1,475×1,100 м. Количество воздуха, подаваемого компрессором (2) с помощью мелкопузырчатого аэратора (10) в биореактор, регулировалось клапаном (4). Мгновенный расход воздуха контролировался ротаметром (6) типа *РМ-0,63 ГУЗ*, а давление измерялось манометром *МТПСг-100* (9). Гидравлический насос *ХСт 170-1* (3) подавал водно-иловую смесь, забираемую из биореактора через всасывающий патрубок с отверстиями (18), в распределительный трубопровод водяного регенератора ершовой загрузки (15). Расход водно-иловой смеси контролировался расходомером *МТК-N-B*, давление – манометром (9), а температура – электронным термометром (12). Форсунки (17) крепились на распределительном трубопроводе водяного регенератора (15), подача воздуха на форсунки обеспечивалась через распределительный трубопровод (16). Расход воздуха в системе изменялся клапаном для регулирования (8) и контролировался ротаметром *РМ-6,3 ГУЗ* (7).

В модельный биореактор помещалась синтетическая ершовая загрузка (14), укрепленная на раме из нержавеющей стали. Загрузка крепилась к раме вертикально с шагом 100 мм, чтобы на 1 м³ объема биореактора приходилось в среднем 50 погонных метров

синтетических ершей. В биореакторе они размещались на 0,12 м выше дна и на 0,1 м ниже поверхности водно-иловой смеси, что необходимо для движения жидкости в основном циркуляционном контуре. Длина одного синтетического ерша диаметром 50 мм составляет 0,62 м. Общая длина синтетической ершовой загрузки, состоящей из семи ершей, составляла 4,34 м. Таким образом, лишь 35% объема модели биореактора было занято синтетической ершовой загрузкой. Над мелкопузырчатым аэратором и с правой стороны биореактора (0,15 м) ершовой загрузка отсутствовала.

Для оценки количества активного ила, находящегося в свободно плавающем или иммобилизованном состоянии, применили оптический метод, который заключается в определении интенсивности светового потока, проходящего через водно-иловый слой, находящийся в плоскостном биореакторе.

Интенсивность светового потока от лампы (21), проходящего через водно-иловую смесь, контролировалась люксметрами *HT 307* в двух наиболее характерных точках: в объеме ершовой загрузки (19) и в зоне свободной конвекции водно-илового потока (20), обеспечивающего насыщение очищаемой воды кислородом и нахождение ила в свободно плавающем состоянии. Люксметры показывали минимальные и максимальные значения интенсивности светового потока за контролируемый период измерения, что позволяло получить среднеарифметические значения измеряемой величины.

Для определения концентрации свободноплавающего активного ила ($C_{сп}$) в биореакторе использовали метод калибровочного графика [2] – зависимость концентрации свободно плавающего ила $C_{сп}$ от интенсивности освещенности λ (рис. 2).

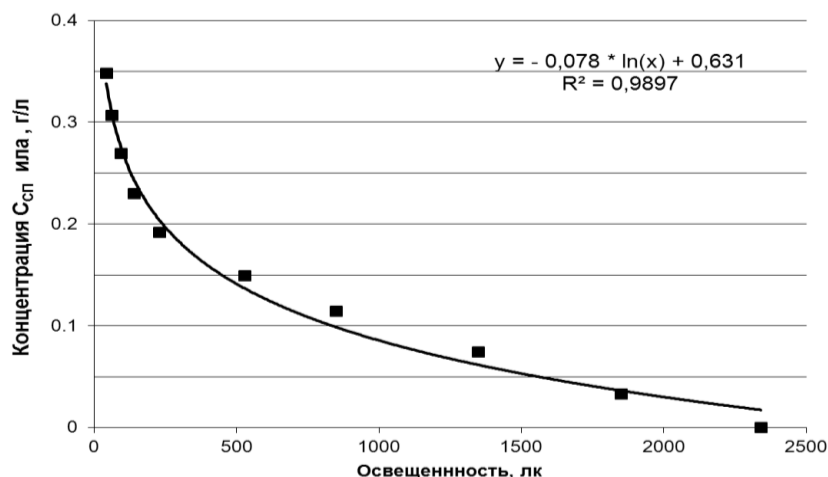


Рис. 2. Зависимость свободно плавающего ила в объеме ершовой загрузки от интенсивности освещенности

Активный ил, находящийся в биореакторе, с концентрацией 0,284 г/л и иловым индексом $\sim 140 \text{ см}^3/\text{г}$, оседал на ершовую загрузку, распределяясь по ней относительно равномерно гидродинамическим потоком основного циркуляционного контура. Средняя скорость в поверхностном слое потока жидкости обеспечивалась мелкопузырчатым аэратором, установленным в левом нижнем углу биореактора, и составляла

0,6–0,65 м/с. Удельная интенсивность аэрации водно-иловой смеси составляла $5,41 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$.

Для перехода процесса осаждения ила на ершовую загрузку в квазистационарное состояние биореактор работал до момента достижения постоянного значения концентрации свободно плавающего ила, что констатировалось постоянными значениями люксметров.

Водовоздушная регенерация проводилась с помощью гидравлического насоса *XСт 170-1* по закольцованному трубопроводу. Вода для регенерации забиралась из биореактора из основного циркуляционного контура, обогащенного кислородом. Вода, подаваемая в форсунку под давлением, выбрасывалась через сопло и смывала иммобилизованный ил с ершовой загрузки.

В условиях действующих очистных сооружений, с учетом их проектной и фактической производительности, единичная мощность насосного оборудования для водовоздушной регенерации будет в значительной степени превышать мощность насосного агрегата, используемого в модельном биореакторе, соответственно значительным будет и расход электроэнергии, необходимой на регенерацию. В целях обеспечения энергоэффективности процесса водовоздушной регенерации синтетической ершовой загрузки в аэротенке-биореакторе необходимо проанализировать ряд технологических параметров, способствующих оптимизации данного процесса.

Одним из основных факторов, влияющих на энергоэффективность любого процесса с использованием энергоемкого насосного оборудования, является продолжительность работы этого оборудования.

Для определения достаточного времени водовоз-

душной регенерации, с целью максимального удаления прикрепленной к синтетическим ершам микрофлоры, проводили несколько регенераций – при одинаковом удельном расходе по воде и воздуху, но различных по продолжительности, при общей дозе ила в модели биореактора 0,284 г/л. Кинетика процесса осаждения ила на синтетическую ершовую загрузку при различной продолжительности регенерации для

свободно плавающего ила представлена на рис. 3.

По дозе ила, находящегося в свободно плавающем состоянии, после регенерации можно сделать расчет эффективности водовоздушной регенерации:

$$\Theta = \frac{C_{СП}^n - C_{СП}^к}{C_{СП}^n} \cdot 100\%,$$

где $C_{СП}^n$, $C_{СП}^к$ – концентрация свободно плавающего ила до и после регенерации соответственно.

Регенерация синтетической загрузки с различной продолжительностью, при одинаковом удельном расходе по воде и воздуху, показала, что в диапазоне от 30 до 90 секунд эффективность регенерации составила: $\Theta_{\min} = 96,4\%$ и $\Theta_{\max} = 98,5\%$. При увеличении продолжительности регенерации по времени от 1,5 до 3 раз эффективность регенерации изменилась незначительно: $\Delta\Theta = 2,1\%$.

С учетом данных, полученных в ходе эксперимента, достаточное время для эффективного удаления прикрепленной к синтетическим ершам микрофлоры,

при удельных расходах по воде $55,72 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ и воздуху $21,76 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$, может быть принято не менее 30 и не более 60 секунд в зависимости от индивидуальных условий.

Большое значение, оказывающее влияние на энергоэффективность процесса водовоздушной регенерации ершовой загрузки, имеет соотношение удельных расходов по воде и воздуху, а также количество гидравлических форсунок и их расположение в биореакторе.

Регулировка интенсивности водовоздушного факела осуществлялась изменением расхода воды, подаваемой насосом. Максимальная удельная интенсивность выбрасываемой струи воды для нашего эксперимента составила $55,72 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$, при этом подсос атмосферного воздуха происходил с удельной интенсивностью $21,76 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$.

Использование водовоздушной регенерации инертной загрузки с изменяющейся интенсивностью по воде и воздуху позволило получить зависимость эффективности регенерации в процентах от удельных интенсивностей по воде и воздуху в $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ (рис. 4).

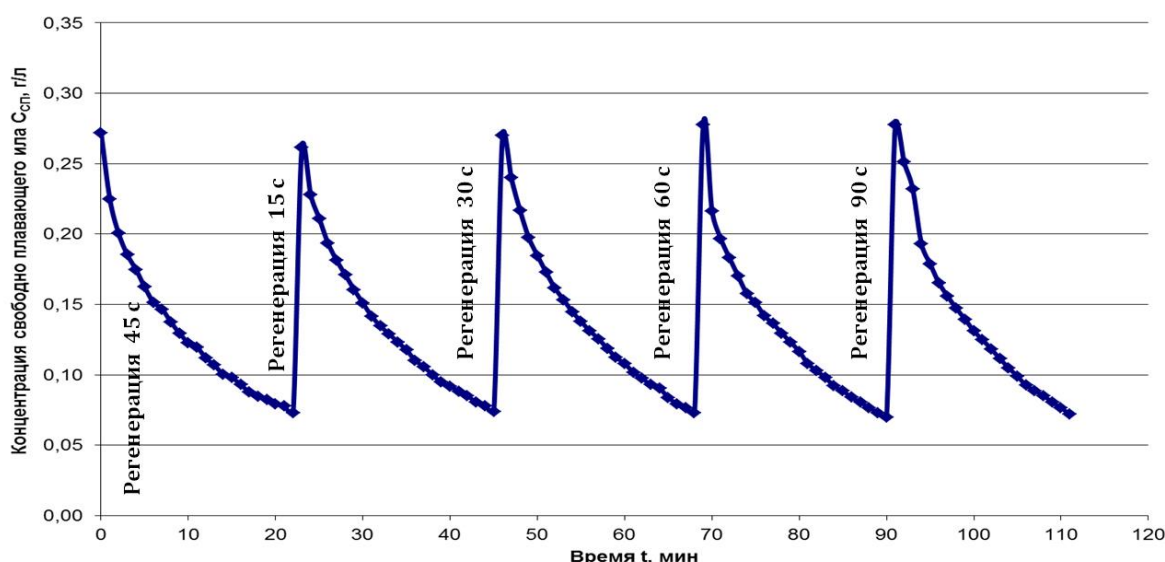


Рис. 3. Кинетика изменения концентрации свободно плавающего ила при осаждении его на ершовой загрузке при различной продолжительности водовоздушной регенерации

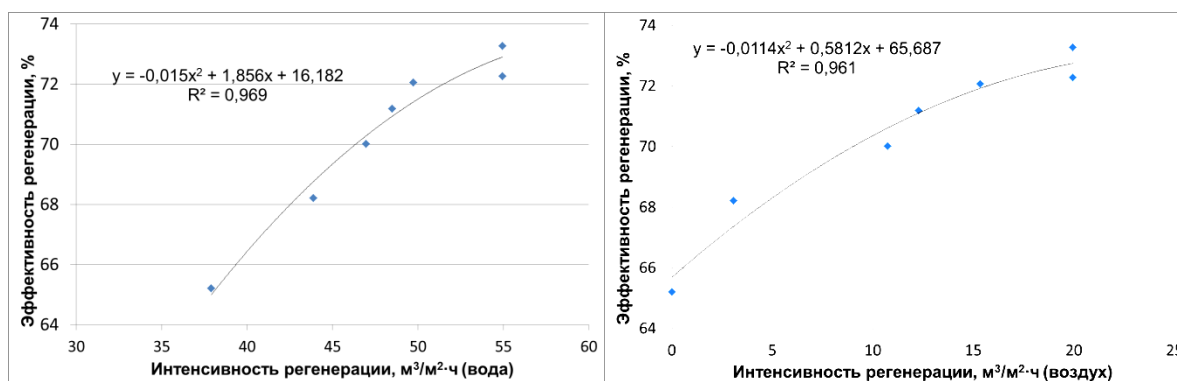


Рис. 4. Зависимость эффективности водовоздушной регенерации от удельных интенсивностей регенерации по воде и воздуху

Увеличение удельной интенсивности регенерации по воде с 37 до $\sim 55,72 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ позволило поднять эффективность регенерации с ~ 65 до $\sim 73\%$. Эти же значения эффективности достигаются при увеличении интенсивности регенерации по воздуху до $\sim 21,76 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$.

Для эффективной водовоздушной регенерации ершовой загрузки при плотности 50 м.п./м^3 в течение 30–60 секунд, необходимой и достаточной является удельная интенсивность регенерации по воде $50 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$ при сопутствующей максимальной эжекции воздуха.

Изменение доли воздуха в водовоздушной регенерации ершовой загрузки оказывает сильное влияние на эффективность удаления иммобилизованного ила с загрузки. На графике (рис. 5) представлены кинетические зависимости изменения концентрации свободноплавающего ила во всем объеме модельного биореактора. Максимальная эффективность 96,4% соответствовала водовоздушной регенерации с удельной интенсивностью по воздуху J , равной $21,76 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$. Полное исключение воздуха в водовоздушной регене-

рации уменьшило эффективность удаления ила с ершовой загрузки до 61,4%.

Подбор необходимого и достаточного количества форсунок для осуществления водовоздушной регенерации иммобилизованного ила на инертной ершовой загрузке проводился с учетом следующих показателей:

- удельные расходы воздуха и воды (отнесенные к площади днища модели) в водовоздушном факеле;
- давление в гидравлическом контуре регенерационной схемы;
- количество гидравлических форсунок;
- концентрация свободно плавающего ила в динамике в межрегенерационном периоде.

Зависимость удельного расхода эжектируемого форсунками воздуха $Q_{q(n)}$ от удельного расхода воды $Q_{f(n)}$, подаваемого насосом в водный контур с фиксированным числом форсунок от одной до семи, имеет экстремальный характер (рис. 6).

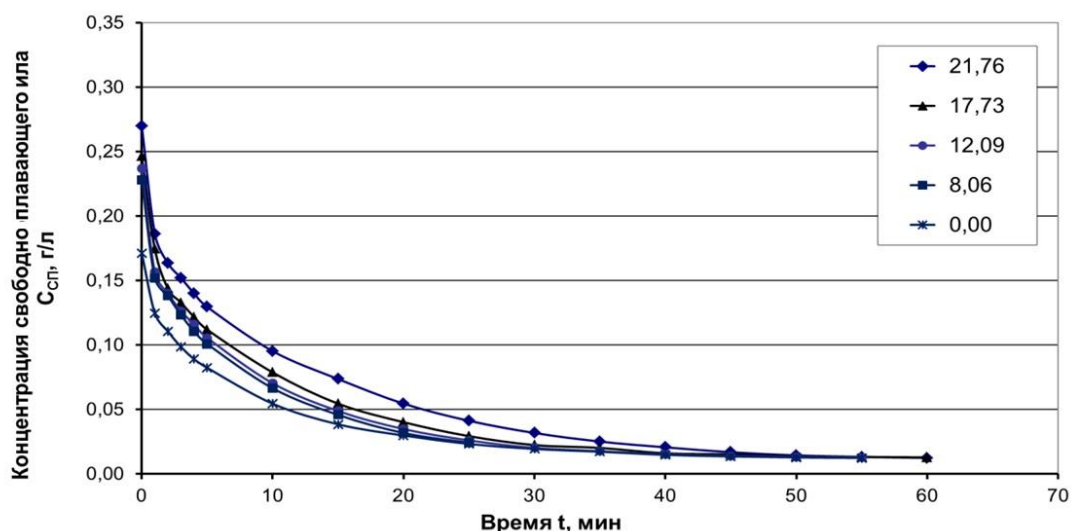


Рис. 5. Эффективность водовоздушной регенерации ершовой загрузки с изменяющейся удельной интенсивностью воздушной составляющей регенерации J , $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$. Часовой расход воздуха отнесен к площади зеркала водно-иловой смеси биореактора

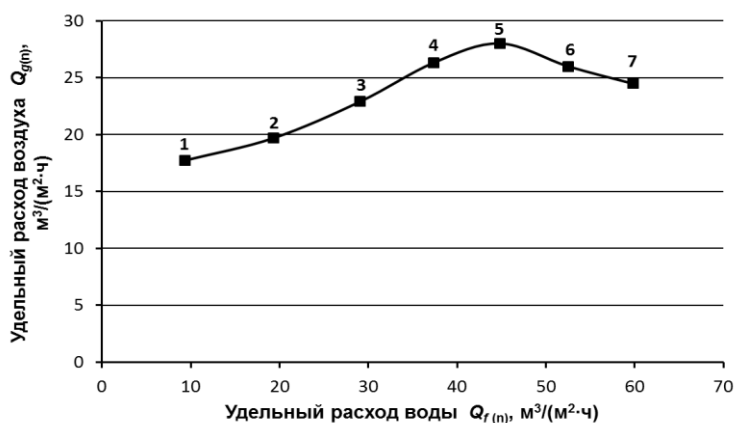


Рис. 6. Зависимость удельного расхода воздуха от удельного расхода воды регенерационного факела для форсунок, находящихся в аэротенке-биореакторе. Количество форсунок (n) указано цифрами

Увеличение количества форсунок при использовании насоса ХСт 170-1 приводило к возрастанию удельного расхода воды с 10 до 60 м³/м²·ч и, соответственно, к увеличению подсоса воздуха с 18 до 25 м³/м²·ч. При пяти работающих форсунках наблюдалось максимальное эжектирование воздуха, которое составляло 27 м³/м²·ч. Дальнейшее увеличение числа форсунок привело к уменьшению эжектирования воздуха.

Эта же зависимость, но представленная для удельных расходов воды $Q_{f(1)}$ и воздуха $Q_{g(1)}$, проходящих через одну форсунку (расход делили на количество форсунок), имеет сложный вид с точкой перегиба при трех форсунках (рис. 7).

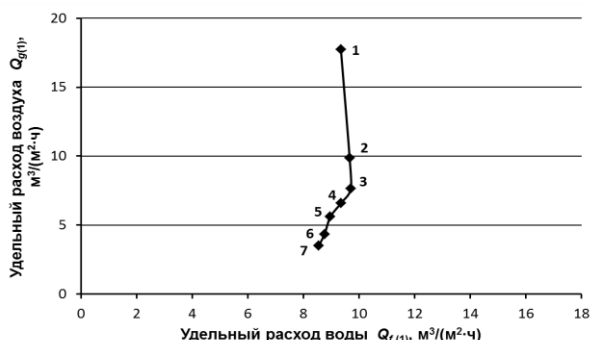


Рис. 7. Зависимость удельного расхода воздуха от удельного расхода воды, проходящих через одну форсунку из общего числа форсунок, находящихся в аэротенке-биореакторе. Количество форсунок (n) указано цифрами

Незначительные колебания удельного расхода воды, подаваемого через каждую форсунку, приводили к резкому уменьшению эжектирования воздуха. Так, увеличение количества форсунок с одной до трех уменьшило эжектирование воздуха с 18 до 8 м³/м²·ч. Дальнейшее увеличение числа форсунок приводит уже к незначительному уменьшению эжектируемого воздуха. Увеличение числа форсунок с трех до семи уменьшает эжекцию удельного расхода воздуха через одну форсунку с 8 до ~ 4 м³/м²·ч, при незначительном уменьшении удельного расхода воды ~ с 10 до 9 м³/м²·ч.

Давление воды в водяном контуре водовоздушной регенерации с увеличением количества форсунок уменьшается с 3,2 до 2,0 кгс/см² (рис. 8).

Максимальный удельный расход воздуха, эжектируемый форсункой, наблюдается для одной форсунки, находящейся в биореакторе, и составляет 18 м³/м²·ч, а минимальный для каждой из семи форсунок, обеспечивающих регенерацию, ~ 3 м³/м²·ч. Полученная зависимость описывается уравнением

$$Q_{g(1)} = 30,671 \cdot P^5 - 360,73 \cdot P^4 + 1685,8 \cdot P^3 - 3911 \cdot P^2 + 4506,5 \cdot P - 2062,1$$

с высоким коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9992$. С увеличением числа форсунок постоянно уменьшается давление в водном контуре водовоздушной реге-

нерации на величину 0,2 кгс/см² с одновременным уменьшением расхода воздуха через каждую форсунку.

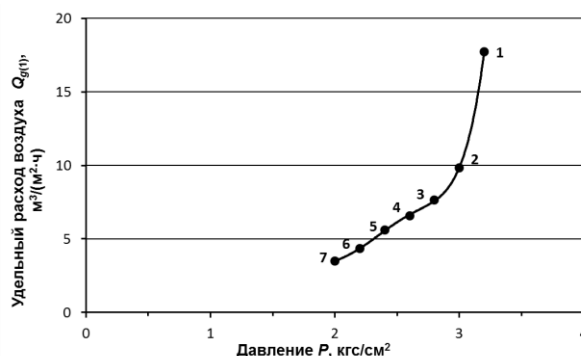


Рис. 8. Зависимость удельного расхода воздуха, эжектируемого одной форсункой из общего числа форсунок, находящихся в аэротенке-биореакторе, от давления в водяном контуре водовоздушной регенерации. Количество форсунок (n) указано цифрами

Вид зависимости, представленной на графике (рис. 8), качественно сохраняется для зависимости влияния давления в водном регенерационном контуре на величину отношения расходов воздуха и воды Q_g/Q_f (рис. 9). Зависимость описывается степенным уравнением с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9999$:

$$\frac{Q_g}{Q_f} = 2,6379 \cdot P^5 - 29,656 \cdot P^4 + 131,66 \cdot P^3 - 288,14 \cdot P^2 + 310,9 \cdot P - 132$$

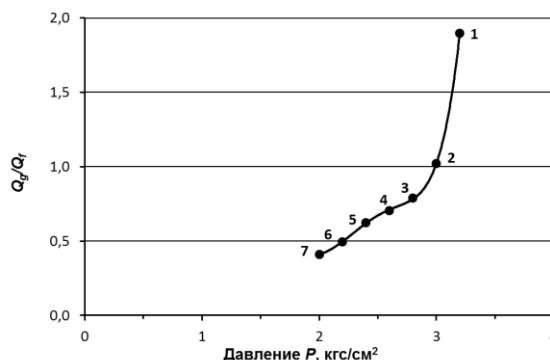


Рис. 9. Зависимость отношения расходов воздуха и жидкости, проходящих через одну форсунку из общего числа форсунок, находящихся в модели, от давления в водяном контуре водовоздушной регенерации. Количество форсунок (n) указано цифрами

С увеличением числа форсунок и изменением давления в водяном контуре отношение расходов газ-жидкость резко уменьшается ~ с 1,9 до 0,4. Для одной форсунки, находящейся в биореакторе, на один объем воды приходится 1,9 объема воздуха, а для одной форсунки из семи – на один объем воды приходится 0,4 объема воздуха, что отражается на регенерационной способности водовоздушного факела.

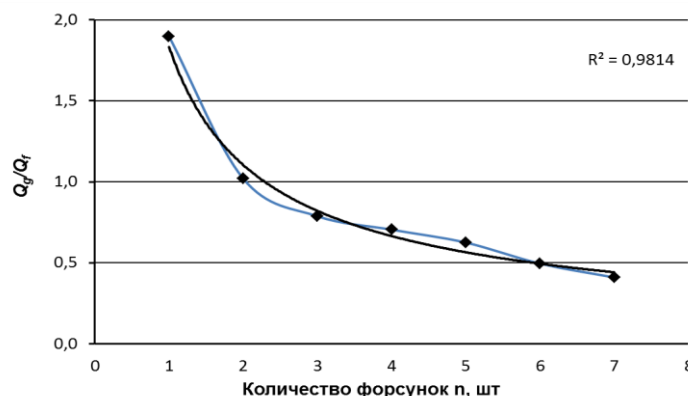


Рис. 10. Зависимость отношения расходов воздуха и жидкости, проходящих через одну форсунку, от общего количества форсунок, находящихся в биореакторе

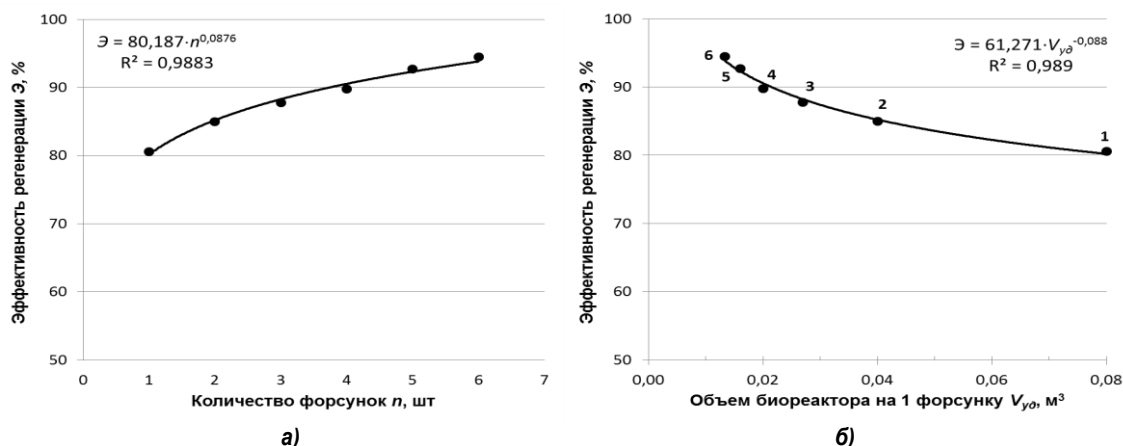


Рис. 11. Эффективность регенерации ершовой загрузки с иммобилизованным илом: а – от количества форсунок в модели объемом 0,08 м³; б – от объема жидкости, приходящейся на одну форсунку. Количество форсунок (n) указано цифрами

Зависимость отношения расходов газа и жидкости от количества форсунок приведена на графике (рис. 10) и описывается уравнением

$$\frac{Q_g}{Q_l} = 1,8337 \cdot n^{-0,732}.$$

Эффективность водовоздушной регенерации от количества форсунок приведена на графике (рис. 11, а). Полученная зависимость описывается степенным уравнением $\Xi = 80,187 \cdot n^{0,0876}$. Эффективность регенерации изменялась ~ с 80 до 95%. Величину эффективности регенерации Ξ определяли по увеличению концентрации свободно плавающего ила по формуле

$$\Xi = \frac{C_{сп}^n - C_{сп}^к}{C_{сп}^n} \cdot 100\%,$$

где $C_{сп}^n$, $C_{сп}^к$ – концентрация свободно плавающего ила до и после регенерации соответственно.

С целью увеличения информативности полученной зависимости представим ось абсцисс в виде объема биореактора, обрабатываемого одной форсункой (рис. 11, б). Зависимость, представленная на данном рисунке, позволяет оперативно определить количество форсунок по объему проектируемого аэрируемого сооружения при необходимой эффективности водо-

воздушной регенерации.

Таким образом, проведенный анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

♦ Периодическая водовоздушная регенерация синтетической ершовой загрузки продолжительностью 30–60 секунд, при удельных расходах по воде 55,72 м³/м²·ч и воздуху 21,76 м³/м²·ч, позволяет интенсифицировать и стабилизировать биологическую очистку сточных вод, а также исключить вторичное загрязнение очищаемой воды.

♦ Максимальная эффективность водовоздушной регенерации в биореакторе достигается при максимальном давлении в водяном контуре не менее 3,0 кгс/см² и соотношении расхода газ–жидкость не менее 1,0. Изменение соотношения газ–жидкость в сторону уменьшения расхода газа значительно снижает эффективность удаления иммобилизованного ила с ершовой загрузки.

♦ Анализ полученной зависимости эффективности водовоздушной регенерации синтетической загрузки от количества регенерационных форсунок и их расположения позволяет рекомендовать рассчитывать количество форсунок из соотношения: одна форсунка на объем обрабатываемой сточной воды, равный 0,04 м³, с достаточно высокой эффективностью 85%.

Статья поступила 21.01.2015 г.

Библиографический список

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. для вузов. М.: Изд-во АСВ, 2006. 704 с.
2. Кульков В.Н., Зеленин А.М., Сосна В.М. Определение концентрации свободно плавающего активного ила в биореакторе // ВодаMagazine. 2012. № 3 (55). С. 18–20.
3. Кульков В.Н., Солопанов Е.Ю., Сосна В.М. Применение механической регенерации синтетической загрузки в биореакторе // Вестник МГСУ. М.: Изд-во МИСИ – МГСУ, 2013. № 7. С.131–139.
4. Пат. № 2078738, РФ, C02F3/34 C02F3/12. Способ подавления бактериального нитчатого вспухания активного ила / Н.С. Жмур, О.М. Лапшин; заявитель и патентообладатель Н.С. Жмур, О.М. Лапшин. № 94028293/13; заявл. 27.07.94; опубл. 12.05.97.
5. Первых И.А., Зеленин А.М., Сосна В.М. Физическое моделирование газогидродинамической обстановки в аэротенке вытеснителя // Вестник ИрГТУ. 2013. № 7 (79). С. 89–92.
6. Солопанов Е.Ю., Сосна В.М., Зеленин А.М. Интенсификация биологической очистки сточных вод в аэротенке с инертной ершовой загрузкой: тр. МНПК «Земля, вода, климат Сибири и Арктики в XXI веке – проблемы и решения» (Тюмень, 21 марта 2014 г.). Тюмень, 2014. С. 166–169.

УДК 691-4

ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СВОЙСТВ БЕТОНОВ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ И ЗАМОРАЖИВАНИИ© Б.И. Пинус¹, Ж.Н. Пинус², И.В. Хомякова³^{1,3}Иркутский государственный технический университет, 6640074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.²Иркутский государственный университет путей сообщения, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

Представлены данные экспериментальных исследований изменения прочности, деформаций и энергии разрушения при сжатии бетона класса В25 в процессе его ступенчатого охлаждения в диапазоне температур от +20 до -60°С. Дано статистическое обоснование численных значений нормируемых параметров бетонов в различных термовлажностных условиях.

Ключевые слова: бетон; замораживание; прочность; деформации; температура.

CHANGE IN CONCRETE STRUCTURAL PROPERTIES UNDER COOLING AND FREEZING**B.I. Pinus, Zh.N. Pinus, I.V. Khomyakova**

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Irkutsk State University of Railway Engineering,

15 Chernyshevsky St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper introduces the data of experimental studies of changes in strength, deformations and fracture energy under the compression of V25 class concrete during its stepwise cooling in the temperature range from +20°C to -60°C. It also provides a statistical justification of the numerical values of concrete normalized parameters under different thermal and moisture conditions.

Keywords: concrete; freezing; strength; deformations; temperature.

Постановка вопроса

Эксплуатация бетонных и железобетонных конструкций в суровых климатических условиях объективно сопряжена с их охлаждением, длительным и циклическим замораживанием и, как следствие, работой бетона при различных температурно-влажностных условиях. Отметим, что существующий технический регламент проектирования бетонных и железобетонных конструкций не предусматривает при этом дополнительных расчетно-конструктивных процедур, кроме использования бетонов повышенной морозостойкости. Очевидно, предполагается, что возникновение внут-

реннего напряженного состояния конструкции при охлаждении и замораживании компенсировано соответствующим изменением прочностных и деформативных свойств бетона.

Между тем, имеются экспериментальные данные [1], указывающие на неоднозначность и нетождественность динамики прочности и деформативности бетона при колебаниях температуры в пределах положительных и отрицательных значений. Эти различия особо значимы в статистических оценках распределения параметров этих свойств [2] и существенно зависят от влагосодержания бетонов.

¹Пинус Борис Израилевич, доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций, тел.: (3952) 405137, e-mail: pinus@istu.edu

Pinus Boris, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Building Structures, tel.: (3952) 405137, e-mail: pinus@istu.edu

²Пинус Жаннетта Наумовна, преподаватель, тел.: (3952) 230579.

Pinus Zhannetta, Lecturer, tel.: (3952) 23/05/79

³Хомякова Ирина Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций тел.: (3952) 405137.

Khomyakova Irina, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, tel.: (3952) 405137.

Если учесть, что существующая система нормирования конструктивных свойств бетонов однозначно регламентирована только их классом, то отмеченное выше предопределяет целесообразность и актуальность исследования статистических закономерностей изменения всех значимых параметров механических свойств бетонов при охлаждении, замораживании и в криогенном состоянии.

Предмет и метод исследования

Анализ результатов многочисленных исследований работы бетонов под нагрузкой позволяет считать, что в отсутствие апробированной теории прочности и аппроксимирующих аналитических моделей экспериментальные зависимости σ_b – ε_b являются вполне приемлемой интегральной оценкой их конструктивных свойств. Ее достоверность существенно зависит от методики испытаний и, в первую очередь, динамики нагружения и способа измерения деформаций.

Как правило, нагружение производится непрерывно с постоянной скоростью (0,3–0,5 МПа/с), а замер деформаций – на срединных участках опытных образцов с помощью датчиков, тензометров, мессур и т.п. Первое из них исключает возможность учесть объективно существующее различие деформирования упруго-пластического материала (бетона) на возрастающих уровнях напряжений, а второе – ограничивает точность объемной реакции образца на осредняемые значения внутренних усилий.

В совокупности это ведет к:

- ✓ фактическому неучету начального (вогнутого!) участка диаграммы сжатия, наиболее чувствительного к структурным особенностям (изменениям) бетона;
- ✓ занижению потенциала сжимаемости бетона, определяющего условия совместности его работы с арматурой;
- ✓ невозможности получения участка нисходящей ветви диаграммы σ – ε , характеризующего ресурс сопротивления бетона в условиях стесненного деформирования;
- ✓ увеличенному разбросу экспериментальных данных и другим издержкам.

Вышеупомянутые факторы и наличие соответствующего оборудования предопределили целесообразность проведения исследований с оценкой изменений конструктивных свойств охлаждаемых бетонов по диаграммам σ – ε , получаемых при непрерывном нагружении образцов с постоянной скоростью деформирования и автоматической записью деформаций на полной базе.

Проведены механические испытания кубических (ребро 100 мм) и призматических (50×50×200 мм) образцов бетона проектного класса В25. Состав бетона (кг/м³) характеризуется следующими данными:

- портландцемент М400–490;
- песок, модуль крупности 2,3–546;
- щебень известняковый (фракции 2,5–10 мм) – 1029;
- вода – 262 кг;
- пластифицирующая добавка ЛСТ – 0,98.

Образцы нормальных условий твердения в возрасте 124–152 суток были разделены на две группы

(по 100 шт.) с:

- а) естественной влажностью 1,6% – серия «С»;
- б) установившейся после 2-х суточного водонасыщения влажностью 3,7% – серия «W».

Отметим, что влагосодержание водонасыщенных образцов составляло около 70% от критического (по В.М. Москвину [3]) значения.

Механические испытания образцов проводили после их охлаждения (замораживания) до проектного уровня со скоростью понижения температуры 10°С/ч и выдержкой ее в течение 4-х часов. Нагружение осуществлялось непрерывно с постоянной скоростью деформирования 0,05 мм/мин, которая позволяла получать адекватную реакцию структуры бетона на заданный уровень силового воздействия и практически исключить влияние изменения температуры образцов за время испытания.

Используемое оборудование (универсальная машина ИТС 250) позволяло вести в автоматическом режиме запись диаграммы σ – ε , цифровые значения усилий, перемещений, энергии разрушения и времени испытаний. Преобразованные в формат Microsoft Excel, они были использованы при статистическом обобщении опытных данных и численном моделировании изменения значимых параметров эксплуатационной пригодности железобетонных элементов в сопоставимых температурно-влажностных условиях.

Основные результаты испытаний

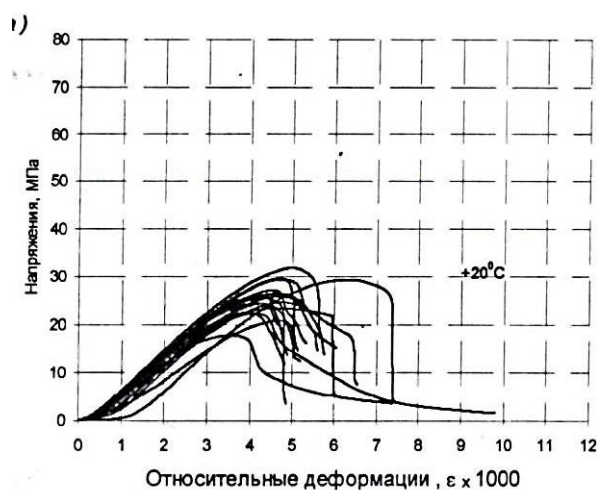
Принятый режим испытаний позволял получать полные диаграммы сжатия, включая «участок начального уплотнения» (по О.Я. Бергу [4]) и нисходящую ветвь деформирования бетонов после достижения максимума нагружения. Выборочные экспериментальные семейства диаграмм σ – ε при различных температурно-влажностных состояниях представлены на рисунке. Их общий вид, очертания и количественные показатели наглядно свидетельствуют о существенных изменениях значимых (в том числе и нормируемых!) параметров механических свойств бетонов при фазовых переходах жидкой фазы в лед и ее перераспределении в процессе охлаждения и промерзания. Интегрально это проявляется:

- ✓ в возрастании длины участка начального уплотнения (опережающего роста деформаций);
- ✓ в сокращении протяженности нисходящей ветви деформаций, свидетельствующем о повышении вероятности хрупкого разрушения;
- ✓ в снижении кинетики изменений прочности и деформативности при охлаждении ниже минус 40°С;
- ✓ в изменении плотности распределения (рассеивания) кривых, косвенно свидетельствующих о случайной природе происходящих процессов, их зависимости от структуры, влагосодержания, условий деформирования и других факторов.

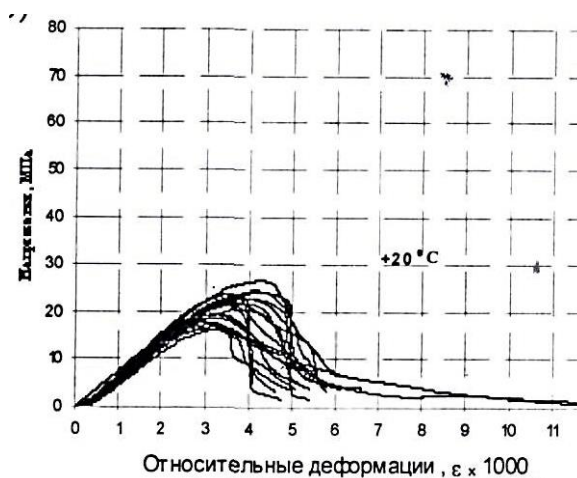
Последнее обстоятельство предопределяет целесообразность анализа наблюдаемых закономерностей с использованием значимых критериев математической статистики. Ниже (табл. 1, 2) приведены результаты статистической обработки экспериментальных данных в предположении их нормального распреде-

ления. Из них следует, что понижение температуры и последующее замораживание сопровождается ростом всех нормируемых показателей конструктивных свойств бетонов. Причем, это происходит и до наступ-

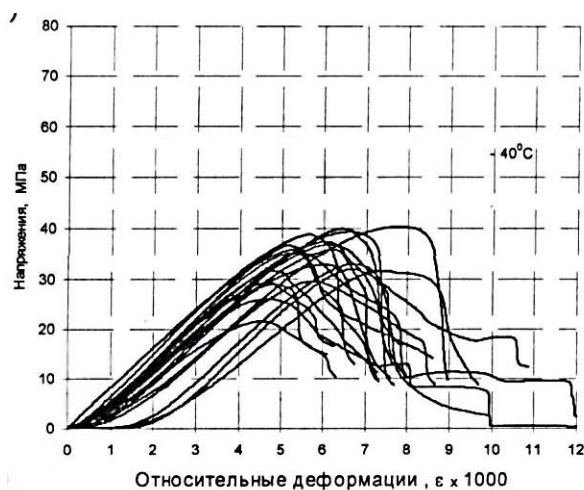
ления фазовых переходов поровой влаги и, очевидно, связано с внутрискруктурным перераспределением влаги.



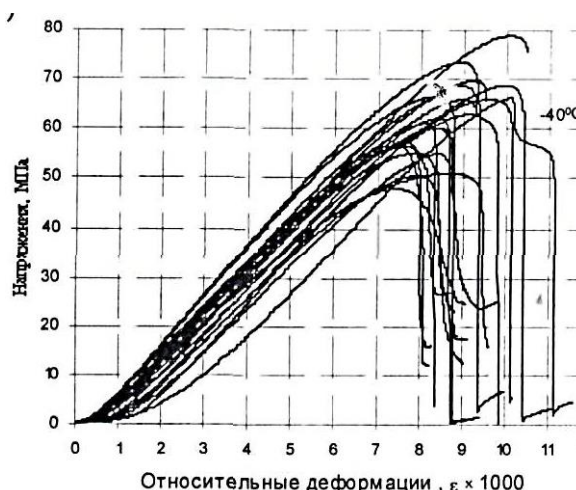
а)



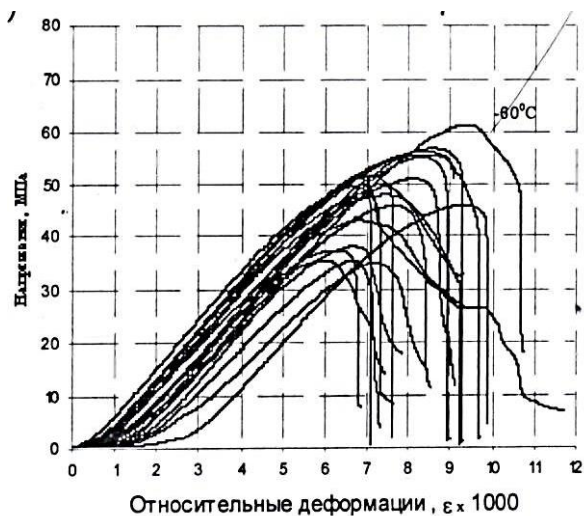
б)



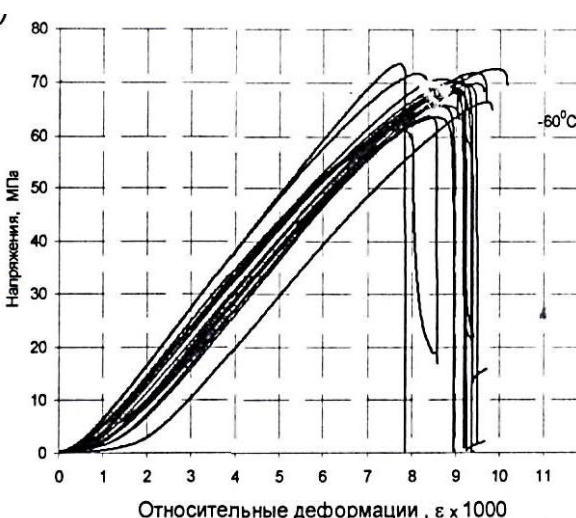
в)



г)



д)



е)

Диаграммы $\sigma_b - \varepsilon_b$ для бетонов серий «С» (а, в, д) и «W» (б, г, е), полученные при температурах + 20 °С (а, б), – 40 °С (в, г) и – 60 °С (д, е)

Таблица 1

Изменение прочности бетона при охлаждении и замораживании

Серия	Температура, °C	Статистика распределения				Динамика изменения прочности по:	
		Среднее значение, R_b , МПа	Дисперсия, МПа ²	Изменчивость v , %	Интервал ожидаемых значений*, МПа	средним значениям	минимально ожидаемым
С	+ 20	25,2	12,6	14,1	19,4–31,0	1	1
	0	27,6	21,0	16,6	20,1–35,1	1,09	1,04
	-20	28,7	19,5	15,4	21,5–36,0	1,14	1,11
	-40	33,6	24,4	14,7	25,5–41,7	1,33	1,31
	-60	47,2	63,9	17,0	34,0–60,3	1,87	1,75
W	+ 20	20,6	8,7	14,4	15,7–25,4	1	1
	0	28,1	10,8	11,7	22,8–33,5	1,36	1,45
	-20	44,3	13,7	8,3	38,3–50,4	2,15	2,44
	-40	61,8	60,3	12,6	49,0–74,6	3,00	3,12
	-60	68,9	69,6	12,1	55,3–82,5	3,34	3,52

* с 95% обеспеченностью и нормальном распределении

Таблица 2

Изменение деформаций бетона (ϵ_{b1}^*) при охлаждении и замораживании

Серия	Температура, °C	Статистика распределения				Динамика изменения деформаций по:	
		Среднее значение, $\epsilon_{b1} \times 10^3$ МПа	Дисперсия, $D_\epsilon \times 10^6$	Изменчивость v , %	Интервал * 95 % обеспеченности, $\epsilon_{b1} \times 10^3$	средним значениям	минимально ожидаемым
С	+ 20	4,5	0,36	13,3	3,52–5,48	1	1
	0	5,17	0,30	10,6	4,27–6,07	1,15	1,21
	-20	5,40	0,96	18,1	3,80–7,01	1,20	1,08
	-40	5,88	0,89	16,0	4,33–7,43	1,31	1,23
	-60	7,37	0,92	13,0	5,80–8,95	1,64	1,65
W	+ 20	3,57	0,15	10,8	2,94–4,2	1	1
	0	5,01	0,15	7,8	4,37–5,64	1,40	1,48
	-20	7,26	0,52	9,9	6,08–8,44	2,03	2,07
	-40	8,62	0,69	9,6	7,26–9,98	2,41	2,47
	-60	8,98	0,65	9,1	7,27–10,7	2,49	2,47

* деформации бетона при максимуме нагружения

Динамика увеличения прочности и деформативности зависит от влагосодержания бетонов и существенно выше у бетонов второй серии. При этом практическая стабильность удельных ϵ_{b1}/σ_b деформаций свидетельствует о тождественности их изменения вплоть до достижения максимума нагружения. Однако на этапах падения нагрузки (нисходящая ветвь диаграмм σ - ϵ) наблюдается устойчивое снижение способности охлаждаемого влагонасыщенного бетона к псевдопластическому деформированию и, как следствие, к перераспределению усилий в статически неопределимых железобетонных конструкциях и в стесненных условиях.

Что касается статистик распределения исследуемых параметров, то можно отметить практическую идентичность динамики изменения средних и вероятностных (с 95% обеспеченностью) значений и относительную стабильность коэффициента вариации, особенно во влагонасыщенных образцах.

Полученные экспериментальные данные позво-

ляют дать и обобщенную оценку влияния структурной модификации охлаждаемого и замораживаемого бетона на его механические свойства.

В качестве такого интегрального показателя принята энергия разрушения, численно оцениваемая площадью диаграммы сжатия. При этом, учитывая качественную трансформацию деформирования бетона в различном температурно-влажностном состоянии, рассматриваются (табл. 3) как средние значения полных затрат (A_{02}), так и их составляющие на восходящих (A_{01}) и нисходящих (A_{12}) участках нагружения. Несомненно, охлаждение бетона вплоть до минус 60°C сопровождается непрерывным (но не монотонным!) возрастанием потенциала его сопротивления сжатию. Причем, это происходит и до начала льдообразования в структуре бетона. Максимум прироста зависит от влагосодержания, дифференциальной пористости и наблюдается при температурах минус 40–60°C.

Таблица 3

Энергия разрушения бетонов различного уровня охлаждения (МПа·м)

Серия	Обозначения	Площадь диаграмм σ - ϵ при температуре бетона ($^{\circ}\text{C}$)					Примечание
		+ 20	0	- 20	- 40	- 60	
С	A_{01}	61,5	72,9	83,1	97,3	188,6	A_{01} – площадь диаграммы σ - ϵ в диапазоне деформирования $0 - \epsilon_{b1}$ A_{02} – то же в диапазоне деформаций $0 - \epsilon_{b2}$ (с учетом нисходящих ветвей) A_{12} – то же в диапазоне $\epsilon_{b1} - \epsilon_{b2}$
	A_{02}	87,2	88,4	122,4	150,8	242,9	
	A_{12}	25,7	15,5	34,3	53,4	54,3	
W	A_{01}	42,0	77,7	183,5	292,7	312,8	
	A_{02}	68,4	132,5	240,2	326,1	329,4	
	A_{12}	26,4	54,8	56,7	33,4	16,5	

Принципиальное значение, на наш взгляд, имеет не только факт повышения энергии диссипаций, но и определение, за счет каких компонентов деформирования это происходит. В наиболее обобщенном виде полная энергия разрушения связана с преодолением сопротивления бетона, проявляющегося в виде упругого, пластического и псевдопластического деформирования. С допустимой погрешностью энергия упруго-пластического сопротивления (A_{01}) может быть оценена площадью на восходящем, а псевдопластического – на нисходящем участках диаграммы σ - ϵ . Нетрудно видеть, что прирост энергии диссипации при охлаждении происходит за счет повышения способности бетона к упруго-пластическому деформированию. Доля энергии, затрачиваемой на развитие микро - и макро-трещинообразование, неуклонно снижается и при температуре минус 60°C составляет у влагонасыщенных образцов менее 5%.

Основные выводы

1. Охлаждение и замораживание бетона сопровождаются существенными изменениями его конструктивных свойств, которые проявляются в трансформации характера деформирования, увеличении прочности и деформаций. В сопоставимых условиях их кинетика предопределяется влажностью бетона.

2. Оценку последствий происходящих процессов, целесообразно производить отдельно по показателям прочности и деформативности или интегрально по расчетной величине энергии диссипации.

3. Установленное снижение способности замораживаемых бетонов к пластическому и псевдопластическому деформированию необходимо учитывать при проектировании статически неопределимых железобетонных конструкций и элементов, работающих в условиях стесненного деформирования.

Статья поступила 02.12.2014 г.

Библиографический список

- Пинус Б.И. Обеспечение долговечности железобетонных конструкций при низкотемпературных воздействиях: дис. ... д-ра техн. наук: 0523.17. М., 1987. 392 с.
- Пинус Б.И., Хомякова И.В. К вопросу оценки надежности железобетонных конструкций // European Applied sciences, Stuttgart, Germany. 2012. № 1 P. 320–323.
- Москвин В.М. О расчетах морозостойкости бетона // Бетон и железобетон. 1986. № 7. С. 7–8.
- Берг О.Я. О предельном состоянии железобетонных конструкций по долговечности бетона // Бетон и железобетон. 1961. № 11. С. 12–13.

УДК 711:625.712

БУЛЬВАРЫ: АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБЛИК ПРОШЛОГО И НАСТОЯЩЕГО© **Е.С. Преловская¹, Е.В. Пуляевская²**Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрена история возникновения бульваров как категории улиц, представлены результаты анализа развития российских и зарубежных городских бульваров, обобщены современные тенденции проектирования улиц как многофункциональных общественных пространств с целью повышения привлекательности городской среды.

Ключевые слова: градостроительство; транспортное планирование; классификация улиц; городской бульвар; многофункциональное общественное пространство.

BOULEVARDS: ARCHITECTURAL IMAGE OF THE PAST AND PRESENT**E.S. Prelovskaya, E.V. Pulyaevskaya**Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The article considers the origination of boulevards as a category of streets, presents the results of Russian and foreign urban boulevard development analysis, generalizes modern trends in designing streets as multi-functional public spaces, in order to increase urban environment attractiveness.

8 figures. 5 sources.

Keywords: urban planning; transport planning; street classification; urban boulevard; multi-functional public space.

Слово «бульвар» пришло к нам из французского языка – «boulevard», которое в свою очередь было заимствовано из средне-голландского языка, где «bolwerk» означает «крепостной вал». Поначалу именно валы крепостных укреплений назывались бульварами. Такое укрепление впервые использовали англичане при осаде Орлеана в 1428 году. Это были квадратные редуты с круглыми выступами по углам, в которых находилось по три орудия. Бульвары строились из покрытой дерном земли и соединялись стенами с главным укреплением. Образцы таких строений сохранились во французском городе Труа и швейцарском – Шаффхаузене (рис. 1).

Позже бульвары стали называть озелененные места для прогулок горожан, которые создавались на местах старинных укреплений. Такого рода бульвары появились в XIX в., когда в европейских городах стали сносить крепостные стены, пришедшие в негодность и мешавшие транспортным связям. Так возникли: знаменитый Ринг в Вене, Большие бульвары в Париже, Бульварное кольцо в Москве и в ряде других городов. Первоначально они представляли собой прогулочные аллеи с площадками для кратковременного отдыха. В условиях почти полного отсутствия публичных садов эти территории, явившиеся своеобразными центрами обихода, сыграли немаловажную социальную роль в формировании нравов, обычаев и культуры горожан. Картины Маковского, Ренуара, Федотова дают яркое представление о социальной роли бульваров в XIX в. С ростом общественного сознания и развитием горо-

дов менялось и смысловое содержание бульваров. Появились бульвары, не ограниченные одной лишь транзитной аллеей, а с развитой планировочной системой, фонтанами, бассейнами, площадками для игр детей, торговыми лавками, информационными витринами, декоративными насаждениями, архитектурными монументами. Большое развитие строительство бульваров получило после Второй мировой войны в новых микрорайонах, на набережных, в торговых центрах, вдоль основных транспортных магистралей. Бульвары положили начало разделению городских территорий на пешеходные и транспортные зоны, созданию системы не пересекающихся на одном уровне пешеходных и транспортных коммуникаций, возникновению пешеходных улиц.

На сегодняшний день бульвары представляют собой озелененные территории в виде полос с развитой сетью аллей и дорог, предназначенные для интенсивного движения всех пользователей уличного пространства, насыщенного многофункциональными объектами, включая зоны рекреации и культурно-бытового досуга. В зависимости от местоположения, их назначения и плановых характеристик бульвары бывают: прямолинейные, кольцевые, прогулочные, транзитные, прибрежные. Существуют исторические бульвары, имеющие определенную культурно-познавательную ценность. Например, Унтер-ден-Линден в Берлине, Кленовый бульвар в Санкт-Петербурге, Приморский в Одессе.

¹Преловская Евгения Сергеевна, магистрант кафедры архитектуры и градостроительства,

тел.: 89500527474, e-mail: jessprelove@gmail.com

Prelovskaya Evgeniya, Master's Degree Student of the Department of Architecture and Urban Planning, tel.: 89500527474, e-mail: jessprelove@gmail.com

²Пуляевская Евгения Владимировна, кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры и градостроительства, тел.: 89500527474, e-mail: jessprelove@gmail.com

Pulyaevskaya Evgeniya, Associate Professor of the Department of Architecture and Urban Planning, tel.: 89500527474, e-mail: jessprelove@gmail.com



Рис. 1. Исторический вид бульвара



Рис. 2. Петрозаводск, Левашовский бульвар, 1830 г.



Рис. 3. Рига, Александровский бульвар, начало 19 в.

Исторически сложилось, что протяженность бульвара многократно превышает его ширину, которая бывает от 10 м и более, поэтому их целесообразно создавать на магистральных улицах, набережных, ведущих к крупным общественным центрам, паркам, стадионам, выставочным и торговым комплексам. Бульвары в жилой застройке используются жителями ближайших домов для прогулок и кратковременного отдыха, зеленые насаждения при этом выполняют важную санитарно-гигиеническую и архитектурно-планировочную роль. В композиции нередко включают монументы, фонтаны, цветники, малые архитектурные формы.

В настоящее время появились сложные системы бульваров (multi-way boulevard), выявляющие планировочную структуру города. Такие системы встречаются в центрах Парижа, Берлина, Лос-Анжелеса и многих других крупных городов. Это обусловлено дальнейшим развитием норм проектирования городских улиц и постепенным превращением больших городских и пригородных центров в деловые, репрезентативные, торговые, культурно-познавательные зоны.

Пешеходный бульвар Барселоны Ла-Рамбла отличается разноплановостью и многофункциональностью мест тяготения, в связи с чем он был негласно разделен на пять частей, каждая из которых имеет свое название и функциональное назначение.

Лиссабонский бульвар Авенида-да-Либердаде построили по образцу бульваров Парижа в 1886 году. Внешне он представляет из себя несколько аллей с клумбами и деревьями, разделенных шоссе. Особого внимания заслуживают необычные монументы и мощение узорами из бело-черной плитки, которая считается традиционной для Лиссабона. На Авенида-да-Либердаде часто проходят праздничные шествия, представления и митинги.

Одна из самых элегантных улиц в Шотландии – улица Принца Эдинбургского – стала популярным торговым местом еще в начале 1800-х годов. Среди красивых, высоких грегорианских зданий расположены торговые центры, небольшие специализированные магазины, ухоженные сады, выполняющие роль рекреации и городского променада.



Рис. 4. Париж, Елисейские поля; длина 1915 м, ширина 71 м



Рис. 5. Испания, Барселона, бульвар Ла-Рамбла

Один из наиболее известных немецких бульваров, название которого дословно переводиться как «под липами», представлен на рис. 8. До XVII столетия на его месте размещалась обычная дорога, по которой периодически ездил на охоту Фридрих Вильгельм I – курфюрст Бранденбурга. В 1647 году дорогу решили облагородить, высадив по обочинам по тысяче ореховых деревьев и лип. А через сто лет Фридрих Великий распорядился построить вдоль бульвара особняки и

дворцы для знати. Таким образом постепенно бульвар Унтер-ден-Линден стал одной из самых привлекательных улиц Берлина. Его символом и в настоящее время являются липы, в связи с чем процесс содержания озелененных пространств находится на высоком уровне, что достигается применением автоматизированной системой мониторинга, удобрения и полива деревьев.

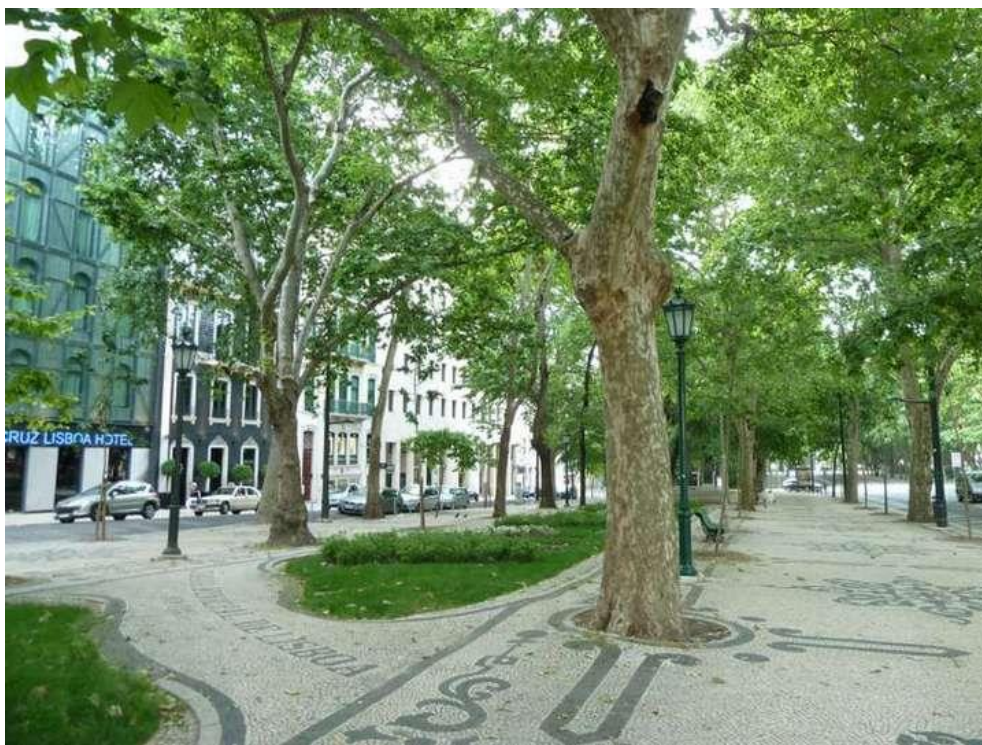


Рис. 6. Португалия, Лиссабон, бульвар Авенида-да-Либердаде



Рис. 7. Шотландия, система бульваров вдоль Принц-стрит в Эдинбурге



Рис. 8. Германия, Берлин, Унтер-ден-Линден

Очевидно, что бульвары во все эпохи привлекали особый интерес инженеров и архитекторов. В настоящее время многие специалисты обращают пристальное внимание на современные подходы к проектированию улиц и связанные с ними вопросы архитектурного и градостроительного проектирования, а также безопасности и организации движения.

Бульвар как категория улицы выступает в каче-

стве объекта проектирования, сочетающего значительные транспортные и пешеходные потоки, концентрацию офисов и деловых учреждений, разнообразные по назначению объекты массового тяготения, в связи с чем обладает достаточным потенциалом для современного уровня развития городов.

Статья поступила 30.09.2014 г.

Библиографический список

1. Левашев А.Г. К вопросу об исследовании характеристик паркования в районе крупных центров обслуживания. Иркутск: Вестник ИргТУ. 2011. № 3 (50). С. 55–59.
2. Михайлов А.Ю., Головных И.М. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов. Новосибирск: Наука, 2004. 267 с.
3. Шаров М.И. Методика оценки транспортного спроса для проектов организации дорожного движения. Иркутск: Вестник ИргТУ. 2007. № 4 (32). С. 151–154.
4. Шаров М.И., Михайлов А.Ю., Ковалева Т.С. Оценка надежности работы городского пассажирского транспорта в Иркутске. Иркутск: Вестник ИргТУ. 2012. № 9 (68). С. 174–178.
5. Яковлев А.С. Колористика улиц Иркутска. Проект Байкал. Иркутск: Изд-во «А-Фонд», 2009. С. 155–157.

УДК 629.161

СТАРЕНИЕ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО

© Н.А. Рыбачук¹

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Проанализированы проблемы, связанные со старением битумных вяжущих. Рассмотрены отечественные и зарубежные изыскания в этой области. Приведены экспериментальные данные исследований физико-механических характеристик битумных вяжущих, по их результатам сделаны выводы и предложены рекомендации, направленные на повышение качества битумных вяжущих.

Ключевые слова: битум; старение битума; технологическое старение; старение в процессе эксплуатации.

¹Рыбачук Никита Андреевич, аспирант, тел.: 89646573135, e-mail: element367@gmail.com
Rybachuk Nikita, Postgraduate, tel.: 89646573135, e-mail: element367@gmail.com

AGING OF ASPHALT BINDER

N.A. Rybachuk

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper deals with the analysis of the problems associated with asphalt binder aging. Having considered domestic and foreign researches in this field, it provides experimental data of the studies of physical and mechanical properties of asphalt binders, makes conclusions and suggests recommendations aimed at improving the quality of asphalt binders.

2 figures. 2 tables. 8 sources.

Keywords: bitumen; aging of bitumen; technological aging; aging under exploitation.

Автомобильные дороги имеют важное значение для развития экономики любой страны.

Наибольшее распространение в России на автомобильных дорогах получили покрытия из асфальтобетона.

Асфальтобетон – это искусственный строительный материал, получаемый в результате уплотнения и формирования рационально подобранной асфальтобетонной смеси. Он обладает рядом существенных достоинств [1]:

1) достаточная прочность и устойчивость к действию климатических факторов и воды;

2) достаточно высокая механическая прочность. Благодаря этому покрытие хорошо воспринимают усилия от транспортных средств;

3) благодаря высокой шероховатости покрытия достигается хорошее сцепление шин автотранспорта с поверхностью проезжей части;

4) возможность дополнительно увеличивать шероховатость покрытия, что особенно важно для безопасности движения в сырую погоду;

5) гигиеничность асфальтобетонных покрытий – не пылят и легко очищаются от пыли и грязи;

6) возможность получения достаточно ровной поверхности, при относительно небольшой жесткости покрытия, что обеспечивает низкий уровень шума при движении автомобилей;

7) высокая демпфирующая способность (способность поглощать колебания), как следствие – покрытия из асфальтобетона разрушаются от вибрации меньше, чем, например, цементобетонные;

8) возможность полной механизации работ и автоматизации процессов при ремонте покрытий и приготовлении асфальтобетонных смесей;

9) возможность повторного использования старого асфальтобетона;

10) простота выполнения ремонтных работ и устранения дефектов.

Однако, несмотря на многочисленные достоинства, асфальтобетон обладает и рядом существенных недостатков. Срок службы асфальтобетонных покрытий в большинстве случаев меньше нормативного. Снижение срока службы происходит вследствие различных деформаций и разрушений: выкрашивания, волн, продольных и поперечных трещин, наплывов, сдвигов, шелушений, выбоин и т.д. Возникновение подобных дефектов связано с комплексным действием погодных-климатических и механических факторов, но основным фактором, определяющим разрушение покрытий в процессе эксплуатации автомобильной дороги, является старение битума, входящего в состав асфальтобетона.

Под старением битума понимают всю совокуп-

ность обратимых и необратимых изменений его химического состава и структурно-механических свойств, происходящих в процессе хранения, технологической переработки и эксплуатации [2–5]. В этом процессе можно выделить два основных этапа:

1) технологическое старение битума на стадии приготовления битумного вяжущего и асфальтобетонных смесей;

2) старение битума в процессе его эксплуатации в дорожном покрытии.

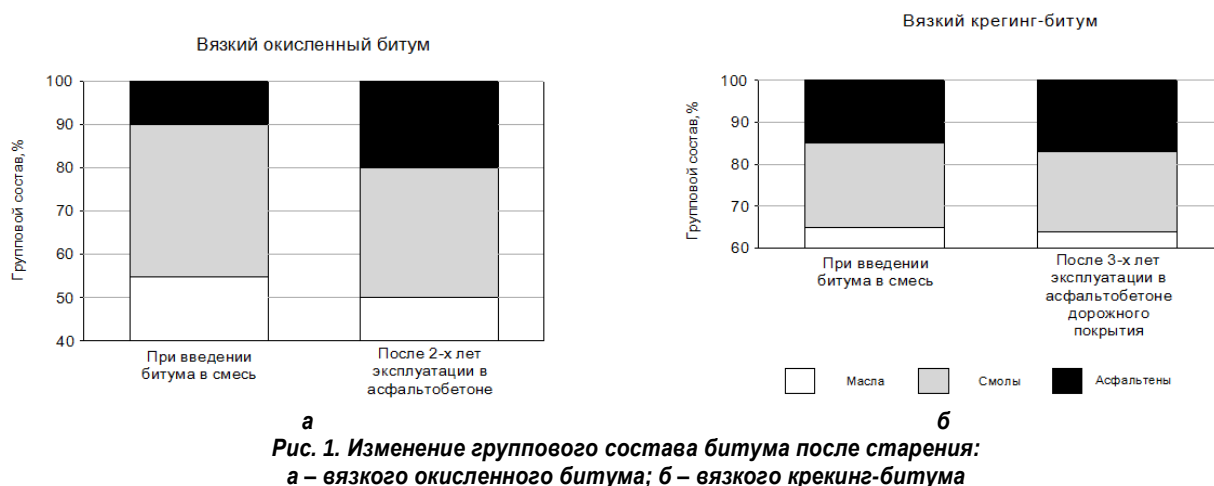
Технологическому старению битума уделяют большое внимание в связи с тем, что именно на этом этапе происходит наиболее интенсивное изменение его свойств. Длительный нагрев битума до высоких температур при приготовлении асфальтобетонной смеси вызывает значительные изменения его структуры, которые могут сопровождаться потерей битумом вяжущих свойств или значительным их ухудшением.

В процессе старения изменяется групповой состав битума: уменьшается количество масляных и увеличивается – смолисто-асфальтеновых составляющих. Эти модификации преимущественно связаны с происходящими в битуме процессами окисления и полимеризации легких фракций, а также их испарения, однако последнее оказывает значительно меньшее влияние на изменение группового состава материала.

Более детально процессы, происходящие при старении битума, описывает теория цепных химических реакций Н.Н. Семенова. На начальном этапе окисления в результате взаимодействия углеводородов и кислорода воздуха образуются перекисидные и гипероксидные соединения. Эти неустойчивые соединения распадаются на свободные радикалы и дают начало новым цепям окислительных реакций. При поглощении кислорода происходит разрушение высокомолекулярных углеводородов (асфальтенов и частично смол); так продолжается до тех пор, пока асфальтены не превращаются в ненасыщенные химические соединения, которые затем уплотняются (полимеризуются), образуя более сложные высокоуглеродистые соединения.

Основываясь на положениях данной теории, можно сделать вывод, что битумы, полученные методом окисления, больше подвержены старению, чем остаточные битумы, или битумы, полученные методом компаундирования (рис. 1).

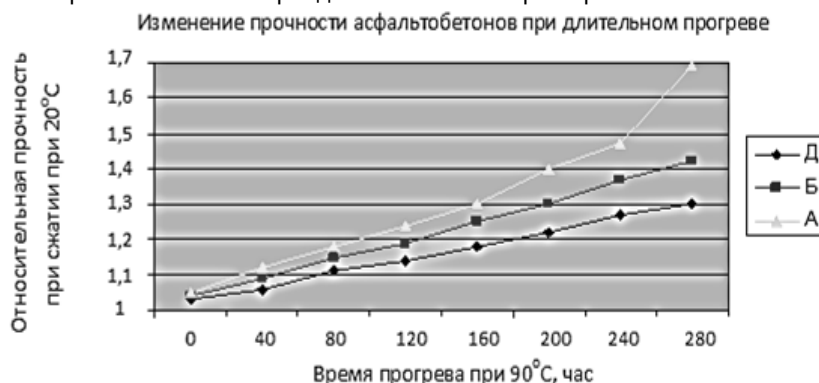
Результатом процессов, происходящих при окислении битумов в асфальтобетоне, является изменение их структуры и свойств: повышается вязкость, теплоустойчивость, жесткость и упругость; понижается пластичность – увеличивается хрупкость битума при низких зимних температурах [2].



В 60-е годы XX в. в ЦНИЛ ГУШОСДОРЭ Э.М. Ваулиным, Г.Н. Никифоровым и С.В. Шестоперовым исследовались процессы старения асфальтобетона различных составов при воздействии многообразных эксплуатационных факторов. В ходе экспериментов установлено, что при старении органического вяжущего вначале прочность асфальтобетона повышается (рис. 2), а повышение до 30% вызывает значительное увеличение хрупкости и как следствие – снижение трещиностойкости материала в зимний период.

верхности ~10000 м² каменных материалов, нагретых до температуры 140–160°C. К тому же происходит свободный доступ кислорода в асфальтосмеситель. В итоге создаются наиболее благоприятные условия для протекания термоокислительных процессов и удаления летучих компонентов, т.е. для химического старения битума [3, 5, 7].

Таким образом, степень изменения свойств битума на технологическом этапе зависит от трех основных факторов:



В последующие годы было установлено, что интенсивность описанных выше процессов зависит от того, каким образом прогревался битум, – в объеме или в пленке, покрывающей минеральные частицы. Пленочный битум в асфальтобетоне стареет интенсивнее.

По данным исследований компании ShellBitumen U.K., на технологических этапах приготовления асфальтобетонных смесей, хранения, транспортировки, устройства покрытий индекс старения битума (отношение вязкости состарившегося битума к вязкости исходного битума) увеличился на пять единиц, в то время как после 8 лет эксплуатации асфальтобетона в покрытии – всего лишь на одну [6]. Результат вполне закономерен, поскольку на технологическом этапе битум находится в виде тонких пленок, причем их толщина, в зависимости от фракционного состава асфальтобетона, составляет 5–15 мкм. Вследствие перемешивания 1 тонна битума распределяется по по-

- 1) температуры и продолжительности нагрева;
- 2) отношения объема нагреваемого битума к его свободной поверхности;
- 3) разновидности битума (по вязкости, исходному сырью и способу получения).

Как отмечалось выше, одним из трех основных факторов старения битума является разновидность старения битума: по вязкости, исходному сырью и способу получения.

В Санкт-Петербурге в течение 10 лет проводилось опытное применение, исследование и сравнение свойств битумов российского и зарубежного производства. По данным статьи Худяковой Т.С., на 2007 год использование для приготовления асфальтобетонных смесей иностранных битумов фирм «NESTE», «NYNAS», а также битума российского производства БДУ 70/100, являющегося качественным аналогом остаточных битумов зарубежного производства (Ухтинский НПЗ, ТУ38.1011356-91), позволило значи-

тельно увеличить надежность и долговечность асфальтобетонных покрытий по сравнению с покрытиями с использованием битума БНД 60/90, регламентированном ГОСТ 22245. Более высокая эксплуатационная надежность иностранных битумов связана с оптимальным комплексом их реологических свойств. Достигается это за счет повышенных, по сравнению с российским ГОСТ 22245, требований к битумам и регламентацией зарубежными стандартами таких его показателей, как кинематическая вязкость при 135°C и динамическая вязкость при 60°C, а также установлением пределов на изменение показателей пенетрации, растяжимости при 25°C, динамической вязкости при 60°C в ходе испытания битума на термостабильность по методике ASTM D1754 или ASTM D2872. Данные методики имитируют воздействие кислорода воздуха на битумную пленку при повышенной температуре в асфальтосмесителе.

В статье приведены результаты испытаний битумов

БНД 60/90 и БДУ 70/100 на предмет соответствия их ТУ 38.1011356-91 (табл. 1 и 2).

По данным, приведенным в табл. 1, хотелось бы отметить, что, несмотря на соответствие битумов БНД 60/90 требованиям ГОСТ 22245 и ТУ 38.1011356-91, битум марки БНД 60/90 после проведения испытаний по методике ASTM D1754-98 не сохраняет такие свои важные показатели, как растяжимость, пенетрация, – следовательно, он более подвержен процессам разрушения при эксплуатации в дорожном покрытии.

Различия в свойствах битумов БНД 60/90 и БДУ 70/100 можно объяснить следующими причинами:

1. Битумы марки БДУ 70/100 являются остаточными, в то время как БНД 60/90 – окисленными, – следовательно, БНД 60/90 больше подвержены процессам окисления и деструкции, о чем свидетельствует значительная разница значений растяжимости БНД 60/90 до и после испытания битума по методике ASTM D1754-98.

Таблица 1

Результаты испытаний битума дорожного вязкого марки БНД 60/90 в пробах, отобранных в строительном сезоне 2007 года [7]

Наименование показателя	Норма по ГОСТ 22245-90	Норма по ТУ	Проба БНД от 24.03. Московский НПЗ	Проба БНД-У от 30.07. ОАО «СЛАВ-нефть-Я-НОС»	Проба БНД от 09.04. Нижнекамский НПЗ	Проба БНД от 19.07. Рязанский НПЗ	Проба БНД-У от 07.03. Битумное производство г. Кстово
Пенетрация, 0,1 мм при: 25 °С 0 °С	61-90 Не менее 20	71-100 ≥ 20	75 26	78 26	88 30	78 26	70 28
Тр. °С	Не ниже 47	Не ниже 47	49	48	48	48	53
Растяжимость, см, при: 25 °С 0 °С	≥ 55 ≥ 3,5	≥ 100 ≥ 3,5	> 140 > 3,5	140 1,0	> 140 > 3,8	140 1,0	104 3,5
Температура хрупкости, °С	Не выше -15	-	-17	-	-22	-	-21
Температура вспышки, °С	Не ниже 230	Не ниже 230	> 300	> 300	282	> 300	296
Изменение температуры размягчения после прогрева*, °С	Не более 5	Не более 5	2	2	2	2	4
Индекс пенетрации	От -1 до +1	От -1 до +1	-0,4	-0,6	-0,3	-0,6	+0,4
Сцепление с мрамором	Контр. обр. №2	Контр. обр. №2	Соответствует контрольному образцу №2				
Сцепление с гранитом Каменногорского месторождения (фр. 5–10 мм)**	-	-	Неудовлетворительное				
Кинематическая вязкость при 135 °С, мм ² /с.	-	≥ 260	431	349	369	414	770
Динамическая вязкость при 60 °С, Па·с	-	≥ 120	233	179	199	211	526
После прогрева в тонкой пленке по методике ASTM D 1754-98:							
Изменение массы, %	-	≤ 0,3	-0,10	-0,20	-0,80	+0,01	-0,50
Пз, % от первоначальной величины	-	≥ 65	65	65	65	68	68
Растяжимость при 25 °С, см	-	≥ 100	96	45	32	> 100	30
Температура хрупкости, °С	-	≤ 15	-17	-	-20	-	-19
Тр. °С	-	-	55	54	55	52	60
Кинематическая вязкость при 135 °С, мм ² /с.	-	-	759	529	655	586	1 338
Динамическая вязкость при 60 °С, Па·с	-	≤ 1300	779	427	731	453	1 999

* По методике ГОСТ 18180, ** по методике ГОСТ 11508, но в режиме бурного кипения воды.

Таблица 2

Результаты испытаний битума дорожного улучшенного марки БДУ 70/100 в пробах, отобранных в строительном сезоне 2007 года [7]

Наименование показателя	ГОСТ 22245-90	Норма по ТУ	Проба от 31.05	Проба от 24.07	Проба от 09.07	Проба от 29.08	Проба от 06.09
Пенетрация, 0,1 мм при: 25 °С	61-90	71-100	73	74	73	70	78
0 °С	≥ 20	≥ 20	29	24	24	26	30
Тр, °С	не ниже 47	не ниже 47	48	49	49	49	49
Растяжимость, см, при: 25 °С	≥ 55	≥ 100	> 140	> 140	> 140	> 140	> 140
0 °С	≥ 3,5	≥ 3,5	> 4,1	> 4,0	> 3,9	> 3,5	> 3,8
Температура хрупкости, °С	не выше -15	-	-20	-20	-20	-20	-22
Температура вспышки, °С	≥ 230	≥ 230	296	290	> 300	> 300	> 300
Изменение Тр после прогрева*, °С	≤ 5	≤ 5	2	2	2	1	1
Индекс пенетрации	От -1 до +1	От -1 до +1	-0,7	-0,4	-0,5	-0,5	-0,3
Сцепление с мрамором	К. обр. №2	К. обр. №2	Соответствует контрольному образцу № 2				
Сцепление с гранитом Каменогорского месторождения (фр. 5 – 10 мм)**	-	-	Неудовлетворительное				
Кинем. вязкость при 135 °С, мм ² /с	-	≥ 260	475	495	485	547	448
Динамическая вязкость при 60 °С, Па.с	-	≥ 120	275	328	306	370	262
После прогрева в тонкой пленке по методике ASTM D 1754-98:							
Изменение массы, %	-	≤ 0,3	-0,29	-0,25	-0,28	-0,30	-0,12
П ₂₅ , % от первоначальной величины	-	≥ 65	74	70	73	69	64
Растяжимость при 25 °С, см	-	≥ 100	> 140	> 140	> 140	> 140	> 140
Температура хрупкости, °С	-	≤ 15	-19	-19	-20	-19	-21
Тр, °С	-	-	52	53	53	54	53
Кинем. вязкость при 135 °С, мм ² /с,	-	-	638	709	736	734	588
Динамическая вязкость при 60 °С, Па.с	-	≤ 1300	653	776	692	965	647

* По методике ГОСТ 18180, ** по методике ГОСТ 11508, но в режиме бурного кипения воды.

2. Использование для битумов марки БНД 60/90 недостаточно качественного сырья, например, нефти с высоким содержанием парафина, а также исходного сырья непостоянного фракционного состава. В пользу этого вывода свидетельствует значительная разница показателей битумов одной и той же марки БНД 60/90.

3. Отсутствие в ГОСТ 22245 регламентируемых испытаний и показателей на старение битума в условиях, приближенных к процессам, происходящим в асфальтосмесительной установке, и как следствие – невозможность достоверно оценить качество полученного битума.

Вторым этапом старения битума является его старение в процессе эксплуатации автомобильной дороги [2, 8].

Основные факторы, вызывающие старение битума в процессе эксплуатации:

- 1) взаимодействие компонентов битума с кислородом воздуха и водой;
- 2) температурные воздействия;
- 3) действие поверхностей минеральных материалов, солей металлов переменной валентности и металлоорганических соединений битума;
- 4) воздействие инфракрасного и ультрафиолетового излучений;
- 5) механические нагрузки.

В процессе старения асфальтобетона, а соответственно и битумного вяжущего, под воздействием вышеперечисленных факторов можно выделить четыре основных стадии: упрочнение структуры, ее стабилизация, начало развития деструкционных процессов и разрушение.

У различных битумов и битумоминеральных композиций длительности периодов могут значительно отличаться: в зависимости от технологии приготовления асфальтобетонной смеси и ее параметров; различных свойств минеральных материалов и характера взаимодействия битума с их поверхностью; интенсивности движения транспортных средств; климатических условий региона и т.д.

Первая стадия старения асфальтобетона характеризуется упрочнением его структуры. Благодаря испарению легких фракций и процессам взаимодействия битума и минеральных материалов (происходит перераспределение активных соединений битума в объеме битумных пленок), повышается концентрация высокомолекулярных соединений – асфальтенов, а также увеличивается количество смол. Как следствие – улучшаются сцепление битума с поверхностью минеральных зерен и коррозионная стойкость асфальтобетона, а также увеличивается вязкость битума, что приводит к усилению прочности и деформативной устойчивости асфальтобетона и повышению когезии битума.

Вторая, самая продолжительная, стадия характеризуется практически неизменностью прочности асфальтобетона. Однако водо- и морозостойкость материала на второй стадии старения снижается [5].

В наиболее устойчивых к старению битумах первый и второй периоды длятся достаточно долго, и их продолжительность сопоставима со сроками службы асфальтобетонных покрытий [1].

Третья и четвертая стадии старения характеризуются резким снижением прочности асфальтобетона,

уменьшением водо- и морозостойкости, ростом водонасыщения материала. В связи с быстрым развитием процессов разрушения, четкой границы между третьей и четвертой стадиями не существует, поэтому для предотвращения обвального разрушения асфальтобетона и своевременного назначения ремонтных мероприятий необходим постоянный мониторинг, на основе которого проводится оценка состояния и прогноз долговечности покрытия.

Проблемы достаточно быстрого выхода из строя асфальтобетонных покрытий в России по-прежнему остаются актуальными. В процессе эксплуатации асфальтобетон подвергается действию множества неблагоприятных факторов: механических, погодноклиматических, однако основной причиной разрушения асфальтобетонных конструкций является старение битума в слое покрытия, которое наиболее интенсивно происходит при приготовлении асфальтобетонной смеси. На основании проведенных исследований, для повышения реального срока службы покрытий достаточно значительно увеличить качество вяжущего.

В старении битума выделяют 2 этапа: технологический и эксплуатационный, более всего старение вяжущего происходит на технологическом этапе. Таким образом, для значительного повышения качества асфальтобетонных покрытий основное внимание необходимо уделить следующим факторам:

- 1) повышению качества исходного сырья – для обеспечения стабильного фракционного состава;
- 2) использованию остаточных битумов вместо окисленных;
- 3) регламентации нормативными документами методик испытаний битума на термостабильность и старение, а также нормированию значений этих показателей битума;
- 4) применению более совершенных технологий приготовления асфальтобетонных смесей, например, смешения под давлением при пониженных технологических температурах и с минимальным доступом кислорода;
- 5) мониторингу состояния асфальтобетона и вяжущего в процессе эксплуатации покрытия.

Статья поступила 02.12.2014 г.

Библиографический список

- 1) Гезенцев Л.Б., Горелышев Н.В., Богуславский А.М., Королев И.В. Дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
- 2) Грушко И.М., Королев И.В. Дорожно-строительные материалы. М.: Транспорт, 1991. 357 с.
- 3) Королев И.В., Финашин В.Н., Фендер В.А. Дорожно-строительные материалы. М.: Транспорт, 1988. 304 с.
- 4) Руденская И.М., Руденский А.В. Реологические свойства битумов. М.: Высшая школа, 1967. 117 с.
- 5) Мазиев В.А. Процессы старения асфальтобетона, его долговечность. Усталостные свойства асфальтобетона. Обеспечение соответствия структуры и свойств асфальтобетона реальным условиям эксплуатации. М.: МАДИ-ГТУ, 2008.
- 6) Скрипкин А.Д., Старков Г.Б., Колесник Д.А. Оценка старения битума в тонких пленках с применением анализатора тонкой хроматографии «latroscan МК-5». М.: ЗАО «Номбус», 15.11.2007 г.
- 7) Худякова Т.С. О нормативных требованиях к дорожному битуму как материалу целевого назначения. М.: ООО Испытательный центр «Дорсервис», 15.11.2007.
- 8) Э-Хим. Старение битума [Электронный ресурс]. URL: <http://studere.ru/2010/10/oglasite-ves-spisok-pozhalujsta/>

УДК 624.074.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОПОР ПО НОВОЙ ПРОГРАММЕ «AUTORSS.02» И СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ПО СУЩЕСТВУЮЩИМ ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСАМ

© Л.С. Сабитов¹, И.Л. Кузнецов²

¹Казанский государственный энергетический университет, 420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51.

²Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, 1.

Рассматривается практическая реализация оригинальной аналитико-численной методики определения напряженно-деформированного состояния слабokonичного одиночного стержня для опор линий электропередачи (ЛЭП), ветрогенераторных установок. Приводятся три конкретных примера расчета и результаты, полученные

¹Сабитов Линар Салиханович, кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий и энергоресурсосберегающих технологий, заведующий учебно-исследовательской лабораторией «Прочность, надежность конструкций», тел.: 89272495078, e-mail: sabitov-kgasu@mail.ru

Sabitov Linar, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Enterprise Power Supply and Resource-Saving Technologies, Head of the Research Laboratory "Durability and Reliability of Structures", tel.: 89272495078, e-mail: sabitov-kgasu@mail.ru

²Кузнецов Иван Леонидович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлических конструкций и испытания сооружений, тел.: 89872963234, e-mail: kuz377@mail.ru

Kuznetsov Ivan, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Metal Structures and Construction Tests, tel.: 89872963234, e-mail: kuz377@mail.ru

при помощи программы ЭВМ «AutoRSS.02».

Ключевые слова: опора ЛЭП; тонкостенный конический стержень; опора для ветрогенераторной установки; напряженно-деформированное состояние стержня эллиптического сечения.

DETERMINATION OF SUPPORT STRESS-STRAIN STATE BY THE NEW PROGRAM "AUTORSS.02" AND COMPARISON OF CALCULATION RESULTS BY EXISTING SOFTWARE SYSTEMS

L.S. Sabitov, I.L. Kuznetsov

Kazan State Power Engineering University,

51 Krasnoselskaya St., Kazan, 420066, Russia.

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering,

1 Zelenaya St., Kazan, 420043, Russia.

The paper deals with the practical implementation of the original numerical analytical methods to determine the stress-strain state of a single weak conical rod for power transmission towers and wind generator installations. It provides three specific calculation examples and the results obtained by means of the computer program «AutoRSS.02».

4 figures. 3 tables. 7 sources.

Keywords: power transmission tower; thin-walled conical rod; support for a wind generator installation; stress-strain state of the rod of elliptical cross-section.

Для практической реализации аналитико-численной методики, предложенной авторами ранее [1–5], решим следующую задачу. Определим напряженно-деформированное состояние (НДС) вертикальной стойки опоры ЛЭП, представляющей собой конический тонкостенный стержень переменного замкнутого эллиптического сечения.

Приведем примеры расчета стержней переменного замкнутого сечения на устойчивость и напряжения. Все значения были получены на оригинальном программном продукте «AutoRSS.02» [2], который позволяет определить компоненты НДС стержня, представляющего собой слабоконический стержень переменного сечения. Рассмотрим три примера определения НДС по предлагаемой методике.

Пример 1. Вертикальная консольная стойка имеет форму тонкостенного, естественно закрученного, усеченного конического стержня эллиптического сечения. Размеры нижнего сечения больше, чем размеры верхнего. При переходе от верхнего торца к нижнему ГЦО (главные центральные оси) сечений поворачиваются на $+90^\circ$ (против часовой стрелки, взгляд сверху). Изменение угла естественного угла закручивания принимается линейным:

$$\alpha(z) = \frac{\pi}{2L} \cdot (z - z_0), \alpha'(z) = \frac{\pi}{2L} = \text{const}; \quad (1)$$

где z_0 – координата верхнего сечения; начало $z = 0$ помещено в вершину условного неусеченного конуса, не обладающего естественной закрученностью; L – длина стержня (расстояние от сечения z_0 до нижнего торца $z = z_1$). Стержень сжимается центрально приложенной продольной силой; ищется критическое сжимающее напряжение на верхнем торце стержня и, соответственно, критическая сжимающая сила.

Примечание: как показали расчеты, в данном примере учет нормативного эксцентриситета

$$e_x^0 = \frac{i_y}{20} + \frac{L}{750}, e_y^0 = \frac{i_x}{20} + \frac{L}{750} \text{ приводит к понижению критической нагрузки не более, чем на } 0,5\%.$$

Для решения задачи используем уравнения, учитывая естественную закрученность стержня [1, 7]:

$$\begin{aligned} EJ_\omega \phi^{IV} + EJ_\omega \phi''' + k_1 \phi'' + k_2 \phi' + k_3 \phi - p(x_0 - e_x)v'' + p(y_0 - e_y)u'' &= 0, \\ EJ_y \cdot [u'' - 2\alpha'v' - (\alpha')^2 u - v\alpha''] + p \cdot u(z) + p[y_0(z) - e_y(z)]\phi(z) + \\ + (z - z_0) \cdot [C_1 \cos \alpha(\bar{z}) + C_3 \sin \alpha(\bar{z})] + [C_2 \cos \alpha(\bar{z}) + C_4 \sin \alpha(\bar{z})] &= 0, \\ EJ_x \cdot [v'' - 2\alpha'u' - (\alpha')^2 v - u\alpha''] + p \cdot v(z) + p[-x_0(z) - e_x(z)]\phi(z) + \\ + (z - z_0) \cdot [C_3 \cos \alpha(\bar{z}) + C_1 \sin \alpha(\bar{z})] + [C_4 \cos \alpha(\bar{z}) + C_2 \sin \alpha(\bar{z})] &= 0, \text{ где } \bar{z} = z - z_0, \end{aligned} \quad (2)$$

$$k_3 = p \left[x''_0(x_0 - e_x) + y''_0(y_0 - e_y) \right] - 2p(\alpha')^2 [e_x(x_0 - R_y) + e_y(y_0 - R_y) + e_y(y_0 - R_x) + r_0^2 / 2],$$

$$R_x = \frac{1}{2J_x} \cdot \iint_F y(x^2 + y^2) dF, R_y = \frac{1}{2J_y} \cdot \iint_F x(x^2 + y^2) dF, r_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + (J_x + J_y) / F.$$

В нашем случае координаты центров изгиба сечений – нули:

$$x_0(z) = y_0(z) \equiv 0$$

и для дважды симметричных сечений величины:

$$R_x(z) = R_y(z) \equiv 0.$$

Тогда

$$\begin{aligned} r_0^2 &= (J_x + J_y) / F \equiv 0, k_1(z) = -C + p \cdot r_0^2, \\ k_2(z) &= -C'(z), k_3(z) = -p \cdot (\alpha')^2 \cdot r_0^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Пусть эллипс (контурная линия) в сечении z имеет диаметры $2a$ и $2b$ (размеры полуосей, соответственно, a и b , диаметр $2a$ лежит на оси X).

Геометрические характеристики сечения подсчитываем по формулам:

$$J_x \approx \frac{\pi b^2 t}{4} \cdot (3a + b), J_y \approx \frac{\pi a^2 t}{4} \cdot (3b + a), \quad (4)$$

где удержаны степени t не выше первой, t – постоянная толщина оболочки; площадь сечения:

$$F \approx \pi \cdot t \cdot (a + b);$$

$$\text{радиусы инерции: } i_x = \sqrt{J_x / F} \approx \frac{b}{2} \cdot \sqrt{\frac{3a + b}{a + b}}; i_y = \sqrt{J_y / F} \approx \frac{a}{2} \cdot \sqrt{\frac{3b + a}{a + b}}.$$

$$\text{полная длина контура: } l \approx \pi \cdot t \cdot (a + b) \left(1 + \frac{\lambda^2}{4} + \frac{\lambda^4}{64} + \frac{\lambda^6}{256} + \frac{25 \cdot \lambda^8}{16384} + \dots \right); \lambda = \frac{a - b}{a + b},$$

удвоенная площадь эллипса внутри контура: $\Omega = 2\pi ab$.

При расчете секториальных характеристик полезными могут быть формулы ($-a \leq x \leq a$; $a \geq b$):

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, y = b \cdot \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2}}, r = \sqrt{x^2 + y^2}, ds \approx \Delta s = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}.$$

Точные формулы для подсчетов моментов инерции:

$$\begin{aligned} J_x &= 2 \cdot \int_{x=-a}^{x=+a} y^2(x) \cdot dF = 2 \cdot \int_{x=-a}^{x=+a} y^2(x) \cdot t \cdot ds = 2 \cdot \int_{x=-a}^{x=+a} y^2(x) \cdot t \cdot \sqrt{dx^2 + dy^2} = \\ &= 2 \cdot b^2 t \cdot \int_{-a}^{+a} \sqrt{\left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)^2 + \frac{b^2 x^2}{a^4} \cdot \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)} \cdot dx; \\ J_y &= 2 \cdot a^2 t \cdot \int_{-b}^{+b} \sqrt{\left(1 - \frac{x^2}{b^2}\right)^2 + \frac{a^2 x^2}{b^4} \cdot \left(1 - \frac{x^2}{b^2}\right)} \cdot dx. \end{aligned} \quad (5)$$

Подсчет интегралов (5) методом Симпсона ($NN = 100$) при $a = 25$, $b = 12.5$, $t = 0.6$ (см) показал, что формулы (4) дают занижение моментов инерции на $2 \div 4\%$.

Далее вычисляем величины с полюсом в центре тяжести сечения и с началом отсчета дуг $s = 0$ на оси X :

$$J_p = \Omega^2 \cdot t / l; J_d = \oint r^2 \cdot t \cdot ds; \bar{s} = \frac{1}{l} \cdot \int_0^s ds; \omega = \int_0^s r \cdot ds; \omega_* = \omega - \Omega \cdot \bar{s};$$

$$\varpi = \omega_* - \frac{1}{F} \cdot \oint \omega_* \cdot t \cdot ds; S = \int_0^s \varpi \cdot t \cdot ds - \frac{1}{\Omega} \cdot \oint r \cdot \left(\int_0^s \varpi \cdot t \cdot ds \right) \cdot ds.$$

Подсчитываем основные функции $f_1, \dots, f_5$:

$$f_1(z) = E \cdot \oint \varpi^2(z, s) \cdot t \cdot ds, f_2(z) = \frac{E^2}{G} \cdot \oint \bar{S}^2(z, s) \cdot \frac{ds}{t},$$

$$f_3(z) = \frac{E}{G \cdot \Omega(z)} \cdot \oint \bar{S}^2(z, s) \cdot \frac{ds}{t}, f_4(z) = \frac{J_p(z)}{J_p(z) - J_d(z)}, f_5(z) = \frac{1}{G \cdot [J_p(z) - J_d(z)]}.$$

Через функции $f_1, \dots, f_5$ вычисляем дополнительные функции $f_6, \dots, f_{19}$ по формулам.

В первом уравнении системы (1) и в коэффициентах (3) делаем замены:

$$EJ_{\omega}\phi \rightarrow f_{13}(z), EJ_{\omega}'(z) \rightarrow f_{14}(z) = f_{13}'(z), -C(z) \rightarrow f_{15}(z), -C(z) \rightarrow 0.$$

Кроме того, в коэффициентах $k_1(z)$, $k_2(z)$ (3) и в двух последних членах крутильного уравнения системы (1) делается замена $p \rightarrow -pf_{19}(z)$.

После сделанных замен для решения системы уравнений (1) используем численные процедуры решения, которые обсуждались ранее.

Параметры оболочки: $L = 10$ м – высота усеченного конуса; $H = 12.5$ м – высота условного неусеченного конуса без естественной закрученности; отношение полуосей эллипса в каждом сечении $a(z)/b(z) = 2$; полуоси опорного сечения $a_1 = 25$ см, $b_1 = 12.5$ см; полуоси верхнего сечения $a_0 = 5.0$ см, $b_0 = 2.5$ см; при этих размерах получаем угол поперастора конструктивно-незакрученного конуса $\gamma = 1.15^\circ$ (вдоль длинной образующей); толщина оболочки $t = 0.6$ см.

Материал оболочки – сталь: $E = 2.1 \cdot 10^6$ кгс/см²; $G = 8.1 \cdot 10^5$ кгс/см²; $\mu = (E/2G) - 1 = 0.2963$. В соответствии с замечаниями в первом уравнении (1) вместо модуля E используем его уточненное значение:

$$\bar{E} = E \cdot \frac{\mu^{-2}}{\mu^{-2} - 1} \approx 2.3 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2.$$

В промежуточных сечениях по формулам поворота имеем:

$$e_x(z) = e_y^0 \cdot \sin \alpha(z) + e_x^0 \cdot \cos \alpha(z), e_y(z) = e_y^0 \cdot \cos \alpha(z) - e_x^0 \cdot \sin \alpha(z).$$

Граничные условия для крутильного уравнения (первые уравнения в системе (1)). Для изгибных уравнений граничные условия записываются в традиционной форме.

Жесткая заделка: $u=v=0$; $u'=v'=0$

Неподвижный шарнир: $u=v=0$; $M_x=M_y=0$ (или $M_x=p \cdot e_x^0$; $M_y=p \cdot e_y^0$); выражения для моментов даны формулами (6):

$$a) M_x(z_0) \neq 0, \alpha, EJ_x(z_0) \cdot [v'' + 2\alpha u' - (\alpha')^2 v + u\alpha'']_0 = p \cdot e_y^0;$$

$$б) M_y(z_0) \neq 0, \alpha, EJ_y(z_0) \cdot [u'' + 2\alpha v' - (\alpha')^2 u + v\alpha'']_0 = p \cdot e_x^0;$$

$$в) Q_x(z_0) \neq 0, \alpha, \frac{dM_y(z)}{dz} + \beta_u \cdot p \cdot u'(z_0) = Q_x^0; \quad (6)$$

$$г) Q_y(z_0) \neq 0, \alpha, \frac{dM_x(z)}{dz} + \beta_v \cdot p \cdot v'(z_0) = Q_y^0; \quad \beta_{u,v} = \pm 1;$$

Знаки для $\beta_{u,v} = \pm 1$ выбираются так, чтобы критическая нагрузка на стержень при вычислениях получалась наименьшей. Производные от моментов в формулах (в) и (г) – производные от левых частей формул (а) и (б). Напомним также, что в двух изгибных уравнениях (1) константы интегрирования $C_1, \dots, C_4$ при решении задачи методом конечных разностей в число алгебраических неизвестных, и поэтому эти уравнения записываются не только во внутренних узлах области интегрирования, но и в торцевых сечениях.

Геометрические характеристики сечений и значения функций $f_{13}, f_{14}, f_{15}, f_{19}$ приведены в табл. 1. Значение z отсчитывается от вершины условного неусеченного конуса; $\alpha(z)$ – угол естественного закручивания стержня. Выражение $0.64750(+10)$ означает $0.64750 \cdot 10^{10}$.

Функции f_k подсчитаны при разбиении стержня на $NN=400$ отрезков. Расчеты также показали, что при подсчете функции f_k можно полагать равными нулю производные $f_4(z)$ и $f_5(z)$ – функции таблицы – (1) при этом не изменяются; данный факт – дополнительный аргумент в пользу корректности перехода от соотношения к соотношению для сечений со слабой коничностью.

Таблица 1

Геометрия стержня и функция f_k

Z(см)	J _x (см ⁴)	J _y (см ⁴)	F(см ²)	α(рад)	f ₁₃	f ₁₄	f ₁₅	f ₁₉
250	51.542	147.26	14.137	0	0.64750(+10)	0.18683(+9)	-0.61830(+9)	16.116
500	412.33	1178.1	28.274	0.3927	0.82880(+12)	0.11779(+11)	-0.19786(+11)	18.411
750	1391.6	3976.1	42.412	0.7854	0.14161(+14)	0.13350(+12)	-0.15025(+12)	22.994
1000	3298.7	9424.8	56.549	1.1781	0.10609(+15)	0.74820(+12)	-0.15025(+12)	29.866
1250	6442.7	18408	70.686	1.5708	0.50586(+15)	0.28495(+13)	-0.19322(+13)	39.021

Таблица 2

Критические напряжения $\sigma_{кр}$ (кгс/см²) при продольном сжатии

	С+3		Ш+Ш		Ш+3		3+3	
NN	закруч.	незакруч.	закруч.	незакруч.	закруч.	незакруч.	закруч.	незакруч.
50	765.53	587.13	1065.05	1034.81	2448.82	2023.76	4764.40	3884.09
100	722.88	575.43	1065.32	1035.45	2452.50	2026.79	4789.96	3903.42
200	706.30	572.27	1065.33	1035.61	2453.44	2027.56	4796.24	3908.17
400	699.24	571.45	1065.41	1035.66	2453.67	2027.76	4797.81	3909.36
800	695.74	571.04	–	–	–	–	–	–

В табл. 2 приведены значения критических сжимающих напряжений на верхнем торце. Площадь верхнего сечения $F \approx 14.14 \text{ см}^2$. Для сравнения приведены результаты расчетов для естественно закрученного стержня, не обладающего естественной закрученностью. Расчеты проводились для четырех вариантов закрепления торцов: свободный торец и заделка (С+3); шарнирное закрепление обоих торцов (Ш+Ш); шарнир и заделка (Ш+3); две заделки (3+3). Во всех случаях для шарнирно опертого торца считалось, что торец свободен для деформации ($\varphi''(z)=0$). Параметр NN – число отрезков стержня при решении уравнений методом конечных разностей.

Результаты расчетов, приведенные в табл. 2, показывают, что для всех вариантов закрепления торцов естественно закрученный стержень более устойчив, чем его оппонент. Для решения задачи во всех случаях достаточно в расчетах разбивать стержень на 200 равных отрезков; изменения критической нагрузки при дальнейшем дроблении сетки до NN=800 составляет $0.5 \div 1.5\%$.

Пример 2. Для оценки прочности стержня при различных внешних нагрузках необходимо знать напряжения в его сечениях. Приведем пример подсчета напряжений для стержня, не обладающего естественной закрученностью, и нагруженного на свободном торце крутящим моментом.

Рассмотренный выше (при $\alpha(z)=0$) стержень жестко зашпелен на нижнем торце и имеет свободный верхний торец (С+3). Стержень нагружен на верхнем торце крутящим моментом $M_z^0 = 30 \text{ кгс} \cdot \text{м}$. Бимомент на свободном торце принят нулевым ($\varphi''(z)=0$).

Даже если на свободном торце бимомент равен нулю и нет самоуравновешенной касательной нагрузки (напряжений), кручение стержня переменного сечения не будет свободным. Оно будет стесненным, хотя поправки в НДС от стесненной деформации для стержней малой коничности, как правило, невелики.

В данном примере при решении уравнений методом конечных разностей стержень делится в продольном направлении на NN=200 равных отрезков.

Для стержня переменного сечения производные $\varphi''(z)$ и $\varphi'''(z)$ не тождественны нулю, и, соответственно, возникают деформационные нормальные и касательные напряжения. Функция $\varphi''(z)$ характеризует изменения максимального значения напряжений $\sigma_{\omega}(z,s)$ вдоль оси Z. Координата z отсчитывается от условной вершины неусеченного конуса; расстояние от верхнего торца до рассматриваемого сечения в этом случае $\tilde{z} = z - 250 \text{ (см)}$.

Напряжения σ_{ω} – быстро изменяющаяся вдоль оси Z и осциллирующая функция. Скорость затухания этих напряжений при удалении от верхнего конца невелика, но существует множество сечений, где нормальные напряжения от деформации вообще отсутствуют ($\varphi''(z)=0$). Можно ожидать, что максимальные напряжения σ_{ω} возникают вблизи верхнего торца. Дополнительные расчеты показали, что максимальные значения $|\sigma_{\omega}| \approx 7.16 \text{ кгс/см}^2$ возникают в сечениях, удаленных от верхнего торца на расстояние $\tilde{z}$ в интервале от 0.0 до 10.0 см. Аналогичная картина наблюдается в отношении касательных напряжений $\tau_{\omega}(z,s)$, связанных с третьей производной от угла закручивания.

Характер распределения напряжений $\sigma_{\omega}(z,s)$ и $\tau_{\omega}(z,s)$ вдоль контурной координаты s показан на рис. 1. Положительные и отрицательные напряжения отложены на наружной стороне эллипса. Обе системы напряжений являются самоуравновешенными.

Пример 3. Тот же стержень нагружен бимоментом на верхнем, свободном, торце. Внешний крутящий момент отсутствует. Граничные условия для угла закручивания на верхнем торце

$$\phi'(z_0) = \frac{M_{kp}}{GJ_p} = 0; \phi''(z_0) = \varepsilon = 0.25 \cdot 10^{-4} (1/\text{см}^2). \quad (7)$$

Задается константа ε в (5), по формуле

$$\sigma_z^{\omega}(z,s) = -E \cdot \phi''(z_0) \cdot \varpi(z,s),$$

строится эпюра напряжений $\omega z(z_0,s)$, аналогичная рис. 1. Имея эту эпюру, можно смоделировать статически эквивалентную нагрузку на торце в виде четырех или более разнонаправленных продольных сил. Именно такая модель использовалась при тестировании нашего решения методом конечных элементов.

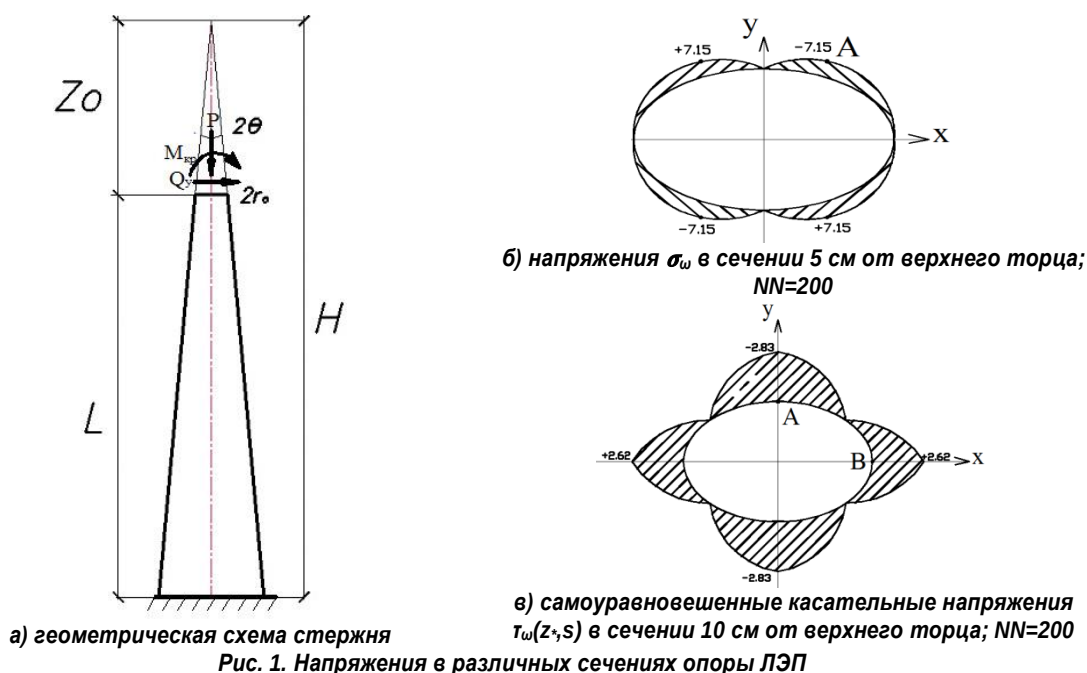
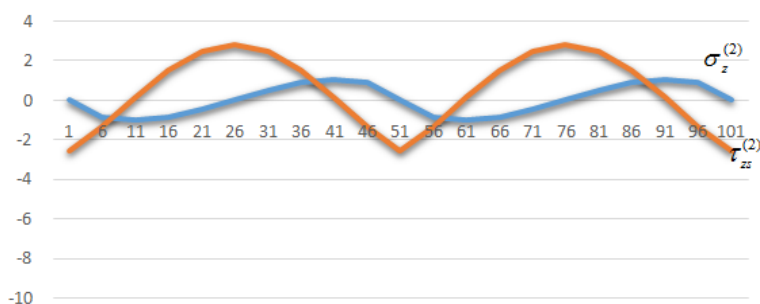
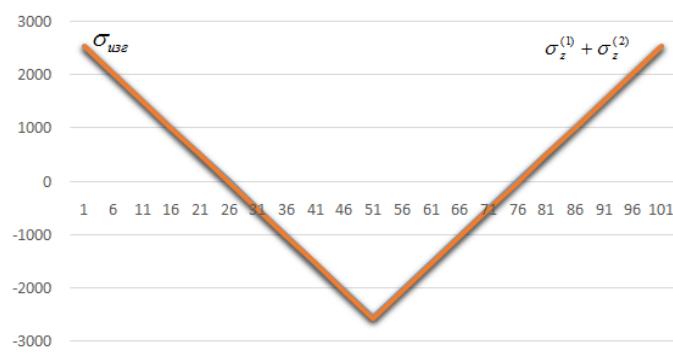


Рис. 1. Напряжения в различных сечениях опоры ЛЭП

Для проверки корректности предложенных уравнений и теории в целом [1, 5] полученные нами решения дублировались решениями методом конечных элементов в программном комплексе Autodesk Inventor. При разбиении стержней на 200 отрезков расхождения в критических нагрузках и напряжениях при расчетах двумя методами не превышали 2%.

В табл. 3 приводятся значения параметров НДС опоры линии электропередачи, выполненной из слабokonического стержня замкнутого сечения (рис. 1а), полученные на программе «AutoRSS.02» и Autodesk Inventor, где $\sigma_z^{(1)} + \sigma_z^{(2)}$ – суммарные нормальные напряжения; $\tau_{zs}^{(1)} + \tau_{zs}^{(2)} + \tau_{zs}^{(3)}$ – касательные напряжения от сжатия, изгиба и стесненной деформации. Параметр j – номер точек контура при отсчете от оси OX против часовой стрелки. При $j = 1, j = 51, j = 101$ точка лежит на оси OX ; при $j = 26$ и $j = 76$ – на оси OY . Как видно из таблицы, отклонения являются незначительными и находятся в пределах 1.4 и 0,6% для нормальных и касательных напряжений соответственно.


 Рис. 2. Графики зависимости j от нормальных и касательных напряжений от стесненной деформации

 Рис. 3. Графики зависимости j от напряжений изгиба и суммарные напряжения сжатия и изгиба стесненной деформации

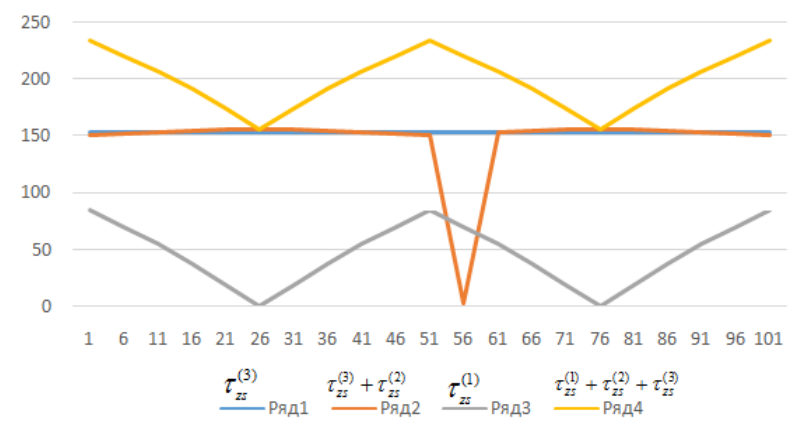


Рис. 4. Графики зависимости j от касательных напряжений от стесненной деформации, касательных напряжений от свободного кручения и суммарные напряжения изгиба и стесненной деформации

Таблица 3

Значения параметров НДС опоры линии электропередачи, выполненной из слабоконического стержня замкнутого сечения

j	AutoRSS.02		Autodesk Inventor		Отклонение, %	
	$\sigma_z^{(1)} + \sigma_z^{(2)}$	$\tau_{zs}^{(1)} + \tau_{zs}^{(2)} + \tau_{zs}^{(3)}$	$\sigma_z^{(1)} + \sigma_z^{(2)}$	$\tau_{zs}^{(1)} + \tau_{zs}^{(2)} + \tau_{zs}^{(3)}$	$\sigma_z^{(1)} + \sigma_z^{(2)}$	$\tau_{zs}^{(1)} + \tau_{zs}^{(2)} + \tau_{zs}^{(3)}$
1	2532.37	234.39	2530.26	233.67	0.083	0.307
6	2020.15	221.15	2018.14	220.63	0.099	0.235
11	1508.67	207.22	1507.61	206	0.070	0.589
16	997.48	191.33	994.47	191.01	0.302	0.167
21	486.51	173.92	485.01	173.3	0.308	0.356
26	-24.33	155.39	-24.83	154.97	-2.055	0.270
31	-535.18	173.92	-538.19	173.6	-0.562	0.184
36	-1046.15	191.33	-1047.92	190.88	-0.169	0.235
41	-1557.33	207.22	-1558.67	206.35	-0.086	0.420
46	-2068.82	221.15	-2070.36	220.43	-0.074	0.326
51	-2581.04	234.39	-2582.69	234.0448	-0.064	0.147
56	-2070.58	221.15	-2071.48	220.607	-0.043	0.246
61	-1559.38	207.22	-1561.93	206.72	-0.164	0.241
66	-1047.88	191.33	-1051.38	191.1	-0.334	0.120
71	-536.16	173.92	-537.22	173.39	-0.198	0.305
76	-24.33	155.39	-24.67	154.89	-1.397	0.322
81	487.50	173.92	486.16	173.2	0.275	0.414
86	999.21	191.33	997.51	190.83	0.170	0.261
91	1510.71	207.22	1509.01	206.62	0.113	0.290
96	2021.91	221.15	2020.35	220.75	0.077	0.181
101	2532.37	234.39	2531.14	234.09	0.049	0.128

Выводы

Для практических расчетов НДС стержня переменного сечения, согласно полученным выражениям, разработан программа «AutoRSS.02» для ЭВМ. Расчеты, проведенные по указанной программе, показали хорошую сходимость (до 2%) с результатами, полученными по известному вычислительному комплексу «Autodesk Inventor», реализующему метод конечных элементов.

«AutoRSS.02» создана для решения частной задачи и во много раз упрощает процесс ввода данных и расчета НДС опоры ЛЭП по сравнению с известными программами.

Статья поступила 04.12.2014 г.

Библиографический список

1. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Богданович А.У. Напряженно-деформированное состояние слабokonичного стержня переменного сечения // Вестник ИргТУ. 2014. № 7 (90). С. 71–79.
2. Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Богданович А.У. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014617349 от 17.07.2014. Заявка № 2014614903 от 26.05.2014: «AutoRSS.02».
3. Богданович А.У., Кузнецов И.Л. Продольное сжатие тонкостенного стержня переменного сечения при различных вариантах закрепления торцов // Известия вузов. Строительство. 2005. № 10. С. 19–25.
4. Сабитов Л.С., Хамидуллин И.Н., Кузнецов И.Л., Ильин В.К. К вопросу о рациональности применения опор линий электропередачи из многогранных гнутых стоек // Энергетика Татарстана. 2014. № 1 (33). С. 43–47.
5. Хамидуллин И.Н., Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Ильин В.К. К вопросу об определении напряженно-деформированного состояния опоры линии электропередачи // Энергетика Татарстана. 2014. № 3 (35). С. 94–98.
6. Богданович А.У., Кузнецов И.Л. Прочность и устойчивость тонкостенных стержней непрерывно-переменного сечения при продольном сжатии // Известия Тульского ГУ. Строительные материалы, конструкции и сооружения. 2003. № 4. С. 101–111.
7. Богданович А.У., Абдюшев А.А. Устойчивость стержня переменного эллиптического сечения при продольном сжатии // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2006. № 2 (6). С. 38–41.

УДК 72.012:699,841

**ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ ПРИЕМОВ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ
г. ИРКУТСКА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ**© О.И. Саландаева¹

Институт Земной коры СО РАН,
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.
Иркутский государственный технический университет,
6640074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Представлены и проанализированы данные по исследованию развития территории Иркутска, типологии и состоянию жилой застройки города с учетом инженерно-геологических и гидрологических условий территории в условиях высокой сейсмичности. Дана оценка сейсмостойкости некоторых типов существующих жилых зданий на основе исследований, проведенных в Институте земной коры СО РАН.

Ключевые слова: территориальное зонирование; жилая застройка; сейсмическое районирование; природные опасности; сейсмичность; жилое здание; планировочная структура жилого здания; класс сейсмостойкости зданий.

**FORMATION OF ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTIVE TECHNIQUES FOR IRKUTSK
RESIDENTIAL DEVELOPMENT UNDER CONDITIONS OF HIGH SEISMICITY**

O.I. Salandaeva

Institute of the Earth's Crust SB RAS,
128 Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.
Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper presents and analyzes some research data having to do with the development of the Irkutsk city territory, typology and condition of urban residential buildings with regard to the engineering, geological and hydrological conditions of the highly seismic area. The earthquake resistance of several types of existing residential buildings has been evaluated on the basis of the researches carried out in the Institute of the Earth's Crust SB RAS.

Keywords: land zoning; residential development; seismic zoning; natural hazards; seismicity; residential building; residential building planning structure; earthquake resistance class of buildings.

Введение

Основные этапы развития города Иркутска определены историко-экономическими условиями. Географическое положение Иркутска и направления коммуникационных путей в период освоения Сибири явились основными предпосылками его начального становления: 1661 г. – основание Иркутского острога; образование посада вокруг острога; полная перестройка острога с увеличением его размеров в 1669 и

1693 гг.; 1682 г. – Иркутск становится центром самостоятельного воеводства; 1686 г. – Иркутск приобретает статус города.

Формирование городской ткани Иркутска обусловлено рядом обстоятельств: темпы и направления освоения территорий; социально-экономические преобразования; развитие промышленности; сложные природно-климатические условия и особенности антропогенной деятельности, и в итоге, при увеличении

¹Саландаева Ольга Ивановна, главный специалист лаборатории сейсмостойкого строительства, доцент кафедры архитектуры и градостроительства ИргТУ, тел.: 89025100491, e-mail: saland@crust.irk.ru
Salandaeva Olga, Chief Specialist of the Laboratory of Earthquake Resistant Construction, Associated Professor of the Department of Architecture and Town Planning ISU, tel.: 89025100491, e-mail: saland@crust.irk.ru

плотности и этажности застройки, все большее значение приобретает сейсмическое воздействие.

Защита населения от стихийных бедствий, в том числе от разрушительных землетрясений, является одной из наиболее актуальных задач современной цивилизации. Последствиями землетрясений являются человеческие жертвы (погибшие и раненые); экономический ущерб (повреждения и разрушения зданий и сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, промышленных и сельскохозяйственных предприятий); негативные последствия вторичных проявлений землетрясений (экологические катастрофы, разрывы материально-экономических связей в регионе); расход значительных средств на восстановительные мероприятия.

В рамках Федеральной целевой программы «Повышение устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации на 2009–2013 годы» по теме «Разработка территориальных схем оценки уровня риска и сейсмостойкости зданий и сооружений» ИСК СО РАН были проведены исследования жилой застройки города Иркутска, выполненной по типовым проектам зональных серий и типичным для областного центра проектам массового строительства жилых зданий.

Территориальное зонирование и планировочная структура селитебных территорий города

В начале XVIII в. в планировочной структуре города явно выделялись две части: «малый город» – острог с окружавшей его застройкой – административный центр «обширной Иркутской провинции» и «большой город» – посад с его хаотичной застройкой – торгово-экономическая часть города (рис. 1). Посад изначально представлял собой усадебную бессистемную застройку на удобных участках с учетом ориента-

ции окон домов на юг. Последующая застройка развивалась по трем возможным направлениям от острога, учитывала ориентацию домов на сформировавшиеся к тому времени проезды, которые и образовали улицы. Система улиц (ныне исторического центра) состоит из проездов, повторяющих очертание береговой линии, и пересекающих их проездов, которые соединяют окраины с центром. Строились первые «запалисадные» ряды кварталов.

Начиная с 1764 г. Иркутск был центром края, включавшего всю северо-восточную территорию России до Тихого океана. Стремительное развитие города привело к необходимости административного контроля. В том же 1764 г. введены первые меры по упорядочению застройки Иркутска. В конце века был разработан первый генеральный план города (утвержден в 1792 г.), который включал решения: по планировке, функциональному зонированию, по застройке с указаниями вести строительство «по представленным при сем примерным фасадам». Появились первые нормативные положения по застройке территории города. В начале XIX в. вышло предписание вести застройку хотя бы главных улиц с особыми требованиями, улучшающими их эстетический и архитектурный облик (рис. 2). Предписание о застройке привело к зонированию города по социально-экономическому признаку, т.к. предъявленные требования (этажность, строительные материалы, соответствие «примерным фасадам» и др.) к строительству зданий в центральной части города были доступны не для каждого застройщика. Как следствие, началась дифференциация стоимости земли в зависимости от местоположения земельных участков. В первой половине XIX в. устойчиво проявилось строительство зданий с помещениями разного функционального назначения (жилые, торговые, административные и др.).

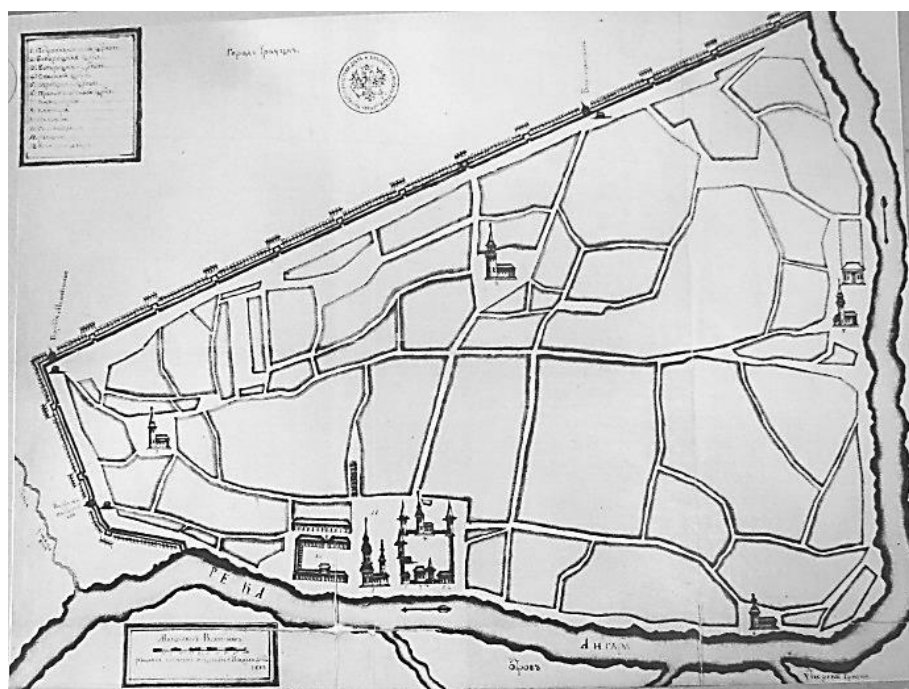
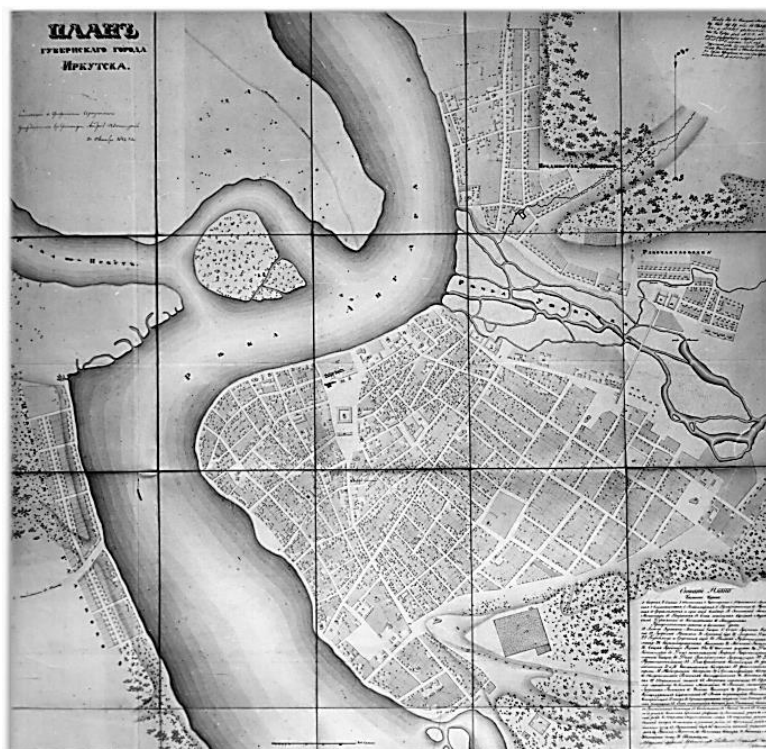


Рис. 1. План г. Иркутска 1729 г.



План губернского города Иркутска...1843.РГИА, ф. 1293, оп.166, д. 8.

Рис. 2. План губернского г. Иркутска 1843 г.

Самое ощутимое землетрясение – катастрофическое Цаганское землетрясение 12 января 1862 года, которое ощущалось в Иркутске интенсивностью 7–8 баллов (на разных территориях города интенсивность зависела от сейсмического направления и грунтовых условий). Предшествующие этому землетрясению толчки 11 января (7 баллов, 3 балла, 6 баллов) вызвали многочисленные повреждения преимущественно каменных конструкций зданий. При землетрясении 12 января растрескался лед на реках Ангара и Ушаковке; в городе растрескалась мерзлая земля; в каменных зданиях появлялись значительные трещины (в частности, в церквях – зияющие) и разрушения в сводах и арках над проемами; в здании мужской гимназии пристрой отделился от главного здания; наблюдались повреждения деревянных построек и др. Кроме разрушений, значительным проявлением сильного сейсмического события явилась реакция людей – страх, который испытали жители. Он заставил их покинуть дома и не позволял возвращаться назад 2–3 суток, что при низкой зимней температуре не могло не отразиться на здоровье людей [2]. Важным требованием при строительстве осознается обеспечение устойчивости зданий при землетрясениях.

В 1879 г. в Иркутске произошел пожар (с огромными утратами), после которого была частично откорректирована и упорядочена квартальная застройка и увеличена центральная часть города. Произошло укрупнение кварталов, появились новые площади. Городская дума определила нормативную ширину главных и второстепенных улиц. Была выделена «зона каменной застройки». После пожара 1879 г. началось массовое строительство каменных зданий, которые вытесняли деревянную застройку к периферии,

план города претерпел некоторые усовершенствования и во многом сохранил свои очертания до конца XX века. Опыт строительства на активном рельефе был приобретен при застройке Иерусалимской горы. Планировочная структура центра Иркутска в целом сохранила до наших дней свой самобытный характер.

В 1970 г. Иркутск был отнесен к категории исторических городов. Перед проектировщиками жилых и общественных зданий в центре города были поставлены задачи творческого использования архитектурных традиций, органического сочетания исторического наследия и современного строительства.

Развитие города после Октябрьской революции характерно индустриализацией, в т.ч. строительством дешевого однотипного жилья, обеспеченного инженерным оборудованием (благоустроенные дома). Интенсивное развитие промышленных производств советского периода привело к расширению территории города. Появились новые районы, развивающиеся по направлению на запад (Ленинский р-н) и юго-восток (Свердловский р-н). В результате город был расчленен на удаленные друг от друга части. Ленинский район отделен от центральной части города болотами. Фрагмент района – Иркутск II – имеет коттеджную застройку европейского типа. Индустриальная строительная база ограничила проектировщиков рамками типового домостроения (в т.ч. унификацией и стандартизацией строительства панельных зданий).

В своем развитии город прошел характерные для многих сибирских городов, расположенных на крупных водных артериях, стадии: зарождение ядра на одном берегу, его развитие, появление поселений на противоположном берегу. Развивалась транспортная связь между берегами: понтонный мост летом, переправа по

льду зимой, объединение застройки на обоих берегах в единую градостроительную структуру с устройством постоянных транспортных связей. В настоящее время в областном центре действуют четыре мостовых перехода через Ангару (в том числе – по плотине Иркутской гидроэлектростанции).

Природным географическим «крестом», на котором «держится» весь генплан города, служит система рек Ангара – Иркут – Ушаковка. Структура города разорвана. Поймы рек, неблагоприятные для застройки по условиям сейсмического микрорайонирования и особенностям исторического развития, расчленили его на удаленные одна от другой части. Быстрый рост компактности городу не прибавлял. Жилищный фонд во второй половине XX в. увеличился преимущественно за счет строительства на свободных территориях пятиэтажных жилых домов с невысокой плотностью с большими, недостаточно благоустроенными придомовыми пространствами. В этих условиях возникла проблема рационального использования городских территорий. Основным средством ее решения явилось ограничение «центростремительных» тенденций в развитии города и повышение плотности застройки с соблюдением норм, в т.ч. сейсмостойкого строительства (действующих в соответствующие периоды строительства).

Практически эти задачи были решены в проекте детальной планировки жилого района Верхний бьеф. Застройка полуострова Иркутского водохранилища, нанизанная на коммуникационную ось – центр города – озеро Байкал, является примером «шлейфовой структуры» крупного города. Благоприятные экологические условия, с одной стороны, и повышенная сейсмичность прибрежной полосы – с другой, продиктовали необходимость интенсификации использования территории. Повышенная плотность вдоль «коммуникационного стержня», снижение плотности к периферии, использование неблагоприятной по сейсмике (9 баллов) прибрежной полосы как рекреационной зоны – основные положения проекта детальной планировки района. Непрерывная «ковровая» застройка обеспечила высокую плотность при соблюдении нормативных санитарно-гигиенических разрывов. В 1970-е гг. был сформирован первый полуостров жилого района Верхний бьеф с проспектом Карл-Маркс-Штадт.

По данным исследований подтопления Иркутска грунтовыми водами: «Массовое многоэтажное строительство на пойменных участках Ангары и Иркуты неизбежно приведет к подъему уровня поверхности грунтовых вод до отметок, близких к поверхности земли. Особенно опасен участок, примыкающий со стороны нижнего бьефа к правобережному плечу плотины Иркутской ГЭС» [15].

Регулирование плотности и этажности жилой застройки в зависимости от статуса «экологического режима» морфологических элементов городского ландшафта, которое позволит улучшить экологическую ситуацию в городе и распределить нагрузку по территории так, как этого требует экологическая неоднородность городского ландшафта по устойчивости и

по средопродуцирующей способности» [1] – также один из доминирующих факторов обеспечения сейсмостойкости застройки.

Сейсмические условия территории города Иркутска

Иркутск расположен в сейсмически активной зоне. По наблюдениям, за последние 250 лет на территории Иркутской области произошло свыше 500 землетрясений силой более 6 баллов. Основные очаги землетрясений – Южный и Средний Байкал, Тункинская впадина. Оказывают влияние транзитные землетрясения северной части Монголии. В декабре–январе 1861–1862 гг. произошло катастрофическое землетрясение (Цаганское), в результате которого образовался новый залив озера Байкала – Провал. При этом под воду ушло более 200 кв. км освоенных земель. В Иркутске это землетрясение ощущалось с интенсивностью 7–8 баллов. За последние 50 лет произошли сильные землетрясения на следующих территориях: Среднего Байкала – 9 баллов (29.08.1959 г.), Южного Байкала – 7 баллов (30.08.1966 г.), северной Монголии – 10 баллов (05.01.1967 г.), Тункинской впадины – 7 баллов (29.06.1995 г.), Южного Байкала – 8 баллов (25.02.1999 г.), Южного Байкала – 8–9 баллов (27.08.2008 г.). Анализ статистических данных показывает, что средняя повторяемость 7-балльных землетрясений на территории Прибайкалья составляет – 1 землетрясение за 50 лет, а 8-балльных – 1 землетрясение за 150–200 лет.

Согласно картам ОСР–97 (2000 г.), исходная сейсмичность территории для г. Иркутска составляет 8; 9; 9 баллов в соответствии с категорией строительных объектов и срока их службы – массовое строительство, объекты повышенной ответственности и особо ответственные (соответственно картам расчетной интенсивности – А; В; С). Задавшись величиной допустимого сейсмического риска для рассматриваемого объекта, можно выбрать необходимую карту расчетной интенсивности – А; В или С для средних грунтовых условий застраиваемой территории.

В зависимости от геологических и гидрогеологических условий (по карте микросейсморайонирования) сейсмичность территории города колеблется от 7 до 9 баллов по шкале Рихтера (рис. 3). При проектировании и строительстве учитывается степень значимости здания. Для особо ответственных зданий расчетная сейсмичность дополнительно увеличивается на 1 балл. Существующая ныне карта микросейсморайонирования характеризует территории, приближенные к водоемам, как наиболее сейсмоопасные. Здесь особые инженерно-геологические условия: неоднородные по структуре грунты, возможны оползни, нестабильный уровень грунтовых вод, наличие техногенных грунтовых вод, вероятность вечномерзлых линз искусственного происхождения, зимнее промерзание грунтов и др. В суровом климате нарушение работы энергообеспечивающих систем в результате землетрясения носит катастрофический характер. Расчетная сейсмичность территории г. Иркутска представлена на рисунке 4.



ГРУНТОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ

- | | |
|--|---|
| | 1. Песчаник, алевролит сильноветревший и выветревший, полускальный с прослоями слабоветревших средней прочности, уровень подземных вод (УПВ) > 10 м |
| | 2. Песчаник, алевролит сильноветревший и выветревший, полускальный с прослоями слабоветревших средней прочности, уровень подземных вод (УПВ) < 5 м |
| | 4. Сулинок. УПВ > 10 м, мощностью до 12 м |
| | 5. Сулинок. УПВ < 5 м, мощностью до 12 м |
| | 6. Сулинок. УПВ > 10 м, мощностью > 12 м |
| | 7. Галечниковый грунт с песчаным заполнителем. УПВ < 5 м |
| | 8. Сулинок. УПВ < 5 м, мощностью > 12 м |
| | 9. Песок, супесь. УПВ > 10 м, мощностью до 12 м на элювии |
| | 10. Песок, супесь. УПВ < 5 м, мощностью до 12 м |
| | 11. Песок, супесь. УПВ > 10 м, мощностью до 12 м на галечниках |
| | 12. Галечниковый грунт с песчаным заполнителем. УПВ > 10 м |
| | 13. Песок, супесь. УПВ < 5 м, мощностью > 12 м |

Рис. 3. Сейсмическое микрорайонирование территории города Иркутска. Грунтовые условия

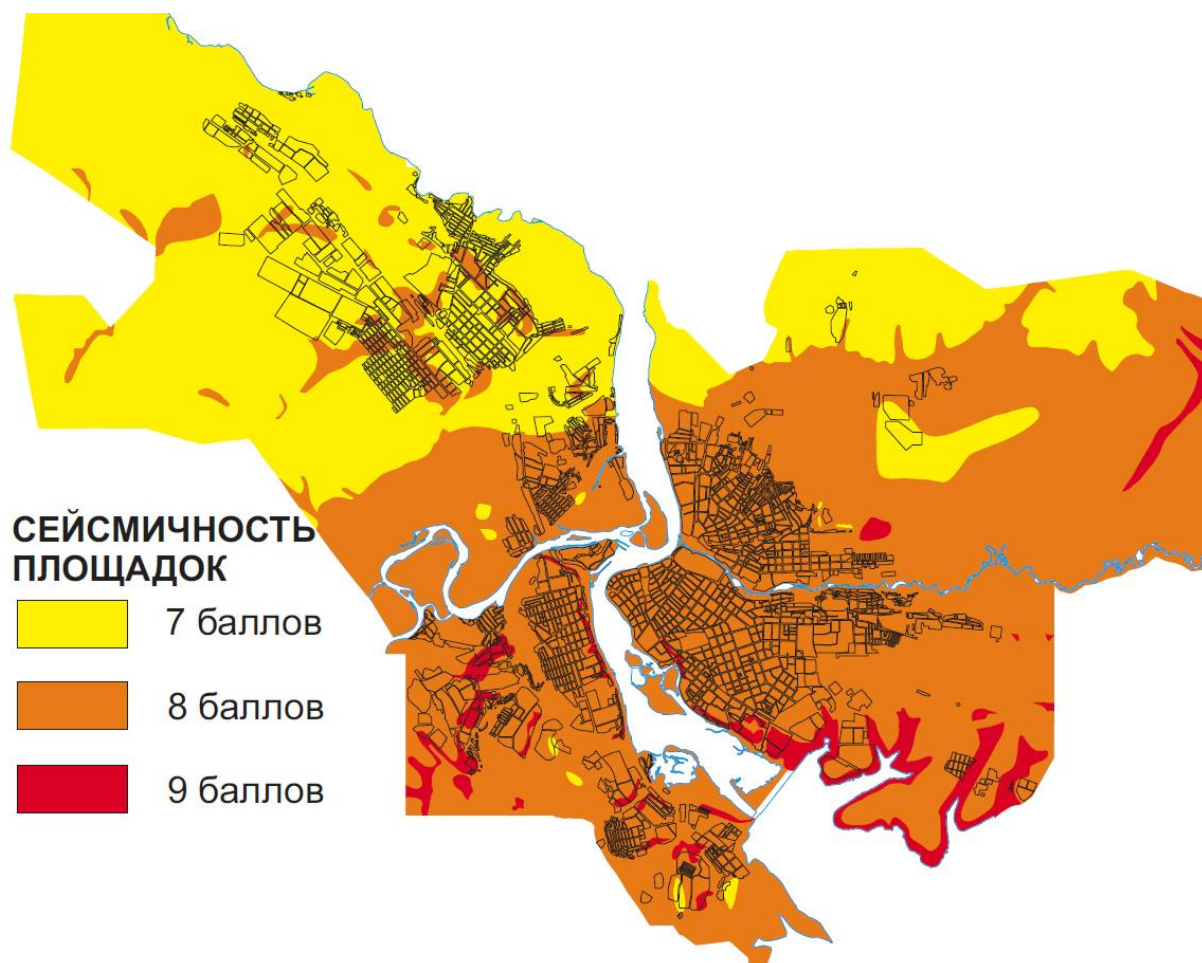


Рис. 4. Карта-схема сейсмического микрорайонирования г. Иркутска, утвержденная постановлением Госстроя РСФСР № 40 от 27.02.1989

Анализ имеющихся материалов показал, что для средних грунтовых условий территории Иркутской области (рис. 3) следует принять в запас надежности региональные данные повторяемости землетрясений: 7-балльных один раз в 50 лет и 8-балльных сотрясений один раз в 200 лет. Таким образом, для массового строительства расчетная сейсмичность соответствует 8 баллам, а для объектов повышенной ответственности и особо ответственных (например, здания высотой 16 этажей и более) расчетная сейсмичность увеличивается на 1 балл. Нельзя не учитывать и отрицательное влияние антропогенной деятельности, в частности, создание водохранилищ, проведение подземных взрывов и т.д., провоцирующих «наведенную» сейсмичность. Поэтому стремление сейсмологов к максимальным оценкам балльности повышает ответственность инженеров и проектировщиков за возможные социально-экономические последствия.

Ситуация обостряется сложными природно-климатическими условиями. Значительное влияние на повышение балльности оказывает подтопление городских территорий. «По завершении строительства Иркутского гидроузла слабо измененный естественный режим грунтовых вод получил максимальный преобразующий импульс. Особенно радикальные изменения произошли на правобережье, где на нижнем участке водохранилища сформировался техногенный

напорный водоносный горизонт в изначально сухих аллювиальных отложениях III надпойменной террасы. Обходная фильтрация в правом примыкании плотины не только привела к обводнению сухих галечников среднего комплекса террас, но и приподняла зеркало грунтового потока в отложениях низкого комплекса, но не более, чем на один метр, что не вызвало подтопления центральной части города <...> В верхнем бьефе подъем уровня подземных вод выразился двояко: в виде гравитационной влаги в зоне подпора галечникового слоя и в качестве капиллярного уровня водупорных суглинков, поднявшегося на высоту до 8–9 м над кровлей водоносного горизонта. Это означает, что береговая полоса шириной до 700–800 м, примыкающая к водохранилищу, находилась в режиме потенциального подтопления» [15]. Процесс подтопления застроенных территорий города развивается локально с разной скоростью, имеет устойчивый характер.

Общая характеристика исторической застройки

В историческом центре города сохранились здания, построенные преимущественно после пожара 1879 г., во время которого выгорела значительная часть «старого города». После пожара уцелели несколько церквей и зданий, расположенных в зоне пожара, и застройка, которую не затронул пожар, расположенная за современными улицами Декабрьских

Событий и Дзержинского. По направлению к Иерусалимской горе деревянная застройка вытеснялась каменной с деревянными перекрытиями. Историческая часть города продолжала развиваться как административный, культурный и научный центр. При реконструкции некоторых кирпичных зданий были надстроены дополнительно 1–2 этажа, но высота зданий при этом не превысила 5 этажей. Таким образом, историческую застройку старой части города представляют каменные дома средней этажности и малоэтажные деревянные дома, а также здания смешанной конструкции (кирпичные в уровне первого этажа, деревянные в уровне второго этажа). Сохранившиеся жилые здания XIX–начала XX в. представлены широким типологическим рядом, они отличаются большим объемом-планировочным и стилистическим разнообразием. Высота жилых каменных зданий, как правило, ограничивалась 2 этажами. При строительстве деревянных жилых домов в условиях высокой пожарной опасности вводились ограничения и по этажности. Как реакция застройщиков появились интересные решения высоких цокольных этажей, а также – «антресольных» домов, у которых на улицу выходил один этаж, а во двор – два. Безусловно, для характеристики сейсмостойкости таких зданий необходим индивидуальный подход, большое значение имеет физический износ здания, условия его эксплуатации и положение здания в существующей застройке.

Архитектурно-конструктивные типы жилых домов массового строительства

В 1937 г. в РСФСР были внедрены «Правила антисейсмического строительства», затем был разработан ряд инструкций по проектированию и строительству зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах, и уже начиная с 60-х годов XX в. проектирование и строительство в городе официально велось с учетом СНиП II-A.12-62 «Строительство в сейсмических районах». Нормативные требования для проектирования и строительства в сейсмических районах регулярно совершенствуются и обновляются на основе накапливаемого опыта сейсмостойкого строительства, исследований последствий землетрясений, экспериментальных исследований зданий массового строительства и пр., а также с учетом внедрения новых строительных технологий. В настоящее время действующими нормативными документами являются «СНиП II-7-81*». Строительство в сейсмических районах. Строительные нормы и правила»; «СП 31-114-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах» (2005); «СП XXX.13330.2014. Свод правил. Здания сейсмостойкие и сейсмоизолированные. Правила проектирования».

Основные архитектурно-конструктивные типы жилых зданий города Иркутска представлены широким типологическим рядом (объемно-планировочные структуры и конструктивные решения) [8]. Наибольшее распространение в многоэтажном строительстве жилых зданий получили секционная и блок-секционная планировочные структуры. Здания коридорного типа

применяются в своем большинстве при строительстве общежитий и гостиниц. На периферии остается актуальным малоэтажное частное строительство жилых домов усадебного типа.

Массовое строительство жилых домов с 60-х годов XX века велось преимущественно по типовым проектам. Развивалась индустриальная база для **крупнопанельного домостроения**. Жилые дома серии 1-335с (со смешанной конструктивной схемой с неполным каркасом высотой 4–5 этажей) строились в 1959–1966 гг.; 5-этажные дома по усовершенствованной серии 1-335-АС (с внутренним каркасом с диафрагмами жесткости) были внедрены в 1970–1980 гг. В 1977 г. было освоено строительство домов серии 135с., в которых были предусмотрены четыре варианта планировочных решений (основной, с колясочной, со сквозным проходом, с уширенным торцом). Серия была унифицирована для 5 и 9-этажных домов. Конструктивная схема с поперечными несущими стенами, двумя продольными железобетонными стенами и жестким диском перекрытия образует пространственную жесткую систему, обеспечивающую сейсмостойкость здания. Строительство домов этой серии велось до 1990 г.

Серия 1-464 для строительства 5-этажных жилых домов впервые была разработана бывшим институтом Гипростройиндустрия (г. Москва) в 1959 г. Впоследствии серия типовых проектов была переработана ЦНИИЭП жилища в серию 1-464 АС, введена в действие в 1964 г. и скорректирована в 1966 г. В 1975–1980 гг. «Иркутскгражданпроект» разработал вариант серии 1-464 АС с учетом минского опыта. Главное отличие серии с минским опытом от предшествующей – планировочные изменения за счет введения лоджий в шаге 3,2 м, увеличение количества типов планировочных решений, введение отдельных санузлов, а также устройство декоративных железобетонных элементов на фасаде. В продольном направлении сейсмостойкость зданий обеспечивается одной внутренней и двумя наружными продольными стенами. В поперечном направлении – сквозными на всю ширину здания стенами, расположенными с шагом 2,6 и 3,2 м. Совместность работы стен обеспечивается горизонтальным жестким диском перекрытия.

Первые типовые проекты 5-этажных жилых домов серии И-163.04 для 7 и 8-балльного вариантов, разработанные ЛенЗНИИЭП, датированы 1973 г. При освоении строительства домов этой серии в Прибайкалье некоторые решения были адаптированы для нашего региона Сибирским филиалом ОргстройНИИпроект. Конструктивная схема смешанная, каркас предназначен для восприятия только вертикальных нагрузок. Типовой проект 9-этажных жилых домов серии И-163.02 для строительства в районах с сейсмичностью 7 баллов разработан ЛенЗНИИЭП в 1977 г. По конструктивной схеме жилые дома этой серии представляют собой перекрестно-стенную систему. Наиболее уязвимым местом домов серии И-163.04 и серии И-163.02 являются стены из газозлобетона. В 1992–1993 гг. проведены экспериментальные исследования блок-секций серии И-163.02 по оценке сейсмостойко-

сти домов этой серии. На основании результатов испытаний был разработан архитектурно-конструктивный вариант зонального типового проекта с применением блок-секций серии И-163.02/94 в 10-этажном варианте для районов с сейсмичностью до 8 баллов включительно. В 1997 г. с введением трехслойных железобетонных панелей взамен однослойных газозолобетонных повышена надежность всей конструктивной системы жилых домов серии И-163.02/94 (рис. 7).

Жилые дома из кирпича строились также по типовым проектам. С 1960-х гг. велось строительство жилых домов серии 1-306с, предназначенных для районов с сейсмичностью 7, 8 баллов. В состав комплексной серии 1-306с входят типовые проекты 3–5-этажных жилых домов с малометражными квартирами. Сейсмостойкость зданий обеспечивает принятая конструктивная схема с несущими продольными стенами (наружными и внутренней), которые вместе с опирающимися на них перекрытиями и поперечными стенами образуют пространственную жесткостную систему, способную воспринять все горизонтальные и вертикальные усилия. На основании разрешения Госстроя РСФСР (письмо № 839-г от 11 мая 1970 г.) проектный институт «Иркутскгражданпроект» переработал типовые проекты жилых домов для строительства в восточных районах РСФСР с сейсмичностью 8 баллов серии 1-306с-48.49.55, разработанные СибЗНИИЭПом. Данная переработка типовых проектов была вызвана заменой конструкций стен 3-й категории, усиленных монолитным железобетонным каркасом, на стены комплексной конструкции при кладке 2-й категории. Здание решено по жесткой конструктивной схеме. Сейсмостойкость здания обеспечивает принятая схема с поперечными и продольными стенами комплексной конструкции, которые вместе с перекрытиями образуют пространственную, жесткостную систему, воспринимающую все вертикальные и горизонтальные усилия, в том числе сейсмические.

В 1972–1990 гг. велось строительство 5-этажных домов из кирпича по серии 114с., разработанной СибЗНИИЭП г. Новосибирска. Дома разработаны для строительства в восточных районах РСФСР с сейсмичностью 8 баллов. Конструктивная схема с поперечными и продольными стенами в комплексных конструкциях, которые вместе с перекрытием образуют пространственную жесткую систему.

Жилые дома с каркасом – типичные жилые здания для городского строительства серии 1.120с., строительство которых ведется с начала 90-х гг. прошлого века. Основной особенностью серии 1.120с (разработчик ТбилЗНИИЭП) является ее конструктивная схема, реализованная с использованием предварительного натяжения арматуры в построечных условиях. Впервые такая система была разработана в СФРЮ и известна под названием ИМС. Основу системы каркасных зданий с натяжением арматуры в построечных условиях составляют конструктивные ячейки, образуемые колоннами и панелями перекрытий. Объедине-

ние сборных элементов колонн и перекрытий в единую пространственную конструкцию осуществляется натяжением на бетон в построечных условиях арматурных канатов, которые пропускаются в зазорах между плитами перекрытий и через отверстия колонн, расположенных в уровне перекрытий. Канаты прокладываются в двух ортогональных направлениях по всем осям здания. Система условно относится к безригельной. Серия 1.120с внедряется в Иркутске в двух вариантах: с шагом колонн 6,0х7,2 м и 4,2х4,2 м. Здания серии 1.120с предназначены для возведения в районах с сейсмичностью 7–9 баллов. Конструкции каркаса и диафрагмы жесткости, соединенные с колоннами каркаса, воспринимают усилия от вертикальных и горизонтальных нагрузок, в т.ч. сейсмических. Институт «Иркутскгражданпроект» разработал проекты жилых домов из 9, 12, 16-этажных блок-секций на основе конструкций и узлов серии 1.120.1-1с. Конструкции каркаса для жилых и общественных зданий с натяжением арматуры в построечных условиях для строительства в районах с сейсмичностью 7–9 баллов и технические решения безригельного каркаса серии 1.120, разработанные с учетом результатов натурных испытаний, освоены заводом ОАО «Сибавиастрой» (рис. 5). Шаг колонн 6.0х7.2 м и 6.0х3.6 м; колонны, диафрагмы жесткости и наружные стены подвала предусмотрены монолитными железобетонными. Предусмотрена улучшенная планировка квартир за счет увеличения общей площади комнат, выделения спальной зоны, остекленных балконов и лоджий, применением окон и дверей с увеличенной площадью остекления. Строительство началось в 2007 г.

Жилые дома монолитные с рамно-связевым каркасом разработаны ОАО «Иркутскгражданпроект» в 2005 г. в трех вариантах – 7, 8, 9 этажей (рис. 6). Строительство велось в 2006–2009 гг. Сейсмостойкость домов обеспечивается совместной работой рам продольного и поперечного направлений и диафрагм жесткости. Элементы рам, в том числе диафрагмы жесткости, – монолитные железобетонные. Перекрытия – сборные железобетонные, многопустотные, предварительно-напряженные панели по серии 1.141-19с, в. 2. Наружные стены – кирпичные, выполняются как заполнение каркаса, крепятся к элементам каркаса через закладные детали.

Проектирование и строительство жилых зданий с монолитными рамно-связевыми каркасами широко распространено в городе Иркутске. Данная конструктивная система дает большие возможности для индивидуального проектирования зданий с многообразными объемно-планировочными структурами, позволяющими компоновать помещения разного функционального назначения, имеющие различные габариты. Проектирование и строительство жилых зданий с офисными и торговыми помещениями в уровне первых (и вторых) этажей, устройство подземных автостоянок и др. – современные тенденции в развитии городских территорий (рис. 8).



Рис. 5. Группа жилых домов в микрорайоне Солнечный по проспекту Маршала Жукова на основе конструкций и узлов серии 1.120.1-1с.



Рис. 6. 8-этажный монолитный жилой дом с рамно-связевым каркасом с кирпичным заполнением стен



Рис. 7. Крупнопанельный жилой дом серии И-163.02/94



Рис. 8. Жилой дом с офисными помещениями и подземной автостоянкой (с монолитным рамно-связевым каркасом)

Проекты монолитных жилых 7–12-этажных блок-секций разрабатываются, как правило, индивидуально для каждой строительной площадки. Однако планировочное решение в целом остается единообразным с расположением 4–5 квартир на одной лестничной площадке. Количество квартир, число комнат в квартире и площади самих квартир варьируют в зависимости от условий площадки строительства и состояния рынка недвижимости на момент строительства здания. Массовое строительство монолитных жилых домов началось в Иркутске с 2004 г. Конструктивная схема зданий – перекрестно-стеновая. Сейсмостойкость домов обеспечивается системой продольных и поперечных монолитных стен, объединенных жесткими дисками монолитных перекрытий. Предусматривается жесткое сопряжение продольных и поперечных стен. Горизонтальный стык перекрытий и стен также устраивается жестким. Усилия растяжения в стенах воспринимаются непрерывной вертикальной арматурой, устанавливаемой по граням стен. Усилия сдвига в швах соединения конструкций воспринимаются за счет работы на срез бетона и арматуры. Для строительства в сейсмических районах предусмотрен ряд жесточенных требований к армированию монолитных стен согласно СП 31-114-2004 «Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах» [10].

Оценка сейсмостойкости жилого фонда

В любой модели развития городских селитебных территорий исходной позицией является многофакторный анализ застраиваемых территорий. Как следствие, для решения задач обеспечения сейсмической безопасности зданий необходим комплексный подход, включающий предпроектные изыскания, сейсмостойкое проектирование и строительство, оценку сейсмической уязвимости зданий как на стадии проектирования, так и оценку сейсмической уязвимости (мониторинг) существующих зданий.

Жилищный фонд Иркутска – города с населением 580 тыс. жителей – составляет около 15 млн кв. м общей площади. Из них не менее двух третей – это сейсмостойкие здания, запроектированные на 7 и 8 баллов. Можно считать, что в первом приближении этот результат достаточно объективно отражает сейсмическую надежность существующего жилищного фонда. Сейсмическая уязвимость зданий – свойство сооружения терять свои показатели надежности и безопасности вследствие землетрясения. Уязвимость зданий тесно связана с сейсмической надежностью и долговечностью сооружений и с градостроительными условиями. При оценках сейсмического риска учитывается частота возникновения землетрясения и связанный с этим ущерб. Например, учитывается, что различные классы (типы) зданий по сейсмостойкости получают разные степени повреждения в существующих условиях (рис. 9–12).

Сейсмическая уязвимость зданий характеризуется по двум направлениям:

1. Планировочная уязвимость зданий учитывает факторы влияния гидрогеологических и ландшафтных условий, рельефа местности, плотности и этажности и пр. на застройку территории.

2. Конструктивная уязвимость зданий учитывает факторы конструктивного и объемно-планировочного решения, этажности, физического и сейсмического износа и пр.

Серьезной проблемой в «стареющем» жилищном фонде города являются жилые дома первых массовых серий, которые находятся в эксплуатации в течение 40–50 лет и имеют значительный физический и сейсмический износ конструкций [7]. Конечно, новые здания и более совершенные методы исследований повышают достоверность полученных результатов, хотя следует заметить, что пока уточнение исходной сейсмичности идет в одном направлении: возрастании оценок сейсмической опасности.

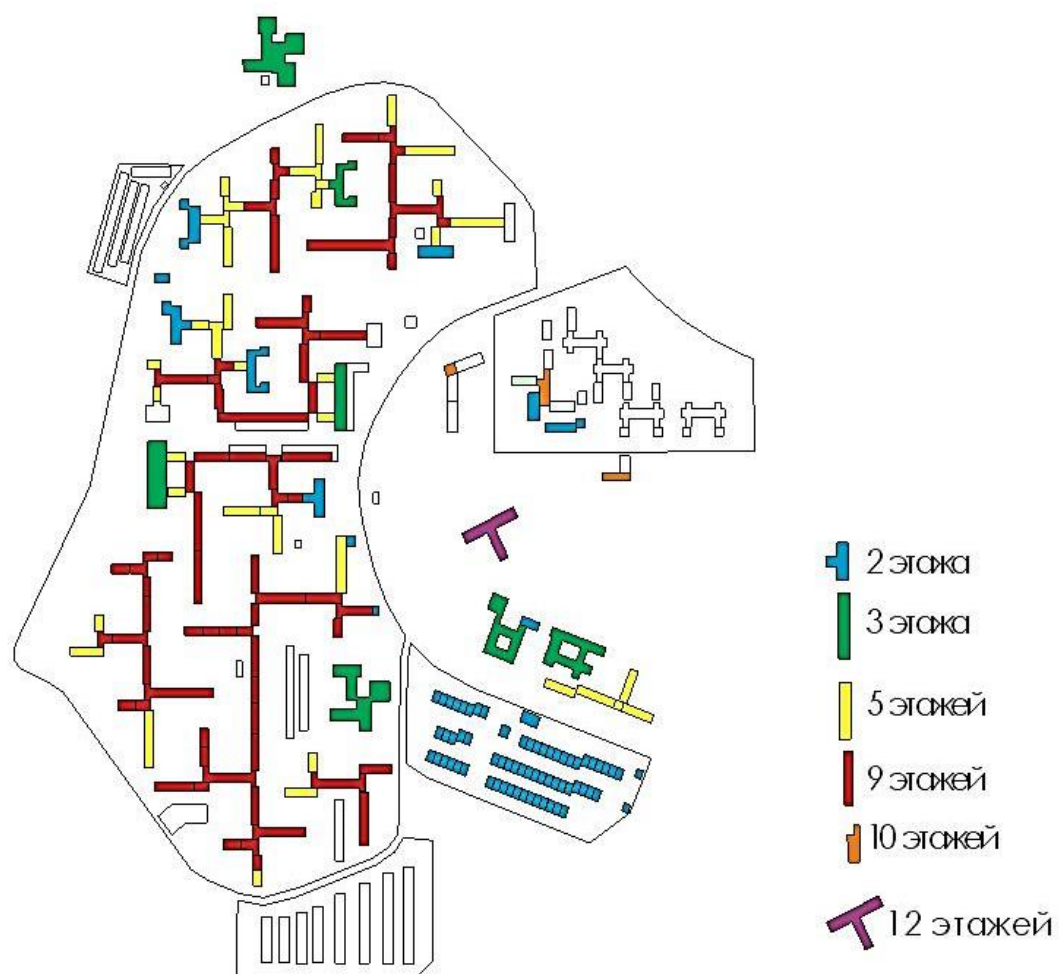


Рис. 9. Схема застройки микрорайона Университетский



Рис. 10. Фрагмент застройки микрорайона Университетский

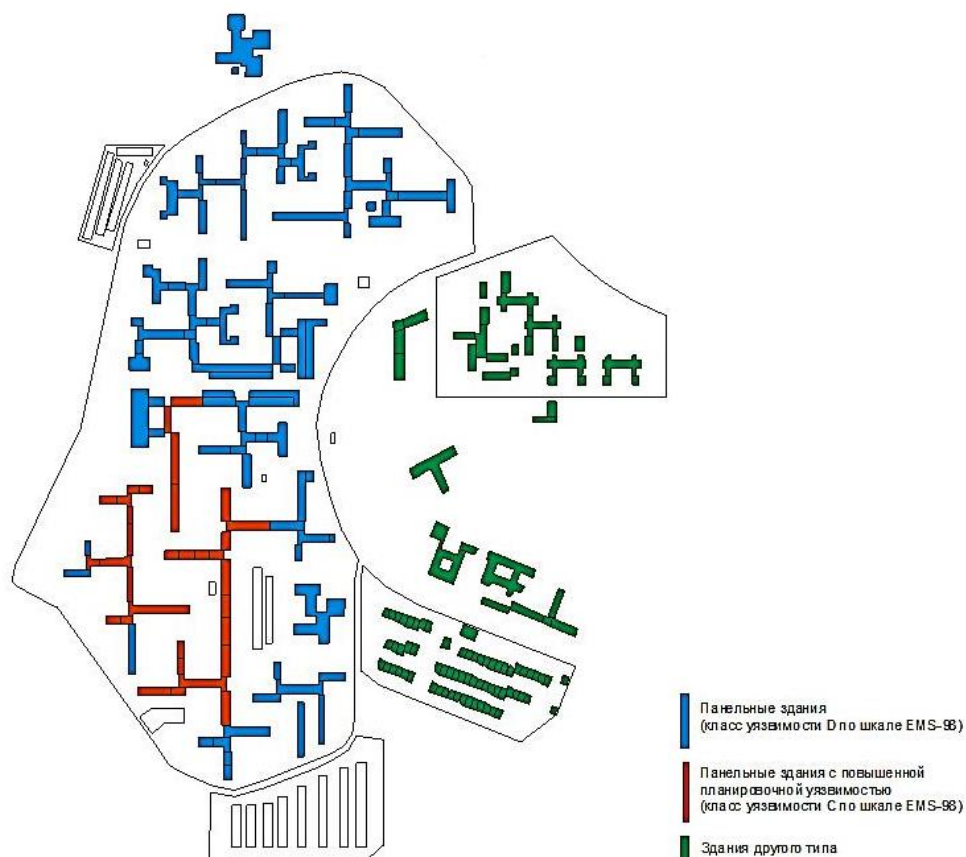


Рис. 11. Планировочная уязвимость застройки микрорайона Университетский

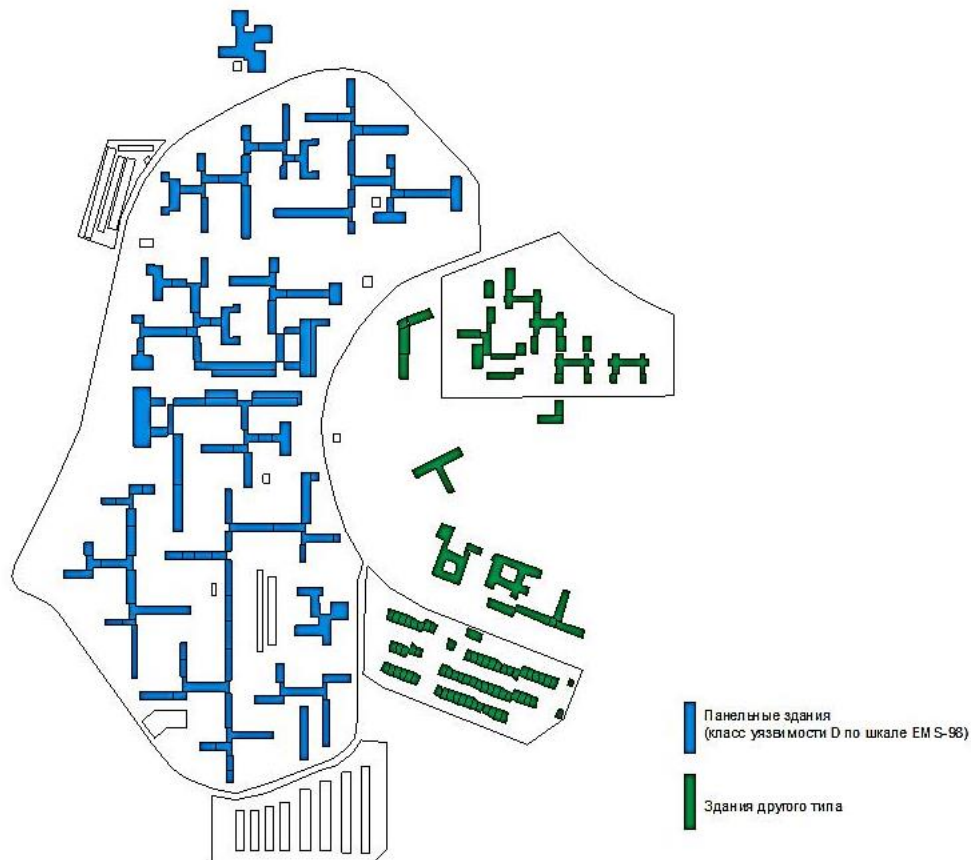


Рис. 12. Конструктивная уязвимость застройки микрорайона Университетский

Заключение

Очевидна необходимость проведения мероприятий по предупреждению и уменьшению утрат жилой застройки от землетрясений на разных этапах.

1. Обеспечение на этапе проектирования и возведения необходимого уровня сейсмостойкости жилых зданий (стоимость сейсмостойких зданий при этом увеличивается на 4–8% по сравнению с несейсмостойкими зданиями):

1.1. Градостроительные решения на основе инженерно-геологических условий и сейсмогеологических условий площадки; данных грунтового комплекса по карте СМР и наличия обводнения; наличия уклона местности и выбора ориентации здания (азимута по продольной оси); экологического режима морфологических элементов городского ландшафта (в рамках функционального зонирования города и существующих градостроительных условий) приобретают гипотетические тенденции использования городских территорий:

а) территории плоских вершинных холмов использовать для высокоплотной застройки;

б) на территориях склонов понижать плотность застройки по мере приближения к низинным территориям;

в) поймы рек и подошвы склонов использовать для размещения рекреационных зон.

1.2. Архитектурно-конструктивные решения жилых зданий наиболее актуальны в условиях высокой сейсмичности. Сейсмостойкость зданий зависит от объемно-планировочных и от конструктивных решений зданий. Архитектурно-планировочные факторы сейсмостойкости это: форма здания в плане, этажность здания,

габариты здания (высота, наличие перепадов высот, длина и ширина здания; разрезка здания на отсеки, количество отсеков), в т.ч. разнородных по конструктивному решению, наличие подвала. Конструктивные факторы сейсмостойкости это: обеспечение норм проектирования сейсмостойких зданий, использование изученных основных несущих конструкций и/или серий типовых проектов, применение при необходимости антисейсмического усиления, сейсмоизоляции.

2. Инвестирование работ по стратегии уменьшения потерь от землетрясений в процессе эксплуатации зданий и сооружений до того, как произойдет разрушительное сейсмическое событие (превентивные мероприятия).

Необходим мониторинг технического состояния существующих зданий и сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, промышленных и сельскохозяйственных зданий на территориях с высокой сейсмичностью. Результаты экспертной оценки сейсмостойкости и комплекс мероприятий по результатам обследования обеспечивают устойчивое развитие городов и населенных пунктов путем повышения сейсмобезопасности застройки. Стратегия уменьшения потерь от землетрясения основывается на данных исследований по оценке возможных прямых и косвенных, первичных и вторичных потерь от прогнозируемых землетрясений, т.е. по оценке и картированию сейсмического риска. Анализ риска является многофакторной процедурой и зависит от специфических природно-климатических условий, типов, качества застройки и условий ее эксплуатации.

Статья поступила 12.01.2015 г.

Библиографический список

1. Большаков А.Г., Черепанов К.А. Методика выбора параметров застройки города на основе оценки экологических режимов элементов форм городского рельефа // Жилищное строительство. 2014. № 1–2. С. 32–37.
2. Голенецкий С.И. Землетрясения в Иркутске. Иркутск: Изд-во «Имя», 1997.
3. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОРС-97 / Гл. ред. В.Н. Страхов, В.И. Уломов. М.: Изд-во ОИФЗ, 1999. 57 с.
4. Оглы Б.И. Иркутск. О планировке и архитектуре города. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1982. 112 с.
5. Оценка и управление природными рисками. Тематический том / Под ред. А.Л. Рогозина. М.: КРУК, 2003. 320 с.
6. Оценка современных факторов развития городов и урбанизированных изменений в Сибири / Отв. ред. Л.М. Корытный, Н.В. Воробьев. Новосибирск: СО РАН, 2011. 213 с.
7. Саландаева О.И., Бержинская Л.П. Градостроительные особенности жилой застройки города Шелехова в условиях высокой сейсмичности // Вестник ИрГТУ. 2013. № 6. С. 97–105.
8. Саландаева О.И., Бержинская Л.П. Формирование архитектурно-типологического ряда жилых зданий и территорий города Улан-Батора в условиях высокой сейсмичности //

Вестник ИрГТУ. 2013. № 11. С.177–186.

9. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. Строительные нормы и правила. М.: Госстрой России, 2000. 45 с.

10. СП 31-114-2004. Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах. М.: ФГУП ЦНС, ЦНИИСК им. Кучеренко, МГСУ, 2005.

11. СП 14.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах // М.: Минрегион России, 2011. 91 с.

12. СП XXX.13330.2014. Свод правил. Здания сейсмостойкие и сейсмоизолированные. // М.: Минстрой России, 2014. 48 с.

13. СП 14.13330.2014. Свод правил. Строительство в сейсмических районах // М.: Минстрой России, 2014. 125 с.

14. Уломов В.И. К вопросу о дифференцированной оценке сейсмической опасности на территории Российской Федерации // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 4. С. 41–49.

15. Шенькман Б.М., Шолохов П.А., Шенькман И.Б. Подтопление Иркутска грунтовыми водами // География и природные ресурсы. 2011. № 2. С. 54–62.

УДК 628.337

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД© Т.И. Халтурина¹, О.В. Чурбакова², А.Г. Бобрик³Сибирский федеральный университет,
660041, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, 79.

Представлены результаты исследований при планировании эксперимента по гальванокоагуляции сточных вод, содержащих ионы хрома для определения оптимальных режимов и данные по составу и структуре образующего осадка.

Ключевые слова: гальванокоагуляция; углеродминеральный сорбент; хромсодержащие сточные воды; рентгенофазовый анализ; термогравиметрический анализ; состав и структура осадка.

GALVANOCOAGULATION TECHNOLOGY APPLICATION FOR CHROMIFEROUS WASTEWATER TREATMENT

T.I. Khalturina, O.V. Churbakova, A.G. Bobrik

Siberian Federal University,
79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia.

The article presents the study results obtained under the planning of the experiment on galvanocoagulation of wastewater containing chromium ions in order to identify the optimal modes and data on the content and structure of the formed sediment.

5 figures. 1 table. 7 sources.

Keywords: galvanocoagulation; carbonaceous mineral sorbent; chromiferous wastewater; X-ray phase analysis; thermogravimetric analysis; sediment composition and structure.

Рациональное использование водных ресурсов и повышение требований к качеству очищенных сточных вод ставят предприятия перед необходимостью решения задач создания оборотного водоснабжения, регенерации ценных компонентов для снижения негативного антропогенного воздействия на окружающую природную среду.

Соединения шестивалентного хрома, содержащиеся в сточных водах гальванических производств, обладают высокой токсичностью, вследствие чего возникает необходимость в таких технологических процессах обезвреживания промывных вод, при которых качество очищенной воды соответствует требованиям к возможному и экономически выгодному созданию замкнутых систем водопользования предприятия. Источниками образования сточных вод гальванических цехов являются промывные воды после операций химической подготовки изделий к гальванопокрытиям.

Учитывая региональные условия Сибири, наибольшего внимания заслуживают электрохимические методы: электрокоагуляция и гальванокоагуляция [1–4]. Чаще всего в настоящее время применяется электрокоагуляция – достаточно разработанный и

широко внедренный в практику обработки хромстоков метод. Однако электрокоагуляционная обработка является энергоемкой и затратной – с использованием листового материала в качестве растворимых электродов, поэтому ее применение в каждом конкретном случае должно быть обоснованным.

Гальванокоагуляционный метод обезвреживания сточных вод гальванического производства также известен. Его основой являются электрохимические окислительно-восстановительные процессы, протекающие при работе бесконечного множества короткозамкнутых гальванических элементов, размещенных по всему объему очищаемой жидкости, в которых растворимым анодом становится железная стружка, а катодной составляющей – углеродсодержащее вещество. Однако, в связи с недостаточной освещенностью вопросов выбора оптимальных режимов процесса для его автоматизации, широкое применение гальванокоагуляции затруднено.

Цель настоящей работы – исследование технологического процесса гальванокоагуляции хромсодержащих сточных вод при использовании гальванопары Fe – углеродминеральный сорбент (СГН) (в соотноше-

¹Халтурина Тамара Ивановна, кандидат химических наук, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений, тел.: 89029615551, e-mail: THal1965@yandex.ru

Khalturina Tamara, Candidate of Chemistry, Professor of the Department of Engineering Systems of Buildings and Structures, tel.: 89029615551, e-mail: THal1965@yandex.ru

²Чурбакова Ольга Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: 89022930157, e-mail: ochurbacova@mail.ru

Churbakova Olga, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Engineering Ecology and Life Safety, tel.: 89022930157, e-mail: ochurbacova@mail.ru

³Бобрик Анастасия Геннадьевна, ассистент кафедры инженерных систем зданий и сооружений, тел.: 89232719934, e-mail: j.a.r.o.k@mail.ru

Bobrik Anastasiya, Assistant Professor of the Department of Engineering Systems of Buildings and Structures, tel.: 89232719934, e-mail: j.a.r.o.k@mail.ru

нии 4:1) для определения оптимальных режимов и изучения состава и структуры образующегося осадка для последующей утилизации. Насыпной вес для железной стружки составил $\gamma_{ст} = 850 \text{ г/дм}^3$, насыпная плотность для СГН фракции 2,8–5 мм – $\gamma_{СГН} = 800 \text{ г/дм}^3$, механическая прочность – 95%, содержание углерода – 80%, удельная поверхность – $10 \text{ м}^2/\text{кг}$. Углеродминеральный сорбент производят на территории Красноярск из руд скрытокристаллического графита (Ногинское месторождение Красноярского края). Интенсивность подачи в гальванокоагулятор воздуха составила $10 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$.

Для обоснования основных технологических параметров процесса обезвреживания стоков, содержащих ионы Cr^{6+} , было проведено рототабельное планирование эксперимента.

В качестве более значимых факторов, от которых зависит процесс очистки от ионов Cr^{6+} , были приняты следующие: X_1 – исходная концентрация ионов Cr^{6+} в стоках, мг/дм^3 ; X_2 – pH; X_3 – время обработки, мин. Оценочными критериями являлись: Y_1 – остаточная концентрация ионов хрома, мг/дм^3 ; Y_2 – объем осадка, %. Факторы и уровни варьирования приведены в таблице.

Обработка результатов экспериментальных ис-

следований позволила получить адекватные уравнения регрессии как по остаточной концентрации ионов хрома:

$$Y_1 = 0,1664 - 0,0416X_1 + 0,043X_2 + 0,0262X_3 + 0,06275X_1X_3 - 0,0218X_1^2,$$

так и по объему осадка:

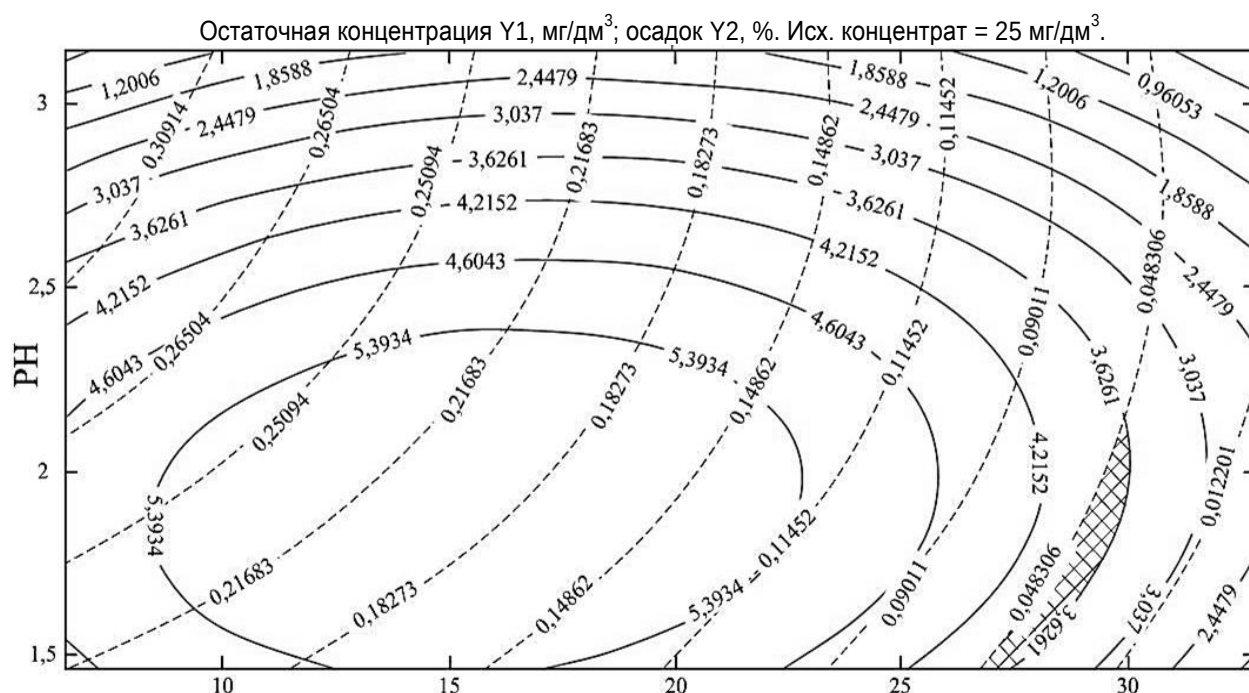
$$Y_2 = 5,5178 + 0,30767X_2 + 1,2475X_1X_2 + 0,8325X_1X_3 - 0,6835X_2^2 - 0,7523X_3^2.$$

По уравнениям регрессии была проведена оптимизация по методу Вознесенского для получения регулировочных диаграмм и определения оптимальных режимов процесса гальванокоагуляционной очистки хромсодержащих сточных вод при использовании гальванопары Fe–СГН. Диаграммы выполнены в программе MATLAB и построены в виде графиков линий уровня.

Регулировочные диаграммы процесса гальванокоагуляции представлены на рис. (1–3).

Факторы и уровни варьирования

Фактор	Интервал	–1,68	–1	0	+1	+1,68
X_1 , мг/дм^3	20	11,4	25	45	65	78,6
X_2	0,5	1,46	1,8	2,3	2,8	3,14
X_3 , мин	8	6,56	12	20	28	33,44



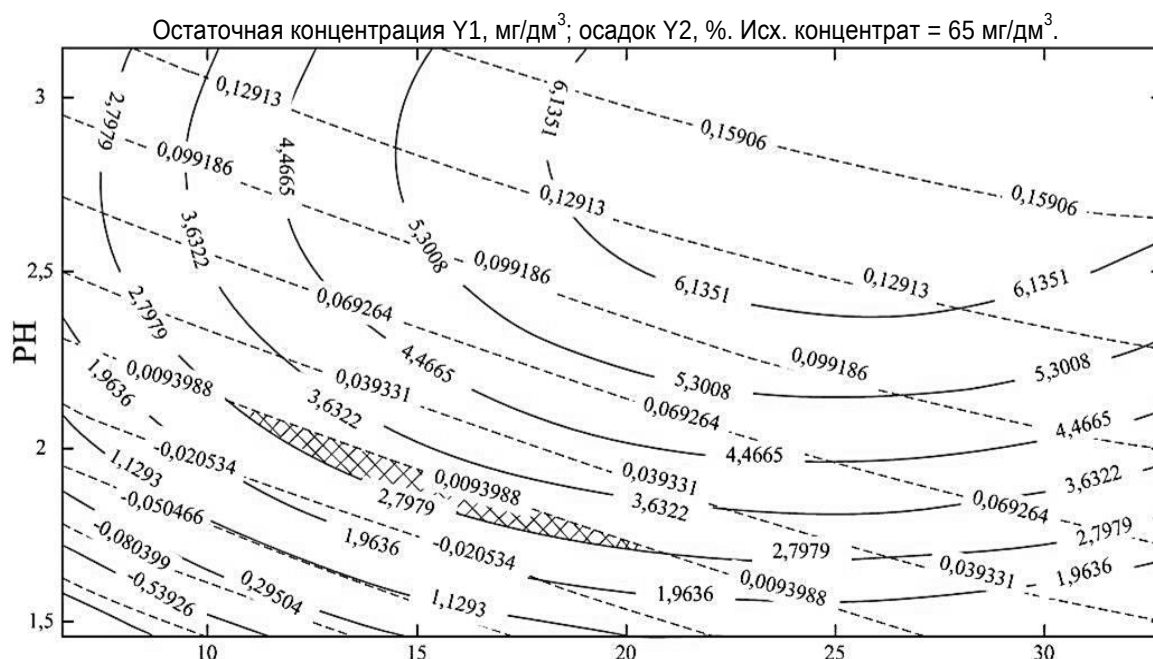


Рис. 2. Регулировочная диаграмма для исходной концентрации $Cr_{6+} = 65$ мг/дм³: ----- – остаточная концентрация хрома, мг/дм³; ——— – объем осадка, %

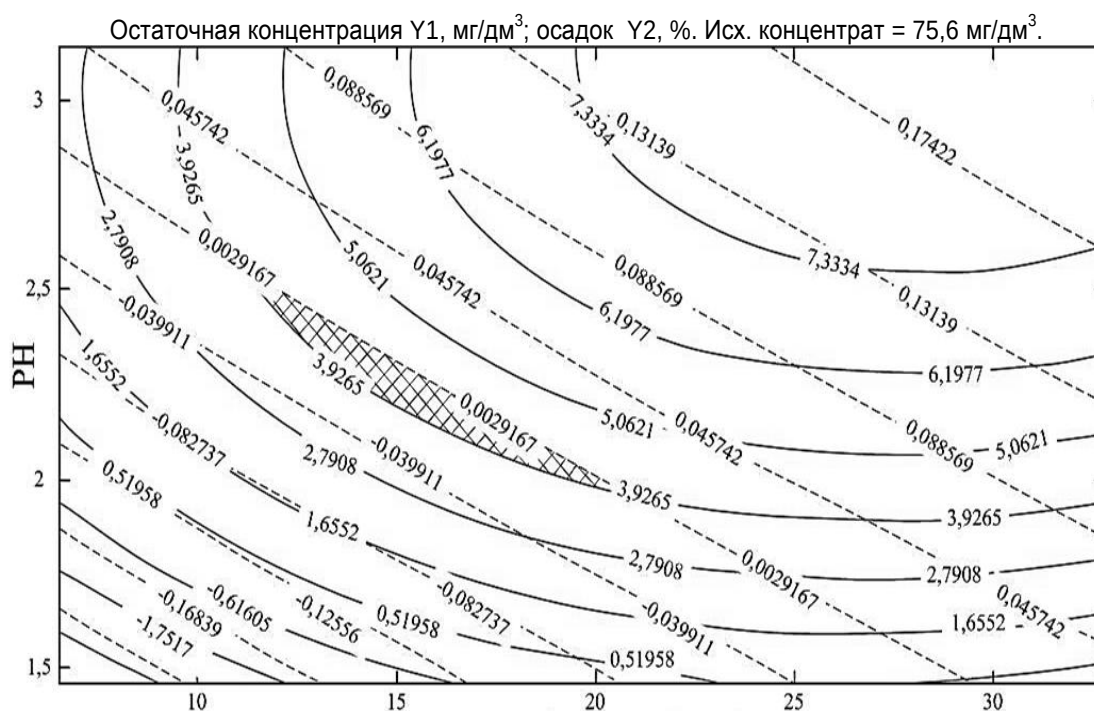
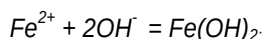
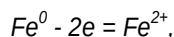


Рис. 3. Регулировочная диаграмма для исходной концентрации $Cr_{6+} = 75,6$ мг/дм³: ----- – остаточная концентрация хрома, мг/дм³; ——— – объем осадка, %

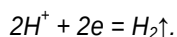
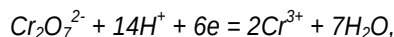
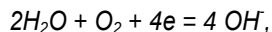
Как видно из регулировочных диаграмм 1–3, области совместной оптимальности по выходным параметрам для данного вида стоков при использовании гальванопары Fe–СГН расположены в интервалах: по величине pH = 1,5–2,5 и времени контакта от 12 до 25 мин в зависимости от исходной концентрации ионов шестивалентного хрома в сточной жидкости.

Как известно [5], механизм гальванокоагуляцион-

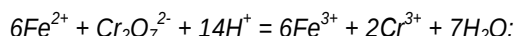
ного обезвреживания хромосодержащих сточных вод определяется процессами, возникающими за счет разности электрохимических потенциалов в месте контакта частиц при образовании короткозамкнутого точечного элемента Fe–СГН, вызывающего эффект растворения анода – железа и переход его в виде ионов в сточную воду. Растворение железного скрапа-анода происходит по известной схеме:



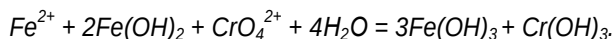
на катоде – СГН – происходит ряд сопряженных реакций:



В объеме жидкости в кислой среде возможно протекание окислительно-восстановительной реакции:



в нейтральной и щелочной среде:



Растворение железной стружки осуществляется под действием двух основных групп процессов: химического растворения стружки в результате взаимодействия ее с кислым электролитом очищаемой жидкости ($\text{pH} = 1,46 \div 3,14$); и анодного растворения под действием электрического поля гальванопары и ее электрического тока, возникающего за счет разности нормальных электродных потенциалов Fe/СГН.

После нейтрализации сточных вод, прошедших гальванокоагуляцию с использованием гальванопары Fe–СГН (углеродминеральный сорбент), образуется осадок, состоящий из оксигидратных соединений железа и хрома с адсорбированными на их поверхности частицами взвеси. Для изучения структуры осадка был проведен рентгенофазовый анализ на дифрактометре ADVANCE-D8 (фирма Bruker-AXS, Germany), в интервалах углов 2θ 10–80°.

Дифрактограмма осадка представлена на рис. 4.

Как следует из дифрактограммы, осадок, полученный при гальванокоагуляции хромсодержащих сточных вод с использованием гальванопары Fe–углеродминеральный сорбент, представлен в основном гетитом и его модификациями. Основу кристаллической фазы составляет гематит Fe_2O_3 ($d = 3,68$; $d = 2,69$; $d = 2,2$; $d = 1,84$; $d = 1,49$; $d = 1,45$) и магнетит Fe_3O_4 ($d = 2,51$; $d = 1,69$; $d = 1,6$). Кроме того, на дифрактограмме осадка наблюдаются следы дополнительных фаз, возможно представленных оксигидроксидами хрома, которые сложно идентифицировать [6].

В лаборатории физико-химических методов анализа ИСИ СФУ был также сделан термогравиметрический анализ осадка на приборе NETZSCH STA 449F1, в диапазоне 30/100 (К/мин)/1000, в режиме: ДСК-ТГ, где ТГ – кривая изменения массы, %; ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия, мкВ/мг; ДТГ – дифференциальная термогравиметрическая кривая, %/мин.

Термограмма осадка представлена на рис. 5.

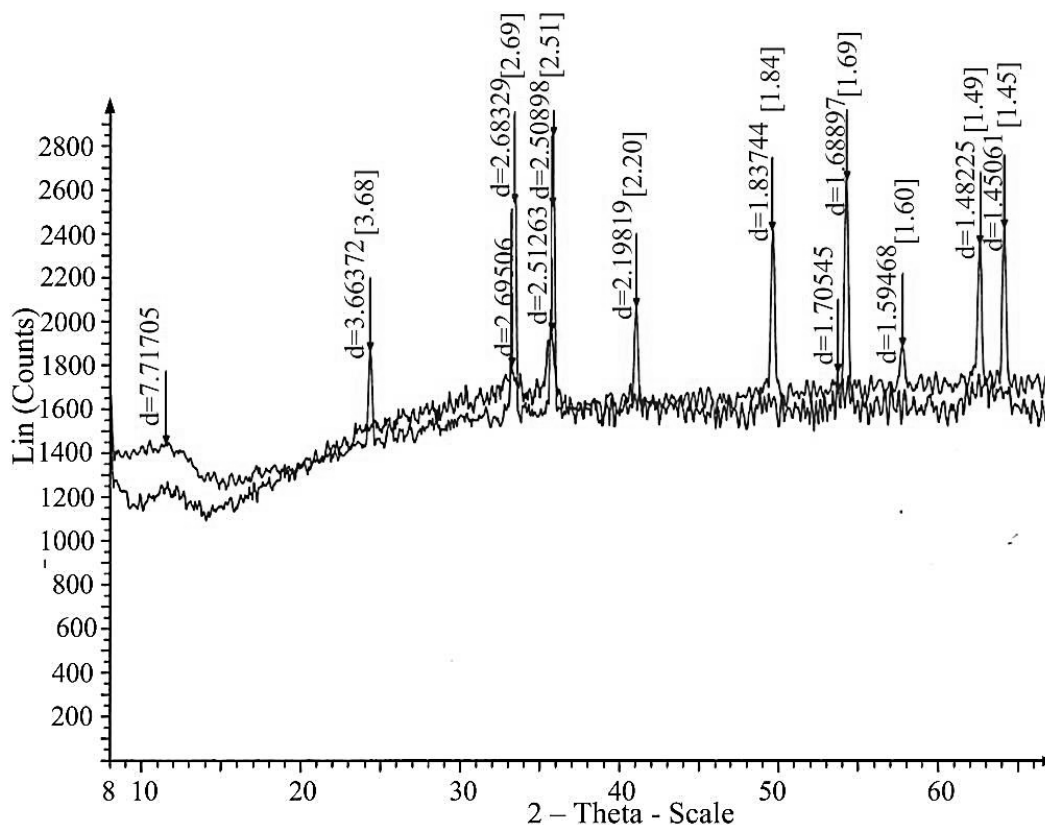


Рис. 4. Дифрактограмма осадка

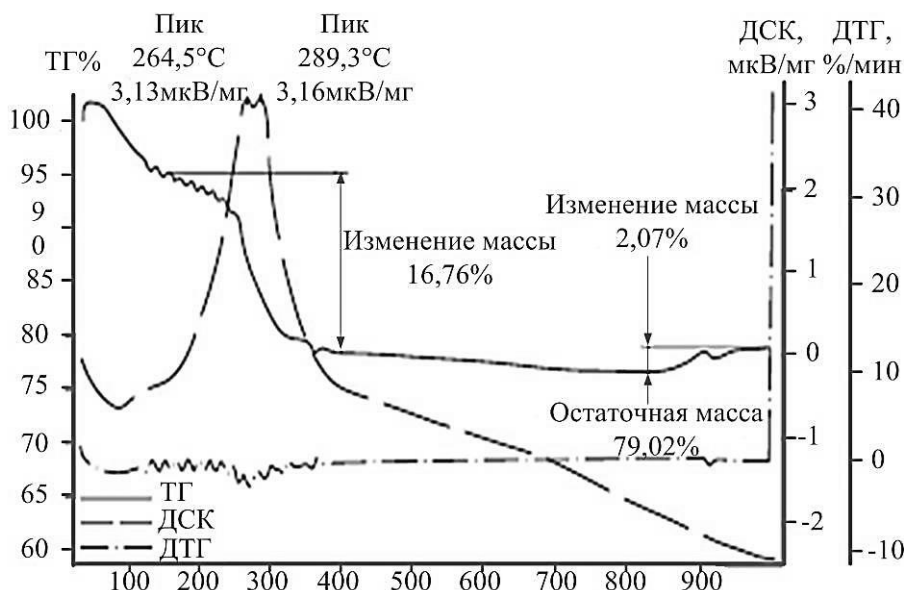


Рис. 5. Термограмма осадка

Как видно из рис. 5, при $t = 264,5$ и $289,3^{\circ}\text{C}$ наблюдаются экзоэффекты, которые возможно связаны с полиморфным переходом оксигидратных форм железа и хрома [7].

По итогам исследований установлено, что наличие в осадке оксигидратных форм железа играет важную роль в процессе гальванокоагуляционной обработки хромосодержащих стоков, поскольку они имеют большую внутреннюю и поверхностную энергию, а следовательно, сорбционную способность.

Полученные результаты были использованы для разработки технологической схемы очистных сооружений хромосодержащих сточных вод.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Определены оптимальные режимы гальванокоагуляции хромстоков при использовании гальванопары Fe–углеродминеральный сорбент: по величине $\text{pH} = 1,5\div 2,5$; $t_k = 1\text{--}25$ мин, в зависимости от исходной концентрации ионов хрома.

2. Учитывая химический состав осадка, целесообразно рекомендовать его к использованию в производстве красного керамического кирпича.

Осадок, используемый в качестве добавки в производстве красного керамического кирпича, позволит повысить его прочностные характеристики, улучшить окрас, а также даст возможность снизить температуру обжига кирпича, что приведет к снижению его себестоимости.

Статья поступила 19.11.2014 г.

Библиографический список

1. Чантурия В.А., Соложенкин П.М. Гальванохимические методы очистки техногенных вод: Теория и практика. М.: Академкнига, 2005. 204 с.
2. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической промышленности. Киев: «Вища школа», 1976. 184 с.
3. Халтурина Т.И., Чурбакова О.В., Бобрик А.Г. К вопросу электрохимического обезвреживания хромосодержащих сточных вод // Вестник ИрГТУ. 2014. № 3. С. 103–107.
4. Халтурина Т.И., Курилина Т.А. Исследование технологического процесса гальванокоагуляции медьсодержащих сточных вод // Известия вузов. Строительство. 2008. № 8. С. 70–75.
5. Гликин М.А., Зинатуллина Н.М., Гнездилова Т.Н. Исследование процесса очистки хромосодержащих сточных вод методом гальванокоагуляции // Экотехнологии и ресурсосбережение. 1995. № 1. С. 60–63.
6. Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М.: Техносфера, 2004. 384 с.
7. Иванова В.П., Касатов Б.П., Красавина Т.Н., Розина Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. М.: Недра, 1974. 399 с.



УДК 629.113

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВИДА РЕМОНТА АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ, ПОЛУЧЕННОЙ НА ИНТЕГРАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОЙ МОДЕЛИ© В.Н. Катаргин¹, С.В. Хмельницкий²Сибирский федеральный университет,
660074, Россия, г. Красноярск, ул. Киренского, 26.

Приведены результаты научных исследований по разработке методики обоснования вида ремонта агрегатов транспортных средств с целью повышения эффективности использования их ресурса в процессе эксплуатации. Проанализированы особенности организации ремонтных технических воздействий в России и за рубежом, а также представлено описание этапов альтернативного подхода к обоснованию видов ремонта оптимального состава в структуре управления процессом ремонта с целью снижения материальных затрат на эксплуатацию агрегатов автомобилей.

Ключевые слова: затраты; агрегат; ремонт; износ деталей; показатели надежности; моделирование.

SUBSTANTIATION OF VEHICLE UNIT REPAIR TYPE SELECTION BASED ON THE TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OBTAINED ON AN INTEGRATED DIMENSIONAL MODEL

V.N. Katargin, S.V. Khmel'nitsky

Siberian Federal University,
26 Kirensky St., Krasnoyarsk, 660074, Russia.

The article provides the results of researches on the development of a substantiation methodology of repair types for vehicle assembly units in order to improve the efficiency of using their resource while in operation. It analyzes the organization features of repair in Russia and abroad and describes the stages of an alternative approach to the substantiation of the types of optimal repair in the structure of repair control in order to reduce material costs of operating vehicles.

Keywords: costs; unit; repair; wear parts; reliability; simulation.

Введение. К концу 2010 г. количество автомобилей в мире приблизилось к 1 млрд. Ежегодно выпускается около 50 млн новых машин и огромное число автозапчастей. В этих условиях важно проследить тенденцию возрастания ценности операций, направленных на восстановление работоспособного состояния агрегатов автомобилей. Задача ремонтных воздействий стала шире и уже не сводится только к цели восполнения дефицита автомобильного парка, которая была актуальна прежде. В настоящее время актуальность проведения ремонта в значительной степени обусловлена усложнением конструкции, ростом затрат на изготовление узлов и деталей, что в конечном итоге отражается на стоимости нового автомобиля. Таким образом, ремонт направлен на повышение эффективности использования ресурса агрегатов, а также на снижение материальных и трудовых затрат на обеспечение их работоспособности в процессе эксплуатации.

Изменившаяся структура ремонтной деятельности в новых экономических условиях нашей страны недостаточно эффективна из-за ряда неправильно сложившихся плановых, экономических, организационных и других подходов к обеспечению работоспособности автомобилей и их составных частей, что привело к значительному снижению экономической заинтересо-

ванности потребителей в текущем и тем более капитальном ремонте машин и их компонентов. Вследствие этого автотранспортники стали отказываться от услуг авторемонтных предприятий, а потребности удовлетворять за счет собственной производственно-технической базы и прочих ресурсов.

Из-за несовершенства организации и отсутствия специализированного оборудования номенклатура и объем восстанавливаемых изношенных деталей на площадках ремонта транспортных предприятий весьма ограничены. Передовая практика авторемонтного производства и научные разработки подтверждают, что экономически целесообразно восстанавливать до 40% узлов и деталей, а 30% необходимо заменять новыми. Фактически, применительно к российским условиям эксплуатации, восстанавливается около 12–15% частей машины, а используется повторно без ремонтных воздействий более 50%.

За рубежом ситуация иная. Крупнейшие производители компонентов для автомобильной промышленности, такие как ZF, Bosch, CF, Denso, Wabco и многие другие, имеют крупные производства по ремонту узлов и восстановлению деталей. В США 90% рынка автозапчастей составляют восстановленные детали, и в Европе наблюдается подобная тенденция стремительного роста восстановительного производства

¹Катаргин Владимир Николаевич, кандидат технических наук, профессор кафедры транспорта, тел.: (391) 2498924, e-mail: katargin@gmail.com

Katargin Vladimir, Candidate of technical sciences, Professor of the Department of Transport, tel.: (391) 2498924, e-mail: katargin@gmail.com

²Хмельницкий Сергей Владимирович, ассистент кафедры транспорта, тел.: 89029250004, e-mail: hmel.sv@gmail.com
Khmel'nitsky Sergey, Assistant of the Department of Transport, tel.: 89029250004, e-mail: hmel.sv @ gmail.com

наряду со стагнацией рынка новых автозапчастей [1].

В нашей стране, к сожалению, у большинства покупателей восстановленная деталь зачастую ассоциируется с бывшей в употреблении и, как следствие, не формирующей спроса, в то время как в США – это целая отрасль промышленности, характеризующаяся сформированной структурой, приносящая млрд долл. дохода и предоставляющая тысячи рабочих мест.

Таким образом, на сегодняшний день можно обозначить две основные причины для формирования и развития ремонта агрегатов и восстановительного производства деталей. Во-первых, это высокая стоимость новых автозапчастей. Восстановлению подлежат, в основном, сложные автомобильные узлы и агрегаты: стартеры, генераторы, коробки переключения передач, компрессоры кондиционера, топливные насосы, форсунки, приводы, рулевые рейки, насосы гидроусилителя. Их стоимость зачастую составляет значительную величину от стоимости всего автомобиля, что делает такой способ восстановления его работоспособности высококоротельным.

Во-вторых, это негативное воздействие на окружающую среду в процессе производства новых узлов и агрегатов. Например, компания Bosch, являющаяся одним из лидеров на рынке восстановления автокомпонентов, на своем официальном сайте заявляет о том, что в 2009 г. ею было восстановлено 2,5 млн единиц запчастей, благодаря чему выбросы CO_2 в атмосферу сократились на 23000 тонн по сравнению с технологией выпуска новых деталей [2].

Все вышесказанное – аргументы в пользу необходимости поиска путей повышения эффективности ремонта и эксплуатации автомобиля в целом.

Постановка задачи. В практической эксплуатации коммерческого транспорта попытки прогнозирования возможных эксплуатационных убытков либо вообще не производятся, либо эти затраты пытаются априорно снизить на текущем этапе восстановления работоспособности традиционными способами. Одни из них основаны на экономии материальных, сырьевых и энергетических ресурсов, другие требуют затратной кадровой политики и большого временного лага реализации таких методов. В результате эксплуатация транспорта характеризуется значительными простоями в ремонте агрегатов, малым коэффициентом технической готовности автомобилей и низкой экономической эффективностью. Поэтому существует потребность в привлечении научного инструментария в целях снижения влияния такого рода негативных аспектов.

По итогам анализа актов постановки подвижного состава на ЦАРМ при МБУСАТ г. Красноярск установлено, что около 65% автомобилей поступает в ремонт по причине естественного износа поверхностей частей агрегатов. Порядка 15% отказов обусловлены разрушениями рабочих поверхностей деталей, 12% – их деформацией. Остальные 8% подвижного состава поступают в текущий ремонт по причинам внезапных отказов, не зависящих от режима и организации технического обслуживания и ремонта.

Таким образом, из большого числа разрушающих

процессов, приводящих к отказу деталей, главное внимание необходимо уделить развитию вероятностных методов оценки ресурса, связанных с износом, поскольку это поможет решению задачи по снижению разного рода издержек для самих предприятий, производителей техники и ее владельцев, а следовательно, и по повышению экономической эффективности.

Метод решения задачи. Достаточно перспективным возможным направлением решения такой задачи является развитие инструментариев в области ремонтных технических воздействий, основанных на анализе размерных характеристик деталей и их взаимном сопряжении. Этой цели посвящены и научные труды авторов СФУ, основанные на обеспечении точности замыкающих звеньев размерных цепей [3]. В настоящее время данное направление получило дальнейшее развитие и представлено в новом усовершенствованном подходе в виде методики назначения наиболее эффективного вида и состава ремонтных работ.

Снизить номенклатуру затрат на эксплуатацию автомобиля возможно, подобрав оптимальный вид ремонтных воздействий, соответствующих его фактическому техническому состоянию, поскольку разные виды ремонта в разной степени отражаются на суммарных удельных затратах.

Основополагающим фактором, влияющим на содержание технических воздействий, является количественная оценка фактического состояния агрегата. Поэтому первичной информацией, необходимой для функционирования методики назначения оптимального состава ремонтных технических воздействий, является величина износа деталей, или показатель фактического технического состояния агрегата в момент принятия решения.

Именно количественная оценка фактического состояния агрегата в целом может служить характеристикой в выборе вида ремонтных технических воздействий. При этом основную роль обобщенного параметра, характеризующего потенциальную работоспособность деталей и узлов, выполняет величина остаточной точности размерных параметров, распределенных по всему агрегату в виде интегральной размерной модели, рис. 1.

В общем случае размерные параметры агрегата являются составляющими общего износа и в период дальнейшего изменения функции изнашивания становятся ее постоянными членами. При проведении ремонтных работ отказавшие детали заменяются на новые или восстановленные, которые по мере использования также подвергаются изнашиванию в дальнейший период эксплуатации.

Бесконечно малому приращению времени эксплуатации агрегата (Δt) соответствует бесконечно малое приращение суммарного износа ($\Delta \sum R$), поэтому суммарный износ агрегата представляет собой непрерывную функцию от времени:

$$\Delta \sum R = F(t). \quad (1)$$

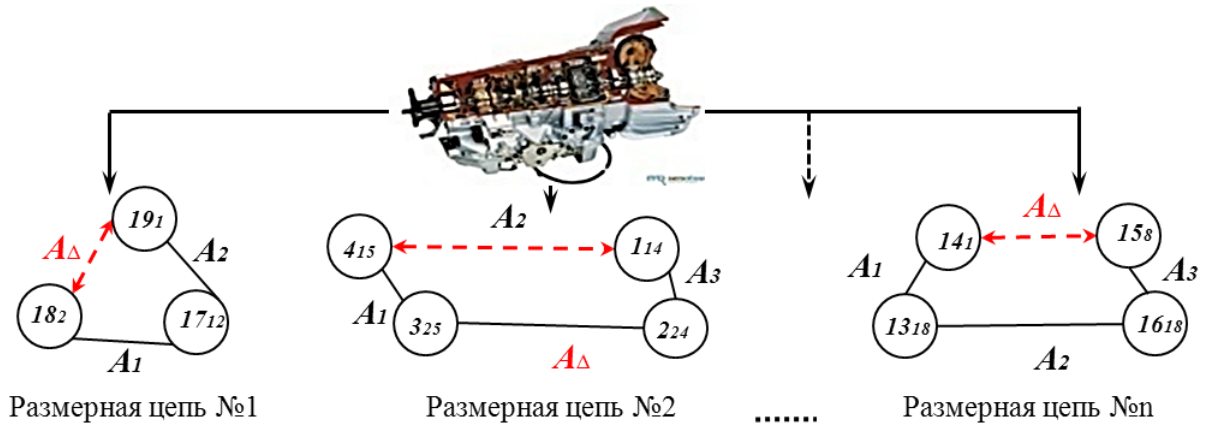


Рис. 1. Графовая структура интегральной размерной модели агрегата

В то же время износ i -ых размерных параметров R_i , входящих в структуру агрегата, также представляет собой непрерывную функцию от времени:

$$\Delta R_i = f_i(t). \quad (2)$$

Суммарный износ агрегата может быть выражен как сумма износов отдельных размерных параметров и описан непрерывной функцией:

$$\Delta \Sigma R = \sum_{i=1}^n \Delta R_i = \sum_{i=1}^n f_i(t) = F(t). \quad (3)$$

Если для всех размерных параметров агрегата найти подобные функции износа, выразить их в единых измерителях, а затем просуммировать их для всех элементов, то в результате может быть получена функция, оценивающая износ агрегата в целом.

Учитывая описанные соображения, общую изношенность агрегата предлагается оценивать коэффициентом интегральной остаточной точности Δ_Σ :

$$\Delta_\Sigma = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot \left(1 - \frac{R_{ti} - R_{oi}}{R_{pi} - R_{oi}}\right), \quad (4)$$

где n – количество размерных параметров агрегата, которое подлежит измерению в момент оценки изношенности, ед.; μ_i – коэффициент, характеризующий весомость размерного параметра по его средней наработке до отказа; R_{ti} – текущее (фактическое) значение i -го размерного параметра в момент оценки изношенности агрегата, мм; R_{pi} – предельное значение i -го размерного параметра в момент оценки изношенности агрегата, мм; R_{oi} – значение размерного параметра, соответствующее нижнему отклонению поля допуска i -го размерного параметра в момент оценки изношенности агрегата, мм.

Если предположить, что отказ любого размерного параметра имеет одинаковый вклад в надежность агрегата в целом, то определение интегральной остаточной точности можно было бы произвести как сложение остаточной точности отдельных размерных параметров. Но отдельные размерные параметры агрегата оказываются важнее в силу различных интенсивностей изнашивания, условий нагруженности и других эксплуатационных и конструктивных факторов. Поэтому коэффициент весомости μ предлагается оценивать выражением

$$\mu_i = \frac{\bar{L}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{L}_i}, \quad (5)$$

где $\bar{L}_i$ – среднее значение наработки на ресурсный отказ i -го размерного параметра агрегата, полученное в модельном эксперименте; n – количество размерных параметров агрегата, которое подлежит оценке технического состояния в момент ремонта.

Теоретические предпосылки методики назначения оптимального вида ремонтных воздействий базируются на основных положениях теории старения и восстановления автомобилей, включая как обобщение трудов ряда ведущих ученых в области поддержания работоспособности автомобилей, так и результаты, полученные авторами.

При решении поставленной в исследовании задачи за критерий эффективности принят минимум издержек C_{min} на эксплуатацию агрегата в моделируемый интервал наработки.

Затраты для агрегата $C_{сумм}$ должны состоять из суммы затрат для каждого вида ремонтных воздействий на весь моделируемый интервал. Суммирование осуществляется по порядку производимых ремонтных воздействий (1, 2, 3, ..., n):

$$C_{сумм} = \sum_{i=1}^n \Delta C_i. \quad (6)$$

В процессе оптимизации видов технических воздействий определяются такие численные значения коэффициента интегральной остаточной точности Δ_Σ , размерных параметров, использование значений которых в качестве управляющих содержанием ремонтных технических воздействий приводит к минимальным издержкам на эксплуатацию агрегата:

$$C_{сумм} \xrightarrow{\Delta_\Sigma} \min \sum_{i=1}^n \Delta C_i. \quad (7)$$

Задача оптимизации вида технических воздействий сводится к минимизации целевой функции суммарных удельных затрат на эксплуатацию агрегата за период с начала момента выполнения очередного вида технического воздействия до заданной наработки, в интервале которой рассчитываются затраты. С учетом этого правая часть уравнения (1) запишется в виде

$$\sum_{i=1}^n \Delta C_i = (M_{Sj} + \sum_{i=1}^n \Delta U_i) / L_{0max} \rightarrow \min, \quad (8)$$

где ΔC_i – суммарные удельные затраты на ремонт агрегата, руб./км; M – стоимость S_j -го состава ремонтных работ, соответствующего выбранному виду технического воздействия; $L_{0\max}$ – ресурс агрегата, соответствующий интервалу моделирования, в котором определяются численные значения ΔC_i ; ΔU_i – издержки, связанные с устранением внезапных отказов после назначения вида технического воздействия за наработку $L_{0\max}$.

Расчет суммарных удельных затрат на эксплуатацию производится путем моделирования жизненного цикла агрегата исходя из назначенного состава технического воздействия S_j . Каждый состав технического воздействия характеризуется объемом проводимых ремонтных работ. Здесь рассмотрены два основных состава технических воздействий: S_1 – устранение всех отказов производится посредством текущих ремонтов; S_2 – в моменты отказов агрегата производятся текущие ремонты в комплексе с попутной заменой деталей, лимитирующих ресурс.

Экономическая целесообразность текущего ремонта с попутной заменой деталей (вид S_2) складывается из нескольких составляющих.

С одной стороны, чем больше количество единовременно заменяемых деталей, тем меньше средние удельные затраты на эксплуатацию за счет снижения трудовых и временных ресурсов на разборочно-сборочные операции, экономии от простоев автомобиля и прочих причин. С другой стороны, применение такого вида воздействия неизбежно вызывает негативные явления, связанные с величиной недоиспользования ресурса заменяемых деталей. Наличие этого противоречия сводится к постановке задачи оптимизации технико-экономических показателей.

Если выразить изменение затрат, связанных с недоиспользованием ресурса заменяемых деталей через функцию $C_R = f(R)$, изменение суммарных затрат, связанных с экономией трудоемкости на замену деталей через функцию $C_T = f(T)$, в единой системе измерения, то решение оптимизационной задачи по технико-экономическому критерию сводится к определению суммарных средних удельных затрат $\sum C_M$:

$$\sum C_M = C_R + C_T, \quad (9)$$

или нахождению результирующей функции:

$$f(C_R, C_T) = f(R) + f(T). \quad (10)$$

Исследование осложняется тем, что, во-первых, суммарные затраты $\sum C_R$, связанные с недоиспользованием ресурса заменяемых деталей, зависят от двух переменных: величины остаточного ресурса – L_{lim} заменяемой детали, а также количества единовременных замен деталей – N_Z . Во-вторых, суммарная экономия затрат $\sum C_T$, связанная с попутной заменой деталей, зависит также от двух составляющих: разности величины трудоемкости проведения ремонта по виду S_1 (текущего ремонта) и ремонта по виду S_2 (попутных замен) – ΔT , а также разности количества таких ремонтов – ΔN_R .

Таким образом, $\sum C_R$ и $\sum C_T$ есть функции двух переменных:

$$\sum C_R = f(L_{lim}, N_Z), \quad (11)$$

$$\sum C_T = f(\Delta T, \Delta N_R). \quad (12)$$

Учитывая описанные соображения, уравнение (4) будет иметь вид

$$f(C_R, C_T) = f(L_{lim}, N_Z) + f(\Delta T, \Delta N_R). \quad (13)$$

Таким образом, решение поставленной задачи сводится к нахождению минимума функции:

$$f(C_R, C_T) \rightarrow \min. \quad (14)$$

Анализ полученных результатов. Произведено моделирование оптимальных видов технических воздействий с целью повышения эффективности использования ресурса во время эксплуатации агрегата, что благоприятно сказывается на планировании, организации и управлении ремонтного производства.

Имеющаяся информация вводилась в имитационную математическую модель, а затем определялись такие показатели, как средняя наработка на отказ деталей агрегатов; интервал наработки, при котором фиксируется этот отказ; удельные затраты на ремонт $C_{уд}$, руб./км, в зависимости от коэффициента интегральной остаточной точности по видам технических воздействий.

Одним из основных показателей эффективности ремонта являются удельные затраты на дальнейшую эксплуатацию агрегата. Большой интерес представляет изменение этого показателя в зависимости от фактического технического состояния или изношенности агрегата. В этой связи были смоделированы значения средних удельных затрат на эксплуатацию в зависимости от коэффициента интегральной остаточной точности Δ_Z и стоимости нормо-часа работ (рис. 2). Здесь можно проследить тенденцию снижения средних удельных затрат при увеличении коэффициента интегральной остаточной точности и снижении стоимости нормо-часа. Полученные показатели можно использовать для планирования затрат на эксплуатацию агрегатов автомобилей, при анализе хозяйственной деятельности предприятия и условий эксплуатации транспорта.

Так, например, на одну коробку переключения передач при интегральной остаточной точности $\Delta_Z = 0,3$ удельные затраты на ремонт составят 0,151 руб./км. При этом доверительный интервал изменения удельных затрат при таком значении Δ_Z будет иметь величину $0,145 < C_{уд} < 0,158$ при уровне доверительной вероятности 95%. Полученная зависимость близка по своей форме к экспоненциальной. Такая особенность объясняется структурой имитационной модели расчета такого показателя, поскольку первичной информацией, служащей основой в имитационной модели, являются характеристики изнашивания поверхностей деталей, описываемые экспоненциальной двухпараметрической функцией.

Более детальную структуру процесса формирования затрат можно проследить, если рассмотреть частные случаи по видам технических воздействий. Например, затраты на эксплуатацию при стратегии текущего ремонта формируются за счет следующей структуры отказов, рис. 3.

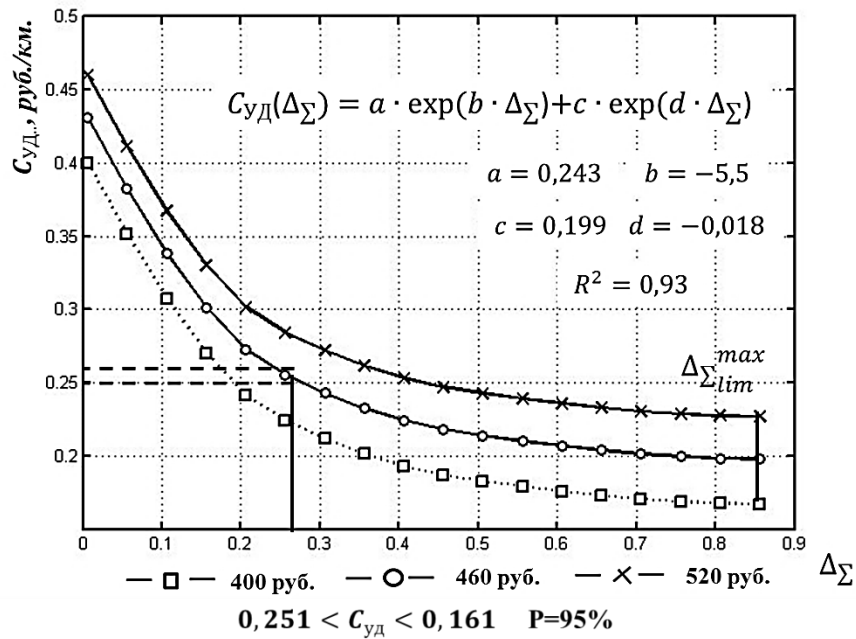


Рис. 2. Изменение средних удельных затрат на эксплуатацию агрегата в зависимости от интегральной остаточной точности его размерных параметров

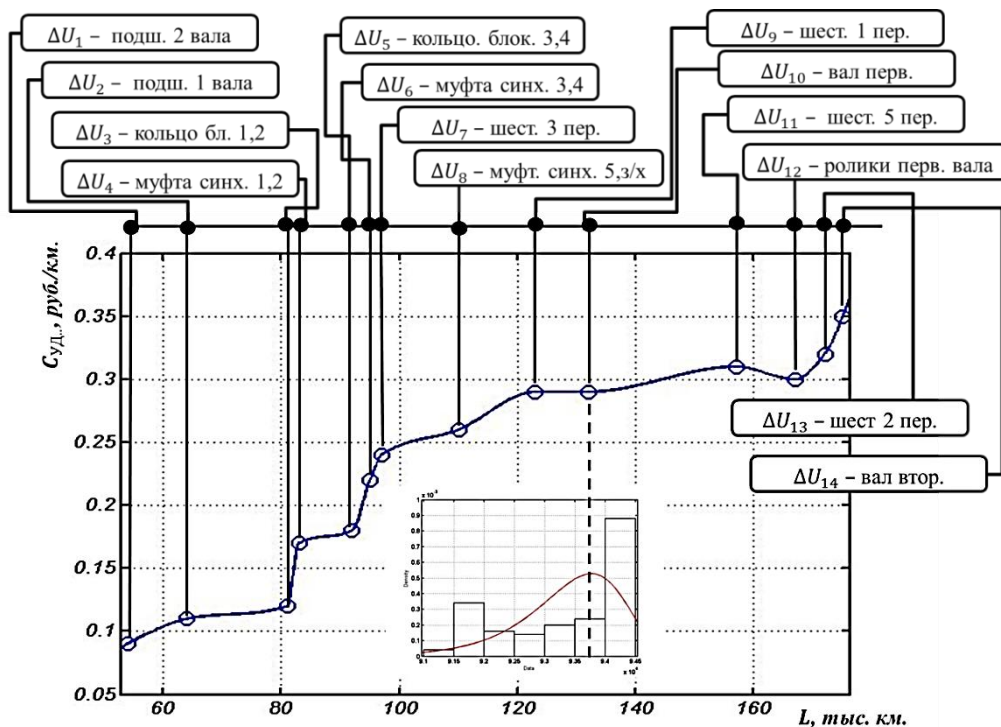


Рис. 3. Структура отказов коробки переключения передач и соответствующие затраты на эксплуатацию

При постановке эксперимента интервал моделирования составлял 175 тыс. км. Проведенный вычислительный эксперимент позволил установить, что первые затраты формируют отказы таких деталей, как подшипники, элементы синхронизаторов, а далее – более дорогостоящих шестерен, муфт и валов.

Затем был рассмотрен процесс формирования затрат при стратегии попутных замен деталей. Основной входной информацией для реализации расчетов послужили следующие данные: стоимость традицион-

го текущего ремонта; стоимость запасных частей и материалов, необходимых для ремонта; прогнозируемые ресурсные отказы других деталей. В качестве допущений было спрогнозировано 13 последующих ресурсных отказов, ожидаемых после выполненного текущего ремонта на пробеге 54 тыс. км. Значение пробега, соответствующего первому текущему ремонту, было также смоделировано при заданных номинальных и предельных размерах.

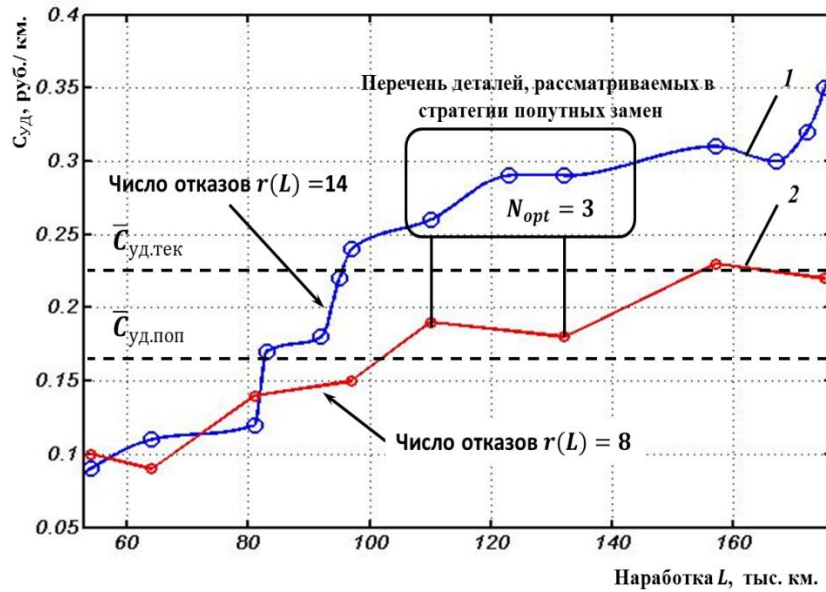


Рис. 4. Процесс формирования удельных затрат на эксплуатацию при стратегии попутных замен

Затраты по S_2 (попутная замена деталей) отображаются кривой 2 (рис. 4), кривая 1 соответствует S_1 – ремонту по потребности. Как показали результаты эксперимента, стратегия попутных замен обеспечивает экономию затрат до 30%, при этом количество прогнозируемых отказов уменьшается с 14 до 8 при заданном интервале моделирования, равном 175 тыс. км.

При помощи разработанной модели поддержки принятия решений можно исследовать изменение средних удельных затрат на эксплуатацию при модификации различных входных характеристик. Например, стоимости ремонтных операций, запасных частей, трудоемкости технических воздействий, убытков, связанных с недоиспользованием ресурса заменяемых деталей. Данная информация может быть полезной для принятия различных решений при управлении и планировании ремонтного производства, например,

при изменении трудоемкости и стоимости нормо-часа работ.

Для решения данной задачи был поставлен вычислительный эксперимент. В нем рассчитывались средние удельные затраты на эксплуатацию агрегата $C_{уд.}$ по видам ремонтных воздействий в зависимости от коэффициента интегральной остаточной точности размерных параметров агрегата.

Модельными расчетами определены три основных зоны значения этого коэффициента (рис. 5), где целесообразен тот или иной вид работ. Например, если значение этого коэффициента лежит в пределах $\delta_1: 0 \leq \Delta_\Sigma \leq 0,18$, то целесообразно списание агрегата и установка нового. Диапазон $\delta_2: 0,18 < \Delta_\Sigma \leq 0,73$ – соответствует целесообразности попутных замен деталей; $\delta_3: 0,73 < \Delta_\Sigma \leq 0,85$ – зона, где эффективен текущий ремонт.

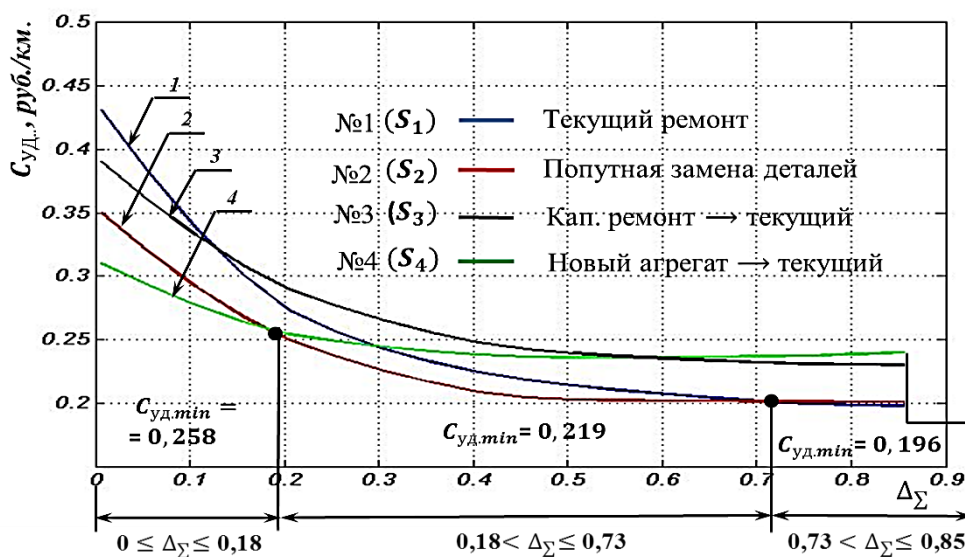


Рис. 5. Изменение средних удельных затрат на эксплуатацию агрегата по видам ремонтных воздействий



Таким образом, определены численные значения критерия разграничения, определяющего целесообразность того или иного вида технических воздействий на основе интегральной оценки точности размерных параметров, распределенных по всему агрегату. Другими словами, получены количественные характеристики для принятия решения о виде ремонтных технических воздействий на примере коробки переключения передач.

Практическое приложение результатов. На основе ранее предложенных теоретических положений была разработана и описана методика определения технических воздействий оптимального состава. Интегрирование в эту методику информации об износах размерных параметрах деталей на величину наработки, а также структурную составляющую дает возможность обоснованно подходить и к решению ряда научно-прикладных и производственных задач: назначению вида ремонтных технических воздействий оптимального состава, соответствующих фактическому техническому состоянию агрегата автомобиля; выдвиганию взвешенных и рациональных подходов к обоснованию сроков гарантийного пробега, дифференцированных по техническому состоянию агрегатов; прогнозированию производственных издержек и планированию производственной деятельности предприятий; достоверной оценке допустимых без ремонта размерных параметров деталей; повышению качества проведения ремонтных воздействий за счет увеличения послеремонтного ресурса узлов и агрегатов; раз-

работке актуализированных математических моделей назначения видов и стратегий технических воздействий, основанных на анализе фактического технического состояния объекта ремонта, абстрагируясь от нормативных показателей наработки.

Указанные задачи могут быть дополнены, расширены и адаптированы в зависимости от особенностей организации производственного процесса конкретного предприятия, производящего различные виды восстановительного ремонта агрегатов и узлов автомобильного транспорта.

Решение указанных задач позволит на новом качественном уровне обеспечить необходимым информационным сопровождением руководство и инженерные службы предприятий по эксплуатации и ремонту автомобильного транспорта.

Выводы. Полученные результаты модельного эксперимента также подтверждают ранее полученный вывод о том, что именно обоснованность видов ремонтных воздействий имеет решающее значение в повышении эффективности ремонта агрегатов автомобилей.

Таким образом, рабочая гипотеза о возможности повышения эффективности использования ресурса за счет обоснования вида ремонтных воздействий полностью подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями и полученными численными модельными показателями.

Статья поступила 19.01.2015 г.

Библиографический список

1. Воронова Е. Гарантия качества // Правильный автосервис. 2012. № 3. С. 22–24.
2. Протасов Н. «Детальная» экономия. Восстановление базовых деталей – актуальная проблема авторемонта // Основные средства. 2011. № 8. С. 12–15.
3. Катаргин В.Н., Камольцева А.В., Хмельницкий С.В. Интегральные размерные модели как основа процессов ремонта агрегатов АТС // Автомобильная промышленность. 2014. № 8. С. 23–26.

УДК 656.072

ЭКОНОМИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

© Е.Е. Попова¹

Байкальский государственный университет экономики и права,
664003, Россия, г. Иркутск, ул. Ленина, 11.

Рассматривается транспортно-логистическая система пассажирских перевозок на региональном уровне. Представлены предпосылки создания транспортно-логистических систем, общие организационно-экономические основы формирования региональных транспортно-логистических систем на пассажирском транспорте. Описана общая социально-экономическая эффективность создания транспортно-логистических систем пассажирских перевозок.

Ключевые слова: пассажирский транспорт; оптимизация пассажирских перевозок; транспортно-логистическая услуга; транспортно-логистические системы.

ECONOMIC ORGANIZATIONAL BASES FOR REGIONAL LOGISTICS AND TRANSPORTATION SYSTEM FORMATION IN PASSENGER TRANSPORT

Е.Е. Popova

Baikal State University of Economics and Law,

¹Попова Елена Евгеньевна, аспирант, тел.: 89629922888, e-mail: popovae@list.ru
Popova Elena, Postgraduate, tel.: 89629922888, e-mail: popovae@list.ru



11 Lenin St., Irkutsk, 664003, Russia.

The article treats the logistics and transportation system of passenger transportation at a regional level. It describes the background for the creation of logistics and transportation systems, general organizational and economic bases for the formation of the logistics and transportation system on passenger transport. It also shows the general socio-economic efficiency of creating logistics and transportation systems of passenger transportation.

Keywords: passenger transport; optimization of passenger traffic; transportation logistics services; logistics and transportation systems.

Транспорт занимает одно из ведущих мест в мировом хозяйстве и обладает рядом существенных черт, присущих ему как сложному межотраслевому комплексу. Развитие мировой транспортной системы во многом объясняется современными тенденциями совершенствования технологии перевозок и систем управления.

Степень развития инфраструктуры транспорта оказывает огромное влияние на развитие перевозок разными видами транспорта. Применительно к пассажирским перевозкам логистика представляет собой совокупность проектных решений, методов организации и управления, технических средств, которые обеспечивают необходимый уровень обслуживания пассажиров, их безопасную, надежную и непрерывную доставку «от двери к двери» в определенное время при минимальных затратах.

Региональная транспортно-логистическая система применительно к пассажирскому транспорту (РТЛС ПТ) – это система, состоящая из многочисленных взаимосвязанных звеньев логистической инфраструктуры, расположенных на территории региона, обеспечивающих управление пассажиропотоками на основе интеграции сервисных, финансовых и информационных потоков.

РТЛС ПТ, с учетом основных характеристик, обладает следующими свойствами:

1. Целостность и возможность деления.

Деление возможно проводить на макроуровне – при движении пассажиропотока от одной системы к другой. На микроуровне – РТЛС ПТ рассматривается в качестве главных подсистем, включающих заявку на перевозку, обеспечивающую логистическую систему пассажиропотоком, планирование и управление перевозками.

Единство цели обеспечивает совместимость всех элементов системы, этому подчинено функционирование РТЛС ПТ.

2. Связи.

На микроуровне внутрихозяйственными отношениями связаны все элементы системы. На макроуровне базу связей между элементами системы составляет договор.

3. Организация.

Связи между элементами РТЛС ПТ упорядочены определенным образом. Это значит, что РТЛС ПТ должна иметь конкретное организационное строение, состоящее из находящихся во взаимосвязи объектов и субъектов управления, воплощающих заданную цель.

4. Оперативность.

Способность доставить пассажира в определенное время в конкретное место с малыми затратами и возможность приспосабливаться к изменяющимся

условиям окружающей среды. Применение этого свойства позволяет системе оказывать услуги, обеспечивая процесс информационной поддержкой, добиваясь намеченных целей. Оперативность РТЛС ПТ не присуща ее элементам, рассматриваемым вне системы.

5. Сложность.

Сложность в РТЛС ПТ определяется главными свойствами, такими как присутствие большого количества элементов, взаимодействие между ними; сложность работы, выполняемой системой; существование сложно организованного управления; влияние на систему большого количества стохастических моментов внешней среды.

6. Иерархичность.

Понятие означает подчиненность элементов низкого уровня элементам более высокого уровня.

Современный подход к управлению пассажирскими перевозками, на наш взгляд, заключается в разработке оптимальных логистических схем, оптимизации использования ресурсов пассажирских транспортных предприятий, сроков транспортировки пассажиров путем создания единой контролируемой системы и логистической цепи доставки пассажиров одним или несколькими видами транспорта. Он должен включать в себя расчет и реализацию транспортных расходов, согласование всего процесса перевозок от начальных до конечных точек. Кроме того, использование нового подхода к управлению и создание единой транспортно-логистической системы на пассажирском транспорте позволяют минимизировать противоречия между пассажирами и перевозчиками, а также между предприятиями, работающими на одном рынке транспортных услуг.

Основываясь на том, что транспортные компании в целях развития региональных транспортно-логистических систем должны предлагать пассажиру не только перемещение от пункта отправления до пункта назначения, но и варианты логистических цепочек перемещения по маршруту «начальный пункт – конечный пункт» и весь спектр услуг в процессе перевозки, нами уточнено определение транспортно-логистической услуги применительно к перевозке пассажиров, которое включает весь дополнительный сервис, а также логистическое сопровождение, оказываемое при перевозке пассажира в рамках функционирования региональных транспортно-логистических систем пассажирского транспорта.

В качестве **транспортно-логистической услуги** применительно к пассажирскому транспорту понимается результат от функционирования транспортно-логистической системы по удовлетворению потребностей пассажира в перевозке и оказании сопутствующих

щих данной перевозке услуг в соответствии с установленными требованиями и нормами.

Таким образом, транспортно-логистическое обслуживание пассажиров можно классифицировать как обслуживание **до, в процессе и после** оказания транспортной услуги (рис. 1).

Теоретически региональная логистическая система на пассажирском транспорте может быть организована по принципу централизации или координации.

Под **централизацией** понимают передачу части функций управления от различных субъектов управ-

ления единому органу (центру), действующему в общих интересах. Такой орган может специально образовываться вновь либо выделяться в составе одного из субъектов управления. Централизация позволяет избежать ненужного дублирования, что сокращает затраты на управление, повышает оперативность доведения управляющих воздействий до исполнителя, способствует эффективному использованию средств технологической связи, обеспечивает проведение единой технической политики, а главное – создает удобства пассажирам.

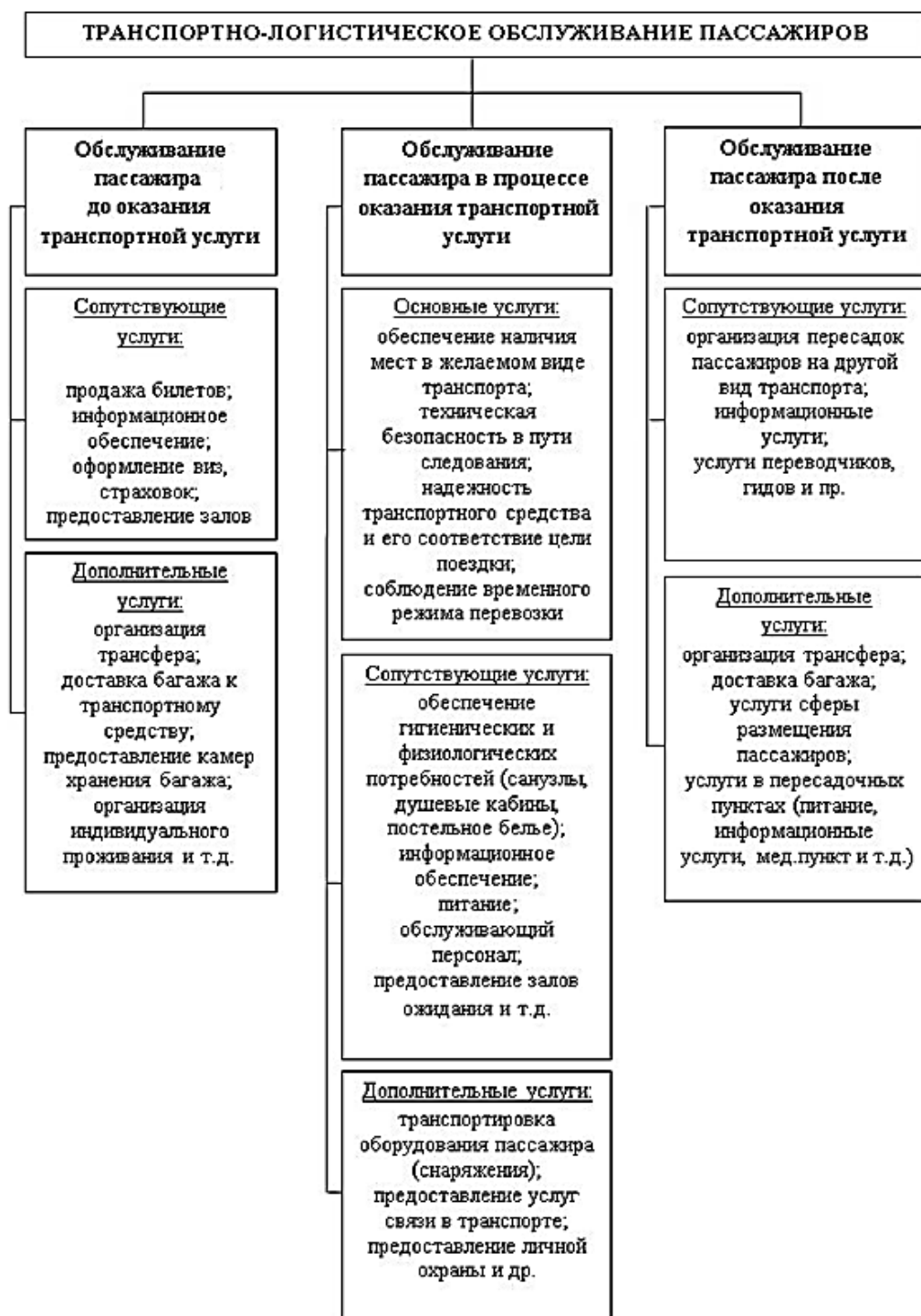


Рис. 1. Транспортно-логистическое обслуживание пассажиров



Координация означает согласование, установление целесообразного соотношения между действиями различных независимых друг от друга субъектов управления. Координация касается главным образом технологического обеспечения, в связи с чем ее следует отличать от монополистических проявлений, когда хозяйствующие субъекты договариваются о раз-

деле рынка перевозок и установлении на нем монопольных тарифов. Такие монополистические действия запрещены законодательством [1].

Исходя из вышесказанного, нами предложен механизм функционирования РТЛС ПТ, координирующий на добровольных условиях процесс пассажирских перевозок всеми участниками рынка (рис. 2, 3).

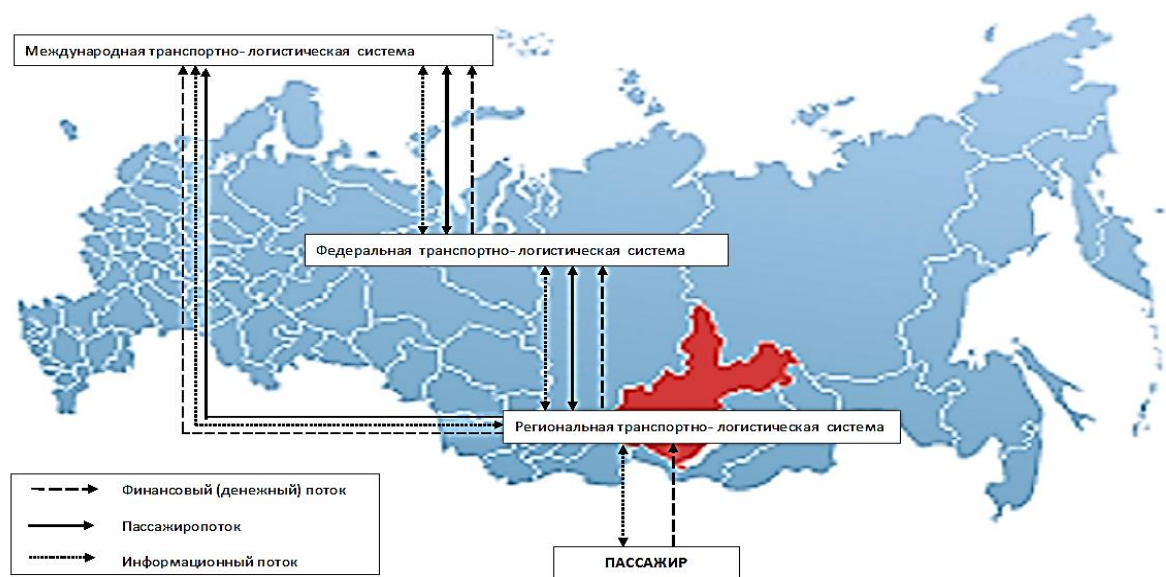


Рис. 2. Модель функционирования региональной ТЛС ПТ на разных уровнях системы

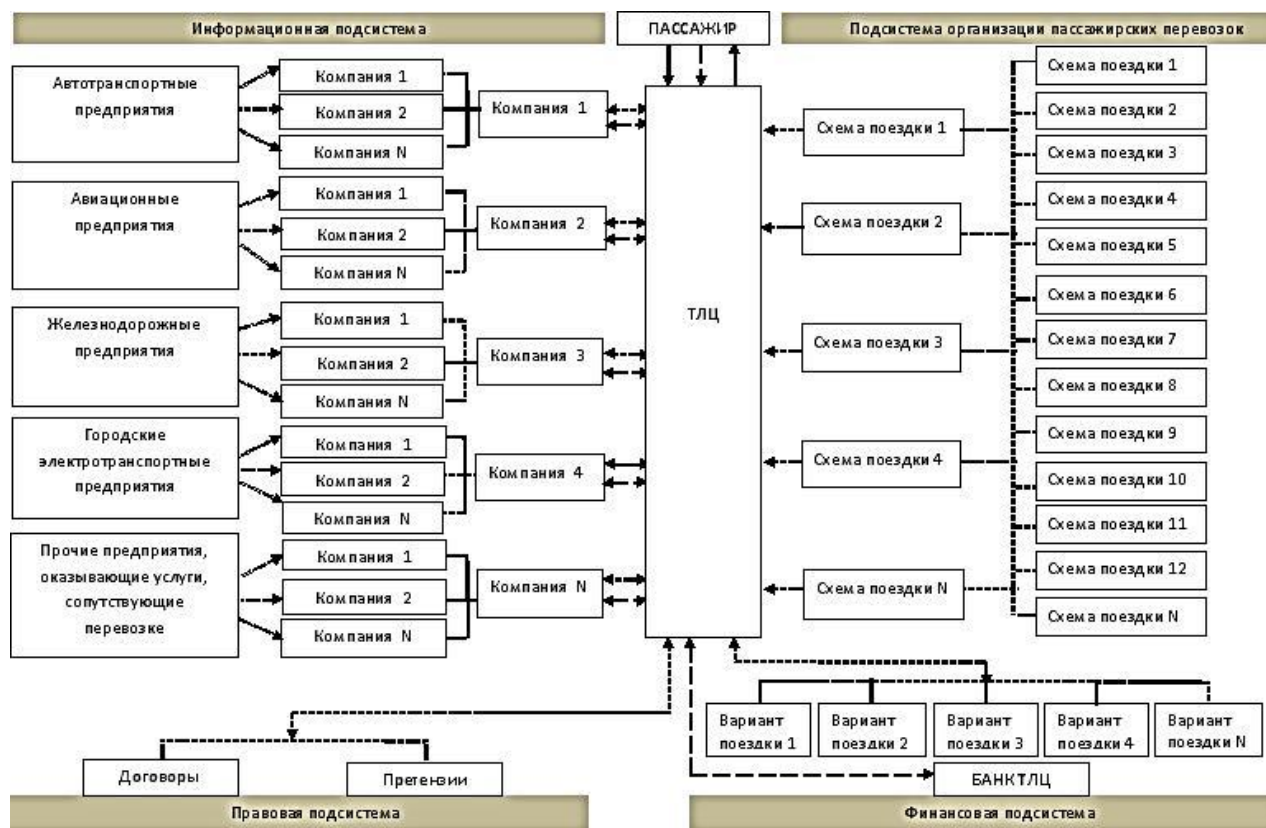


Рис. 3. Модель функционирования региональной ТЛС ПТ



Основными системообразующими элементами предлагаемой к формированию РТЛС ПТ, в соответствии с ее организационно-функциональной структурой, являются региональные и территориальные транспортно-логистические центры пассажирского транспорта (ТЛЦ ПТ), размещаемые в узлах транспортной сети региона.

Деятельность ООО «Транспортно-логистический центр» должна быть основана на следующих принципах.

Принцип конкурентности. Сегодня для автомобильных перевозок транспортом общего пользования характерно наличие состязательности двух ведущих технологических принципов: маршрутного и индивидуального. Тем не менее, на практике вероятно их сочетание с целью стимулирования конкуренции между перевозчиками. Так, теоретически от пункта отправления до пункта назначения можно добраться несколькими способами, как описывалось ранее. При этом могут быть использованы различные виды транспорта и количество пересадок.

Преимущество ТЛЦ ПТ – возможность индивидуального планирования маршрута для каждого пассажира, а значит, и проявления конкуренции как между разными видами пассажирского транспорта (автобус, такси, поезд и т.д.), так и между разными компаниями-перевозчиками (например, автобусными).

Принцип комплексности. Создание ТЛЦ ПТ предусматривает возможность комплексного обслуживания пассажира в одном месте. Для этого ТЛЦ ПТ должен оказывать следующие услуги:

- продажа билетов на пассажирские средства передвижения, сбор и инкассация выручки от перевозок пассажиров, багажа и почты;
- оказание услуг по хранению и перемещению багажа;
- диспетчерское управление движением средства передвижения;
- информационное обслуживание пассажиров и перевозчиков;
- предоставление пассажирам бытовых услуг, возможности найма автомобиля-такси;
- ведение учета и анализа перевозок;
- контроль за движением, использованием билетной продукции, полнотой оплаты проезда и провоза багажа, выполнением правил перевозок пассажиров.

Принцип удобства для пассажира. Создание ТЛЦ ПТ позволяет также планировать индивидуальные маршруты передвижения по уровню комфортабельности. Комфорт характеризует бытовые удобства, устроенность, уют в месте пребывания человека [2]. Комфортабельность определяется оснащением салона транспортного средства различными устройствами для поддержания микроклимата, термо- и шумоизоляции, дополнительным оборудованием. Таким образом, комфорт – характеристика исключительно техническая, ее обеспечение определяется производителем подвижного состава и производственно-технической службой перевозчика.

В более общем подходе ТЛЦ может оптимизировать поездку пассажира по следующим параметрам:

стоимость и время поездки, надежность, доступность, безопасность.

Принцип обоснованности маршрута. Разработка индивидуальных маршрутов может быть основана на определенных критериях: пассажироместимости, маневренности, скорости движения, количестве пересадок, длительности остановок в пути.

Для пассажиров создание регионального ТЛЦ ПТ привлекательно прежде всего тем, что при планировании поездки нет необходимости искать информацию о разных перевозчиках, страховых компаниях, визовых центрах и др., – достаточно позвонить диспетчеру центра по единому телефонному номеру.

Общий алгоритм функционирования региональной транспортно-логистической системы на пассажирском транспорте можно представить следующим образом (рис. 4).

На макроуровне решается задача отбора наиболее рациональных вариантов организации перевозки пассажиров с последующим выбором единственно оптимального. На мезоуровне уточняется и оптимизируется маршрут в пересадочном пункте по критерию времени, используются методы теории массового обслуживания и имитационного моделирования. На микроуровне осуществляется уточнение и оптимизация схемы перевозки по экономическому критерию (величине затрат на перевозку), решаются задачи, связанные с выбором оптимального варианта организации перевозок.

Координация деятельности РТЛЦ ПТ с перевозчиками должна проводиться на основе договоров и затрагивать вопросы разграничения смежных рабочих зон, организации производственной связи, распределения квот на предварительную продажу билетов в автобусы, обмена информацией о наличии свободных мест в движущихся по маршрутам транспортных средствах, распределения полученной выручки и установления порядка расчетов, организации необходимой взаимопомощи.

Перспективным направлением является координация деятельности организаций и предпринимателей различных видов пассажирского транспорта в транспортных узлах. Для этого могут быть созданы объединенные вокзалы, обслуживающие пассажиров сразу нескольких видов транспорта. Объединенные вокзалы удобны для пассажиров, совершающих пересадки с одного вида транспорта на другой. Распределение затрат на содержание объединенного вокзала между предприятиями будет способствовать снижению себестоимости перевозок.

Все участники транспортно-логистической системы ПТ сохраняют свою независимость. ТЛЦ должен максимизировать пользу от процесса перевозок как для транспортных компаний, так и для пассажиров.

Развитие РТЛС ПТ, основанной на централизации и координации функций различных субъектов системы, позволит:

1. Удовлетворить различные потребности населения в перевозках и оказании сопутствующих перевозке транспортно-логистических услуг.

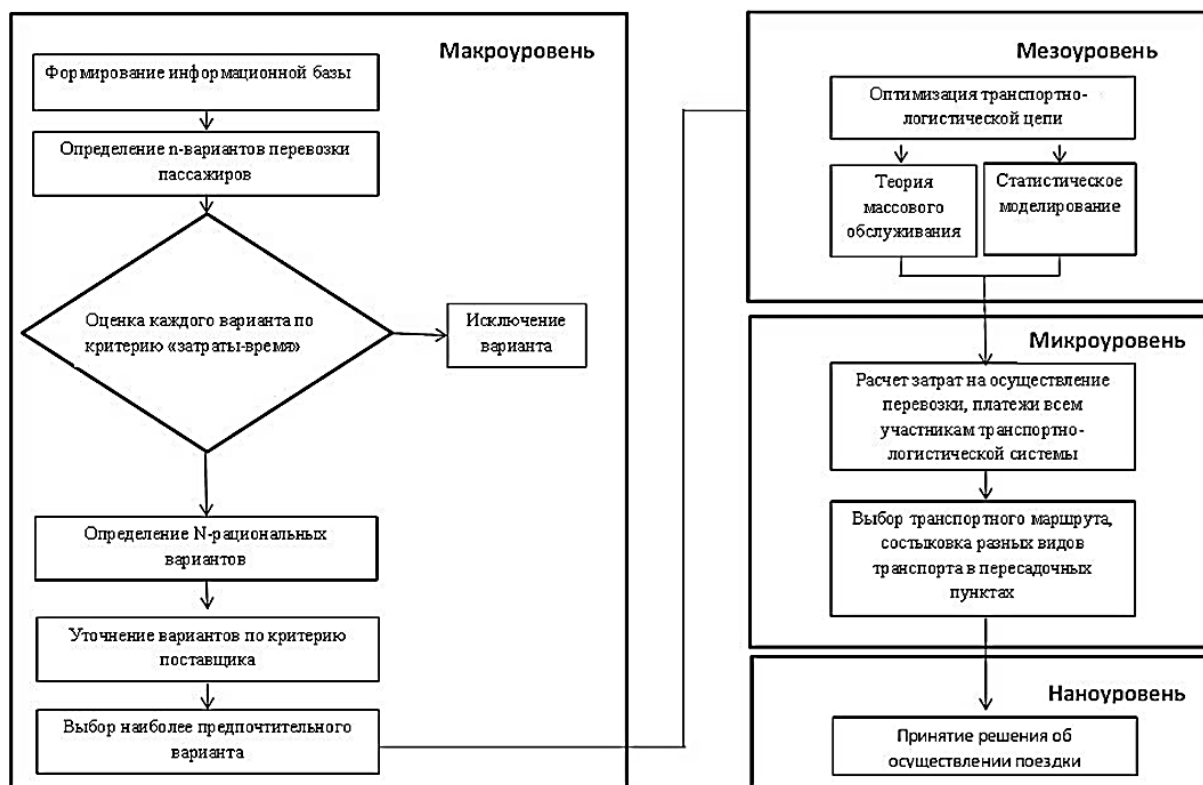


Рис. 4. Функционирование региональной транспортно-логистической системы на пассажирском транспорте

2. Усовершенствовать взаимоотношения между предприятиями всех видов пассажирского транспорта, логистическими посредниками и пассажирами.

3. Обеспечить техническое и экономическое развитие региональной транспортной системы пассажирского транспорта и транспортно-логистической инфраструктуры ПТ.

4. Реализовать единую стратегию развития транспортно-логистической инфраструктуры для обслуживания международных пассажирских транспортных сетей, проходящих по территории региона, а также проектируемых.

5. Повысить эффективность и результативность

работы региональных транспортно-логистических структур ПТ и системы пассажирского транспорта в целом.

6. Развивать конкурентную среду на транспортно-логистическом рынке пассажирских перевозок и реализовать антимонопольную политику в сфере транспортного обслуживания территорий и регионов.

7. Сформировать устойчивые связи между транспортно-логистическими системами ПТ различных регионов страны и мира, способствовать реализации совместных программ и проведению общей политики по развитию федеральной и мировой ТЛС ПТ.

Статья поступила 09.12.2014 г.

Библиографический список

1. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. М.: Академия, 2010. 116 с.

2. Спирин И.В. Городские автобусные перевозки. М.: Транспорт, 1991. 238 с.

УДК 544.723.21

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА БИЦЕОЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ BEA/MOR

© А.Ф. Гизетдинова¹, С.С. Колесников², С.А. Скорникова³¹ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза»,
665830, Россия, Иркутская область, г. Ангарск.^{1,2,3}Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Описан способ получения бицеолитных материалов BEA/MOR в результате совместной кристаллизации цеолитов типа бета (BEA) и морденит (MOR) из щелочных алюмосиликатных гелей следующего мольного состава: $x\text{Na}_2\text{O} \cdot y\text{TEABr} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (где $x=3-8$; $y=7-10$; $z=10-25$; $n=500-600$). BEA/MOR использованы для приготовления катализаторов среднетемпературной изомеризации н-гексана. Показано, что они более эффективны в изомеризации н-гексана по сравнению с механической смесью цеолитов (BEA + MOR) аналогичного фазового состава.

Ключевые слова: цеолиты; бицеолитные материалы; синтез; морфология; фазовый состав; текстурные и каталитические характеристики.

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF BEA/MOR CO-CRYSTALLINE ZEOLITES

A.F. Gizetdinova, S.S. Kolesnikov, S.A. Skornikova

JSC "Angarsk Catalysts and Organic Synthesis Plant",

Angarsk, Irkutsk region, 665830, Russia.

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper deals with the method of BEA/MOR co-crystalline zeolites preparation as a result of Beta (BEA) and Mor-denite (MOR) zeolites hydrothermal co-crystallization from the initial aluminosilicate gels of the following mole composition: $x\text{Na}_2\text{O} \cdot y\text{TEABr} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (where $x=3-8$; $y=7-10$; $z=10-25$; $n=500-600$). Obtained BEA/MOR co-crystalline zeolites have been used for the preparation of n-hexane medium temperature isomerization catalysts. BEA/MOR co-crystalline zeolites are shown to be more effective in n-hexane isomerization than mechanical mixtures of BEA and MOR zeolites of similar phase composition.

Keywords: zeolites; co-crystalline zeolites; synthesis; morphology; phase composition; textural and catalytic properties.

Цеолиты структурных типов бета (BEA) и морденит (MOR) обладают определенными свойствами, позволяющими применять их в качестве компонентов промышленных катализаторов. Такими свойствами являются: большая площадь поверхности, многообразие кристаллических структур, регулируемый размер пор, кислотность и высокая стабильность. Чистые фазы данных цеолитов широко используются в качестве кислотных катализаторов в нефтехимической промышленности [1]. В некоторых случаях кристаллизация приводит к формированию смешанных кристаллических материалов, содержащих фазы обоих цеолитов [2].

Однако применение смешанных цеолитов в каталитических процессах до недавнего времени не вызывало существенного интереса вследствие сложности регулирования соотношения фаз в готовом материале. Между тем, подобные бицеолитные материалы, полученные «однократным синтезом», могут пред-

ставлять большой интерес в качестве промышленных катализаторов благодаря сочетанию текстурных характеристик цеолита BEA и кислотных характеристик цеолита MOR. Кроме того, цеолиты бета и морденит являются цеолитами «родственной» структуры. При синтезе цеолитов обоих типов в качестве структурообразующего компонента используются бромид тетраэтиламмония (TEABr) или гидроксид тетраэтиламмония (TEAOH) [3]. Совокупность этих факторов дает возможность подбора оптимальных условий совместной кристаллизации цеолитов BEA и MOR с целью получения бицеолитных композитных материалов BEA/MOR.

В настоящей статье рассмотрен способ совместной кристаллизации цеолитов BEA, MOR, бицеолитных материалов BEA/MOR, установлены закономерности регулирования фазового состава бицеолитных материалов и определены их каталитические характеристики в изомеризации н-гексана.

¹Гизетдинова Анастасия Федоровна, аспирант, ведущий инженер-технолог, e-mail: GizetdinovaAF@anhk.rosneft.ru
Gizetdinova Anastasia, Postgraduate, Leading Process Engineer, e-mail: GizetdinovaAF@anhk.rosneft.ru

²Колесников Сергей Сергеевич, ведущий инженер отдела синтеза наноструктур физико-технического института, тел.: (3952) 405743.

Kolesnikov Sergei, Leading Engineer of the Department of Nanostructures Synthesis of the Physico-Technical Institute, tel.: (3952) 405743.

³Скорникова Светлана Афанасьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры квантовой физики и нанотехнологий физико-технического института, тел.: (3952) 405743, e-mail: zeolite@mail.ru

Skornikova Svetlana, Candidate of Chemistry, Associate Professor of the Department of Quantum Physics and Nanotechnologies of the Physico-Technical Institute, tel.: (3952) 405743, e-mail: zeolite@mail.ru

Экспериментальная часть

Исходные натриевые формы цеолитов получены гидротермальной кристаллизацией алюмосиликатного геля мольного состава $x\text{Na}_2\text{O} \cdot y\text{TEABr} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где $x=3-8$; $y=7-10$; $z=10-25$; $n=500-600$.

В качестве источников кремния и алюминия для синтеза цеолитов использовали силикагель технической марки КСКГ и алюминат натрия, в качестве структурообразующего компонента – бромид тетраэтиламония (TEABr). Синтез проводили при температуре 130–140°C и аутогенном давлении в течение 120–140 часов. Аммонийные формы образцов получены двукратным ионным обменом с раствором нитрата аммония концентрации 30 г/дм³ при температуре 70–80°C в течение 3 часов.

Структуру цеолитов оценивали методом рентгенофазового анализа на дифрактометре Shimadzu Maxima XRD 7000 (Cu K α – излучение). Морфология цеолитов исследована на двухлучевом сканирующем электронном микроскопе JEOL JIB-24500. Порошки наносили на проводящий скотч, образцы снимали при напряжении 30–40 кВ.

Данные о текстурных характеристиках образцов получены методом низкотемпературной адсорбции жидкого азота при 77 К на приборе ASAP-2010M. Перед анализом образцы подвергались сушке при 120°C в течение 6 часов и прокалке при 550°C в течение 12 часов для удаления темплата и дегазации в вакууме при 280°C в течение 4 часов.

Испытания образцов катализаторов проводили в реакции изомеризации *n*-гексана на установке проточно-циркуляционного типа с изотермическим реактором

и неподвижным слоем катализатора. Процесс проходил при подаче водорода «на проток» при температуре 250°C под давлением водорода 20 кгс/см², объемной скорости подачи *n*-гексана 1,5 ч⁻¹ и мольном соотношении $\text{H}_2:\text{n-C}_6\text{H}_{14}=3$ моль/моль. Перед подачей сырья загруженный катализатор (объем 40 см³) прокачивали в токе осушенного воздуха при 500°C и восстанавливали в токе очищенного водорода при 300°C. Углеводородный состав изомеризата определяли методом газовой хроматографии на хроматографе «АГАТ-12» с капиллярной колонкой длиной 6 м с наполнителем триэтиленгликольдибутират. Эффективность работы катализаторов изомеризации оценивали по конверсии *n*-гексана, массовой доле 2,2-диметилбутана в жидкой пробе изомеризата и выходу изомеров гексана. Селективность оценивали по общему содержанию углеводородов состава C_{5+} в жидкой пробе изомеризата. Образцом сравнения служил зарубежный аналог Hysorag (Pt/H-MOR), который эксплуатируется на установке изомеризации легкой нефти в ОАО «Ангарская нефтехимическая компания».

Обсуждение результатов

В результате эксперимента нами были получены образцы кристаллического материала, соответствующие следующему фазовому составу: образец №1 – 100% BEA; образец №2 – BEA + MOR (10:1); образец №3 – BEA + MOR (1:2); образец №4 – 100% MOR. Рентгенограммы полученных образцов представлены на рис. 1. Анализ полученных рентгенограмм проведен с использованием базы данных [4, 5], согласно которой подтверждена принадлежность исследованных образцов цеолитов к их структурным типам.

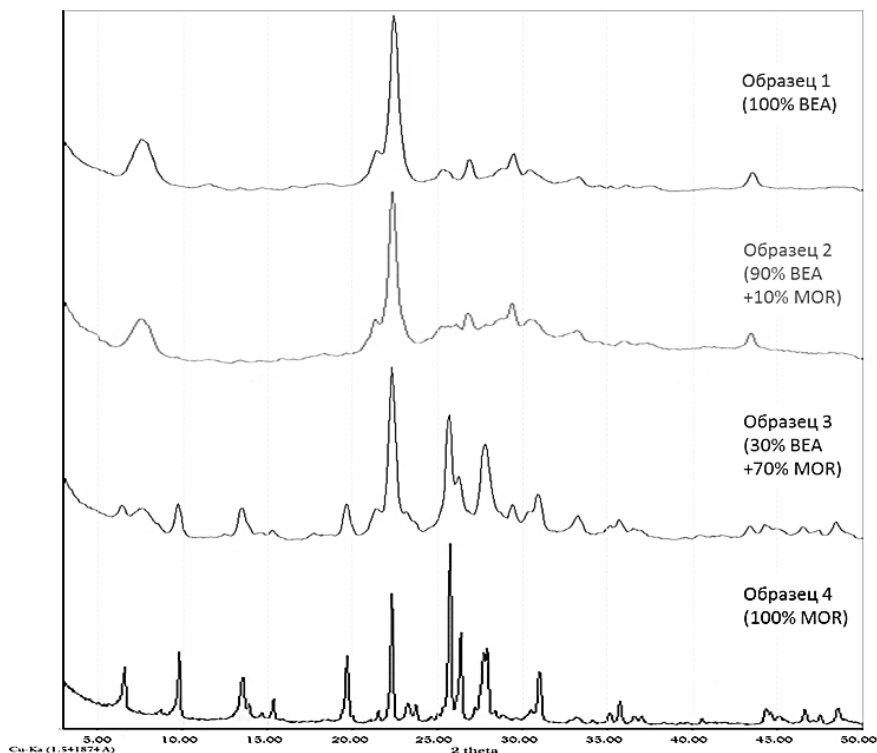
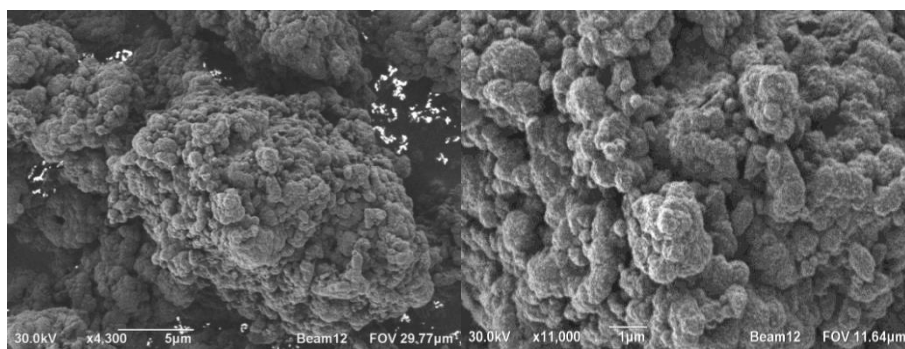


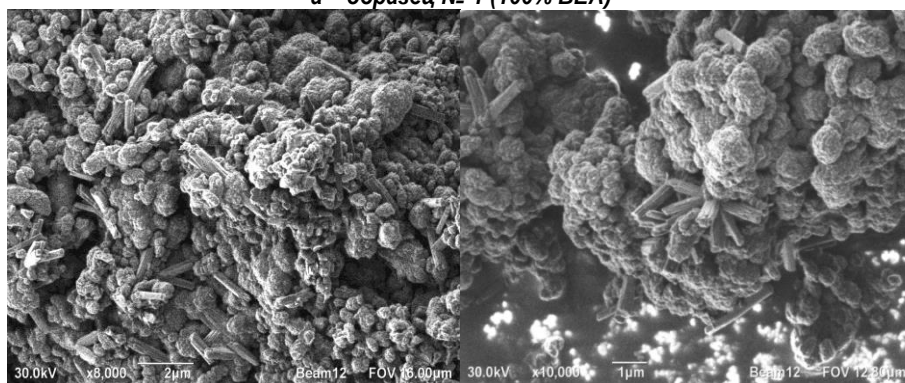
Рис. 1. Рентгенограммы образцов цеолитов BEA, MOR и бицеолитных материалов BEA/MOR различного фазового состава

Исследование морфологии полученных образцов показало, что фазово-чистый цеолит BEA (образец 1) представлен в виде агрегатов размером 1–3 мкм, состоящих из мелких кристаллитов, близких к сферическим. Цеолит морденит (образец 4) представлен кристаллами в виде мелких прямоугольных пластин и цилиндрических стержней, образующих агрегаты размером до 60 мкм. На скан-снимках биеолитных ма-

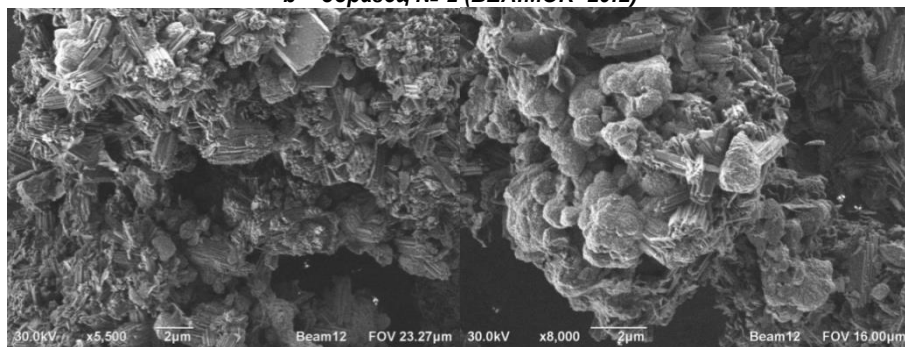
териалов (образцы 2 и 3) присутствуют как кристаллиты, характеризующие цеолит BEA, так и агрегированные кристаллиты, аналогичные по форме и размеру мордениту. Это, по-видимому, свидетельствует о том, что данный материал представляет генетическую смесь исходных цеолитов. Электронно-микроскопические снимки образцов цеолитов приведены на рис. 2.



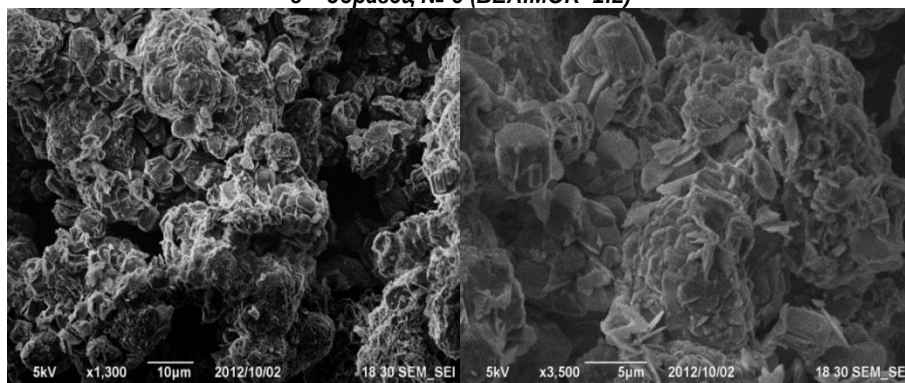
а – образец № 1 (100% BEA)



б – образец № 2 (BEA:MOR=10:1)



с – образец № 3 (BEA:MOR=1:2)



д – образец № 4 (100% MOR)

Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки полученных образцов цеолитов

Химический состав образцов цеолитов представлен в табл. 1. Анализ приведенных в таблице данных показывает, что с увеличением pH исходного алюмосиликатного геля происходит рост содержания фазы морденита в цеолите, что, в свою очередь, согласуется с данными о содержании оксида натрия в образцах цеолита и их силикатном модуле. Так, с увеличением содержания фазы цеолита BEA в образцах, их силикатный модуль возрастает с 13 до 18, а с увеличением содержания фазы морденита возрастает содержание оксида натрия.

На рис. 3 и 4 представлены изотермы низкотемпературной адсорбции–десорбции азота для исследуемых образцов цеолита и распределение пор по размерам, полученных расчетным путем по методу ВЖН (Баррета–Джойнера–Халенды). В качестве образцов

сравнения приведены изотермы адсорбции–десорбции промышленных образцов цеолитов BEA и MOR, полученных на ОАО «АЗКиОС».

По классификации Де-Бюра все изотермы относятся к IV типу, характерному для микропористых материалов. На изотермах исследованных образцов наблюдается гистерезис в интервале относительных давлений 0,4–1,0. В зависимости от соотношения фаз BEA:MOR, в образцах отмечены различия в кривых адсорбции и десорбции. Так, для образцов №1 (100% BEA) и №2 (BEA:MOR=10:1), наблюдаемая форма гистерезиса аналогична промышленному образцу цеолита BEA, а форма петель гистерезиса образцов №3 (BEA:MOR=1:2) и №4 (100% MOR) аналогична промышленному образцу цеолита MOR.

Таблица 1

Химический состав полученных образцов цеолитов

Наименование показателя	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4
Силикатный модуль исходного алюмосиликатного геля	25	20	20	25
pH реакционной смеси, ед.	12,6	13,0	13,5	14,0
Фазовый состав	BEA	BEA + MOR (10:1)	BEA + MOR (1:2)	MOR
Массовая доля Na_2O , в пересчете на прокаленный при 650°C, %	0,1	0,1	0,2	0,2
Массовая доля Al_2O_3 , в пересчете на прокаленный при 650 °C, %	8,0	11,0	11,3	9,0
Массовая доля SiO_2 , в пересчете на прокаленный при 650°C, %	84,3	87,2	86,2	90,8
Силикатный модуль цеолита по данным хим. анализа	17,9	13,5	13,0	17,2
Статическая емкость, $\text{см}^3/\text{г}$				
– по парам воды	0,16	0,16	0,14	0,11
– по парам гептана	0,31	0,31	0,19	0,11

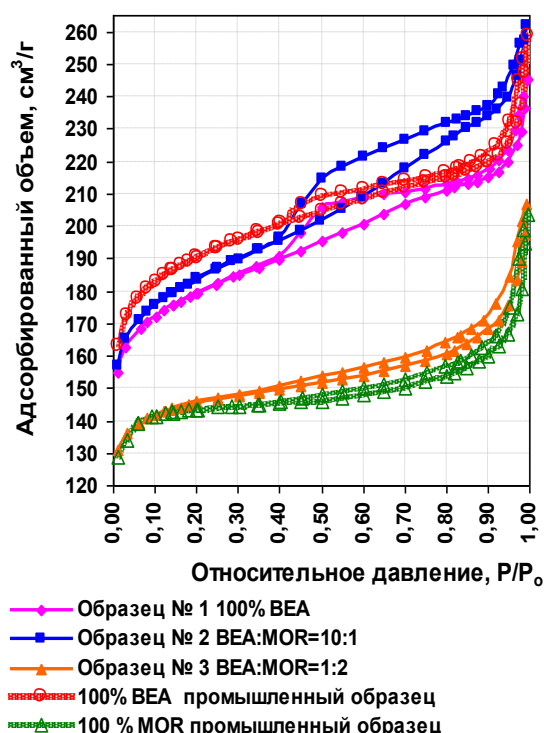


Рис. 3. Изотермы адсорбции–десорбции азота образцов цеолитов, полученных из алюмосиликатных гелей при различных pH

На дифференциальных кривых распределения пор по размерам (рис. 4) для всех образцов наблюдается максимум в интервале 17–22 Å, высота и площадь которого увеличиваются с ростом содержания фазы цеолита BEA, что свидетельствует об увеличении удельной поверхности и объема пор. Максимальное значение объема пор отмечено для образца №2, представляющего собой бицеолитный материал (BEA:MOR=10:1).

В табл. 2 представлены текстурные характеристики исходных цеолитов и бицеолитных материалов. Из данных табл. 2 следует, что увеличение содержания фазы цеолита BEA в образцах приводит к увеличению общей удельной поверхности и объема пор.

Для всех образцов цеолитов объем микропор изменяется незначительно в пределах 0,19–0,22 см³/г, в то время как объем мезопор изменяется в более широких пределах от 0,09 до 0,20 см³/г. Для цеолита BEA и бицеолитного композита BEA/MOR площадь поверхности и объем мезопор существенно выше, чем у морденита. Возможно предположить, что образцы

катализаторов на основе данных цеолитов будут более селективными в образовании разветвленных молекул, таких как 2,2-диметилбутан.

На рис. 5 представлена зависимость фазового состава полученных бицеолитных материалов BEA/MOR от значения pH исходного алюмосиликатного геля.

Из рис. 5 следует, что с увеличением pH реакционной смеси от 12,6 до 14,0 содержание фазы морденита в бицеолитном материале BEA/MOR возрастает и при высоких значениях pH > 13,4 получаем фазово-чистый цеолит морденит.

Полученные бицеолитные материалы представляют собой генетические смеси цеолитов структурных типов BEA и MOR и, следовательно, обладают комплексными свойствами этих цеолитов. Поэтому они могут представлять интерес в реакциях, протекающих на катализаторах, приготовленных только на цеолитах BEA или MOR, таких как изомеризация легких парафиновых углеводородов, изомеризация бензиновых фракций, гидроизомеризация парафинов.

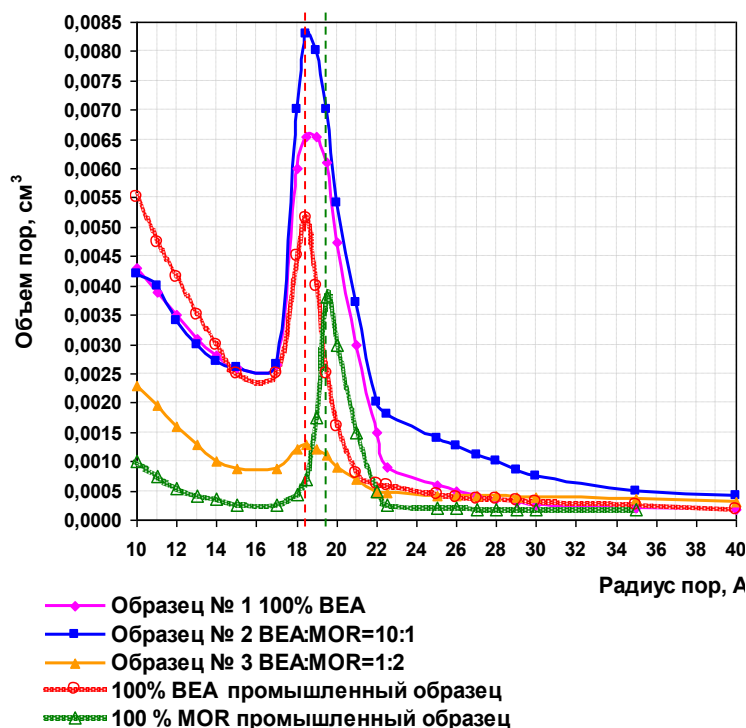


Рис. 4. Распределение пор по размерам для образцов цеолитов, полученных из алюмосиликатных гелей при различных pH

Таблица 2

Текстурные характеристики цеолитов BEA, MOR и композита BEA/MOR

Наименование образца	Фазовый состав	Суд, м ² /г			Vпор, см ³ /г		
		S _{общая}	S _{микропор}	S _{мезопор}	V _{общий}	V _{микропор}	V _{мезопор}
Образец 1	100% BEA	603,89	446,58	141,94	0,38	0,21	0,17
Образец 2	BEA:MOR=10:1	621,16	449,40	170,33	0,41	0,21	0,20
Образец 3	BEA:MOR=1:2	487,92	408,95	63,22	0,32	0,19	0,12
Образец 4	100 % MOR	450,35	377,97	55,31	0,31	0,19	0,10
Промышленный образец	100% BEA	644,43	479,25	127,20	0,40	0,22	0,16
Морденит	100% MOR	480,53	433,54	43,43	0,29	0,20	0,09

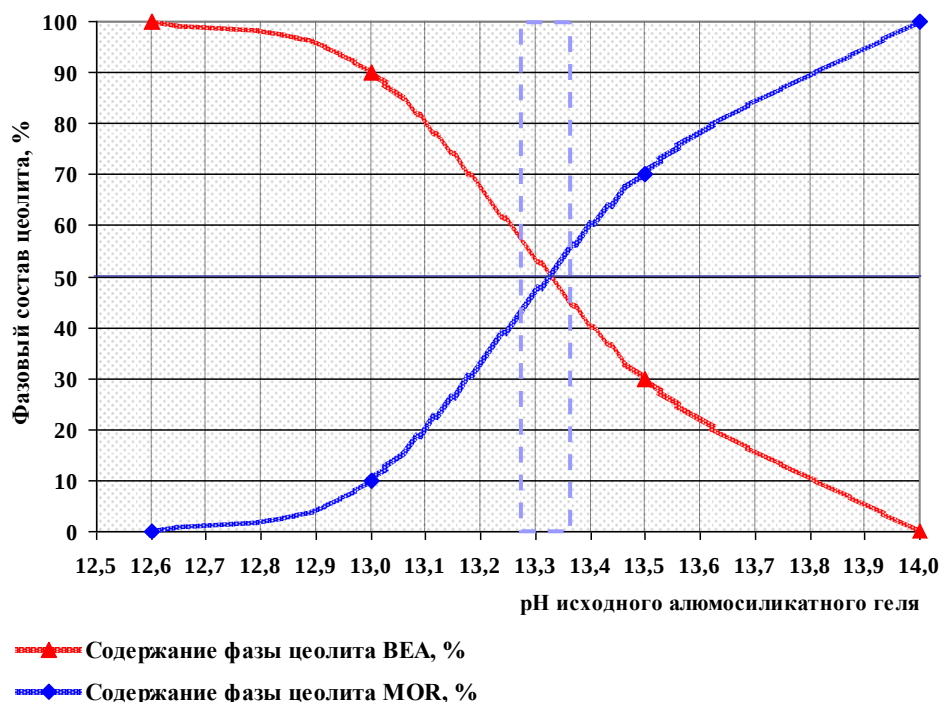


Рис. 5. Зависимость фазового состава бицеолитных материалов от рН алюмосиликатного геля

Для оценки каталитических свойств полученных образцов цеолитов на их основе были приготовлены катализаторы с содержанием цеолита 70% мас. В качестве связующего использовали бемит. Активный компонент – платину – наносили из раствора платинохлористоводородной кислоты, содержание платины в составе катализатора – 0,35% мас. Для сравнения эффективности катализаторов на основе бицеолитного композита BEA/MOR были приготовлены каталитические системы на основе механической смеси цеолитов (BEA+MOR) с аналогичным соотношением фаз цеолитов. В качестве образца сравнения использовали промышленный катализатор Hysopar, производителем которого является компания Süd Chemie. Результаты каталитических испытаний представлены в табл. 3.

53%, выход 2,2-ДМБ – 5,5%, в то время как для катализатора Hysopar эти показатели составляют 41,9 и 4,49%, соответственно.

Таким образом, из представленных в настоящей работе результатов следует, что совместная кристаллизация бицеолитных кристаллических материалов, содержащих фазы цеолитов BEA и MOR, возможна из реакционных смесей состава $(2,5-8)\text{Na}_2\text{O} \cdot (7-10)\text{TEABr} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (10-25)\text{SiO}_2 \cdot (500-600)\text{H}_2\text{O}$ при температуре 130–140°C, аутогенном давлении, в течение 120–140 часов. Установлено, что при варьировании состава и общей щелочности исходного алюмосиликатного геля можно регулировать соотношение фаз в бицеолитном материале. Показано, что катализаторы на основе бицеолитного композита BEA/MOR (10:1) по активности и селективности не уступают их аналогам, исполь-

Таблица 3

Результаты испытаний катализаторов в изомеризации н-гексана при $T = 250^\circ\text{C}$, $P = 20 \text{ кгс/см}^2$, $W_{\text{сырья}} = 1,5 \text{ ч}^{-1}$, мольном соотношении H_2 :н-гексан = 3:1

Катализатор	Активность при 250°C			
	Конверсия н-гексана, %	Выход изомеров гексана, % мас.	2,2-ДМБ, % мас.	Сумма $\text{C}_2\text{-C}_4$, % мас.
Pt-MOR	29,43	25,60	3,14	1,39
Pt-BEA	42,76	41,85	3,40	0,09
Pt-BEA/MOR (10:1)	54,58	53,03	5,50	0,48
Pt-BEA/MOR (1:2)	43,44	42,42	2,73	0,14
Pt-(BEA+MOR) (10+1)	40,71	39,48	3,26	0,23
Pt-(BEA+MOR) (1+2)	28,40	25,23	2,41	1,09
Hysopar	43,35	41,94	4,49	0,38

Из табл. 3 видно, что катализатор на основе бицеолитного композита BEA/MOR с содержанием фаз цеолитов BEA:MOR=10:1 в условиях эксплуатации промышленного катализатора Hysopar превосходит его по активности: выход изомеров гексана составляет

зующим в промышленных процессах изомеризации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (Госзадание, базовое финансирование, проект № 616).

Статья поступила 30.01.2015 г.



Библиографический список

1. Lee J.-K. Characteristics of Pt/H-beta and Pt/H-mordenite catalysts for the isomerization of n-hexane / J.-K. Lee, H.-K. Rhee // *Catalysis Today*. 1997. V. 38. P. 235–242.
2. Roldan R. Influence of acidity and pore geometry on the product distribution in the hydroisomerization of light paraffins on zeolites / R. Roldan, F.J. Romero, C. Jimenez-Sanchidrian, J.M. Marinas, J.P. Gomez // *Applied Catalysis A: General*. 2005. V. 288. P.104–115.
3. Qi X. Studies on the crystallization process of BEA/MOR co-crystalline zeolite / X Qi, D. Kong, X. Yuan, Z. Xu, Y. Wang, J. Zheng, Z. Xie // *Journal of Materials Science*. 2008. V. 43. P. 5626–5633.
4. M.M.J. Treacy and J.B. Higgins/Collection of Simulated XRD Powder Patterns for Zeolites // Published on behalf of the Structure Commission of the International Zeolite Association. ELSEVIER : Amsterdam – London – New York – Oxford – Paris – Shannon – Tokyo. 2001. 586 p.
5. Powder Diffraction File. Hanawaet Search Manual. Inorganic Phases. Sets 1–42. 1992.

УДК 622.372

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ

© А.И. Карлина¹

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены основные теории распределения взвешенных зерен в потоке, которые базируются на принципе турбулентной диффузии. Исследуется движение водных систем с малой и более высокой концентрацией зерен, движущихся во взвешенном состоянии. Доказано, что концентрация зерен плавно возрастает от поверхности к дну потока по экспоненциальной зависимости и что между донным слоем и основным потоком существует переходной слой, или слой сальтации.

Ключевые слова: гидравлическое разделение и сегрегация; процессы гравитационного обогащения диспергированных горных материалов; теоретические исследования; экспериментальные работы; гипотезы; разделение скорости при ламинарном и турбулентном течении водных систем.

STUDY OF THE GRAVITY SEPARATION MECHANISM AND PROCESS MATHEMATICAL MODEL IMPROVEMENT

A.I. Karlina

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper considers the basic theories of suspended grain distribution in the stream, which are based on the principle of turbulent diffusion. Having studied the movement of water systems with low and higher concentrations of grains moving in suspension, it was proved that the concentration of grains gradually increases from the flow surface to its bottom according to the exponential dependence and there is a transition layer (saltation layer) between the bottom layer and the main stream.

3 tables. 5 sources.

Keywords: hydraulic separation and segregation; gravity separation of dispersed mining materials; theoretical researches; experimental work; hypotheses; velocity separation in laminar and turbulent flow of water systems.

Диффузионная теория распределения взвешенных зерен в потоке основывается на принципе турбулентной диффузии: перенос в потоке среднего количества какой-то субстанции, например объема твердой фазы, пропорционален градиенту осредненного содержания ее в потоке [1–3].

Для потока с малой концентрацией зерен, движущихся во взвешенном состоянии, концентрация зерен плавно возрастает от поверхности к дну по экспоненциальной зависимости. Гранулометрическое распределение зерен по высоте происходит по их гидравлической крупности.

Для потоков с более высокой концентрацией зерен (свыше 10÷15%), транспортирующихся в состоянии, характерно образование подвижного сплоченного донного слоя. Между этим донным слоем и основным

потоком существует еще переходной слой, или слой сальтации. Он имеет сильную разрыхленность зерен и более высокую скорость поступательного движения, хотя зерна этого слоя все еще отстают от основного потока воды. Разрыхление и массообмен здесь определяют турбулентные вихри верхних слоев. Сальтационный слой в наклонном потоке выступает как дополнительная шероховатость дна с высотой выступов, пропорциональной толщине слоя, и выполняет роль второго дна.

Наличие в наклонном взвесенесущем потоке названных трех слоев приводит к тому, что высокочастотные пульсации существуют в «своем» слое, создавая видимость ламинарности движения насыщенного частицами потока. Фактически это все же турбулентные потоки с маломасштабной турбулентностью.

¹Карлина Антонина Игоревна, аспирант, тел.: 89501201950, e-mail: karlinat@mail.ru
Karlina Antonina, Postgraduate, tel.: 89501201950, e-mail: karlinat@mail.ru

Гранулометрическое распределение зерен по глубине такого потока с влекомыми частицами существенно отличается от равномерного распределения по гидравлической крупности в потоках с взвешенными зернами и малой их концентрацией. С ростом концентрации происходит инверсия характера распределения по крупности в потоке, при которой донные слои обогащаются мелкими зернами, а в верхних слоях остаются крупные, то есть проявляется сегрегационное распределение зерен по вертикали. При сильной турбулизации потока донный слой разрыхляется, и распределение зерен по вертикали становится экстремальным. Высота максимума зависит как от характеристики потока, так и от характеристики частиц.

В дополнение к вышеперечисленному отметим, что Архимедова сила направлена перпендикулярно к плоскости дна; для частиц плотностью $2.65 \pm 7 \text{ г/см}^3$ она составляет 40–15% силы тяжести [2, 3].

Сила F_{n1} , вызванная градиентом скорости, имеет значение в нижних слоях потока, где изменение скорости резкое. Наличие градиента скорости жидкости обуславливает возникновение перепада давления между верхней и нижней гранями частиц в соответствии с уравнением Д. Бернулли. В случае вращения частиц вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной к направлению потока, действует дополнительная сила, вызываемая сложением полей скоростей при обтекании частицы и при ее вращении (эффект Магнуса). При объемном содержании твердого вещества в питании свыше 10–15% значение указанной силы повышается вследствие непосредственных ударов частиц, находящихся в различных по высоте расположения слоев, перемещающихся с разной скоростью. Р.А. Багнольд, измеривший давление в жидкости, вызванное взвешенными твердыми частицами при наличии градиента скорости, считает его одной из основных причин разрыхления слоя [1–3]. Значительные градиенты скорости могут быть созданы путем сообщения поверхности аппарата вибраций (концентрационные столы, вибрационные шлюзы). Подъемная сила, вызванная градиентом скорости, может оказать существенное влияние на взвешивание частиц и их разделение.

$$V_{cp}^* = k_2 V_{cp},$$

где k_2 – коэффициент, значения которого для $0.15 \leq V_{cp} \leq 0.8 \text{ м/с}$ составляют 0.05–0.07; причем меньшие значения соответствуют меньшим скоростям.

При наличии на поверхности, по которой течет поток, выступов значительной высоты (сравнимой с высотой потока) величина k_2 увеличивается. Для потока на концентрационном столе, по И.С. Благову, $0.07 \leq k_2 \leq 0.15$ при $0.1 \leq V_{cp} \leq 0.4 \text{ м/с}$.

Коэффициенты гидродинамического сопротивления при движении частиц вдоль твердой поверхности и по перпендикуляру к ней равны коэффициенту сопротивления при ее свободном падении. В этом случае скорость транспортирования частиц скольжением по поверхности определяется уравнением

$$U = V_o - [V_{cb}^2 (f \cos \alpha - \rho_t \sin \alpha / (\rho_t - \rho_{ж})) f V_n^2]^{0.5},$$

где V_o – средняя скорость течения жидкости в слое с высотой, равной диаметру частицы; f – коэффициент трения частицы о поверхность; α – угол наклона поверхности; V_n – составляющая скорости жидкости по нормали к поверхности. Значения коэффициентов трения для некоторых минералов приведены в табл. 1.

Для достаточно малых углов наклона ($\alpha < 6^\circ$), используемых на шлюзах, желобах, концентрационных столах, когда $i = \sin \alpha$ является малой величиной и $\cos \alpha$ близок к единице, формула

$$U = V_o - [V_{cb}^2 (f \cos \alpha - \rho_t \sin \alpha / (\rho_t - \rho_{ж})) f V_n^2]^{0.5}$$

принимает вид

$$U = V_o - [f (V_{cb}^2 - V_n^2)]^{0.5}.$$

Скорость транспортирования частиц со скольжением по дну зависит от их гидравлической крупности (V_{cb}) и коэффициента трения.

Скорость продольного перемещения частиц, находящихся во взвешенном состоянии, в среднем и верхнем слоях потока меньше скорости транспортирующей жидкости. Разность между ними возрастает с

Таблица 1

Коэффициенты трения скольжения некоторых минералов в водной и воздушной средах

Минерал	Железо		Стекло		Дерево		Линолеум	
	вода	воздух	вода	Воздух	вода	воздух	вода	воздух
Куприт	0.58	0.53	0.38	0.46	0.81	0.67	0.82	0.73
Шеелит	0.66	0.53	0.50	0.51	0.78	0.70	0.73	0.71
Гематит	0.66	0.54	0.36	0.47	0.80	0.67	0.75	0.74
Кварц	0.67	0.37	0.80	0.72	0.60	0.75	0.80	0.78

Сила F_n , вызванная турбулентными вихрями, определяется нормальной к направлению потока пульсационной составляющей скорости V^* . Среднее по времени значение последней V_{cp}^* возрастает при увеличении расстояния z/h от нуля до максимума, достигаемого при $z/h \approx 0.3$, и снижается при уменьшении z/h . Максимальное значение V_{cp}^* пропорционально скорости потока:

увеличением гидравлической крупности и, например, для частиц плотностью 2.65 г/см^3 и крупностью 1 мм составляет 5–8%. Вблизи дна частицы и жидкость перемешиваются практически с одной скоростью.

Высота взвешивания частиц h_b увеличивается с уменьшением гидравлической крупности частиц и может быть приближенно определена по формуле [4]:



$$h_g = C_1(k_2 V_{cp} - V_{св})/V_{св},$$

где C_1 – коэффициент.

В результате периодичности действия вихрей, частицы периодически получают импульсы, направленные вверх, что приводит к скачкообразности их движения. Наряду с периодическими импульсами, на взвешенные в потоке частицы постоянно действует сила тяжести. В результате их одновременного действия устанавливается определенное распределение концентрации частиц по высоте потока, при котором максимальное значение приходится на нижние слои. Чем меньше гидравлическая крупность частиц, тем выше они взвешиваются вихревыми импульсами и тем равномернее распределяются по толще потока. Поэтому в потоке, текущем по желобу, при небольших содержаниях твердого вещества (менее 10–15% по объему) на некотором расстоянии от его начала частицы распределяются таким образом, что содержание гидравлически крупных частиц в нижних слоях становится выше, чем в исходном продукте.

Таблица 2

Значение коэффициента C_1 в формуле

$$h_g = C_1(k_2 V_{cp} - V_{св})/V_{св}$$

Характер поверхности (днища)	C_1 , см
Весьма гладкая металлическая или из тщательно пригнанных досок	12,2
Железная или строганные доски	14,4
Покрытая резиновыми ковриками	19,9
Покрытая мелким материалом с илами	36,2
Покрытая зернами песка и породы	41,6
Покрытая мелкой галей или породой	47,8
Покрытая галей или крупной породой	54,9

При большом содержании твердого вещества в питании (свыше 20% по объему) в нижних слоях его концентрация может достигать значительной величины (40–50%), вследствие чего будет происходить сегрегация. Последняя обуславливает дополнительное повышение содержания в нижнем слое мелких частиц большой плотности. Любой желоб может являться гравитационным обогащательным аппаратом, если только осуществить разделение потока по высоте на части. Но степень концентрации при обогащении в желобах небольшая (до 2.5–4). Для ее повышения в гравитационных аппаратах используют, помимо перечисленных разделенных продуктов, дополнительные воздействия на пульпу и находящиеся в ней частицы в виде вибраций (концентрационные столы, вибрационные аппараты) или центробежных ускорений (винтовые аппараты).

Закономерности кинетики процесса в условиях непрерывно действующей машины позволяют установить зависимость показателей обогащения от производительности и в отдельных случаях от длины машины.

Наиболее простым при выводе уравнения кинетики является предположение о пропорциональности количества (массы) dN некоторого компонента, извле-

каемого за бесконечно малый промежуток времени dt в продукт (например, концентрат), его количеству, находящемуся в пульпе в данный момент времени:

$$dN = k(N_0 - N)dt,$$

где k – коэффициент пропорциональности; N_0 и N – количество компонента, соответственно, в машине в начальный момент и извлеченного за предшествующее моменту t время в разгружаемый продукт [1–5].

Решение уравнения $dN = k(N_0 - N)dt$ дает экспоненциальную зависимость извлечения от времени $\varepsilon = 1 - e^{-kt}$. В практических условиях эта зависимость не выполняется. Для согласования теории с экспериментом предполагают, что коэффициент k зависит от времени, что приводит после интегрирования к более сложным уравнениям для определения зависимости ε от t . Другим способом получения уравнений кинетики является рассмотрение гравитационного процесса как стохастического [2–5], состоящего из двух процессов: закономерного перемещения центра распределения частиц вниз или вверх под действием сил тяжести и сопротивления среды; случайных перемещений частиц относительно центра их группирования, нарушающих достигнутое расслоение. Первый из указанных процессов характеризуется скоростью перемещения центра распределения частиц; второй – соответствующими вероятностно-статистическими характеристиками.

Подобные процессы, которые могут быть названы квазидиффузией в поле силы тяжести, описываются уравнением Фоккера–Планка:

$$\partial w / \partial t = \partial [c(t, z)w] / \partial z + 0.5 \partial^2 [b(t, z)w] / \partial z^2,$$

где w – плотность распределения вероятности нахождения частицы на уровне z ; $c(t, z)$ и $b(t, z)$ – коэффициенты, зависящие в общем случае от t и z , характеризующие перемещение частицы соответственно под влиянием силы тяжести (и сопротивления среды) и вследствие перемешивания. В частности, при $b = \text{const}$ и $c = \text{const}$ последнее уравнение примет вид: $\partial w / \partial t = c \cdot \partial w / \partial z + 0.5 b \partial^2 w / \partial z^2$.

Относительное количество частиц, проходящее через площадку единичной площади с местоположением $z = z_1$ (например, через решето отсадочной машины) в единицу времени (извлечение частиц под решето), определяется формулой

$$\varepsilon = 0.5 b \partial w / \partial z \pm c w.$$

Вероятностно-статистическая модель. Во взвешенной постели отсадочных машин, состоящей из множества частиц разной плотности и крупности, непрерывно происходит перемещение их отдельных групп как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях с общей тенденцией движения к местам выгрузки и вертикального перемещения в свои слои равновесия. Многие частицы обладают одинаковым количеством движения, зависящим от плотности,

крупности, формы и скорости стесненного перемещения. Вследствие многочисленных соударений как упругого, так и неупругого характера происходит непрерывный обмен количеством движения между частицами. Но так как эти факторы носят случайный характер, то и траектории движения частиц в каждый отрезок времени – случайны.

Для сравнительно крупных частиц преобладающим является рассеивание, связанное непосредственно с соударениями частиц и турбулентным перемешиванием. Для мелких частиц, размер которых соизмерим с размерами промежутков между более крупными частицами, характерным будет рассеивание, связанное с неравномерностью распределения скоростей жидкости внутри постели. В результате этих явлений в отсадочной постели, кроме закономерного расслоения по плотности, происходит также и процесс частичного перемешивания частиц как в пределах своего слоя равновесия, так и на границах слоев с различной плотностью. Н.Н. Виноградов выдвинул предположение, что число частиц, выделившихся в свой слой равновесия, пропорционально числу этих же частиц, оставшихся в зоне разделения:

$$dF_p/dt = -kF_p,$$

где F_p – текущее содержание рассматриваемых частиц в зоне разделения, в долях единицы; k – коэффициент пропорциональности, характеризующий удельную скорость разделения, c^{-1} .

После интегрирования этого уравнения получим:

$$\ln F_p = -kt + C.$$

Тогда можно записать: $F_p = F_{pi} e^{-kt}$, где F_{pi} – содержание рассматриваемых частиц в исходном материале.

Последнее выражение характеризует число частиц, оставшихся за время t в зоне разделения. Соответственно, число частиц, выделившихся в свой слой за то же время t , будет:

$$F_b = F_{pi}(1 - e^{-kt}).$$

Это уравнение характеризует кинетику отсадки, то есть процесс выделения фракций в соответствующие продукты. Одноименные фракции выделяются в свои слои равновесия уже в самом начале процесса разделения. Наиболее интенсивное выделение частиц происходит в начальный период, а по мере увеличения t скорость разделения уменьшается, асимптотически приближаясь к нулю. Чем больше содержание в исходном материале фракций, которые должны быть выделены, тем больше скорость их разделения.

Рассмотрим иной подход к решению поставленных задач.

Разрыхленная постель отсадочной машины, по Э.Э. Рафалес-Ламарка [1], рассматривается как суспензид, в котором на частицы действуют гидродинамические и механические силы, случайно изменяющиеся по отношению к их среднему значению. Пере-

мещение массы частиц подчиняется определенной закономерности, что может быть выражено как

$$y_i = f(t, \rho_c, \rho_p) + \Delta y_i,$$

где $f(t, \rho_c, \rho_p)$ – функциональная составляющая перемещения y_i , зависящая от времени t , плотности суспензоида ρ_c и плотности частиц ρ_p ; Δy_i – случайная составляющая перемещения частиц.

Перемещение любой однородной по физическим свойствам группы частиц в отсадочной постели характеризуется перемещением их центра распределения и некоторым разбросом по смежным слоям, который можно охарактеризовать дисперсией, являющейся функцией времени. В наиболее общем виде процесс разделения при отсадке может быть описан уравнением Колмогорова:

$$\partial W / \partial t = -\partial(A, W) / \partial x + \partial^2(B, W) / \partial x^2,$$

где W – плотность распределения вероятности перемещения частиц в слой толщиной dx ; A – коэффициент, характеризующий перемещение частиц вследствие действия гравитационной силы и сопротивления среды; B – коэффициент перемешивания частиц вследствие воздействия случайных факторов.

Если принять, что вероятность перехода тяжелых частиц в нижний слой больше, чем вероятность перехода их в верхние слои, и что эти вероятности являются постоянными во всем объеме минеральной постели, то последнее уравнение преобразуется в уравнение диффузии в поле силы тяжести (уравнение типа Фокера-Планка):

$$\partial W / \partial t = -A(\partial W / \partial x) + B(\partial^2 W / \partial x^2).$$

Вероятность перехода p -группы однородных частиц от слоя к слою зависит от глубины опускания y , то есть $p = f(y)$. Функция полной вероятности этого перехода:

$$W(y, t + \Delta t) = pW(y - \Delta y, t) + qW(y, t).$$

Разложение данной функции в ряд Тейлора приводит к уравнению:

$$W(y, t) + [\partial W(y, t) / \partial t] \Delta t = p\{W(y, t) - [\partial W(y, t) / \partial y] \Delta y + (1/2)[\partial^2 W(y, t) / \partial y^2](\Delta y)^2\} + qW(y, t),$$

где q – вероятность задержки частицы в слое.

Если вероятность перехода в нижележащий слой и вероятность задержки в рассматриваемом слое равны $p = q = 1/2$, тогда функция вероятности $W(y, t)$ тождественно равна $(p + q) \cdot W(y, t)$ и предыдущее уравнение примет вид:

$$\partial W(y, t) / \partial t = -p(\Delta y / \Delta t) \cdot [\partial W(y, t) / \partial y] + (1/2)p(\Delta y)^2 / \Delta t \cdot [\partial^2 W(y, t) / \partial y^2].$$

Это выражение, характеризующее изменение функции вероятности перемещения частиц из одного слоя в другой, аналогично уравнению типа Фокера-

Планка, если коэффициенты **A** и **B** соответственно равны:

$$A = p(\Delta y/\Delta t), \text{ м/с}; B = (1/2)p(\Delta y)^2/\Delta t = (1/2)A\Delta y, \text{ м/с}.$$

Первый коэффициент характеризует скорость опускания центра распределения, второй – дисперсию σ^2 или разброс частиц вокруг центра распределения. Скорость перемещения центра распределения и разброс частиц вокруг этого центра пропорциональны вероятности перехода частиц из одного слоя в другой. Вероятность перехода частиц из слоя в слой по мере их приближения к слою равновесия убывает пропорционально глубине погружения, то есть:

$$p = 1 - (i/n) = 1 - (y_i/y_{\max}).$$

Выражения для **A** и **B** приводятся к виду:

$V_T = V_{\max}[1 - (y_T/y_{\max})]$ и $\sigma^2 = (1/2)V_{\max}[1 - (y_T/y_{\max})] \cdot y_{\max}$, где **i** – номер слоя; **n** – общее число слоев; **y_i** – расстояние от центра распределения до слоя равновесия, м; **y_{max}** – расстояние от начала отсчета до слоя равновесия, м; **V_T** и **V_{max}** – текущее и максимальное значения скорости перемещения центра распределения, м/с.

Уравнение $V_T = V_{\max}[1 - (y_T/y_{\max})]$ можно представить как $dy_T/dt = V_{\max}[1 - (y_T/y_{\max})]$.

После его интегрирования и преобразований получим выражение, характеризующее перемещение центра распределения группы однородных частиц в разрыхленной минеральной постели:

$$y_T = y_{\max}(1 - e^{-(V_{\max}/y_{\max})t}), \text{ или } y_T = y_{\max}(1 - e^{-kt}),$$

где $k = V_{\max}/y_{\max}$ – коэффициент, характеризующий удельную скорость перемещения, постоянный для определенных свойств обогащаемого материала и заданных гидродинамических параметров отсадки, с⁻¹.

Совместное решение уравнений

$$\sigma^2 = (1/2)V_{\max}[1 - (y_T/y_{\max})] \cdot y_{\max} \text{ и } y_T = y_{\max}(1 - e^{-kt}) \text{ дает:}$$

$$\sigma^2 = (1/2)(y_{\max})^2 \cdot k e^{-kt}.$$

Перемещение центра распределения однородных частиц и их разброс вокруг этого центра характеризуются экспоненциальным законом и зависят от удельной скорости перемещения **k**.

Теоретическая модель, разработанная на основе методов теории вероятностей, только качественно объясняет формирование слоев отсадочной постели. Оно начинается с интенсивного перемещения всех частиц относительно друг друга. В течение первых 10 пульсаций происходит быстрое перемещение тяжелых и средних по плотности частиц из верхних слоев постели в нижние. В этот же период легкие и средние по плотности частицы, оказавшиеся до начала разделения в нижних слоях, перемещаются к средним слоям. Основная масса тяжелых частиц, перемещающихся сверху вниз, и легких, перемещающихся в обратном направлении, концентрируется в средних слоях.

При столкновении частиц различной плотности между ними происходит обмен кинетической энергией. Это приводит к снижению скорости перехода частиц из слоя в слой. Частицы промежуточной плотности, достигнув своего слоя, поглощают часть кинетической энергии от встречных потоков тяжелых и легких частиц, препятствуя тем самым переходу этих частиц к своим слоям равновесия. Чем больше содержится в обогащаемом материале фракций промежуточной плотности и, следовательно, чем больше толщина слоя этих частиц, тем труднее легким и тяжелым частицам преодолеть барьер промежуточной плотности и достигнуть своего слоя равновесия. Скорость образования слоев по плотности зависит от содержания в исходном материале фракций, формирующих эти слои.

Перемещение центра распределения группы однородных частиц может быть описано уравнением

$$y_m = y_{\phi} e^{-k_1 t_1} + y_{\max}(1 - e^{-k_2 t_2}),$$

где **y_φ** и **k₁** – параметры, характеризующие начало формирования минеральной постели; **y_{max}** и **k₂** – параметры, характеризующие расслоение постели.

Значения этих параметров для частиц крупностью 6–13 мм различной плотности при перемещении центра распределения сверху вниз приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения параметров **y_φ**, **k₁** и **k₂**

Фракция плотностью, кг/м ³	Параметр		
	y_φ	k₁	k₂
1400–1500	3,25	0,039	0,021
1500–1600	8,09	0,049	0,024
1600–1700	6,67	0,046	0,024
1700–1800	4,55	0,051	0,029
1800–1900	5,21	0,053	0,029
1900–2000	8,53	0,059	0,029

Количественные и качественные показатели отсадки связаны между собой через время протекания процесса **t**, в течение которого обогащаемый материал находится в оборудовании. В первом приближении:

$$t = L/V_T,$$

где **L** – длина отсадочной машины, м; **V_T** – средняя скорость продольного перемещения материала в машине, м/с.

Из формулы $F_B = F_H(1 - e^{-kt})$ время отсадки $t = k^{-1} \ln[F_H/(F_H - F_B)]$.

Но так как производительность отсадочной машины по транспортным условиям

$Q = 3600 \gamma_{\text{ср}} B H V_T$, то с учетом выражений $t = L/V_T$ и $t = k^{-1} \ln[F_H/(F_H - F_B)]$ имеем:

$$Q = 3600 \gamma_{\text{ср}} B H L k / \ln[F_H/(F_H - F_B)], \text{ т/ч},$$

где $\gamma_{\text{ср}}$ – средняя насыпная плотность материала постели, т/м³; **B** – ширина отсадочного отделения, м; **H** – высота отсадочной постели, м.

Знаменатель последнего выражения характеризует точность разделения материала в отсадочной машине. Для удобства выражение, находящееся под знаком логарифма, можно преобразовать:

$$(F_{\text{и}} - F_{\text{в}}) / F_{\text{и}} = 1 - (F_{\text{в}} / F_{\text{и}}),$$

где отношение $F_{\text{в}}/F_{\text{и}}$ – это извлечение выделившейся фракции в свой продукт, а $1 - (F_{\text{в}}/F_{\text{и}})$ – погрешность извлечения, которая измеряется содержанием данной фракции в иных продуктах.

Учитывая это, введено понятие «критерий точности разделения» η , который является натуральным логарифмом обратной величины погрешности извлечения.

Общая погрешность извлечения для всех продуктов характеризуется суммой засоряющих фракций $\sum \alpha$ в этих продуктах, выраженной в долях единицы или в процентах по отношению к поступающему на обогащение материалу:

$$F_{\text{и}} / (F_{\text{и}} - F_{\text{в}}) = 1 / \sum \alpha.$$

Критерий точности разделения: $\eta = \ln(100 / \sum \alpha)$. С учетом этого выражения связь между производительностью отсадочной машины и качеством продуктов отсадки будет выражена уравнением: $Q = 3600 \gamma_{\text{ср}} B H L k \eta^{-1}$, т/ч.

Статья поступила 11.10.2014 г.

Библиографический список

1. Ястребов К.Л. Развитие теории, технологии и совершенствование конструкции оборудования рудного самоизмельчения и гравитационного обогащения полезных ископаемых: дис. ... доктора техн. наук. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. 284 с.
2. Ястребов К.Л., Байборodin Б.А., Дружинина Т.Я., Надршин В.В. Теоретические основы перемещения, промывки и обогащения полезных ископаемых: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. 216 с.
3. Ястребов К.Л., Байборodin Б.А., Дружинина Т.Я., Надршин В.В. Традиционные и перспективные процессы промывки и обогащения полезных ископаемых: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011. 294 с.
4. Ястребов К.Л. Техническое обеспечение процессов обогащения россыпных месторождений: сб. «Металловеды и машиностроители». Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2012. 326 с.
5. Yastrebov K.L., Dykusov G.E., Karlina A.I. Elaboration of technology and the way of reagent free complex preparation and purification of natural water & sewage. Science and Education: Materials of the Vth international research and practice conference. February 27th–28th, 2014, Munich, Germany. Waldkraiburg–Munich: Vela Verlag, 2014. Vol. II. P. 392–401.

УДК 574:621.537

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПЕКТЫ ГАЛЬВАНОТЕХНИКИ

© Б.Н. Михайлов¹, Р.В. Михайлов²

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Гальванические покрытия благодаря своим высоким физико-механическим и эксплуатационным показателями находят весьма широкое применение в машино-, авто- и приборостроении, в аэрокосмической технике и т.д. Однако они являются «грязными» в экологическом плане. Показаны пути обеспечения экологичности и ресурсосбережения гальванических производств. Разработки авторов позволяют снизить энергозатраты на процесс и величину выбросов токсикантов в окружающую среду.

Ключевые слова: гальваника; покрытия; цинк; хром; характеристики; экология; ресурсо-сбережение.

ENVIRONMENTAL AND RESOURCE SAVING ASPECTS OF ELECTROPLATING

B.N. Mikhailov, R.V. Mikhailov

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Electroplated coatings are widely used in machine-building, automotive engineering, instrument making, aerospace engineering, and others due to their high physico-mechanical and performance indicators. However, they are “environmentally dirty”. The paper demonstrates the methods to ensure environmental friendliness and resource saving of electroplating industries. Authors’ developments allow to decrease the consumption of energy required for the process and reduce the emissions of toxic substances.

Keywords: electroplating; coating; zinc; chrome; properties; ecology; resource saving.

¹Михайлов Борис Николаевич, кандидат технических наук, профессор кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов, тел.: (3952) 405497, 89643564499, e-mail: bornik39@mail.ru

Mikhailov Boris, Candidate of technical sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of Inorganic Substances and Materials, tel.: (3952) 405497, 89643564499, e-mail: bornik39@mail.ru

²Михайлов Роман Владимирович, аспирант, тел.: (3952) 405497, 89501025821, e-mail: romanirk2009@mail.ru

Mikhailov Roman, Postgraduate, tel.: (3952) 405497, 89501025821, e-mail: romanirk2009@mail.ru

Предприятия машино-, авиа- и приборостроения немыслимы без современных технологий обработки поверхности, реализуемых в гальванических производствах (ГП).

Они являются одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды (ОС) и представляют собой высокую экологическую опасность [16].

Нами предпринята попытка анализа ситуации и предложены пути решения экологических и ресурсосберегающих проблем гальванотехники [12, 14–16, 18, 19].

Химические реактивы, используемые в ГП, в значительной мере являются токсикантами 1-го и 2-го класса опасности. Степень использования металлов в гальванических производствах крайне низка и составляет 15–35%. Все остальные вещества, применяемые в данных процессах, полностью переходят в отходы [12].

Выбросы ГП приводят к накоплению токсикантов в атмосфере, водоемах и почве, откуда они попадают в ткани растений и животных [12, 16].

Наибольшее негативное воздействие оказывают ионы тяжелых металлов (ИТМ).

Токсичное воздействие ИТМ (хром, свинец, медь, никель, цинк и др.) на организм человека приводит к нарушению работы кальмодулина – основного регулятора процессов жизнедеятельности организмов. По шкале стресс-факторов (индекс Кортэ) они имеют 135 баллов, опережая химические удобрения (63 балла) и нефтепродукты (72 балла) [12].

Сточные воды промпредприятий, содержащие ИТМ, весьма вредно влияют на экосистему водоем – почва – растение – животный мир – человек. Степень токсичности сточных вод, попадающих в водоемы, во многом зависит от солевого состава воды.

Имеет место обратная корреляция между жесткостью воды и токсичностью ИТМ.

Меньшая токсичность их в жесткой воде может быть объяснена тем, что содержащиеся в воде соли жесткости выпадают в осадок и увлекают за собой соединения тяжелых металлов. При изменении химического равновесия зачастую происходит высвобождение ИТМ из осадков и переход их в природные воды, что способствует их поступлению в различные звенья пищевой цепи. Этому же может способствовать деятельность микроорганизмов, высвобождающих ИТМ из донных осадков.

Мягкие воды большинства водоемов Прибайкалья определяют жесткие требования к составу сбрасываемых промышленных сточных вод.

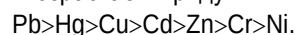
ИТМ, выносимые сточными водами ГП, весьма вредно влияют на экосистему водоем – почва – растения – животный мир – человек. Переходя в раствор или образуя коллоидные системы, они участвуют во всех стадиях гидрологического цикла, включаясь в пищевую цепь от планктона до зообентоса и свободно плавающих организмов. Комплексообразование может в значительной мере изменять токсичность «свободных» ИТМ.

ИТМ накапливаются в водных организмах зачастую до весьма высоких концентраций. Так, в водных беспозвоночных цинк и медь концентрируются в 10 раз больше, чем в воде [12, 16,]. При концентрации 0,0001 мг/л хром начинает аккумулироваться в организмах рыб. Весьма вреден Cr^{6+} , который при концентрации в воде более 0,01 мг/л оказывает токсическое действие на микрофлору водоемов. Соединения меди также достаточно опасны, при концентрациях 0,004 мг/л они токсичны и тормозят развитие многих водных организмов. Соединения кадмия даже в малых концентрациях оказывают резко выраженное токсическое действие на рыб и другие водные организмы.

При поливе ИТМ выносятся из водоемов на поля и накапливаются в плодородном слое почвы в виде гуматов. Все это приводит к снижению азотфиксирующей способности почв и урожайности, накоплению их выше ПДК в кормах и продуктах питания. Так, например, при взаимодействии ионов Cu^{2+} с гумусовыми кислотами происходит резкое (в 500 раз) повышение токсичности смеси. Содержание ИТМ в тканях растений оказывается в сотни, порой в тысячи раз выше, чем в почвенных растворах. Концентрация ИТМ в десятки раз выше в тонкой поверхностной пленке воды (от 50 до 500 мкм).

Донные осадки, а также коллоидные и другие дисперсные формы, в которых накапливаются ИТМ, в обычных условиях менее опасны, но при понижении pH (например, при выпадении кислотных дождей) могут быть источниками резкого повышения концентрации растворимых ионных форм.

Способность к аккумуляции в донных отложениях и гидробионтах возрастает в ряду



При сливе различных металлосодержащих отходов важно знать, каково их взаимодействие. Например, смесь цинка и меди в пять раз более токсична, чем можно было бы ожидать, суммируя их действие. Цинк и кадмий действуют обычно аддитивно, тогда как цинк и никель синергически. Как правило, при весьма малом содержании металлов наблюдается аддитивный эффект, а при повышенном – синергический (он преобладает в трехкомпонентных системах).

Подавляющее большинство гальванических предприятий области сбрасывают свои стоки в бассейн р. Ангары. В результате этого только в Братском водохранилище в донных осадках накоплено ~30 тыс. т цинка [6].

Сведения о накоплении ИТМ в тканях растений и животных приведены в табл. 1.

Утилизация шламов очистных сооружений ГП, работающих по устаревшей известковой технологии, экономически нецелесообразна, так как они имеют сложный химический состав, а также значительное содержание в них соединений кальция. Складирование этих шламов на полигонах и несанкционированных свалках привело к вымыванию из них токсикантов и попаданию этих токсикантов в грунтовые и поверхностные воды.

Таблица 1

Коэффициент накопления тяжелых металлов в растениях и организмах

Металлы	Логарифмический коэффициент накопления металлов	
	в растениях	в организмах
Никель	2	3
Кадмий	2	5
Цинк	3	4
Медь	2	3
Хром	4,5	5

В настоящее время только на 5-ти предприятиях региона имеются станции очистки сточных вод гальванических цехов. В остальных случаях стоки сбрасываются в водоемы без очистки. Используемая на станциях известковая технология очистки является морально устаревшей. Оборудование физически изношено. Необходима срочная реконструкция как самих гальванических цехов, так и станций очистки сточных вод [12, 16].

Известно [12], что стоимость оборудования очистных сооружений для гальванических цехов, работающих по устаревшим технологиям, в 1,5 раза превышает стоимость оборудования самого гальванического цеха. Для высокоавтоматизированных производств эти затраты снижаются ~ в 2 раза.

Необходима организация [12, 14–16, 18, 19] локальных систем регенерации технологических растворов и очистки промывных вод, систем оборотного водоснабжения. Это позволит на 1–2 порядка уменьшить количество стоков, поступающих на станцию централизованной очистки.

Насущным является переход на нейтрализацию стоков гальванических цехов щелочью взамен известкового молока. Получаемые при этом шламы легко утилизировать, например, в виде ферритов. Уменьшение выноса токсикантов возможно при совершенствовании и самой технологии нанесения гальванических покрытий.

Для совершенствования технологии нанесения покрытий необходимо [12, 14–16, 18, 19]:

- использовать прогрессивные и разбавленные электролиты;
- заменить электрохимическое полирование электролитно-плазменной обработкой;
- использовать рациональные способы промывки деталей (каскадную, воздушно-струйную и т.п.);
- производить встряхивание или вибрирование деталей и обеспечивать необходимую выдержку с использованием роботизированных операторов;
- извлекать металлы из ванн улавливания с помощью электроэкстракторов;
- производить непрерывную фильтрацию и регенерацию электролитов.

Весьма значимо качество подготовки поверхности деталей перед нанесением гальванических покрытий, так как сцепление покрытия с основой, а следовательно, срок их эксплуатации тем выше, чем лучше качество подготовки [12]. Значительный интерес, по мнению авторов, вызывает вакуумно-плазменная очистка поверхности, но она очень дорога.

Перспективна гальванотехника расплавленных сред и неводных электролитов [12].

Методы предупреждения и уменьшения загрязнения атмосферы ГП:

- разработка способов переработки вторичных ресурсов, которые должны быть частью системы рекуперации и последующего использования материалов, так как получение продукции из вторичных ресурсов во многих случаях экономичнее, чем из природного сырья;
- изучение механизма образования токсичных веществ и совершенствование технологических процессов;
- совершенствование конструкций оборудования;
- разработка безводных и не пылящих технологических процессов;
- замена токсичных материалов на менее токсичные.

Знание механизма образования вредных веществ в технологическом процессе позволяет разрабатывать мероприятия по снижению их количества путем изменения в нужном направлении температуры, давления, концентрации реагентов потоков, типа и материала электродов, селективности процесса.

Сокращения выбросов токсикантов достигают уменьшением числа стадий процесса, совмещением их в одном аппарате, а также применением менее токсичных реагентов или реагентов, способствующих образованию менее вредных веществ.

Многочисленны примеры технологических решений [12, 14–16, 18, 19], позволивших в значительной мере уменьшить выбросы токсикантов в атмосферу либо избежать их совсем:

1. При травлении коррозионностойких сплавов на основе никеля, кобальта и других металлов в смеси кислот происходит интенсивное выделение оксидов азота – токсикантов 1-го класса опасности. Согласно мнению акад. Гладышева Г.П. [12], его (газовыделение) можно избежать добавлением в состав травильных растворов мочевины. В результате чего исчезает необходимость организации улавливания из отходящих газов (так как нет этих газов) и нейтрализации оксидов азота.

2. Для электрохимического и химического полирования деталей из сплавов металлов используют растворы, содержащие смесь тех или иных кислот в зависимости от состава материала деталей: фосфорной, азотной, соляной, плавиковой, хромовой и т.д. Суммарная концентрация этих веществ, многие из которых являются токсикантами 1-го класса опасности, в

названных растворах достигает 1400 г/л. Вынос их из технологических ванн с деталями доходит до 0,8 л/м². Это вызывает большие потери токсичных и дорогостоящих веществ и, конечно, ухудшение экологической ситуации. Внедрение процессов электролитно-плазменного и анодно-алмазного полирования позволило отказаться от названных выше процессов с применением высокотоксичных веществ [12, 14, 16].

3. Высокий капельный унос компонентов электролита с поверхности гальванических ванн в значительной мере обусловлен интенсивным выделением водорода, который, прорываясь через поверхностную пленку электролита, захватывает и уносит его (электролит). Конечно, использование тех или иных видов укрытия поверхности (ПАВ, покровные слои и т.п.) в какой-то мере уменьшает их вынос пузырьками водорода, но это борьба не с причиной, а со следствием.

Причина же этого негативного явления – невысокий выход по току цинка из цианистого электролита (70–80%) и хрома при использовании универсального электролита (13–18%) [12]. Разработанные нами электролиты: цинкования – цинкаты с добавкой БЦ-1 и хромирования – с добавками ряда ионов – позволяют достичь выхода по току цинка 100%, а хрома 30% и выше.

Общие мероприятия по охране воздушного бассейна [9, 12, 16]:

- герметизация оборудования и автоматизация процессов ГП, связанных с выделением в атмосферу вредных выбросов;
- применение контрольно-измерительной и автоматически регулируемой аппаратуры в установках для улавливания компонентов выбросов;
- правильная техническая эксплуатация производственных агрегатов, выделяющих в атмосферу вредные выбросы;
- обязательная рекуперация газов перед выбросом их в атмосферу.

Основной тенденцией в развитии технологических процессов ГП является создание замкнутых малоотходных систем, уменьшение до минимума сброса вредных веществ в атмосферу [12].

Авторами проанализированы критерии применимости технологических решений в свете ресурсосбережения и экологической безопасности ГП и пути их решения.

Рассмотрим данную проблему на примере технологических процессов цинкования [1–3, 5–7, 11–14, 17–19, 22–25] и хромирования [20–24].

Цинкование применяется для защиты изделий из черных металлов от коррозии, реже – для осаждения подслоя при гальванопокрытии деталей из алюминия и его сплавов [12]. Цвет цинковых покрытий светлосерый, хроматированных – радужный с цветами побежалости.

Покрытия цинком без хроматной обработки применяют только для сохранения электропроводности при пайке, а также для деталей, подвергаемых точечной сварке и опрессовке пластмассами при температуре выше 100°C.

Электрохимический метод является более совер-

шенным способом нанесения цинка. Экономия металла при этом способе по сравнению с горячим достигает 50%.

Высокая степень чистоты осажденного цинка обеспечивает повышенную химическую стойкость покрытия и более длительный срок эксплуатации. Кроме того, при электрохимическом способе нанесения цинка на сталь не образуется хрупких промежуточных слоев интерметаллических соединений, как это имеет место при горячем цинковании, и, следовательно, металл сохраняет большую пластичность.

Широкое распространение цинковых покрытий в технике объясняется их высокими защитными свойствами. Потенциал цинка отрицательнее потенциала железа. При контакте с железом он обеспечивает активную электрохимическую (протекторную) защиту изделия. В этом элементе железо служит катодом и, следовательно, не разрушается даже в случае пористости цинкового покрытия или частичного обнажения основы.

Покрытие цинком защищает черные металлы от коррозии не столько механически, сколько электрохимически.

Важнейшие характеристики современных электролитов [12]:

- коррозионная стойкость покрытий, обеспечивающая долговечность изделий и снижение расхода металла за счет уменьшения толщины осадка;
 - высокие значения РС электролитов, гарантирующие равномерность распределения металла на деталях любой конфигурации;
 - минимальное воздействие на окружающую среду, условия труда и микроклимат гальванических цехов;
 - низкая стоимость электролитов и энергоемкость процессов;
 - возможность покрытия широкого ассортимента изделий на автоматических линиях с высоким уровнем технологической культуры, эксплуатационных свойств покрытий, сокращения затрат ручного труда.
- В технологии гальванотехники в целом (если не затрагивать технологические процессы осаждения сплавов) и, в частности, в цинковании имеют место три основные проблемы:
- замена электролитов на более совершенные и менее токсичные, позволяющие получать качественные покрытия с хорошими эксплуатационными характеристиками при одновременном обеспечении высоких технико-экономических показателей;
 - совершенствование технологии подготовительных операций, так как они обеспечивают качественное сцепление покрытия с основой;
 - совершенствование технологии завершительных операций для обеспечения длительной сохранности покрытия как при хранении, так и в период эксплуатации.
- Первая проблема решается как путем использования принципиально новых составов электролитов, так и введением специальных добавок органического и неорганического происхождения, призванных обеспечить выравнивание поверхности и придание ей

блеска. Эти добавки в подавляющем большинстве случаев являются высокотоксичными.

Проблема обеспечения высоких физико-механических характеристик покрытий решается либо путем легирования металла покрытия специально введенной добавкой другого элемента, либо изменением структуры с помощью специально внесенных органических веществ, призванных продуцировать некие вещества (например, атомарный углерод, карбиды или нитриды). Эти продуцированные вещества действуют, как правило, на наноуровне, не только приводя к появлению многочисленных дефектов кристаллической структуры осадка, но и обеспечивая при заметном их содержании формирование композиционного электрохимического покрытия КЭП.

Третья проблема – значительное уменьшение скорости разрушения цинковых покрытий – достигается осветлением и пассивацией их в растворах солей хрома Cr^{6+} или Cr^{3+} . Как известно, соединения хрома высокотоксичны, переход на пассивацию покрытий солями молибденовой кислоты, а также путем образования фосфатных и оксидных пленок в результате обработки покрытия обеспечивает экологический эффект [12, 16].

Наиболее часто используемые электролиты цинкования:

- кислые (сернокислые, хлористые, борфтористоводородные и др.);
- простые щелочные цинкатные;
- комплексные (щелочно-цианистые, пиррофосфатные, хлораммонийные, аминокислотные и др.).

Щелочно-цианистые электролиты цинкования по сравнению с кислыми обладают более высокой рассеивающей способностью, в результате чего покрытие образуется равномерным по толщине, что обеспечивает эффект ресурсосбережения. Высокая поляризация, а также снижение выхода по току (Вт) с повышением катодной плотности тока благоприятствует повышению РС, способствуя тем самым получению равномерных мелкокристаллических осадков.

Цианистые электролиты преимущественно применяются для покрытия изделий, имеющих сложную форму.

Режим работы: катодная плотность тока 1–4 А/дм² при температуре 20–40°C. Вт невелик и составляет 70–80%, что вызывает значительный унос компонентов электролита с воздушными выбросами.

Высокая токсичность цианистых электролитов требует осторожного обращения с ними. В частности, электролизеры либо герметизированы, либо снабжаются надежной бортовой вентиляцией.

Щелочные цинкатные (не цианистые) электролиты цинкования по сравнению с кислыми обладают более высокой рассеивающей способностью, в результате чего покрытие образуется равномерным по толщине, что обеспечивает эффект ресурсосбережения.

Выбор той или иной технологии цинкования достаточно затруднителен. Ни одна из них не имеет подавляющего преимущества и не может вытеснить дру-

гие полностью. И это вполне естественно, так как ни один из электролитов не удовлетворяет полностью всему комплексу требований, предъявляемых к качеству и свойствам покрытий, производительности ванн, экономичности, экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

Осаждение цинка на катоде сопровождается побочным процессом выделения водорода. По уменьшению максимальной степени заполнения поверхности материала подложки атомами водорода в процессе цинкования электролиты располагаются в следующем порядке: цианистый, цинкатный, пиррофосфатный, сульфатный и борфтористоводородный.

Кислые электролиты цинкования просты по составу и не ядовиты, но имеют низкую рассеивающую способность, в связи с чем пригодны для покрытия проволоки, листов, лент и других изделий несложного профиля. Вследствие невысокой катодной поляризации, осадки, полученные из них, имеют сравнительно крупнозернистую структуру. Введение в состав электролита добавок ПАВ позволяет получить мелкокристаллическую структуру осадков.

Перенапряжение выделения водорода на цинке высокое, что и обеспечивает в кислых электролитах выход по току, близкий к 100%.

В кислых электролитах чрезвычайно важно поддерживать оптимальное значение pH. Высокое содержание ионов водорода (низкое значение pH) облегчает их разряд на катоде, что снижает катодный выход по току металла, приводит к наводораживанию металла основы, а также чрезмерному растворению анода.

Водород из цинкового покрытия диффундирует в стальную основу, причем чем ниже температура среды при вылеживании образца с покрытием, тем выше скорость проникновения водорода в основу. Одна из причин этого явления – деструкция органических включений в покрытии.

Михайлов Б.Н. с сотрудниками [1–3, 5–7, 11–14, 17–19, 22–25] на протяжении ряда лет занимался проблемами совершенствования процесса цинкования.

На ряде предприятий региона при нашем непосредственном участии произведена замена цианистых электролитов цинкования на нецианистые.

Кислый сульфатный электролит БМЦ-95 с добавкой БМ разработал Б.Н. Михайлов [12, 13]. Электролит БМЦ-95 достаточно «чист» в экологическом плане и рекомендован для цинкования изделий простой формы на подвесках и во вращательных установках.

Электролит апробирован на станкостроительном заводе г. Иркутска, получены покрытия высокого качества.

Его состав и режим нанесения покрытий приведены в табл. 2.

Электролит составлен из недефицитных соединений, добавка БМ имеет 4-й класс опасности. Для поддержания кислотности на постоянном уровне в электролит вводят буферную добавку $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$.

Таблица 2

Состав электролита БМЦ-95* и режим нанесения цинковых покрытий

Состав и режим работы	Кол-во ед. измерения
Цинк сернокислый 7-водный, г/л	200
Алюминий сернокислый 18-водный, г/л	20
Натрий сернокислый 10-водный, г/л	50
Добавка БМ**, г/л	0,0001
Добавка ЛБ***, мл/л	1
Плотность тока, А/дм ²	0,5–3
рН	3,4–4,0
Температура электролита, оС	15–30
Скорость осаждения, мкм/мин	0,2–0,8

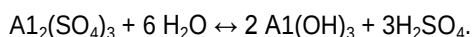
* БМЦ-95 (Борис Михайлов, Цинкование, 1995 г.).

** Добавка БМ (Борис Михайлов).

*** Добавка Лимеда Б.

Повышенное значение рН = 6–6,5 приводит к выпадению в приэлектродном слое гидроксида цинка. Катодные осадки с включениями гидроксида и основных солей цинка некондиционны вследствие пористости и рыхлости.

Сульфат алюминия при рН = 4–4,5 подвергается гидролизу с образованием серной кислоты, что и позволяет поддерживать нужное значение рН электролита:



Добавка сульфата алюминия повышает и катодную поляризацию, способствуя тем самым образованию мелкокристаллического осадка. Она также увеличивает электропроводность электролита. Для дополнительного повышения электропроводности в состав его добавлен сульфат натрия.

Рабочая температура цинкования из кислых электролитов с добавками ПАВ – 18–25°С, а при высоких плотностях тока – до 50°С. Катодный выход по току составляет 95–100%.

Кислые цинковые электролиты весьма чувствительны к загрязнениям. Вредны примеси электроположительных металлов, азотнокислых солей и др.. В присутствии даже небольших количеств ионов тяжелых металлов – Cu, Pb, Ag, Sb, As, Bi, Sn (0,01–0,001 г/л) – на катоде образуются губчатые осадки темно-серого или черного цвета.

Удаление примесей ИТМ и органики достигается путем проработки предварительно подкисленного электролита постоянным током при низкой плотности тока.

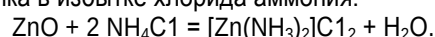
Другое направление – замена цианистого электролита на нецианистые комплексные хлораммонийные (аммиакатные) электролиты цинкования.

Цинк в них находится в виде комплексных ионов с различным координационным числом (КЧ). В слабощелочной среде образуются аммиакаты цинка с КЧ = 4 и 6.

При понижении рН раствора происходит отщепление молекул аммиака, КЧ уменьшается до 2-х и образуется ион $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$. Дальнейшее понижение рН раствора приводит к постепенному разрушению и этого иона до простого иона цинка.

Соль $\text{Zn}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ получают растворением оксида

цинка в избытке хлорида аммония:



Эти электролиты отличаются большой катодной поляризацией и хорошей электропроводностью, что обеспечивает высокую рассеивающую способность (РС) электролита. По значению РС они приближаются к цианистым электролитам и значительно превосходят кислые электролиты.

Процесс блестящего цинкования из хлористого аммиакатного электролита с добавкой моноэтаноламина (МЭА) разработан нами в рамках хозяйственного и внедрен в цехе 4017 УПО «Химпром» [13].

Он предназначен для нанесения защитного и защитно-декоративного цинкового покрытия на сталь, чугун и цинковые сплавы. Рекомендован для цинкования на подвесках, барабанах и колоколах как в стационарных ваннах, так и в полуавтоматических и автоматических линиях.

Электролит обладает хорошей рассеивающей и кроющей способностью.

Получаемое цинковое покрытие, блестящее и эластичное, хорошо хроматируется в растворах радужного хроматирования и не требует дополнительной операции осветления.

Состав электролита, г/л: для подвесочных установок – цинк оксид 30–35; аммоний хлористый 120–170; кальций хлористый 1,0–2,0; добавка комплексообразующая МЭА 100–110; добавка блескообразующая желатин 1,0–1,5, рН = 7,2–7,5.

Процесс ведут при 18–25°С. Катодная плотность тока составляет 1,5 А/дм². Катодный и анодный выходы по току близки к 100%. Аноды цинковые.

Для барабанных и колокольных электролизеров применяется электролит того же состава, но работающий при рН = 5,5.

Электролит имеет высокую электропроводность, что позволяет достигать высоких плотностей тока при сравнительно небольшом напряжении в колокольных и барабанных электролизерах 4–6 В.

Минимальная растворимость оксида ZnO в насыщенном растворе NH_4Cl , равная 14 г/л (по данным Н.П. Гнусик), соответствует рН = 6,3–7,0.

При более высоком и более низком значениях рН растворимость его резко возрастает. Наибольшие

поляризуемость катода и рассеивающая способность аммиакатных растворов соответствуют нейтральной области pH. При увеличении и уменьшении pH катодная поляризация и РС снижаются.

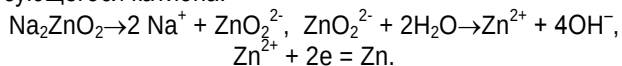
При всех технологических достоинствах аммиакатных электролитов они, как это выявилось позднее, экологически «грязны». В дальнейшем мы вынуждены были отказаться от их использования. Причина в том, что аммиакатные комплексы цинка $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ весьма прочны и практически не разлагаются на очистных сооружениях и, вследствие этого, цинк, сопутствующая медь и ряд других веществ выбрасываются в водоемы [12, 16, 18].

Для разложения данного комплекса требуется pH ≥ 14 , что достаточно дорого, так как значителен расход реактивов на подщелачивание и последующую нейтрализацию. Велики и энергетические затраты, так как температура процесса разложения аммиакатного комплекса $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ близка к 100°C . В дальнейшем также было установлено, что МЭА, как и другие амины, является канцерогеном [12, 16].

Позднее хлораммонийные электролиты стали заменять на цинкатные в связи с возросшими экологическими требованиями [11, 12, 14–16, 18]. Как было указано ранее, хлораммонийные комплексы очень прочны, трудно разложимы на очистных сооружениях и являются причиной недопустимо высокого содержания ионов цинка и меди в сбрасываемых водах.

Цинкатные щелочные электролиты призваны заменить цианистые, они не ядовиты, имеют хорошую РС, в отличие от кислых и цианистых, позволяют вести процесс при небольшом содержании ионов цинка в растворе, что обеспечивает меньшие потери цинка с промывной водой. Этому же способствует и низкая вязкость электролитов.

Основные компоненты: цинк в виде цинката натрия (или калия) Na_2ZnO_2 , свободная щелочь NaOH и блескообразующие добавки. Концентрация цинка в растворе может колебаться в очень широких пределах при получении удовлетворительных цинковых покрытий. Выделение цинка на катоде происходит в результате диссоциации комплексного иона и разряда образующегося катиона:



Цинкатные электролиты превосходят другие типы электролитов по степени экологической безопасности и экономичности и во многих случаях заменили высокотоксичные цианистые электролиты. Покрытия из них обладают высокой стойкостью и равномерностью распределения по толщине. Компактные и светлые осадки из цинкатного электролита получаются в присутствии добавок блескообразователей. В отсутствии специальных добавок выделяются губчатые осадки цинка даже при малых значениях катодной плотности тока.

Использование импульсного тока в цинкатных электролитах резко снижает проникновение водорода в основу. Одна из основных причин появления атомарного водорода в покрытии – деструкция в нем органических включений.

Эффективны цинкатные электролиты, содержащие комплексные блескообразователи, представляют собой смеси органических веществ (ПАВ, комплексообразователи, ингибиторы и др.). Они имеют высокую РС, зачастую превышающую таковую цианистых электролитов, и позволяют осаждать мелкодисперсные покрытия в широком диапазоне плотностей тока.

Профессором Б.Н. Михайловым с коллегами [5, 10, 12, 15–17] изучено влияние ряда добавок на величину РС цинкатных электролитов. Наиболее высокое значение РС обеспечивают добавки Лимеда Ц-2, НБЦ-0 и НБЦ-К, Карат, моноэтаноламин, моноэтаноламинбензоат, БЦ-1, ТЦ-1, Магнафлок 1597 и полидиметилдиаллиламмония хлорид. Последние четыре вещества из названных выше исследовались впервые, а полидиметилдиаллиламмония хлорид был синтезирован нами из диметиламина и хлористого аллила.

Действие органических добавок в цинкатных электролитах нельзя заменить интенсификацией гидродинамических режимов или использованием нестационарных режимов электролиза.

Допустимый верхний предел плотности тока в значительной степени зависит от концентрации Zn, NaOH и блескообразователей, температуры и степени перемешивания электролита. Чем больше концентрация цинка и меньше содержание NaOH, выше температура электролита и скорость его перемешивания, тем выше предельный ток диффузии разряжающихся ионов, и, следовательно, тем больше допустимая плотность тока, при которой можно получать компактные, качественные осадки. Соответственно, на рассеивающую способность эти факторы оказывают противоположное влияние.

Профессор Б.Н. Михайлов с коллегами [1–5, 7, 8, 10, 16, 17, 25] на рубеже нового тысячелетия разработал цинкатный электролит с новым эффективным блескообразователем БЦ-1.

Добавка синтезирована нами из диметиламина и хлористого аллила – продуктов предприятий Иркутского региона.

Большая степень экологической чистоты при цинковании может быть обеспечена именно при использовании цинкатных электролитов. Применявшиеся ранее блескообразователи для этих электролитов, к сожалению, обладают рядом недостатков. Они либо дороги и производятся за рубежом, либо неизвестен их состав и отсутствуют сведения об их ПДК в сточных водах. Некоторые добавки для цинкатных электролитов являются токсикантами 1-й группы опасности или сильными комплексообразователями, либо их использование приводит к проблемам с очисткой стоков, способствуя обильному пенообразованию.

Добавка БЦ-1 (полидиметилдиаллиламмония хлорид) синтезирована [17] из низкомолекулярных соединений – диметиламина и хлористого аллила – при длительном нагреве и перемешивании с последующей полимеризацией под действием персульфата аммония. Она схожа по составу с флокулянт ВПК-402, крупнотоннажное производство которого осуществляется в г. Стерлитамаке. Используя это обстоятельство, коллектив исследователей разработал альтер-

нативную технологию получения блескообразователя БЦ-1 путем деструкции флокулянта ВПК-402.

Изучен процесс осаждения цинка из цинкатного электролита с добавкой блескообразователя БЦ-1 [1–5, 7, 8, 10, 16, 25]. Дано теоретическое обоснование выбора оптимальных условий процесса электроосаждения цинка с новыми органическими добавками.

В табл. 3 приведен состав щелочного электролита цинкования с добавкой БЦ-1 и указан режим нанесения покрытий.

В табл. 4 приведена зависимость скорости осаждения цинкового покрытия из электролита с добавкой БЦ-1 от катодной плотности тока.

Процесс цинкования из цинкатного электролита с добавкой блескообразователя БЦ-1 апробирован на Иркутском релейном заводе.

Показана полная совместимость добавок БЦ-1 и Лимеда Ц-2, что обеспечило возможность постепенной замены используемой в то время на ИПЗ в качестве блескообразователя добавки Лимеда Ц-2 по мере ее расходования на добавку БЦ-1.

Разработана экологически безопасная технологическая схема цинкования с использованием эффекта локальной взаимной нейтрализации без введения дополнительного количества осадителя. Для повторного использования промывных вод произведена перекомпоновка трубопроводов.

Вследствие того, что для количественного осаждения взвеси гидроксида цинка требуется более высокая концентрация флокулянта, чем содержание

блескообразователя БЦ-1 в ванне цинкования, нами предложено оригинальное решение. В ванну улавливания цинка, залитую дистиллированной водой, вводить флокулянт ВПК-402 в количестве 10 г/л и по достижении концентрации цинка в ванне улавливания 2 г/л использовать эту ванну как промывочную для деталей после травления. Контроль достижения необходимой концентрации электролита, перенесенного из ванны цинкования в ванну улавливания, обеспечивается рН-метром.

При внесении кислоты, поступающей с деталями из ванны травления, происходит взаимная нейтрализация раствора, чем и ускоряется гидролиз цинката натрия. При этом формируются легче фильтруемые осадки гидроксида цинка. Время количественного отстаивания осадка – два часа. Поэтому после ванны улавливания необходима установка ванны хлопьеобразования. В течение рабочего дня она наполняется промывной водой из ванны улавливания порциями по 10 л/ч, что составляет 160 л/сутки при работе в две смены. Отстаивание происходит в ночное время, а утром производят фильтрацию и осадок гидроксида цинка направляют после репульпации щелочным раствором вновь в ванну цинкования.

При этом происходит механическая деструкция флокулянта ВПК-402 (продукт деструкции идентичен добавке БЦ-1). Поступая с раствором цинката натрия в ванну цинкования, продукт деструкции обеспечивает эффект блескообразования.

Таблица 3

Состав электролита и режим нанесения цинковых покрытий

Состав электролита БЦ-1 и режим работы	Концентрация, г/л	Норма расхода, г/м ² , при толщине покрытия 1 мкм
Оксид цинка, г/л *	10–17	0,01
Гидроксид натрия, г/л	90–120	0,01–0,02
Добавка БЦ-1 (20%), мл/л	9–11	0,001
Катодная плотность тока, А/дм ² : – на подвесках – в барабанах	1–3 0,5–1,5	–
Анодная плотность тока, А/дм ² **	1–4	–
Соотношение анодной и катодной поверхностей	2 : 1	–
Напряжение на ванне, В: – на подвесках – в барабанах	3–6 6–12	–
Температура электролита, °С	20–30	–
рН	12,5–14	–
Скорость осаждения, мкм/мин	0,27–0,6	–

* Соотношение содержания цинка и гидроксида натрия не ниже 1:8–1:12.

** Норма расхода цинковых анодов 0,01 г/м² при толщине покрытия 1 мк.

Таблица 4

Зависимость скорости осаждения покрытия от плотности тока

Плотность тока, А/дм ²	0,5	1	2	3	4	5	6	7
Скорость осаждения, мкм/мин	0,14	0,27	0,45	0,60	0,64	0,65	0,68	0,74

При достижении стационарного режима работы предложенной схемы вынос цинката натрия из основной ванны практически полностью компенсируется вводом цинката натрия, полученного путем репульпации шлама гидроксида цинка. Компенсация потерь щелочи из ванны цинкования обеспечивается вводом свежего каустика на стадии приготовления возвратного раствора из шлама гидроксида цинка.

Предложенная схема обеспечивает замкнутый цикл по цинку и повторное использование блескообразователя.

Слабощелочной раствор после фильтрации гидроксида цинка пригоден для повторного использования в промывных ваннах после травления деталей, направляемых на лужение; для приготовления растворов травления деталей из алюминиевых сплавов; для приготовления щелочных растворов для расконсервации деталей и для промывки оборудования, а также для сантехнических устройств.

Мы полагаем, что на сегодня это один из лучших цинкатных электролитов.

Электролитическое хромирование – один из наиболее старых и хорошо изученных методов получения покрытия. Хромовые покрытия обладают отличными защитными и прочностными характеристиками.

Благодаря своим физико-механическим свойствам и достаточной дешевизне они находят весьма широкое применение в приборо-, автомобиле- и машиностроении, в аэрокосмической технике и т.д. [12].

В настоящее время наиболее широко используются так называемые универсальные (или стандартные) электролиты хромирования на основе соединений шестивалентного хрома с добавкой H_2SO_4 , рекомендуемые ГОСТ 9.305–84.

Данные электролиты, к сожалению, экологически «грязны», обеспечивают высокий вынос токсикантов в окружающую среду, имеют недостаточную эффективность использования электроэнергии, т.е. высокий удельный расход электроэнергии ($W_{уд}$).

Имеет место обратная зависимость между удельным расходом электроэнергии ($W_{уд}$) и выходом по току (B_T), что иллюстрирует зависимость [12]

$$W_{уд} = U_B / K_{эx} \cdot B_T,$$

где U_B – напряжение на ванне, В; $K_{эx}$ – электрохимический эквивалент, г/А·ч; B_T – выход по току, доли единицы.

Низкая рассеивающая способность электролита (РС) также приводит к недостаточной эффективности использования электроэнергии.

Следует отметить высокую степень корреляции между величинами $1/РС$ и $W_{уд}$. Чем выше РС, тем более равномерно распределение покрытия по толщине, что позволяет закладывать меньшую массу электролитического хрома для обеспечения низкого уровня коррозионно-эрозионного износа [2, 12].

Как известно [12], в целом ряде случаев неравномерные по высоте слои электролитически осаждаемого металла вынуждены подвергаться механической обработке (чаще всего это хонингование или выглажи-

вание), что для хромовых покрытий возможно только при использовании алмазного инструмента или его аналогов.

Другое решение – использование для выравнивания поверхности покрытия электрохимической размерной обработки – также вызывает дополнительные затраты и приводит к дополнительному съему слоя ранее осаждаемого металла. Так как и то, и другое решение проблемы высокотратны, то усилия разработчиков электролитов хромирования должны быть направлены на обеспечение высокой величины РС.

Также наблюдается высокая степень корреляции и между величинами удельных потерь компонентов электролита, в первую очередь соединений шестивалентного хрома ($M_{потерь}$), и $1/РС$ и $1/B_T$ [12, 16].

Высокий капельный унос Cr^{6+} с поверхности гальванических ванн в значительной мере обусловлен интенсивным выделением водорода, который, прорываясь через поверхностную пленку электролита, захватывает и уносит его (электролит). Конечно, использование тех или иных видов укрытия поверхности (ПАВ, покровные слои и т.п.) в какой-то мере уменьшает вынос Cr^{6+} пузырьками водорода, но это борьба не с причиной, а со следствием.

Причина же этого негативного явления – низкий выход по току хрома при использовании универсального электролита (13–18%) [6] и, естественно, высокий выход по току водорода – порядка 80%.

Экологическое воздействие шестивалентного хрома – токсиканта 1-й группы опасности – является мощным негативным фактором, сдерживающим его широкое применение в гальванической подотрасли промышленности.

Все меры воздействия, приводящие к увеличению выхода по току хрома, приводят к увеличению экологичности электролитов хромирования, т.е. снижению $M_{потерь}$ высокотоксичного Cr^{6+} [12, 16]. Для уменьшения $M_{потерь}$ усилия разработчиков должны быть направлены на снижение температуры электролиза и обеспечение высокого значения величин РС и B_T .

Проф. Б.Н. Михайловым [2, 12] разработаны электролиты хромирования с добавками ионов металлов I–IV групп Периодической системы Д.И. Менделеева. Они отличаются высокими технологическими показателями: выходом по току, рассеивающей способностью и др. Покрытия из названных выше электролитов отличаются повышенной износостойкостью.

Нами изучен процесс хромирования из электролитов с добавками ионов Zn [12, 20, 23], Cu [24], Al [21], Sn [22] и Cl. Он протекает при пониженной температуре с высоким выходом по току.

Получены покрытия с высокой микротвердостью, коррозионной стойкостью, достаточной маслостойкостью и невысокой пористостью.

Внутренние напряжения хрома, осаждаемого из данных электролитов, ниже, чем полученных с использованием стандартного электролита на 20–25%.

Эти электролиты имеют более высокую рассеивающую способность по сравнению с универсальными.

Разработанные нами электролиты хромирования с добавками ионов Zn, Cu и Al позволяют достичь вы-

хода по току хрома 30% и выше.

Увеличение выхода по току хрома при введении тех или иных добавок (ионов Zn, Cu, Sn и Al) связано как с ингибированием процесса выделения водорода на хромовой подложке, так и с уменьшением эффективности процесса перезаряда ионов хрома на аноде и катоде: $\text{Cr}^{6+} \leftrightarrow \text{Cr}^{3+}$.

Выявление механизма ингибирования этих крайне нежелательных процессов при хромировании является весьма актуальным.

Следует отметить, что износостойкость покрытия при его работе в условиях смазки маслами тем выше, чем больше его маслостойкость (M) [12]. Маслостойкость характеризует объем открытых пор. Увеличение износостойкости продлевает срок службы изделий и в конечном итоге уменьшает величину экологического воздействия на окружающую среду [12, 16].

В наших работах [20–24] приводятся результаты исследования ряда характеристик электролита хромирования с добавками ионов Zn, Cu, Sn, Al и Cl с использованием известных методик. Изучены зависимости выхода по току, рассеивающей способности электролита, маслостойкости, микротвердости осадка и внутренних напряжений покрытия от ряда факторов: температуры электролита, плотности тока и концентрации добавок.

Экологичность электролитов хромирования, снижение энергозатрат и удельного расхода сырья могут быть достигнуты при разработке и внедрении электролитов с лучшими технологическими характеристиками, позволяющими получать покрытия с более высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями.

Разработанные нами экономичные способы хромирования из электролитов с добавками ионов, обеспечивающие получение покрытия с высокой износостойкостью, позволяют уменьшить его толщину без уменьшения срока службы изделия. Достигнуто снижение энергозатрат на процесс и величины выбросов токсикантов в окружающую среду как минимум в 2

раза. Хромирование из названных электролитов протекает при пониженной температуре с высокими технико-экономическими показателями, а также обеспечивает лучшее ресурсосбережение и экологичность при их использовании по сравнению с процессом из универсальных электролитов.

По нашему мнению, перспективен способ нанесения композиционных электрохимических покрытий, в частности при хромировании с внутренним генерированием наночастиц добавок. При этом наночастицы не вносят извне, а обеспечивают их образование в самой гальванической ванне. В нашем случае это имеет место: столь высокие значения микротвердости хромового покрытия из электролита с добавками ионов металлов обусловлены образованием наночастиц в самой гальванической ванне за счет взаимодействия компонентов электролита с водорастворимыми добавками ионов металлов.

Данный процесс – это, по сути, способ композиционного хромирования, при котором наночастицы не вносят в электролит извне в виде самостоятельной фазы, а обеспечивают их образование в процессе электролиза.

Итак, экологичность электролитов цинкования и хромирования, снижение энергозатрат и удельного расхода сырья могут быть достигнуты при разработке и внедрении электролитов с лучшими технологическими характеристиками, позволяющими получать покрытия с более высокими физико-механическими и эксплуатационными показателями.

Для этой цели рекомендованы следующие способы: цинкование из кислых электролитов с добавкой БМ; цинкование из цинканных электролитов с добавкой БЦ-1; хромирование с добавками ионов Zn, Cu, Sn, Al и Cl. Ввод этих добавок в электролиты обеспечивает высокую износостойкость покрытия и позволяет снизить его толщину без уменьшения срока службы изделия и тем самым уменьшить $W_{\text{уд}}$ и $M_{\text{потерь}}$.

Статья поступила 30.01.2015 г.

Библиографический список

1. Баранов А.Н., Миронов А.В., Михайлов Б.Н. Исследование влияния азотсодержащих органических соединений на показатели процесса электроосаждения цинка // Известия вузов: Цветная металлургия. 1998. № 6. С. 53–55.
2. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Миронов А.В. Ковалюк Е.Н. Создание металлосберегающих технологий нанесения цинковых покрытий на основе применения новых органических соединений в качестве ингибиторов и блескообразователей // Человек. Среда. Вселенная: тез. докл. Иркутск, 1997. С. 73–74.
3. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Миронов А.В. Управление процессом электрокристаллизации цинка с применением органических соединений // Электрохимия, гальванотехника и обработка поверхности: тез. докл. междунар. конф. М., 2001. С. 148.
4. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Миронов А.В. Экологически безопасная технология цинкования // Современные технологии и научно-технический прогресс: тез. докл. Ангарск: АГТА, 2002. С. 83–84.
5. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Ковалюк Е.Н., Миронов А.В. Разработка экологически безопасных процессов цинкования с использованием азотсодержащих ПАВ // Человек. Среда. Вселенная: тез. докл. Иркутск, 1997. С. 5–7.
6. Баранов А.Н. Экологические аспекты добычи и использования цветных металлов на примере цинка // Вестник ИргТУ. 2001. № 10. С. 198–208.
7. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Миронов А.В. Получение новых азотсодержащих блескообразователей для цинкования из щелочных электролитов // Современные технологии и научно-технический прогресс: сб. науч. тр. Ангарск: АГТА, 2003. С. 160–171.
8. Баранов А.Н., Михайлов Б.Н., Миронов А.В. Экологически безопасная технология цинкования с применением новых блескообразователей // Обогащение руд: сб. науч. тр. Иркутск, 2002. С. 162–164.
9. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство / под ред. Кудрявцева В.Н. М.: Глобус, 2002. 352 с.
10. Михайлов Б.Н. Баранов, А.Н., Миронов А.В. Разработка новых электролитов цинкования // Современные технологии и научно-технический прогресс: тез. докл. Ангарск, 1997. С. 54.

11. Михайлов Б.Н., Баранов А.Н., Пашкевич Е.Л. Разработка новых экологически безопасных электролитов цинкования // Логические проблемы коррозии. Иркутск, 1994. С. 21–22.
12. Михайлов Б.Н. Гальванотехника. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. 284 с.
13. Михайлов Б.Н., Зорина С.В., Матюхина С.В., Мукашева Н.А. Новые электролиты цинкования // Современные технологии и научно-технический прогресс: тез. докл. Ангарск, 1993. С. 11.
14. Михайлов Б.Н. Пути обеспечения экологической чистоты гальванических производств // Современные технологии и научно-технический прогресс: тез. докл. Ангарск, 1997. С. 52–53.
15. Михайлов Б.Н. Эколого-технологические проблемы металлургических и химических производств Прибайкалья // Проблемы Земной цивилизации. Иркутск: «ASPrint». 2003. № 7. С. 135–143.
16. Михайлов Б.Н. Эколого-технологические проблемы технической электрохимии: учеб. пособие. Иркутск: ИрГТУ, 2010. 268 с.
17. Михайлов Б.Н., Баранов А.Н., Сосновская, Н.Г., Миرون А.В., Пугачев А.В. Разработка цинкатных электролитов цинкования с новыми добавками – блескообразователями // Современные технологии и научно-технический прогресс: тез. докл. Ангарск, 1996. С. 22.
18. Михайлов Б.Н., Баранов А.Н., Тимофеева С.С., Половнева С.И. Пути уменьшения загрязняющих сбросов гальванических производств в Байкальском регионе // Промышленная экология и рациональное природопользование в Прибайкалье: мат-лы междунаrod. конф, Иркутск, 1995. С. 7–9.
19. Михайлов Б.Н., Баранов А.Н., Тимофеева С.С., Половнева С.И. Экологические проблемы гальванических производств в Байкальском регионе и пути их решения // Гальванотехника и обработка поверхности. 1996. № 1. Т. 4. С. 40–45.
20. Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В. Исследование процесса хромирования // Вестник ИрГТУ. 2011. № 12 (59). С. 203–206.
21. Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В. Исследование процесса хромирования из электролита с добавкой ионов алюминия // Вестник ИрГТУ. 2013. № 12 (83). С. 223–230.
22. Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В. Исследование процесса хромирования из электролита с добавкой ионов олова // Вестник ИрГТУ. 2014. № 3 (86). С. 145–151.
23. Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В. Исследование процесса хромирования с добавками ионов металлов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 120–126.
24. Михайлов Б.Н., Михайлов Р.В. Экологические и ресурсосберегающие аспекты хромирования // Вестник ИрГТУ. 2013. № 10 (81). С. 225–228.
25. Baranov A.N., Mikhailov D.N., Mironov A.V. Control of zink electrocrystallization process by means of organic compounds: Internation conference and Exhibition «Elektrochemistry and surface technology». Moscow, 2001. P. 148.



УДК 621.317.335

ОТКРЫТЫЙ ДВУХЗЕРКАЛЬНЫЙ РЕЗОНАТОР СО СМЕЩЕННЫМ ОБРАЗЦОМ

© В.Н. Егоров¹, Нонг Куок Куанг²^{1,2}Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.¹Восточно-Сибирский филиал Всероссийского научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений,
664056, Россия, г. Иркутск, ул. Бородина, 57.

Исследуются характеристики открытого двухзеркального резонатора с вогнутыми сферическими зеркалами и плоскопараллельным диэлектрическим образцом, смещенным от плоскости симметрии. Представлена модель открытого двухзеркального резонатора как системы двух открытых полусферических резонаторов различной длины с образцами различной толщины при одной резонансной частоте. Исследованы смещения «магнитной» и «электрической» плоских стенок полусферического резонатора в образце при смещении исследованного образца.

Ключевые слова: открытый двухзеркальный резонатор; миллиметровый диапазон длин волн; магнитная стенка; электрическая стенка; резонатор со смещенным образцом.

OPEN TWO-MIRROR RESONATOR WITH A DISPLACED SPECIMEN

V.N. Egorov, Nong Quoc Quang

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

East Siberian Branch of All-Russian Research Institute of Physico-Technical and Radiotechnical Measurement,

57 Borodin St., Irkutsk, 664056, Russia.

The paper studies the characteristics of an open two-concave-mirror resonator and a plane parallel dielectric specimen displaced from the symmetry plane. It introduces the model of an open two-mirror resonator as a system of two open different length hemispherical resonators with the specimen of different thickness at a single resonant frequency. Displacements of "magnetic" and "electric" plane walls of the hemispherical resonator in the specimen are studied under the displacement of the investigated specimen.

Keywords: open two-mirror resonator; millimeter waves; magnetic wall; electric wall; resonator with an offset model

Введение. Наиболее точные измерения диэлектрических параметров в миллиметровом диапазоне электромагнитных волн выполняются в открытом резонаторе с вогнутыми сферическими зеркалами. В [1–3] предполагается симметричное расположение исследуемого образца между зеркалами на одинаковом расстоянии от них. В реальных экспериментах образец смещен от плоскости симметрии, и это смещение неизвестно. В работе предлагается модель открытого сферического резонатора со смещенным образцом на основе рассмотрения двух полусферических резонаторов различной длины с одинаковой резонансной частотой, равной частоте исходного сферического резонатора со смещенным образцом.

1. Открытый сферический резонатор как система двух полусферических резонаторов. Теория открытого резонатора со сферическими зеркалами и симметрично расположенным плоскопараллельным исследуемым диэлектрическим образцом описана в [4, 5]. На практике очень трудно совместить среднюю

по толщине образца плоскость с плоскостью симметрии резонатора, и в реальных ситуациях образец оказывается смещенным от средней плоскости (симметрии) резонатора $z = 0$ на неизвестную величину Δ (рис. 1, а). Его перемещения вблизи этой плоскости приводят к сдвигам резонансной частоты. Измеренное значение диэлектрической проницаемости ε образца будет также зависеть от положения образца относительно средней плоскости резонатора. Необходимо отметить, что, в силу симметрии самого резонатора, симметричное расположение образца должно давать экстремальное значение резонансной частоты, т.к. смещения в обе стороны от средней плоскости резонатора неразличимы. Поле стоячей волны имеет в средней части резонатора почти периодический характер по оси z , поэтому при смещении образца максимумы и минимумы резонансной частоты должны чередоваться. Вид экстремума (максимум или минимум) резонансной частоты при симметричном положении образца заранее неизвестен. В коротковолно-

¹Егоров Виктор Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиоэлектроники и телекоммуникационных систем, зам. директора по научной работе Восточно-Сибирского филиала Всероссийского НИИ физико-технических и радиотехнических измерений, тел.: (3952) 468020, e-mail: egorov@niiiftri.irk.ru.

Egorov Viktor, Doctor of Physics and Mathematics, Professor of the Department of Radio Electronics and Telecommunication Systems, Deputy Director for Research of the East-Siberian branch of All Russia Research Institute of Physico-Technical and Radio Engineering Measurements, tel.: (3952) 468020, e-mail: egorov@niiiftri.irk.ru.

²Нонг Куок Куанг, аспирант, тел.: 79246029395, e-mail: nquocquang5@gmail.com

Nong Quoc Quang, Postgraduate, tel.: 79246029395, e-mail: nquocquang5@gmail.com



вой части миллиметрового диапазона это может приводить к ошибочной настройке положения образца на противоположный экстремум резонансной частоты вблизи плоскости симметрии. Опыт показывает, что настройка симметричного положения образца по экстремуму резонансной частоты на одном колебании не гарантирует экстремальных значений резонансной частоты на других колебаниях, т.е. геометрическая плоскость симметрии резонатора может не совпадать с плоскостью симметрии поля, в частности, из-за возбуждающей делительной пленки в одной половине резонатора. Поэтому возможность расчета спектра резонатора со смещенным образцом представляется актуальной.

В резонаторе с симметричным расположением образца колебания можно разделить на четные (с четной зависимостью электрического поля $E(z)$) и нечетные (с нечетной зависимостью $E(z)$) относительно средней плоскости $z = 0$. В случае смещенного образца такого разделения строго провести уже нельзя. Сферический резонатор длиной $2L$ со смещением Δ образца толщиной $2t$ относительно плос-

кости симметрии $z = 0$ (рис. 1, а) представим в виде двух полусферических резонаторов, состоящих из сферического и плоского зеркал, с разной длиной L^- , L^+ и толщиной образцов t^- , t^+ , но с одной и той же резонансной частотой (рис. 1, б). На поверхности плоского (виртуального) зеркала полусферических резонаторов выполняются граничные условия «электрической стенки» ($E = 0$) или «магнитной стенки» ($H = 0$).

Плоское зеркало является «электрической стенкой» и находится вблизи плоскости симметрии сферического резонатора, в плоскости, где $E = 0$ для колебаний с нечетной зависимостью $E(z)$ (четной $H(z)$). Длина первого резонатора определяется как $L^- = L_t^- + t^-$, где $L_t^- = L - t - \Delta$ – расстояние от сферического зеркала до поверхности образца; t^- – расстояние (неизвестное) от поверхности образца до ближайшей к плоскости симметрии «электрической стенки» в образце; t – полутолщина образца; Δ – смещение образца от плоскости симметрии. Длина

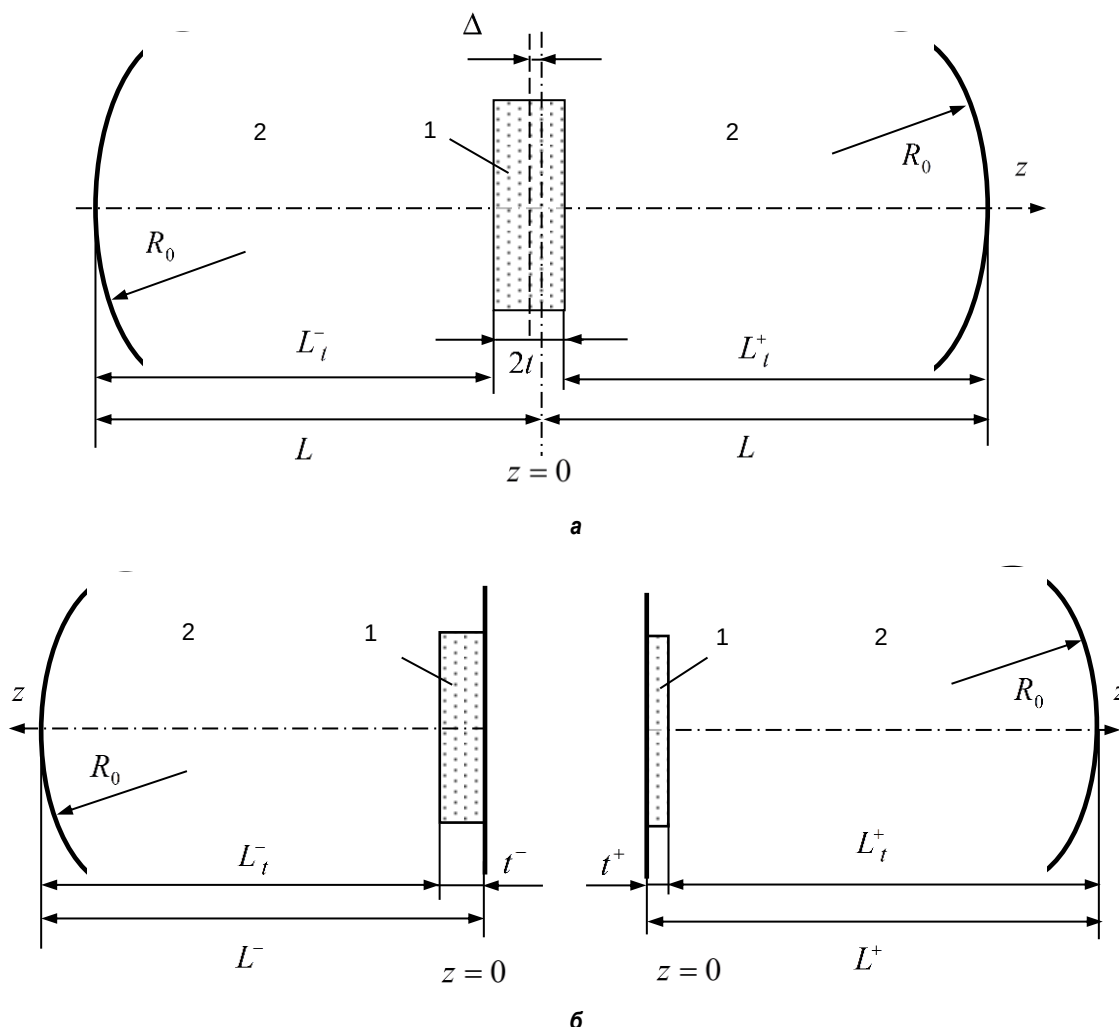


Рис. 1. Резонатор со смещенным образцом (а) и его представление в виде двух полусферических резонаторов (б) (1 – образец, 2 – среда в резонаторе)



второго резонатора $L^+ = 2L - L^- = L_t^+ + t^+$, где $L_t^+ = L - t + \Delta$. Система уравнений нечетных колебаний для полусферических резонаторов будет иметь вид:

$$Z \cdot \operatorname{tg} \Psi^- + \operatorname{tg} \Theta^- = 0, \quad Z \cdot \operatorname{tg} \Psi^+ + \operatorname{tg} \Theta^+ = 0, \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} \Psi^\pm &= k_2 t^\pm \sqrt{\varepsilon \mu} - \Phi_t^\pm, \\ \Theta^\pm &= k_2 L_t^\pm - \Phi_L^\pm, \quad Z = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}, \\ \Phi_t^\pm &= \operatorname{arctg} \left(\frac{t^\pm}{\sqrt{\varepsilon \mu} \rho^\pm} \right), \\ \Phi_L^\pm &= \operatorname{arctg} \left\{ \frac{1}{\rho^\pm} \left(L_t^\pm + \frac{t^\pm}{\varepsilon \mu} \right) \right\} - \operatorname{arctg} \left(\frac{t^\pm}{\varepsilon \mu \rho^\pm} \right), \\ \rho^\pm &= \left\{ \left(L_t^\pm + \frac{t^\pm}{\varepsilon \mu} \right) \left[R_0 - \left(L_t^\pm + \frac{t^\pm}{\varepsilon \mu} \right) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}, \\ k_2 &= \omega \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon_2}, \quad \omega = 2\pi f_\varepsilon, \end{aligned}$$

ε, μ – диэлектрическая и магнитная проницаемости образца относительно среды в резонаторе; ε_0, μ_0 – диэлектрическая и магнитная постоянные вакуума; f_ε – резонансная частота резонатора с образцом; R_0 – радиус кривизны зеркал.

Для колебаний с четной функцией $E(z)$ (нечетной $H(z)$) плоское зеркало полусферического резонатора будет «магнитной стенкой» вблизи плоскости симметрии в образце, где $H = 0$. Система уравнений при этом имеет вид:

$$Z \cdot \operatorname{ctg} \Psi^- - \operatorname{tg} \Theta^- = 0, \quad Z \cdot \operatorname{ctg} \Psi^+ - \operatorname{tg} \Theta^+ = 0. \quad (2)$$

При смещении образца от плоскости симметрии на Δ , плоскости «электрической стенки» нечетных (s) и «магнитной стенки» четных (c) колебаний в образце сместятся на расстояния $d_{s,c} = t^- - t = -(t^+ - t)$. Эти расстояния не равны

смещению образца $d_{s,c} \neq \Delta$ и в общем случае не равны между собой $d_s \neq d_c$. Резонансные частоты полусферических резонаторов (рис. 1, б) одинаковы и равны частоте сферического резонатора со смещенным образцом. Решения систем (1) или (2) при разных Δ и известных ε, μ образца дают резонансную частоту колебаний с нечетной или четной зависимостью $E(z)$ (в исходном резонаторе) и смещения $d_{s,c}$ «электрической» или «магнитной» стенок от смещения образца.

2. Зависимость смещения резонансных частот от смещения образца. Системы уравнений (1) для нечетных и (2) четных колебаний исследовались численно на примере реального резонатора с расстоянием между зеркалами $2L = 279$ мм и радиусом кривизны зеркал $R_0 = 150$ мм в диапазоне частот 34–39 ГГц, в котором проводилась экспериментальная проверка полученных зависимостей. Резонатор содержал образец фторопласта диаметром 80 мм, толщиной $2t = 3.015$ мм с $\varepsilon = 2.06$, $\mu = 1$. Перемещением образца вблизи плоскости симметрии резонатор настраивался на экстремум резонансной частоты колебания. Микрометрическим механизмом образец смещался с шагом $\Delta = 0.2$ мм до противоположного экстремума, и измерялось значение резонансной частоты при каждом положении образца. На рис. 2–5 приведены расчетные значения относительных смещений d_s/λ_0 «электрической» и d_c/λ_0 «магнитной» стенок от плоскости симметрии резонатора $z = 0$, расчетные и экспериментальные значения относительных смещений резонансной частоты $\delta f = (f_{\varepsilon \Delta} - f_{\varepsilon 0})/f_{\varepsilon 0}$ от смещения образца Δ/λ_0 относительно плоскости $z = 0$ для толщин образца меньше и больше полуволновой. Здесь $\lambda_0 = 2\pi/k_2$ – длина волны в пустой части резонатора на резонансной частоте $f_{\varepsilon 0}$ симметричного резонатора с образцом; $f_{\varepsilon \Delta}$ – резонансная частота при смещении образца.

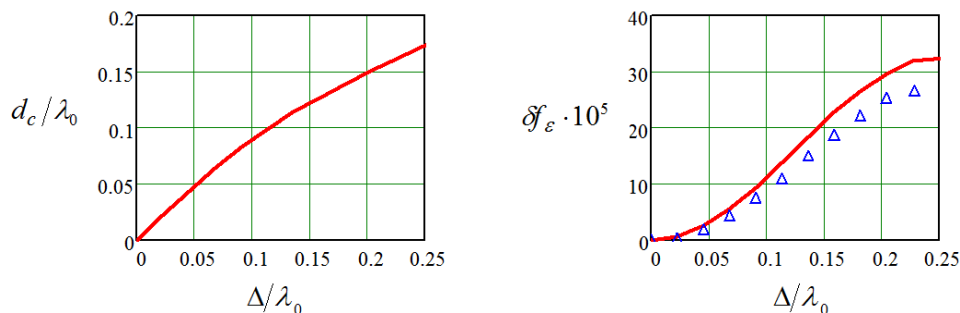


Рис. 2. Относительные смещения d_c/λ_0 «магнитной» стенки резонатора и резонансной частоты $\delta f_\varepsilon \cdot 10^5$ при смещении Δ/λ_0 образца фторопласта с толщиной менее полуволновой ($2t < \lambda_\varepsilon/2$, четное колебание)

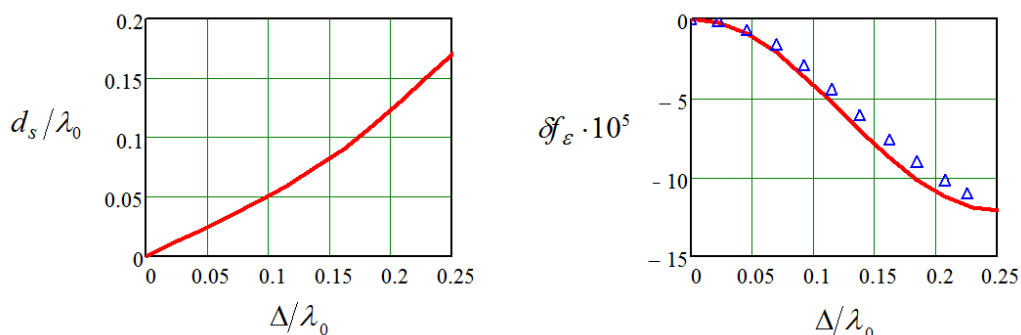
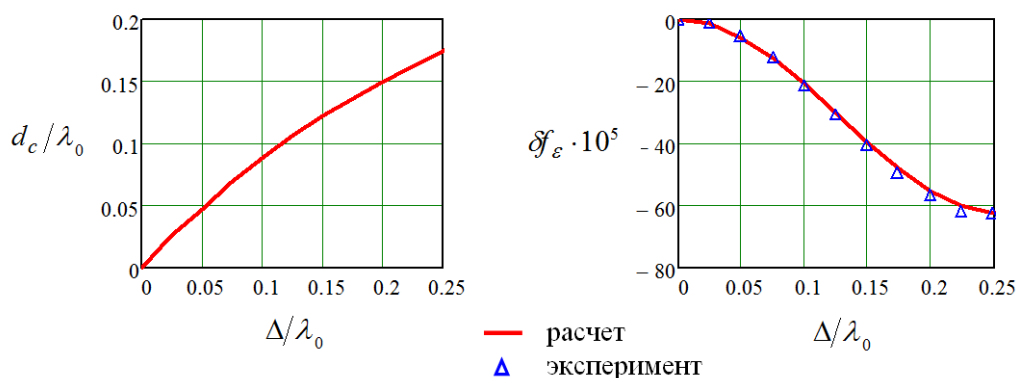
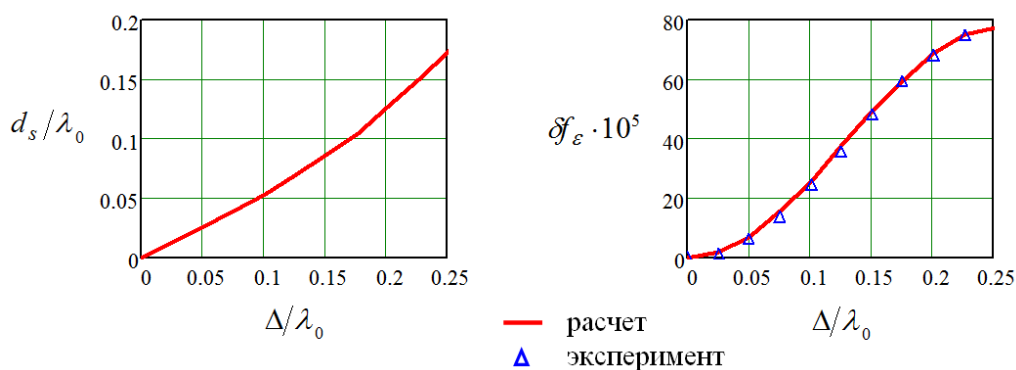


Рис. 3. Относительные смещения d_s/λ_0 «электрической» стенки резонатора и резонансной частоты $\delta f_\varepsilon \cdot 10^5$ при смещении Δ/λ образца фторопласта с толщиной менее полуволновой ($2t < \lambda_\varepsilon/2$, нечетное колебание)



— расчет
▲ эксперимент

Рис. 4. Относительные смещения d_c/λ_0 «магнитной стенки» резонатора и резонансной частоты $\delta f_\varepsilon \cdot 10^5$ при смещении Δ/λ_0 образца фторопласта с толщиной больше полуволновой ($2t > \lambda_\varepsilon/2$, четное колебание)



— расчет
▲ эксперимент

Рис. 5. Относительные смещения d_s/λ_0 «электрической» резонатора и резонансной частоты $\delta f_\varepsilon \cdot 10^5$ при относительном смещении Δ/λ_0 образца фторопласта с толщиной больше полуволновой ($2t > \lambda_\varepsilon/2$, нечетное колебание)

Из графиков рис. 2–5 видно хорошее совпадение расчетного и экспериментального смещений резонансной частоты. Смещение d_c/λ_0 «магнитной стенки» четного колебания при малых смещениях образца от средней плоскости резонатора Δ/λ_0 практически равно этому смещению. Смещение d_s/λ_0 «электрической стенки» нечетного колебания при малых смещениях образца от средней плоскости резонатора

Δ/λ_0 равно примерно половине этого смещения. Из графиков видно, что резонансная частота при симметричном расположении измеряемого образца ($\Delta = 0$) принимает экстремальное значение. Критерием симметричного расположения образца в резонаторе, таким образом, может служить экстремальное значение резонансной частоты при смещении образца вблизи плоскости симметрии, что требует механизма точного перемещения образца. Вид экстремума зависит от



четности/нечетности колебания и электрической толщины образца. При толщине, кратной целому числу полуволн, и узлах электрического поля на поверхностях диэлектрического образца относительный запас электрической энергии в образце $K_{1E} = W_{1E}/W_{\Sigma}$ принимает минимальное значение, что соответствует максимуму резонансной частоты при симметричном положении образца. Здесь W_{1E} – электрическая энергия в образце, W_{Σ} – полная энергия резонатора. При пучностях электрического поля на поверхностях образца K_{1E} принимает максимальное значение, что соответствует минимуму резонансной частоты при симметричном положении образца. Системы (1), (2) позволяют проводить измерения параметров смещенного образца, при этом неизвестными величинами являются диэлектрическая проницаемость ε и смещение образца Δ или стенок $d_{C,S}$. Для их нахождения

необходимо не менее двух уравнений, т.е. измерений на двух и более резонансных частотах.

Заключение. Представление резонатора со сферическими зеркалами и смещенным от плоскости симметрии образцом как двух полусферических резонаторов различной длины с плоской «электрической» или «магнитной» стенками и одинаковой резонансной частотой позволяет рассчитать смещение резонансных частот при смещении образца от плоскости симметрии. Вид экстремума в зависимости резонансной частоты от смещения образца относительно центра резонатора в общем случае зависит от четности/нечетности колебания и электрической толщины образца. Направление изменения резонансной частоты колебания при смещении диэлектрического образца от центра противоположно направлению изменения относительной доли электрической энергии в образце.

Статья поступила 11.11.2014 г.

Библиографический список

1. Yu P.K., Cullen A.L. Measurement of permittivity by means of an open resonator. 1. Theoretical // Proc. Roy. Soc. Lond.: 1982. V. A. P. 49–71.
2. Toraldo Di Francia G., Checcacci P.F., Scheggi A.M. Research on open resonators. Part I: Theory of Flat roof Resonators. Part II: experimental Tests of Microwave Models of Optical Resonators // Defense technical Information Center, Florence Univ., Italy. 1965.
3. Jones R.G. «Precise dielectric measurements at 35 GHz using an open microwave resonator» // Proc. Inst. Elec. Eng. 1976. Vol. 123. P. 285–290.
4. Егоров В.Н. Резонансные методы исследования диэлектриков на СВЧ // ПТЭ. 2007. № 2. С. 5–38.
5. Нонг Куок Куанг. Измерение свойств диэлектриков в открытом резонаторе на частотах от 95 до 176 ГГц // Вестник ИрГТУ. 2013. № 3. С. 95–99.

УДК 621.39

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ДЕКОДИРОВАНИЯ СТАНДАРТА РАДИОСВЯЗИ MIL-STD-188-141B

© О.В. Кузьмин¹, А.А. Тимошенко²

Иркутский государственный университет,
664003, Россия, г. Иркутск, б. Гагарина, 20.

Рассмотрена система автоматической установки связи «ALE» (Automatic Link Establishment), которая лежит в основе стандарта радиосвязи MIL-STD-188-141B. Основное назначение системы – организация сетей передачи данных в КВ-диапазоне, основанной на использовании низкоскоростных цифровых модемов. Описан протокол организации системы связи и передачи данных. Проанализированы временные параметры работы алгоритмов декодирования помехоустойчивого кода Голея. Авторами предложен более эффективный по характеристикам алгоритм, устраняющий временные задержки и позволяющий работать в режиме реального времени.

Ключевые слова: стандарт радиосвязи; протокол организации системы связи; коротковолновый диапазон; алгоритм декодирования; помехоустойчивый код Голея.

ANALYSIS OF DECODING ALGORITHMS OF MIL-STD-188-141B RADIO COMMUNICATION STANDARD

O.V. Kuzmin, A.A. Timoshenko

Irkutsk State University,
20 Gagarin Blvd., Irkutsk, 664003, Russia.

The paper deals with the system of automatic communication installation of «ALE» (Automatic Link Establishment), which is the cornerstone of MIL-STD-188-141B radio communication standard. The system is mainly designed for the organization of networks of data transmission in HF band based on the use of low-speed digital modems. The protocol of communication system organization and data transmission is described. Temporary operation parameters of noise-

¹Кузьмин Олег Викторович, доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой теории вероятностей и дискретной математики, тел.: (3952) 242214, e-mail: quzminov@mail.ru

Kuzmin Oleg, Doctor of Physical and Mathematical sciences, Professor, Head of the Department of Probability Theory and Discrete Mathematics, tel.: (3952) 242214, e-mail: quzminov@mail.ru

²Тимошенко Антон Александрович, магистрант, тел.: (3952) 650946, e-mail: irkrodogosh@yandex.ru
Timoshenko Anton, Master's Degree Student, tel.: (3952) 650946, e-mail: irk-isu@yandex.ru



immune Golay code decoding algorithms are analyzed. The authors introduce a more efficient algorithm that eliminates time delays and enables real time operation.

Keywords: standard of radio communication; protocol of communication system organization; short-wave band; algorithm of decoding; noise-immune Golay code.

В настоящее время, в связи с многократно возросшими объемами передаваемой и сохраняемой информации, ужесточились требования к ее достоверности. Одним из самых перспективных методов решения этой проблемы является помехоустойчивое кодирование на основе корректирующих кодов. Сегодня коды, исправляющие ошибки, нашли применение во многих системах передачи и хранения информации. Самые известные из них – сотовая, спутниковая, радиосвязь в коротковолновом диапазоне и др. В системах с помехозащищенной обработкой информации используются наиболее простые и эффективные циклические корректирующие коды, которые, наряду с простотой кодирования и декодирования, отличаются достаточно большой корректирующей способностью [1–4].

Система автоматической установки связи «ALE» (Automatic Link Establishment), которая лежит в основе стандарта MIL-STD-188-141B, разработана для использования в полосе стандартной аппаратуры. Она

позволяет обеспечить устойчивую связь в условиях сложной помехоустойчивой обстановки, а также подключать созданные на ее основе локальные радиосети к сетям общего пользования.

Протокол организации связи и передачи данных. Для установки связи используется 8-позиционная радиопередача с частотно временным распределением сигнала (табл. 1). Одновременно передается одна частота, каждая соответствует коду из трех бит. Скорость передачи 375 бит/сек.

По протоколу организации, в системе связи «ALE», передаваемое слово содержит 24 информационных бита, старший бит слева. Структура слова содержит 4 части: 3-битовую преамбулу и три 7-битных символа (табл. 2).

Первые 3 бита из 24 определяют значения преамбулы P1–P3 (табл. 3). Преамбула используется для идентификации одного из восьми возможных форматов слова.

Таблица 1

Частотно временное распределение сигнала

Частота								
2500 Гц								—
2250 Гц							—	
2000 Гц						—		
1750 Гц					—			
1500 Гц				—				
1250 Гц			—					
1000 Гц		—						
750 Гц	—							
Биты данных (375 бит/сек)	1 0 0	1 0 1	1 1 1	1 1 0	0 1 0	0 1 1	0 0 1	0 0 0
Период излучения частоты (мил/сек)	8	8	8	8	8	8	8	8

Таблица 2

Структура слова

Стандартное слово «ALE» 24 бита											
Преамбула 3 бита		Символ 1 7 бит				Символ 2 7 бит				Символ 3 7 бит	
P1 P2 P3		C1 C1 C1 C1 C1 C1 C1 C2 C2						C2 C2 C2 C2 C2 C2		C3 C3 C3 C3 C3 C3 C3	
12 Бит Применяется кодер Голея						12 Бит Применяется кодер Голея					



Таблица 3

Типы слов и соответствующие им значения преамбул

Тип слова	Комбинация бит	Функция	Значение
THRU	0 0 1	Множественная и косвенная адресация	Адресат в групповом вызове.
To	0 1 0	Непосредственная адресация	Адресат для индивидуальных и сетевых вызовов.
COMMAND	1 1 0	Служебное слово	Для организации контроля, отслеживания статуса и выполнения специальных функций.
FROM	1 0 0	Идентификация	Идентифицирует текущий передатчик без прерывания сеанса.
THIS IS	1 0 1	Прерывание, идентификация и возобновление	Прерывает сеанс, идентифицирует текущий передатчик и возобновляет работу.
THIS WAS	0 1 1	Прерывание, идентификация и завершение	Прерывает сеанс, идентифицирует текущий передатчик и завершает работу.
DATA	0 0 0	Данные	Данные, определяемые предыдущим словом.
REPEAT	1 1 1	Дубликат и информация	Означает продолжение действия предыдущей преамбулы с новым полем данных или другой информацией.

Помехоустойчивое кодирование. Перед передачей в канал радиосвязи слово делится на две 12-битные части, к которым применяется помехоустойчивый код Голя [1]. Он определяет, как этим 12 битам сопоставить кодовое слово в 23 бита. Такое преобразование вносит избыточность в информацию, но зато позволяет восстановить исходное информационное слово, даже если в кодовое слово внести 3 ошибки. Предположим, имеется 12 бит полезной информации. Кодировем их кодом Голя и передаем в канал 23 бита. В канале возникли ошибки, и несколько (1, 2 или 3) бит передались неправильно. В итоге на приемной стороне имеем 23 бита с ошибками. Но, поскольку известно, что они закодированы кодом Голя, то можно точно восстановить 12 бит полезной информации, даже если 3 любых бита из 23 ошибочные. На рис. 1 представлена иллюстрация сказанного.

Метод кодирования. Данный метод основан на использовании производящей матрицы $G(x)$. Матрицу $G(x)$ можно представить двумя подматрицами: информационной – $E(x)$ и проверочной – $C(x)$. Информационная подматрица имеет k столбцов (т.е. матрица размером $k \times k$), а проверочная – n столбцов. Установлено, что в качестве информационной подматрицы удобно брать единичную матрицу. Количество информационных разрядов k кода Голя равно 12, следовательно, размерность информационной подматрицы

$E(x) = 2 \times 12$. Она имеет вид:

$$E_{12, 12} = \begin{pmatrix} 000000000001 \\ 000000000010 \\ 000000000100 \\ 000000001000 \\ 000000010000 \\ 000000100000 \\ 000001000000 \\ 000010000000 \\ 000100000000 \\ 001000000000 \\ 010000000000 \\ 100000000000 \end{pmatrix}$$

Для построения проверочной подматрицы $C(x)$ выбираем комбинацию из 23 бит, содержащую только одну единицу – 00000000000100000000000, и делим ее на образующий полином кода Голя: $g(x) = x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + 1$ (101011100011); получаем остаток $R(x)$, который в результате и есть строка проверочной подматрицы:



Рис. 1. Организация передачи данных



$$\begin{array}{r}
 0000000000010000000000 \\
 101011100011 \quad | \quad 1 \\
 \hline
 01011100011
 \end{array}$$

Аналогичным образом, сдвигая каждый раз единицу в следующий разряд информационной комбинации, получаем последующие строки проверочной подматрицы $C(x)$. Таким образом, проверочная подматрица имеет вид:

$$C_{11, 12} = \begin{pmatrix} 01011100011 \\ 10111000110 \\ 00101101111 \\ 01011011110 \\ 10110111100 \\ 00110011011 \\ 01100110110 \\ 11001101100 \\ 11000111011 \\ 11010010101 \\ 11111001001 \\ 10101110001 \end{pmatrix}$$

Полученная подматрица $C_{11, 12}$ приписывается справа к единичной подматрице $E_{12, 12}$, в результате чего получается производящая матрица:

$$G_{23, 12} = \begin{pmatrix} 010111000110000000000001 \\ 101110001100000000000010 \\ 00101101111000000000100 \\ 01011011110000000001000 \\ 10110111100000000010000 \\ 00110011011000000100000 \\ 01100110110000001000000 \\ 11001101100000010000000 \\ 11000111011000100000000 \\ 11010010101001000000000 \\ 11111001001010000000000 \\ 10101110001100000000000 \end{pmatrix}$$

В коде Голя процесс кодирования сводится к умножению информационных посылок, представленных в виде векторов $A_{12}(x)$, на соответствующую производящую матрицу:

$$B_{23}(x) = A_{12}(x) * G_{23, 12}.$$

Алгоритмы декодирования

Алгоритм 1

Шаг 1. Строим проверочную матрицу $H(x)$. На рис. 2 показано образование этой матрицы, которая производится путем замены строк производящей матрицы на столбцы.

В результате проверочная матрица имеет вид:

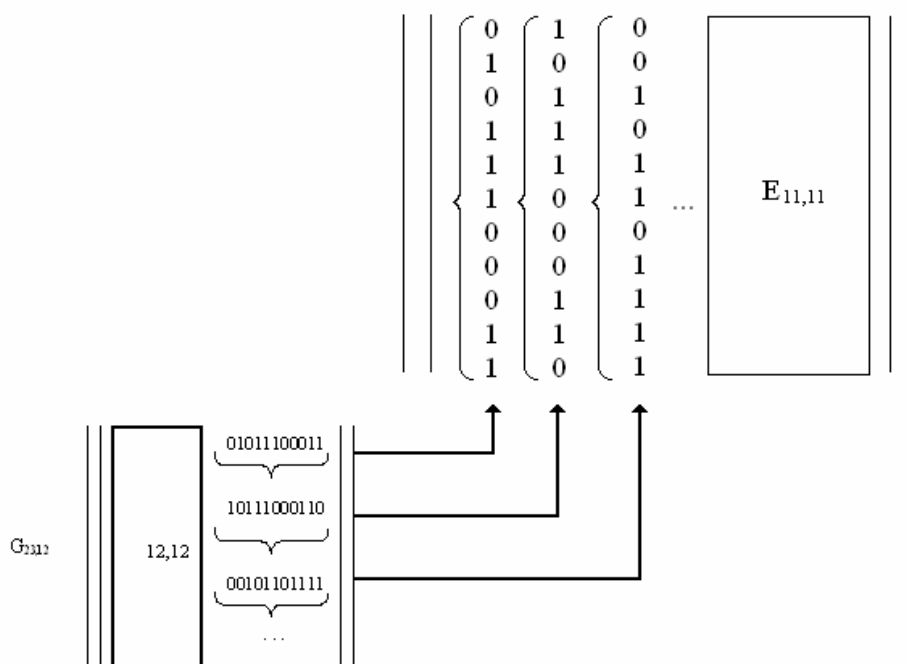


Рис. 2. Процесс образования проверочной матрицы $H_{n,r}$



$$H_{23,11} = \begin{pmatrix} 0100100111111000000000 \\ 1001001111100100000000 \\ 0110111000110010000000 \\ 1101110001100001000000 \\ 1111000100110000100000 \\ 1010101110010000010000 \\ 0001111011010000001000 \\ 0011110110100000000100 \\ 0111101101000000000010 \\ 11110110100000000000010 \\ 10100100111100000000001 \end{pmatrix}$$

Шаг 2. На стороне получателя сообщений, приняв возможно искаженную в канале, кодовую комбинацию $V'_{23}(x)$ умножаем, по модулю два, на проверочную матрицу $H(x)$.

Шаг 3. При умножении $V'_{23}(x)$ на $H_{23,11}$ у нас остается 11-битный остаток $R(x)$. Если в остатке все биты нулевые, то комбинация передана без ошибок. Если есть единичные биты, то ищем подобную комбинацию единичных бит в строках проверочной матрицы. Номер строки указывает на номер искаженного бита в принятой кодовой комбинации.

Шаг 4. В принятой кодовой комбинации исправляем искаженный бит.

Шаг 5. Завершение алгоритма.

Метод ловли ошибок. Прямой алгоритм декодирования по таблице соответствий, который лежит в основе рассмотренного выше стандарта радиосвязи MIL-STD-188-141B, – очень ресурсоемкий процесс и занимает много времени, поэтому рассмотрим алгоритм декодирования «методом ловли ошибок». Введем еще некоторые понятия [2]. Синдром – остаток от деления кодового слова на $g(x)$. Вес полинома – количество единичных бит. На рис. 3 представлена структура кодового слова, используемая в алгоритме 2 [3].

Алгоритм 2

Шаг 1. Делим кодовое слово на $g(x)$, т.е. находим синдром («нормальный»). Если вес синдрома равен нулю (т.е. $g(x)$ делит кодовое слово без остатка), это означает, что в кодовом слове нет ошибок. Если вес синдрома 1, 2 или 3, все (1, 2 или 3) ошибки содержатся в младших 11 битах кодового слова. Причем, единичные биты в синдроме соответствуют ошибочным битам в кодовом слове. При весе больше 3 переходим к шагу 2.

Шаг 2. Если в 18 бите ошибка, а остальные (0, 1 или 2) ошибки в младших 11 битах, то находим модифицированный синдром. Для этого складываем «нормальный» синдром с остатком от деления x^{17} на $g(x)$. Остаток заранее посчитан – это 11011001100 (старшие биты слева). Операция сложения эквивалентна побитовой операции хог (исключающей или). Если вес модифицированного синдрома равен 0, 1 или 2, – в 18 бите ошибка, а все остальные ошибки в младших 11 битах. Причем, единичные биты в модифицированном синдроме соответствуют ошибочным битам в кодовом слове. Если вес больше 3, то переходим к шагу 3.

Шаг 3. Если в 17 бите ошибка, а остальные (0, 1 или 2) ошибки в младших 11 битах, то находим модифицированный синдром. Складываем «нормальный» синдром с остатком от деления x^{16} на $g(x)$. Остаток от деления – 01101100110 (старшие биты слева). Если вес модифицированного синдрома равен 0, 1 или 2, – в 17 бите ошибка, а все остальные ошибки в младших 11 битах. Если вес больше 3, переходим к шагу 4.

Шаг 4. Делаем циклический сдвиг кодового слова в сторону младших разрядов и начинаем с 1 шага.

Шаг 5. Если на очередном этапе ошибки найдены, исправляем искаженные биты, кодовое слово циклически сдвигаем в обратную сторону на соответствующее количество бит.

Шаг 6. Завершение алгоритма.

Пример декодирования

Пусть 10010011100111110001101 – кодовое слово с ошибкой (23 бита);

$g(x) = x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + 1$ (110001110101) – образующий полином.

Шаг 1.

Найдем синдром:

Делим 10010011100111110001101 на 110001110101 10010011100111110001101 частное (столбец ниже)

$$\begin{array}{r} +110001110101 \\ = 0101010011001 \quad 000000000001 \\ +110001110101 \\ = 0110111011001 \quad 000000000011 \\ +110001110101 \\ = 0001101011001 \quad 000000000111 \\ \quad 0011010110011 \quad 000000001110 \\ \quad 0110101100110 \quad 000000011100 \\ +110001110101 \\ = 0001000100110 \quad 000000111001 \\ \quad 0010001001100 \quad 000001110010 \\ 0100010011001 \quad 000011100100 \\ +110001110101 \\ = 0100111011001 \quad 000111001001 \\ +110001110101 \\ = 0101101011000 \quad 001110010011 \\ +110001110101 \\ = 0111001011011 \quad 011100100111 \\ +110001110101 \\ = 001000101110 \quad 111001001111 \end{array}$$

Степень x	x^{22}	x^{21}	x^{20}	x^{19}	x^{18}	x^{17}	x^{16}	x^{15}	x^{14}	x^{13}	x^{12}	x^{11}	x^{10}	x^9	x^8	x^7	x^6	x^5	x^4	x^3	x^2	x^1	x^0
Номер бита	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1



Рис. 3. Структура кодового слова



01000101110 – синдром – остаток от деления.

Шаг 2.

01000101110 – синдром

+ 11011001100 – остаток от деления x^{17} на $g(x)$

= 10011100010 – синдром-17.

Шаг 3.

01000101110 – синдром

+ 01101100110 – остаток от деления x^{16} на $g(x)$

= 00101001000 – синдром-16,

итого:

синдром	вес
001000101110	5 синдром
000101001000	3 синдром-16
010011100010	5 синдром-17.

Шаг 4.

Ошибки не найдены, выполняем сдвиг.

10010011100111110001101 – старое кодовое слово,

11001001110011111000110 – новое кодовое слово,

полученное циклическим сдвигом.

Шаг 1.

01000101110 – старый синдром,

00100010111 – новый синдром.

Шаг 2.

00100010111 – синдром

+ 01101100110 – остаток от деления x^{16} на $g(x)$

= 01001110001 – синдром-16.

Шаг 3.

00100010111 – синдром

+ 11011001100 – остаток от деления x^{17} на $g(x)$

= 11111011011 – синдром-17,

итого:

синдром	вес
000100010111	5 синдром
001001110001	5 синдром-16
011111011011	9 синдром-17.

Шаг 4.

Ошибки не найдены, выполняем следующий сдвиг, и так далее, пока вес синдрома не будет менее 3.

На 6-циклическом сдвиге получаем: вес синдрома-16 меньше либо равен 2, следовательно, в 17 разряде (x^{16}) ошибка, а остальные ошибки в младших 11 разрядах.

Шаг 5.

Исправляем ошибки:

01101100100111001111100 – кодовое слово

+ 10000000100 синдром-16

= 000000100000000000000000 – ошибка в 17 разряде

= 01101110100101001111000 – кодовое слово без ошибок.

Для получения исходного кодового слова выполняем обратный циклический сдвиг.

Шаг 6.

11010010100111100001101 – результат декодирования – кодовое слово без ошибок.

Время выполнения алгоритмов. Для тестирования и определения времени выполнения рассмотренных алгоритмов декодирования была написана специальная программа. Она определяет системное время вначале, а затем и после выполнения кода. По результатам определения времени вычисляется время выполнения алгоритма. Для более точной оценки быстродействия код выполняется несколько сотен раз, затем определяется среднее значение. *Проанализировав результаты программы, мы пришли к выводу, что алгоритм 2 является на порядок эффективней по скорости выполнения алгоритма 1, а достоверность остается на прежнем уровне. Таким образом, предложенный алгоритм справляется с поставленной задачей: обработкой полученной информации в режиме реального времени.*

Статья поступила 30.01.2015 г.

Библиографический список

1. Никитин Г.И. Помехоустойчивые циклические коды: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2003. 15 с.
2. Кузьмин О.В., Дружинин В.И. Коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема в системах обнаружения и исправления ошибок при передаче данных // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 3 (39). С. 23–29.

3. Джурраев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Умирзаков Б.М., Хамраев Э.А. Помехоустойчивые коды в телекоммуникационных системах: учеб. пособие. Ташкент: Изд-во ТУИТ, 2008. 44 с.
4. Johnson E., Kenney T., Chamberlain M. and others. U.S. MIL-STD-188-141B Appendix C–A: Unified 3rd Generation HF Messaging Protocol: Harris Corporation, RF Communications Division, 1998. 78 p.



УДК 63-83-52:519.768.2

АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

© М.П. Дунаев¹, А.М. Дунаев²Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены основные логические алгоритмы технического диагностирования для наладки преобразователя частоты. Описаны два новых логических алгоритма диагностирования для наладки преобразователя частоты и построены их графы. Определена структура базы знаний диагностического экспертного комплекса для наладки преобразователей частоты.

Ключевые слова: диагностика; алгоритм; наладка; преобразователь частоты.

FREQUENCY CONVERTER DIAGNOSTIC ALGORITHMS

M.P. Dunaev, A.M. Dunaev

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Having discussed basic logical algorithms of technical diagnosis for frequency converter debugging, the paper describes two new logical diagnostic algorithms used for this purpose. The graphs of technical diagnostic algorithms for frequency converter debugging are built and the knowledge base structure of the diagnostic expert complex for frequency converter debugging is determined.

Keywords: diagnosis; algorithm; debugging; frequency converter.

Введение. Эффективность наладки преобразователей частоты (ПЧ) во многом зависит от качества методов диагностирования. Существующие алгоритмы диагностирования [1, 2], на которых основаны методы половинного деления в известных модификациях, а также времявероятностный метод, не являются оптимальными. Эффективность их применения в значительной степени зависит от разных факторов. Вследствие этого представляется важным модифицирование известных алгоритмов диагностирования, позволяющих повысить эффективность наладки ПЧ.

Алгоритмы диагностирования. Рассмотрим новые алгоритмы диагностирования на примере преобразователя частоты.

Функциональная схема ПЧ представлена на рис.1, где обозначено: ВА – вводной автоматический выключатель; ВФ – входной фильтр; НВ – неуправляемый выпрямитель; СФ – сглаживающий фильтр; АИ – автономный инвертор; Н – нагрузка преобразователя; БП – блок питания системы управления; СУ – система управления; ПУ – панель управления; ~U_с – напряжение питающей сети переменного тока; U_{вх} – входное напряжение силовой схемы преобразователя; U_{вых} – выходное напряжение преобразователя; U_{бп} – выходное напряжение блока питания; U_у – сигнал задания выходной частоты.

На рис. 2 показана логическая модель ПЧ, построенная по функциональной схеме рис. 1 в соответствии с принятыми допущениями [1]. Входные и выходные сигналы ПЧ представлены вершинами с символами X_i и Z_i, где i – индекс элемента логической модели, на

вход (с выхода) которого поступают (выходят) сигналы. Элементы ПЧ представлены вершинами с индексами i, соответствующими номерам элементов на схеме рис. 1.

Входные внешние сигналы X₁, X₂ соответствуют сигналам U_с, U_у на рис. 1. Внешний выходной сигнал Z₆ (рис. 2) соответствует выходному сигналу I_н (см. рис. 1).

Представим модель ПЧ (рис. 2) в виде системы логических уравнений:

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= e_1 \wedge X_1 \\ Z_2 &= e_2 \wedge Z_1 \\ Z_3 &= e_3 \wedge Z_2 \\ Z_4 &= e_4 \wedge Z_3 \\ Z_5 &= e_5 \wedge Z_4 \wedge Z_8 \\ Z_6 &= e_6 \wedge Z_5 \\ Z_7 &= e_7 \wedge Z_1 \\ Z_8 &= e_8 \wedge Z_7 \wedge Z_9 \\ Z_9 &= e_9 \wedge Z_7 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где e_i – характеризует внутреннее состояние i-го функционального блока (e_i = 0 – неисправен, e_i = 1 – исправен).

Средние затраты диагностирования для определения одного технического состояния объекта диагностирования (ОД), обозначенные как C(Z₀, E_T), могут быть найдены по выражению

¹Дунаев Михаил Павлович, доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и электрического транспорта, тел.: (3952) 405128, e-mail: mdunaev10@mail.ru

Dunaev Mikhail, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Electric Drive and Electric Transport, тел.: (3952) 405128, e-mail: mdunaev10@mail.ru

²Дунаев Андрей Михайлович, студент, тел.: (3952) 405128, e-mail: mdunaev10@mail.ru
Dunaev Andrei, Student, тел.: (3952) 405128, e-mail: mdunaev10@mail.ru

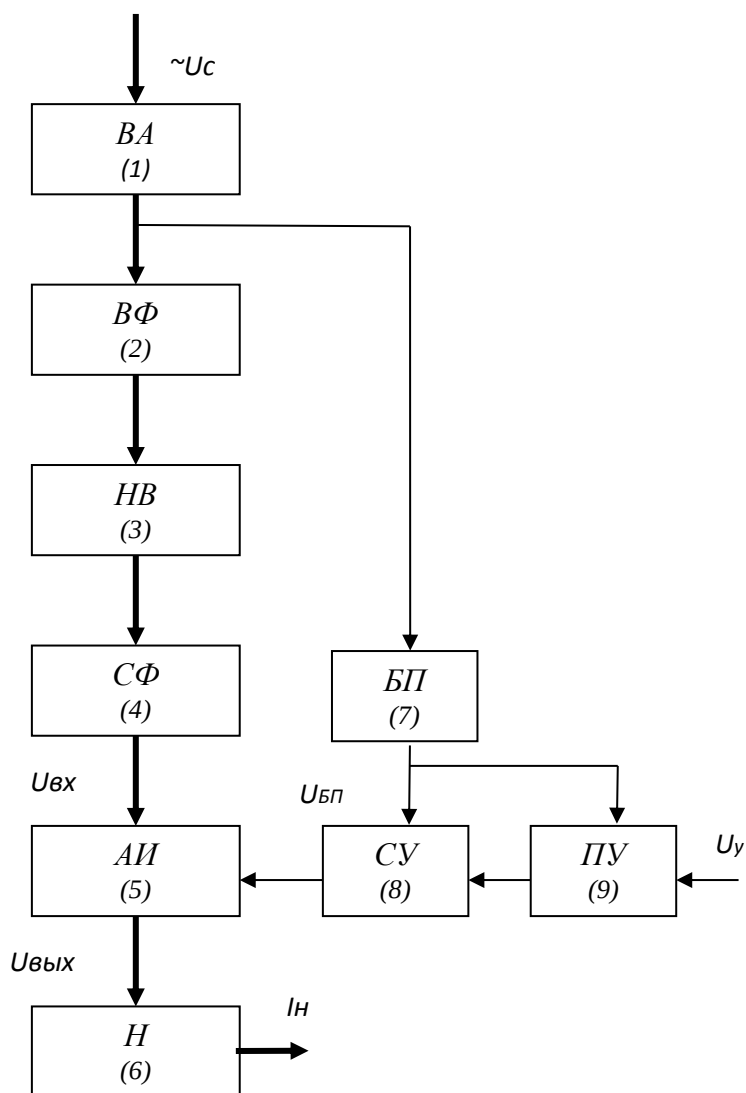


Рис. 1. Функциональная схема ПЧ

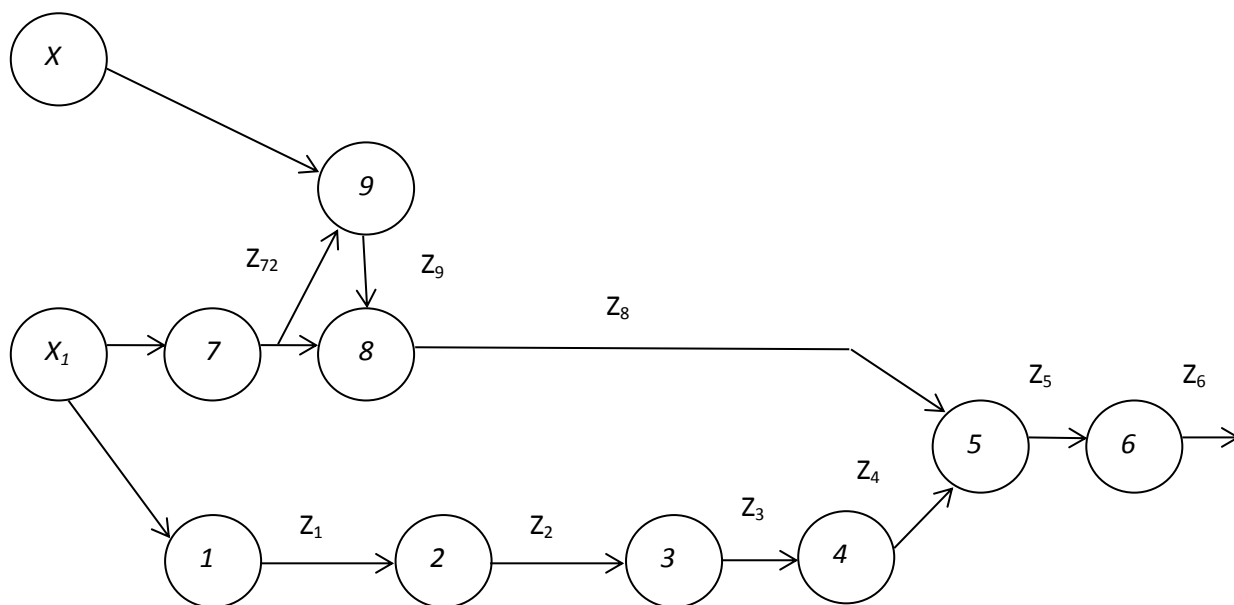


Рис. 2. Логическая модель ПЧ

$$C(Z_0, E_T) = \sum_{i=1}^N [p(e_i) \sum_{Z_0}^{Z_i} t(e_k)], \quad (2)$$

где Z_0 – первая проверка алгоритма диагностирования; $p(e_i)$ – вес i -го технического состояния среди других технических состояний; $t(e_i)$ – время проверки i -го блока; e_i – техническое состояние i -го функционального блока; E_T – множество технических состояний

объекта диагностирования; $e_i \in E_T$; $\sum_{Z_0}^{Z_i} t(e_k)$ –

сумма времен проверок алгоритма диагностирования от проверки Z_0 до проверки Z_i .

Выражение (2) позволяет определить качество любого алгоритма диагностирования при различных временах элементарных проверок и весах технических состояний ОД и может быть использовано как целевая функция оптимизации алгоритмов диагностирования.

Рассмотрим новый алгоритм диагностирования по критериям минимума времени первой проверки t_1 и с учетом неравных вероятностей технических состояний (МР-алгоритм) на примере поиска неисправностей в схеме ПЧ (рис. 1). Этот алгоритм отличается от известного МВ-алгоритма (алгоритма диагностирования по критериям минимума времени первой проверки t_1 и с учетом характеристик относительной вероятности) стратегией выбора проверок после первой элементарной проверки Z_0 . По данному алгоритму последующие после Z_0 проверки выбираются с учетом характеристик относительной вероятности. Первая проверка при построении МР-алгоритма должна обладать наименьшим значением времени проверки $t(e_i)$, а при равенстве времен элементарных проверок $t(e_i)$ в качестве первой следует выбирать такую, которая контролирует функциональный элемент, расположенный ближе к центральной части функцио-

нальной схемы ОД. Порядок остальных элементарных проверок данного алгоритма соответствует Р-алгоритму [1].

Граф алгоритма, построенный по этому методу (МР-алгоритм), показан на рис. 3.

Кружками с цифрами внутри обозначены элементарные проверки Z_i ($i=1, 2, \dots, N$); цифрами 1 и 0 – результаты проверок блоков (исправен – неисправен); прямоугольниками – итоги диагностирования (цифра внутри прямоугольника означает номер неисправного блока).

Рассмотрим граф алгоритма, показанный на рис. 3, более детально. Исходя из вышеизложенного, в качестве первой элементарной проверки выбираем проверку четвертого блока Z_4 (рис. 2), т.к. она обладает минимальным временем проверки ($t_4 = 0,02$ из табл. 1). Если результат проверки будет положительным ($Z_4=1$), далее следует проверить пятый блок. В случае $Z_5=1$ определится, что неисправен шестой блок. В противном случае ($Z_5=0$) необходимо проверить девятый блок. Если результат проверки будет положительным ($Z_9=1$), далее следует проверить восьмой блок. В противном случае ($Z_9=0$) необходимо проверить седьмой блок. В случае $Z_8=1$ определится, что неисправен пятый блок, а если $Z_8=0$, то неисправен восьмой блок. Аналогично результат проверки $Z_7=1$ даст неисправность девятого блока, а при $Z_7=0$ будет неисправным седьмой блок.

Если же результат проверки четвертого блока будет отрицательным ($Z_4=0$), далее следует проверить второй блок. Если результат проверки второго блока будет положительным ($Z_2=1$), далее следует проверить третий блок. В противном случае ($Z_2=0$) необходимо проверить первый блок. В случае $Z_3=1$ определится, что неисправен четвертый блок, а если $Z_3=0$, то неисправен третий блок. Аналогично результат проверки первого блока $Z_1=1$ даст неисправность второго блока, а при $Z_1=0$ будет неисправным первый блок.

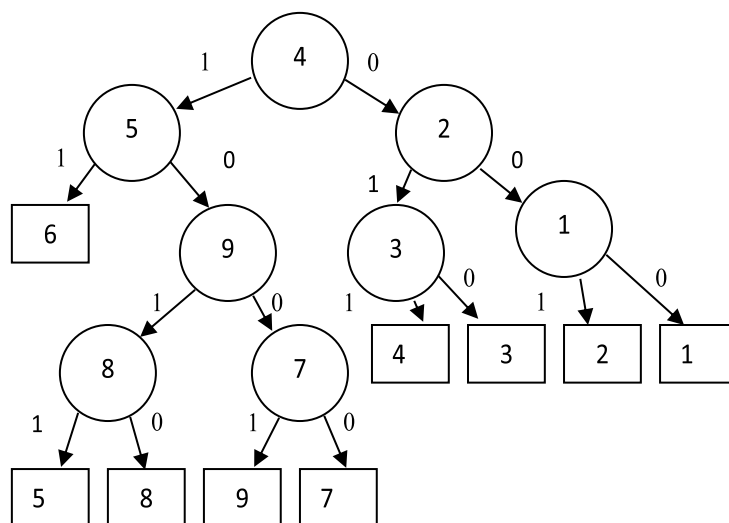


Рис. 3. Граф МР-алгоритма диагностирования ПЧ



В зависимости от исходов промежуточных проверок алгоритм диагностирования может составлять от 2 до 4 шагов.

Номер блока i в функциональной схеме ПЧ, вес технического состояния $p(e_i)$, время доступа (цена проверки) $t(e_i)$ и значение $p(e_i)/t(e_i)$ для элементов ПЧ указаны в табл. 1.

ОД. Порядок остальных элементарных проверок данного алгоритма соответствует РТ-алгоритму [1].

Граф алгоритма, построенный по этому методу (МРТ-алгоритм), показан на рис. 4.

Рассмотрим граф алгоритма, показанный на рис. 4, более детально.

Исходя из вышеизложенного, в качестве первой

Таблица 1

Характеристики технического состояния ПЧ

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p(e_i)$	0,01	0,04	0,05	0,02	0,4	0,1	0,14	0,2	0,04
$t(e_i)$	0,05	0,05	0,1	0,02	0,07	0,06	0,05	0,5	0,1
$p(e_i)/t(e_i)$	0,2	0,8	0,5	1	5,71	1,67	2,8	0,4	0,4

Средние затраты диагностирования для МР-алгоритма диагностирования ПЧ могут быть найдены по выражению (2):

$$C(Z_0, E_7) = p(e_4)t(e_4) + p(e_2)[t(e_4) + t(e_2)] + p(e_3)[t(e_4) + t(e_2) + t(e_3)] + p(e_1)[t(e_4) + t(e_2) + t(e_3) + t(e_1)] + p(e_5)[t(e_4) + t(e_5)] + p(e_9)[t(e_4) + t(e_5) + t(e_9)] + p(e_7)[t(e_4) + t(e_5) + t(e_7)] + p(e_8)[t(e_4) + t(e_5) + t(e_9) + t(e_7)] = 0,2281.$$

Рассмотрим другой новый алгоритм диагностирования по критериям минимума времени первой проверки t_1 и с учетом времявероятностных характеристик технических состояний (МРТ-алгоритм) на примере поиска неисправностей в схеме ПЧ (см. рис. 1).

Этот алгоритм отличается от известного МВ-алгоритма (алгоритма диагностирования по критериям минимума времени первой проверки t_1 и с учетом характеристик относительной вероятности) стратегией выбора проверок после первой элементарной проверки Z_0 . По данному алгоритму последующие после Z_0 проверки выбираются с учетом времявероятностных характеристик технических состояний. Первая проверка при построении МРТ-алгоритма должна обладать наименьшим значением времени проверки $t(e_i)$, а при равенстве времен элементарных проверок $t(e_i)$ в качестве первой следует выбирать такую, которая контролирует функциональный элемент, расположенный ближе к центральной части функциональной схемы

элементарной проверки выбираем проверку четвертого блока Z_4 (рис. 2), т.к. она обладает минимальным временем проверки ($t_4 = 0,02$ из табл. 1). Если результат проверки будет положительным ($Z_4 = 1$), далее следует проверить пятый блок. В случае $Z_5 = 1$ определится, что неисправен шестой блок. В противном случае ($Z_5 = 0$) необходимо проверить седьмой блок. Если результат проверки окажется положительным ($Z_7 = 1$), далее следует проверить девятый блок. В противном случае ($Z_7 = 0$) неисправным будет седьмой блок. При проверке девятого блока в случае $Z_9 = 0$ определится, что неисправен девятый блок, а если $Z_9 = 1$, то необходимо проверить восьмой блок. Результат проверки $Z_8 = 1$ даст неисправность пятого блока, а при $Z_8 = 0$ будет неисправным седьмой блок. Если же результат проверки четвертого блока окажется отрицательным ($Z_4 = 0$), далее следует проверить второй блок. Если результат проверки второго блока будет положительным ($Z_2 = 1$), далее следует проверить третий блок. В противном случае ($Z_2 = 0$) необходимо проверить первый блок. В случае $Z_3 = 1$ определится, что неисправен четвертый блок, а если $Z_3 = 0$, то неисправен третий блок. Аналогично результат проверки первого блока $Z_1 = 1$ даст неисправность второго блока, а при $Z_1 = 0$ окажется неисправным первый блок.

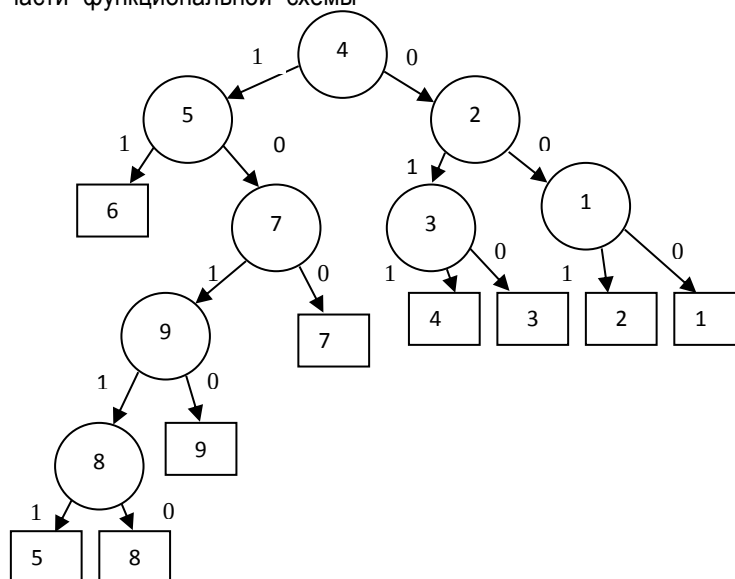


Рис. 4. Граф МРТ-алгоритма диагностирования ПЧ



Сравнение алгоритмов диагностирования

Название алгоритма	Средние затраты $C(Z_0, E_T)$	Место алгоритма
МРТ-алгоритм	0,2261	1
МР-алгоритм	0,2281	2
РТТ-алгоритм [6]	0,2285	3
PTS-алгоритм [4]	0,229	4
РТ-алгоритм [5]	0,254	5
РТР-алгоритм [5]	0,2879	6
РТV-алгоритм [3]	0,3387	7
ПИ-алгоритм [7]	0,4415	8
N-алгоритм [1]	0,4595	9
MV-алгоритм [2]	0,462	10
P-алгоритм [1]	0,5141	11
T-алгоритм [1]	0,5598	12

В зависимости от исходов промежуточных проверок алгоритм диагностирования может составлять от 2 до 5 шагов.

Средние затраты диагностирования для МРТ-алгоритма диагностирования ПЧ находятся по выражению (2)

$$C(Z_0, E_T) = p(e_4)t(e_4) + p(e_2)[t(e_4) + t(e_2)] + p(e_3)[t(e_4) + t(e_2) + t(e_3)] + p(e_1)[t(e_4) + t(e_2) + t(e_1)] + p(e_5)[t(e_4) + t(e_5)] + p(e_7)[t(e_4) + t(e_5) + t(e_7)] + p(e_9)[t(e_4) + t(e_5) + t(e_7) + t(e_9)] + p(e_8)[t(e_4) + t(e_5) + t(e_7) + t(e_9) + t(e_8)] = 0,2261.$$

Проведем сравнение двух предложенных алгоритмов диагностирования (МР-алгоритма и МРТ-алгоритма) с известными алгоритмами диагностирования.

Результаты сравнения представлены в табл. 2.

Выводы. Исходя из результатов сравнения алгоритмов диагностирования преобразователя частоты (табл. 2), наиболее эффективными оказались два предложенных алгоритма (МР-алгоритм и МРТ-алгоритм), при этом МРТ-алгоритм занял первое место, а МР-алгоритм – второе.

Таким образом, в качестве основы для построения структуры базы знаний программного комплекса для наладки преобразователей частоты был принят МРТ-алгоритм, имеющий наименьшие средние затраты $C(Z_0, E_T)$.

Статья поступила 02.12.2014 г.

Библиографический список

- Осипов О.И., Усынин Ю.С. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов. М.: Энергоатомиздат, 1991. 160 с.
- Дунаев М.П. Экспертные системы для наладки электропривода. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. 138 с.
- Дунаев М.П. Многокритериальный логический метод диагностирования // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. 2011. Спецвыпуск. С. 179–182.
- Дунаев М.П., Ушаков К.Ю. Времявероятностный метод для диагностирования электрооборудования электровоза // Вестник ИрГТУ. 2012. № 10 (69). С. 224–232.
- Мытник И.А. Разработка РТР-алгоритма для диагностирования электрооборудования // Вестник ИрГТУ. 2013. № 6. С. 166–169.
- Мытник И.А. Модернизированный метод поиска неисправностей для устройств плавного пуска // Вестник ИрГТУ. 2013. № 4. С. 163–167.
- Лебедев Л.С. Модернизированный метод поиска неисправностей на основе П-алгоритма // Вестник ИрГТУ. 2014. № 1(84). С. 141–146.



УДК 536.24

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ© С.Д. Иванов¹, А.Н. Кудряшов², В.В. Ощепков³Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск ул. Лермонтова, 83.

Разработан алгоритм определения массовой концентрации пыли по экспериментальным данным. Проведен анализ экспериментальных и расчетных данных по концентрации пыли на ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго». Получены зависимости аэродинамических сопротивлений шаровой барабанной мельницы Ш-16, шаровой конической мельницы ШК-32 с центробежными сепараторами диаметром 3,42 и 4,25 м при размоле азейского бурого угля от плотности кинетической энергии потока, концентрации пыли и тонины помола пыли за сепаратором. Показано, что они существенно отличаются от нормативных рекомендаций.

Ключевые слова: массовая концентрация угольной пыли; тонина помола пыли; аэродинамическое сопротивление; шаровая барабанная мельница; центробежный сепаратор.

DETERMINATION OF AERODYNAMIC RESISTANCE PARAMETERS OF BOILER UNIT DUST PRODUCTION SYSTEM ELEMENTS BY EXPERIMENTAL DATA

S.D. Ivanov, A.N. Kudryashov, V.V. Oshchepkov

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

An experiment data-based algorithm for determining mass concentration of dust is developed. Having analyzed the experimental and calculation data on dust concentration at heat power stations of JSC Irkutskenergo, the authors have obtained the dependences of aerodynamic resistances of a Ш-16 cylindrical ball mill, ШК-32 conical ball mill and centrifugal separators with diameters of 3.42 m and 4.25 m at grinding azeisky brown coal on the density of the flow kinetic energy, dust concentration and fineness. It is shown that they essentially differ from standard recommendations.

14 figures. 7 sources.

Keywords: mass concentration of carbon dust; dust fineness; aerodynamic resistance; cylindrical ball mill; centrifugal separator.

Нормативной литературой рекомендовано использование шаровых барабанных мельниц для размола антрацитов, полуантрацитов и каменных углей [1, 2]. На тепловых электростанциях ОАО «Иркутскэнерго» шаровые барабанные мельницы используются для размола бурых углей. Вследствие этого возникают некоторые трудности при анализе сопротивления пылеприготовительного тракта по нормативной методике [3, 4]. Стоит также отметить, что по условиям взрывобезопасности концентрация пыли бурых углей (для азейского угля $\mu=0,4\div1,5$ кг/м³) должна быть ниже, чем концентрация пыли антрацита (практически нет ограничений, в [1] используется $\mu=1,46$ кг/кг). Реальные значения концентрации пыли изменяются в диапазоне $0,4\div0,7$ кг/кг. В этой области поведение аэродинамического сопротивления плохо изучено, что, по-видимому, связано с особенностями потока угольных частиц [5, 6].

Аэродинамическое сопротивление элементов оборудования систем пылеприготовления котельных агрегатов обычно определяется уравнением [1, 2, 5]

$$\Delta P = \xi(1 + K\mu) \frac{\rho\omega^2}{2}, \quad (1)$$

где ξ – коэффициент аэродинамического сопротивления; K – экспериментальный коэффициент Гастерштадта, отражающий влияние на сопротивление массовой концентрации μ пыли в газе; ρ – плотность газовой фазы; ω – скорость газа на данном участке.

Сопротивление элементов оборудования пылесистем на незапыленном газе хорошо изучено. В то же время в вопросе учета концентрации пыли имеется много неясностей. В нормативной литературе [1] $K=0,6\div3$ – в зависимости от конструктивного типа элемента пылесистемы. При испытаниях систем пыле-

¹Иванов Сергей Дмитриевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теплоэнергетики, тел.: 89148947729, e-mail: ivsd55@yandex.ru

Ivanov Sergei, Candidate of Physical and Mathematical sciences, Associate Professor of the Department of Heat Power Engineering, tel.: 89148947729, e-mail: ivsd55@yandex.ru

²Кудряшов Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой теплоэнергетики, тел.: 89086639363, e-mail: kan@istu.irk.ru

Kudryashov Alexander, Candidate of technical sciences, Associate Professor, Head of the Department of Heat Power Engineering, tel.: 89148947729, e-mail: kan@istu.irk.ru

³Ощепков Василий Владимирович, аспирант, тел.: 89501181935, e-mail: voui@mail.ru

Oshchepkov Vasily, Postgraduate, tel.: 89501181935, e-mail: voui@mail.ru



приготовления реальные значения коэффициента Гастерштадта имели значения на уровне $5 \div 10$ [2]. Анализ значений коэффициента K при эксплуатации реальных установок может способствовать выявлению резервов в снижении аэродинамического сопротивления различных элементов и пылесистемы в целом, а также в борьбе с отложениями пыли.

Рассмотрим задачу определения зависимости аэродинамического сопротивления: 1) мельницы ШК-32 и сепаратора пылесистемы 5А котла ТП-81 ТЭЦ-9; 2) мельниц Ш-16А и Ш-16Б, сепараторов пылесистем 7А и 7Б котла ПК-24 ТЭЦ-10 от плотности кинетической энергии потока, массовой концентрации μ пыли и тонины помола R_{90} по экспериментальным данным [3, 4].

1. Алгоритм определения массовой концентрации пыли по экспериментальным данным. Используем два метода определения массовой концентрации пыли по экспериментальным данным [3, 4]. В первом случае, т. к. были проведены измерения производительности мельницы B_m , можно непосредственно вычислить количество испаренной влаги на выходе топлива из мельницы, кг/с:

$$\Delta W_{пл,j}^3 = B_{м,j}^3 \frac{W_{р,j} - W_{пл,j}}{100 - W_{пл,j}}, \quad (2)$$

где $B_{м,j}^3$ – производительность мельницы, кг/с; $W_{р,j}$ – рабочая влажность угля, %; $W_{пл,j}$ – влажность пыли, %; j – номер эксперимента.

Тогда массовая концентрация пыли будет равна, кг пыли/кг воздуха

$$\mu_j^3 = \frac{B_{м,j}^3 - \Delta W_{пл,j}^3}{G_{св,j} + \Delta W_{пл,j}^3}, \quad (3)$$

где $G_{гв,j} = \rho_{НФУ} V_{гв,j}^{НФУ}$ – массовый расход горячего воздуха, кг/с; $\rho_{НФУ} = 1,3 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха при нормальных физических условиях (НФУ); $V_{гв,j}^{НФУ}$ – объемный расход горячего воздуха при НФУ, $\text{м}^3/\text{с}$.

Объемный расход воздуха при НФУ вычисляется по формуле

$$V_{гв,j}^{НФУ} = V_{гв,j} \frac{273}{t_{гв,j} + 273},$$

где $V_{гв,j}$ – объемный расход горячего воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$; $t_{гв,j}$ – температура горячего воздуха, $^\circ\text{C}$.

Второй способ вычисления массовой концентрации пыли μ основан на решении уравнения теплового баланса, процесса сушки топлива, относительно неизвестной величины производительности мельницы $B_{м,j}^T$:

$$Q_{гв,j} + Q_{прс,j} + Q_{разм,j} - Q_{исп,j}(B_{м,j}^T) - Q_{возд,j} - Q_{т,j}(B_{м,j}^T) - Q_5 = 0, \quad (4)$$

где $Q_{гв,j} = V_{гв,j}^{НФУ} h_{возд}(t_{гв,j})$ – теплота, вносимая горя-

чим воздухом, кВт; $Q_{прс,j} = \frac{K_{прс,j}}{100} V_{гв,j}^{НФУ} h_{возд}(t_{хв,j})$ –

теплота, вносимая присосами; $Q_{разм,j} = 0,7 N_{б,j}$ –

теплота, выделяющаяся при размоле топлива;

$Q_{исп,j}(B_{м,j}^T) = B_{м,j}^T \frac{W_{р,j} - W_{пл,j}}{100 - W_{пл,j}} (2493 + 1,97 t_{2,j} - t_{т,j})$

– теплота, затрачиваемая на испарение влаги топли-

ва; $Q_{возд,j} = (1 + \frac{K_{прс,j}}{100}) V_{гв,j}^{НФУ} h_{возд}(t_{2,j})$ – теплота,

уносимая воздухом из мельницы;

$Q_{т,j}(B_{м,j}^T) = c_t [t_{2,j}, W_{пл,j}] \cdot t_{2,j} B_{м,j}^T$ – теплота, уносимая

угольной пылью из мельницы; Q_5 – потери теплоты в

окружающую среду [1]; $h_{возд}$ – энтальпия горячего воз-

духа при $t_{гв,j}$, кДж/кг; $K_{прс,j}$ – коэффициент присоса,

%; $t_{хв}$ – температура присасываемого холодного воз-

духа; $N_{б,j}$ – потребляемая мощность мельницы, кВт;

t_2 – температура аэросмеси за мельницей, $^\circ\text{C}$;

t_t – температура топлива на входе в систему сушки,

$^\circ\text{C}$; c_t – теплоемкость угля при $t_{2,j}$ и $W_{пл,j}$, кДж/кг·К.

Далее по найденным значениям $B_{м,j}^T$ определяем

по формуле (3) концентрацию пыли μ^T .

2. Анализ данных по пылесистеме 5А котла ст.

№5 ТП-81 ТЭЦ-9. В [3] исследовалась работа пылеси-

стемы при различных шаровых загрузках мельницы.

Было произведено 23 серии комплексного измерения

следующих параметров: B_m – производительность

мельницы, т/ч; W_p – влажность рабочего топлива, %;

$W_{пл}$ – влажность угольной пыли, %; R_{90} – тонкость пы-

ли за сепаратором, %; $t_{гв}$ – температура горячего воз-

духа перед мельницей, $^\circ\text{C}$; t_2 – температура аэросме-

си за мельницей, $^\circ\text{C}$; $V_{гв}$ – объемный расход горячего

воздуха, тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$; $K_{прс}$ – присосы, отнесенные к рас-

ходу воздуха через мельничный вентилятор, %; $G_{ш}$ –

шаровая загрузка мельницы, т; $\psi_б$ – степень заполне-

ния шарами; $N_б$ – потребляемая мощность мельницы,

кВт; $P_{м1}$ – разрежение перед мельницей, кгс/м²; $P_{м2}$ –

разрежение за мельницей, кгс/м²; $P_{св1}$ – разрежение

перед сепаратором, кгс/м²; $P_{св2}$ – разрежение за сепаратором, кгс/м².

Результаты измерений полного сопротивления

пылесистемы 5А $\Delta p/\Delta p_{\max}$, концентрации пыли μ и

тонины помола R_{90} показаны на рис. 1.

Анализ зависимостей на рис. 1 показывает, что

прослеживается сильная связь между полным сопро-

тивлением на участке вход в ШБМ – выход из сепара-

тора и тонины помола и практически противофазная

зависимость от концентрации пыли.

Статистическая обработка опытных данных пока-

зала, что 6 серий измерений можно исключить как

сильно отклоняющиеся от средних значений и не по-



Рис. 1. Результаты измерений по опытам на пылесистеме 5А: — $\Delta p/\Delta p_{\max}$ – полное сопротивление на участке вход в ШБМ – выход из сепаратора, отнесенное к максимальному сопротивлению на данном участке; μ – концентрации пыли на выходе из ШБМ; --- R_{90} – тонина помола пыли за сепаратором в относительных единицах

падающие в доверительный интервал [7].

Так как имеются экспериментально измеренные значения $B_{m,j}^3$ и $\Delta W_{пл,j}^3$ (3), рассчитываем μ^3 на основе (3), а также μ^T и $B_{m,j}^T$ на основе алгоритма (4). В результате можно провести верификацию экспериментальных данных. На рис. 2а представлено сравнение экспериментальных и расчетных данных по производительности мельницы ШК-32, из которого видно, что коэффициент корреляции между экспериментально измеренной производительностью $B_{m,j}^3$ и производительностью, рассчитанной по уравнению (4) $B_{m,j}^T$, составляет 0,94. Дополнительно на рис. 2б показана корреляция между экспериментальными концентра-

циями пыли, рассчитанными по (3), и концентрациями, которые были получены из расчета процесса сушки топлива (4). Коэффициент корреляции равен 0,95.

При экспериментальном исследовании сопротивления газозвесей опытные данные обрабатываются таким образом, чтобы получить зависимость:

$$\frac{\Delta p}{\Delta p_0} = f(\mu), \quad (5)$$

где Δp_0 – потери давления, связанные с сопротивлением газа, а функциональная зависимость $f(\mu)$ аналогична зависимости в (1).

Рассмотрим подробнее экспериментальные данные для сепаратора. Тогда в (5) Δp и Δp_0 , соответственно, равны:

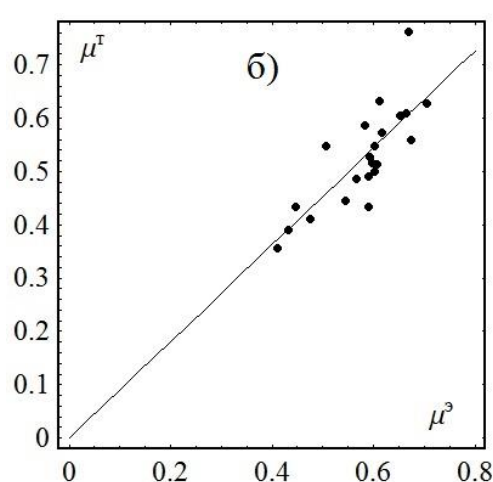
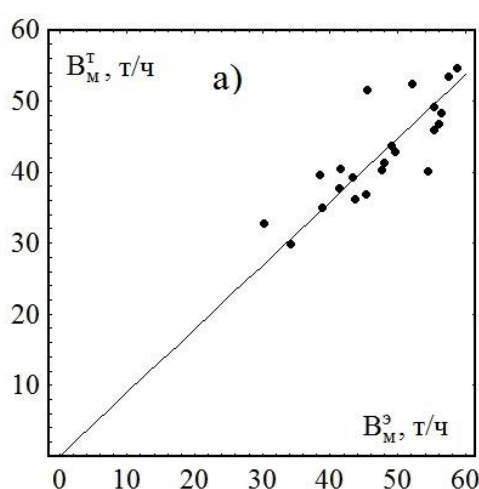


Рис. 2. Верификация экспериментальных данных по мельнице ШК-32: а) сравнение экспериментальных и расчетных данных по производительности; б) сравнение экспериментальных и расчетных данных по концентрации пыли

$$\Delta p_{ce,j} = P_{ce2,j} - P_{ce1,j},$$

$$\Delta p_{ce0,j} = \xi_{ce0} \frac{\rho_j \omega_j^2}{2}, \quad (6)$$

где $\xi_{ce0} = 6$ – коэффициент местного сопротивления для сепаратора, определенный из уравнения регрессии, представленного на рис. 3.

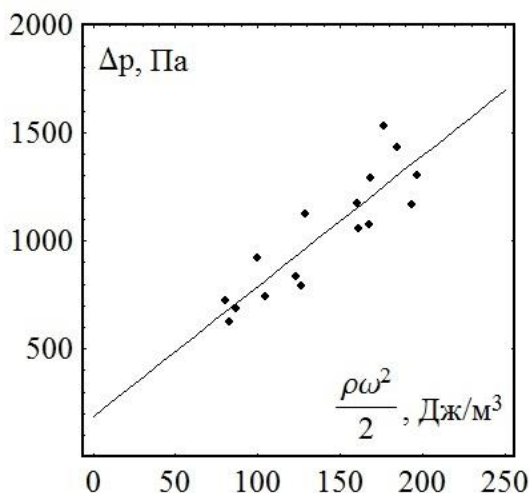


Рис. 3. Зависимость Δp от плотности кинетической энергии потока $\rho\omega^2/2$ для сепаратора 5А

На рис. 4 представлены результаты расчета $\Delta p_{ce,j} / \Delta p_{ce0,j}$ для концентрации пыли, полученные из расчета процесса сушки топлива (4). Аппроксимация этих результатов линейной функцией с использованием метода наименьших квадратов дает следующую зависимость:

$$f = 3,28(1 + 1,54\mu^T). \quad (7)$$

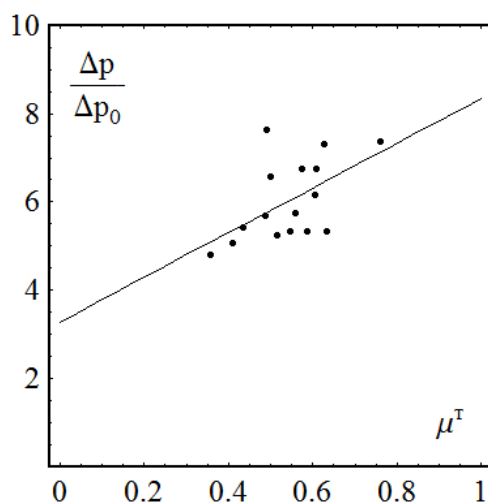


Рис. 4. Зависимость $\Delta p/\Delta p_0$ от концентрации пыли $\mu\tau$ для сепаратора 5А

Полученная зависимость (6) существенно отличается от соответствующей зависимости в [1]:

$$f = 1 + 0,8\mu,$$

что, по-видимому, обусловлено различием фракцион-

ного состава углей (антрацита и бурого угля).

Рассмотрим подробнее экспериментальные данные для мельницы ШК-32.

В [3] были проведены замеры давлений перед мельницей $P_{m1,j}$ и перед сепаратором $P_{ce1,j}$. Чтобы вычислить сопротивление мельницы, необходимо вычесть из давления перед сепаратором $P_{ce1,j}$ давление перед мельницей $P_{m1,j}$, сопротивление патрубков и сопротивление пылепровода, соединяющего мельницу и сепаратор:

$$\Delta p_{m,j} = P_{ce1,j} - P_{m1,j} - \Delta p_{namp,j} - \Delta p_{namp1,j} - \Delta p_{m-ce,j}, \quad (8)$$

где $\Delta p_{namp,j} = \xi_{namp}(1 + 0,8\mu_0) \frac{\rho_j \omega_{nampj}^2}{2}$ – сопротивление входного патрубка, Па [1];

$\Delta p_{namp1,j} = \xi_{namp1}(1 + 0,8\mu) \frac{\rho_j \omega_{namp1j}^2}{2}$ – сопротивление выходного патрубка, Па [1];

$\Delta p_{m-ce,j} = \xi_{m-ce}(1 + 2,5\mu) \frac{l}{d} \frac{\rho_j \omega_{m-cej}^2}{2}$ – сопротивление пылепровода от мельницы до сепаратора, Па [1].

Зависимость сопротивления мельницы ШК-32 Δp_m от плотности кинетической энергии потока $\rho_m \omega_m^2/2$ показана на рис. 5. Уравнение регрессии имеет вид:

$$\Delta p_{m0} = \xi_m \frac{\rho_m \omega_m^2}{2}, \quad (9)$$

где $\xi_m \approx 15$ – коэффициент местного сопротивления мельницы ШК-32, определенный по данным рис. 5.

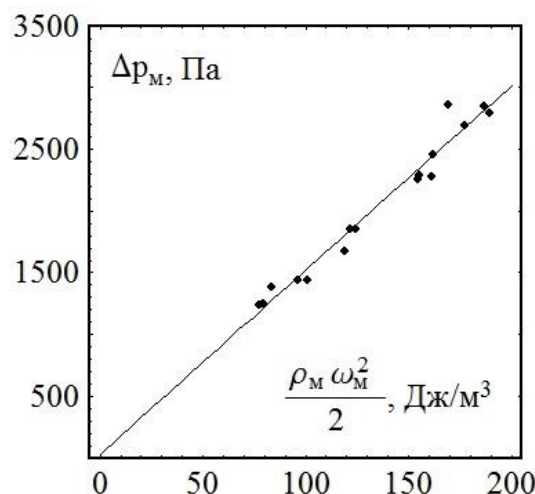


Рис. 5. Зависимость Δp_m от плотности кинетической энергии потока $\rho_m \omega_m^2/2$ для ШК-32

Результаты изменения $\Delta p_{m,j} / \Delta p_{m0,j}$ для концентрации пыли, полученных из расчета процесса сушки топлива (4), представлены на рис. 6.

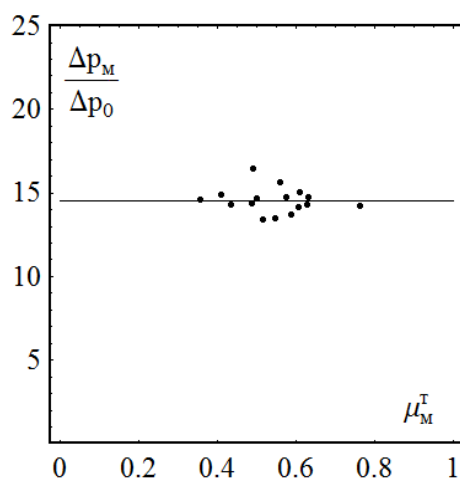


Рис. 6. Зависимость $\Delta p_M/\Delta p_0$ от концентрации пыли для ШК-32

Статистический анализ показывает, что сопротивление мельницы ШК-32 $\Delta p_{M,j}$ практически не зависит от концентрации пыли μ_j^T в данном диапазоне.

На рис. 7 изображены зависимости сопротивлений мельницы $\Delta p_{M,j}$ и сепаратора $\Delta p_{ce,j}$ от тонины помола

ла $R_{90,j}$ за сепаратором, соответственно.

Аппроксимация результатов, представленных на рис. 7, 8, линейной функцией методом наименьших квадратов дает следующие зависимости, соответственно:

$$f = -162 + 65,6 R_{90}, \quad (10)$$

$$f = 169 + 26,5 R_{90}. \quad (11)$$

3. Анализ данных по пылесистемам 7А и 7Б котла ст. №7 ПК-24 ТЭЦ-10. В [4] исследовалась работа котла ПК-24 при тепловых испытаниях. Было произведено 11 серий комплексного измерения для пылесистемы 7А и 20 для 7Б тех же параметров, что и в пункте 2, за исключением шаровой загрузки мельницы $G_{ш}$ и степени заполнения шарами ψ_6 . При этом было измерено количество водяных паров за мельницей при нормальных условиях $Q_{вп}^n$, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Статистический анализ данных показывает, что измерения по пылесистемам 7А и 7Б можно объединить в один массив данных.

Результаты измерений полного сопротивления пылесистемы 7Б $\Delta p/\Delta p_{\text{макс}}$, концентрации пыли μ и тонины помола R_{90} показаны на рис. 8.

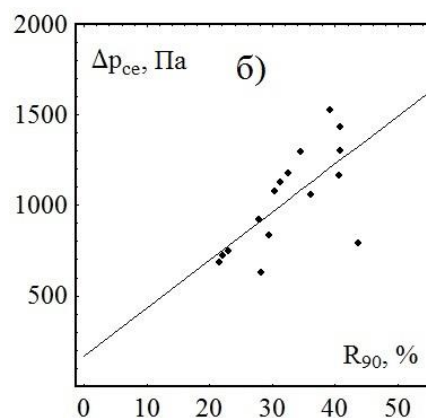
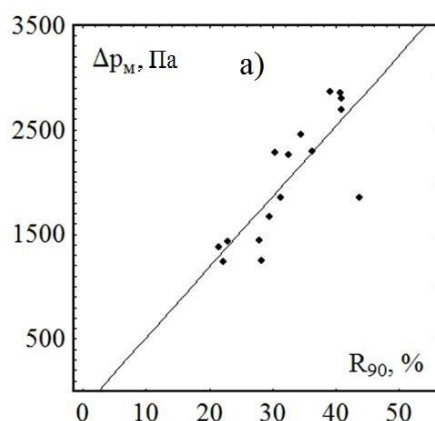


Рис. 7. Зависимость сопротивления Δp от тонины помола R_{90} за сепаратором: а) мельницы ШК-32; б) сепаратора 5А

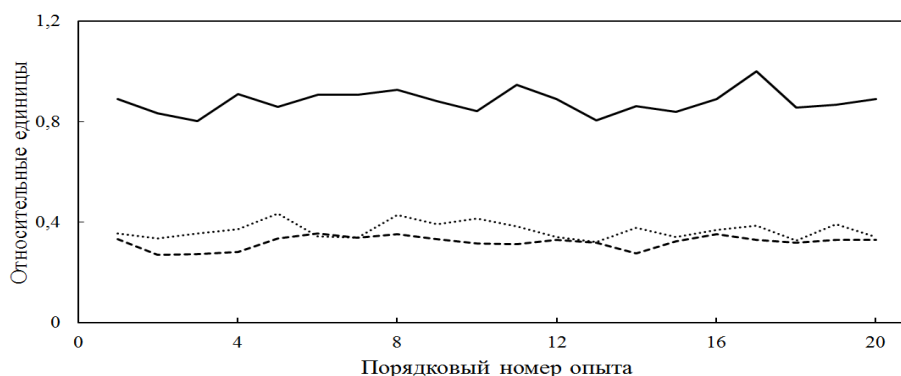


Рис. 8. Результаты измерений по опытам для пылесистемы 7Б: — $\Delta p/\Delta p_{\text{макс}}$ – полное сопротивление на участке вход ШБМ – выход сепаратора, отнесенное к максимальному сопротивлению на данном участке; μ – концентрации пыли на выходе из ШБМ; --- R_{90} – тонина помола пыли за сепаратором в относительных единицах

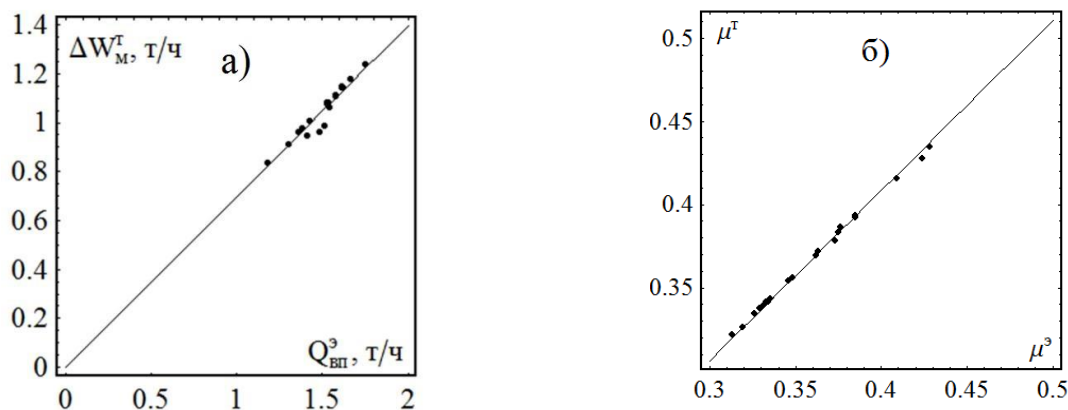


Рис. 9. Верификация экспериментальных данных по мельнице Ш-16: а) сравнение экспериментальных и расчетных данных по количеству испаренной влаги; б) сравнение экспериментальных и расчетных данных по концентрации пыли

В данном случае проводим верификацию данных по количеству испаренной влаги и по концентрации пыли.

Сравнение экспериментальных и теоретических результатов по количеству испаренной влаги приведено на рис. 9 а. Коэффициент корреляции составил 0,93. Теоретическое количество водяных паров $\Delta W_{пл,j}^T$ было вычислено по уравнению (2).

На рис. 9 б показана корреляция экспериментальных и теоретических данных по концентрации пыли. Коэффициент корреляции составил порядка 1.

Сопротивления мельниц были вычислены по экспериментальным данным:

$$\Delta p_{2м,j} = P_{2м2,j} - P_{2м1,j},$$

где $P_{2м2}$ и $P_{2м1}$ – разрежение после и перед мельницей, соответственно, кгс/м² [5].

Зависимость сопротивлений мельниц Ш-16 пылесистем 7А и 7Б $\Delta p_{2м}$ от плотности кинетической энергии потока воздуха $\rho_{2м}\omega_{2м}^2/2$ представлена на рис. 10. Статистический анализ показывает, что $\Delta p_{2м}$ является случайной величиной, не зависящей от плотности кинетической энергии потока воздуха, со средним значением $\Delta p_{2м0} = 3008,55$ Па. Т.к. диапазон изменения $\rho_{2м}\omega_{2м}^2/2$ существенно уже подобного диапазона в мельнице ШК-32, сложно выявить характерную зависимость.

Результаты расчета $\Delta p_{2м,j} / \Delta p_{2м0}$ для концентраций пыли, полученных из расчета процесса сушки топлива (4), представлены на рис. 11. Аппроксимация этих результатов дает следующую зависимость:

$$f = 2,15(1 + 16,1\mu^T). \quad (12)$$

При малых значениях концентрации пыли μ пылевоздушный поток, по-видимому, имеет особенности в своей структуре и во взаимодействии твердых частиц со стенками. Так, при $\mu=0,3\div0,5$ в мельнице Ш-16 сопротивление растет (см. рис. 11), а в мельнице ШК-32 при $\mu=0,5\div0,8$ сопротивление имеет некий стационар (рис. 6). Подобные явления наблюдаются в трубах [5, 6].

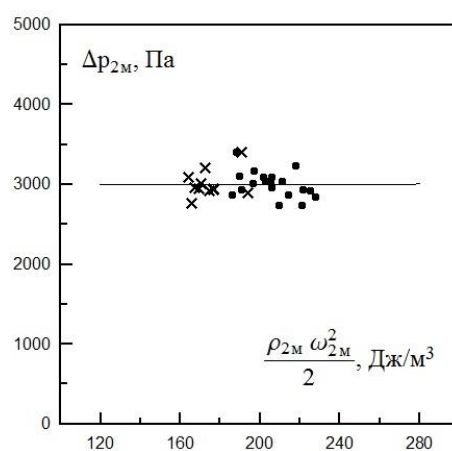


Рис. 10. Зависимость $\Delta p_{2м}$ от плотности кинетической энергии потока $\rho_{2м}\omega_{2м}^2/2$ для мельниц Ш-16 7А (■) и Ш-16 7Б (⊠)

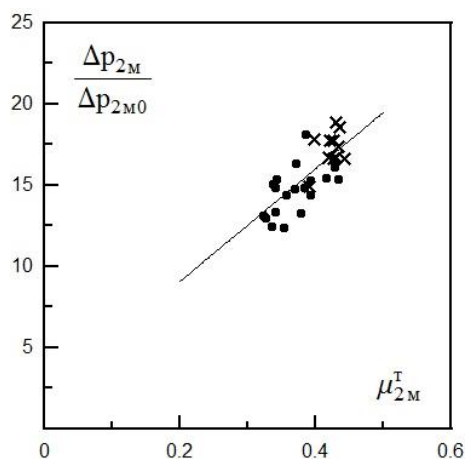


Рис. 11. Зависимость $\Delta p_{2м,j} / \Delta p_{2м0}$ от концентрации пыли μT для мельниц Ш-16А (■) и Ш-16 7Б (⊠)

В ходе испытаний [4] были измерены давления перед мельницей $P_{м1,j}$ и после сепаратора $P_{се2,j}$. Для определения сопротивления сепаратора необходимо вычесть из давления после сепаратора $P_{се2,j}$



давление перед мельницей $P_{м1,j}$, сопротивление мельницы и сопротивление пылепровода от мельницы до сепаратора:

$$\Delta p_{2ce,j} = P_{ce2,j} - P_{м1,j} - \Delta p_{2м,j} - \Delta p_{м-се,j}. \quad (13)$$

Зависимость сопротивлений сепараторов 7А и 7Б Δp_{2ce} от плотности кинетической энергии потока $\rho_{2м}\omega_{2ce}^2/2$ показана на рис. 12. Уравнение регрессии имеет вид:

$$\Delta p_{2ce0} = \xi_{ce} \frac{\rho_{2ce}\omega_{2ce}^2}{2}, \quad (14)$$

где $\xi_{ce} \approx 6,57$ – коэффициент местного сопротивления мельницы Ш-16, определенный по данным рис. 12.

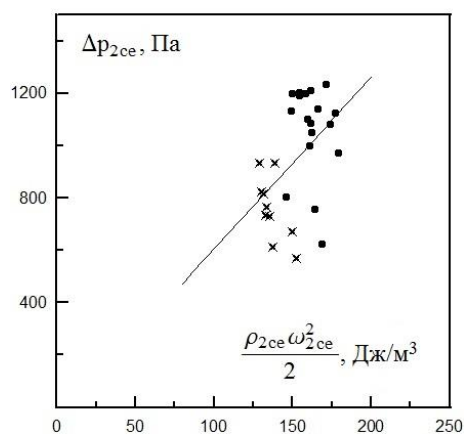


Рис. 12. Зависимость Δp_{2ce} от плотности кинетической энергии потока $\rho_{2ce}\omega_{2ce}^2/2$ для сепараторов 7А (■) и 7Б (×)

На рис. 13 представлены результаты расчета $\Delta p_{2ce,j} / \Delta p_{2ce0,j}$ для сепараторов 7А и 7Б.

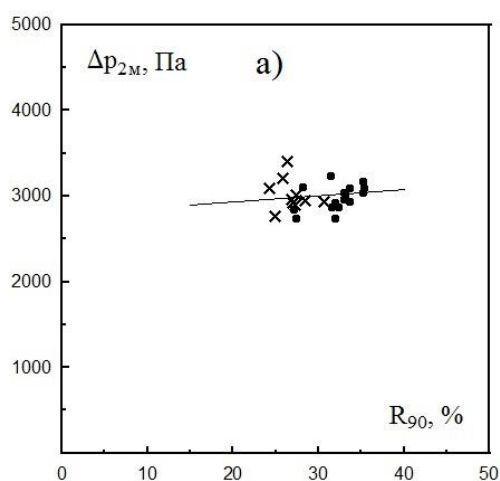


Рис. 14. Зависимость сопротивления Δp_{2j} от тонины помола R_{90} за сепаратором: а) мельниц Ш-16 7А (■) и Ш-16 7Б (×); б) сепараторов 7А (■) и 7Б (×)

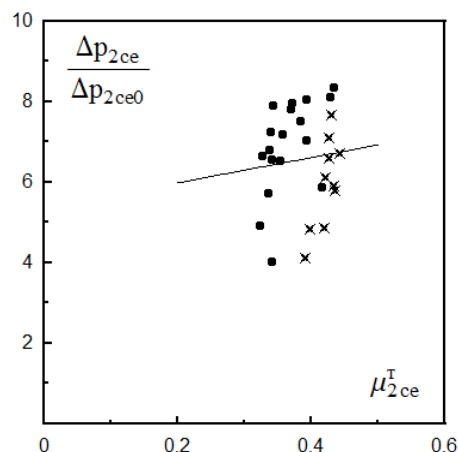


Рис. 13. Зависимость $\Delta p_{2ce}/\Delta p_{2ce0}$ от концентрации пыли μ_t для сепараторов 7А (■) и 7Б (×)

Аппроксимация этих результатов согласно (5) дает следующую зависимость:

$$f = 5,35(1 + 0,6\mu_t). \quad (15)$$

Зависимости сопротивления мельниц $\Delta p_{2м,j}$ и сепараторов $\Delta p_{2ce,j}$ от тонины помола R_{90} за сепаратором изображены на рис. 14.

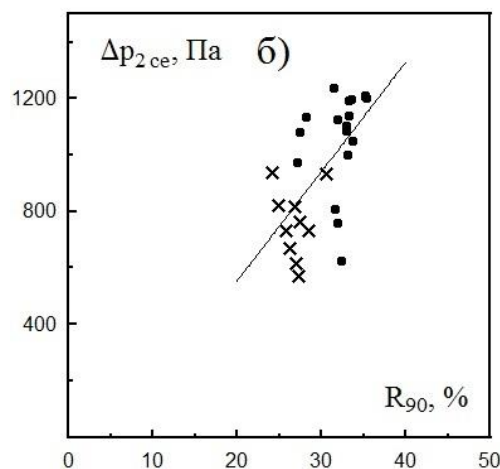
Аппроксимация этих зависимостей дает следующие функции:

$$f^{2м} = 2787,95 + 7,2R_{90}; \quad (16)$$

$$f^{2ce} = -220,83 + 38,73R_{90}. \quad (17)$$

4. Сравнение и анализ полученных результатов. Сформулируем основные результаты:

1. Разработан алгоритм определения концентрации пыли по экспериментальным данным из системы уравнений теплового баланса (4) для мельницы.





2. Установлено, что аэродинамическое сопротивление шаровой барабанной мельницы Ш-16 при концентрации пыли $\mu=0,3\div0,5$ возрастает согласно уравнению (12); сопротивление шаровой конической мельницы ШК-32 при $\mu=0,3\div0,8$ имеет стационарное значение. В [5, 6] приведены подобные данные, демонстрирующие, что в области $0<\mu<0,5$ сопротивление трубы с ростом μ сначала уменьшается, а затем, пройдя через минимум, увеличивается. Это, по-видимому, можно объяснить своеобразием структуры потока и взаимодействием твердых частиц со стенками. Кроме того, сопротивление мельницы ШК-32 зависит от плотности кинетической энергии потока, согласно (9).

3. Показано, что аэродинамическое сопротивление сепаратора 5А диаметром 4,25 м имеет вид $f^{ce} = 3,28(1+1,54\mu^T)$; сопротивление сепарато-

ров 7А и 7Б диаметрами 3,42 м – $f^{2ce} = 5,35(1+0,6\mu^T)$. Полученные зависимости отличаются от нормативных рекомендаций [1] вследствие различия фракционных составов используемых углей (антрацит в [1] и азейский бурый уголь в [3, 4]). Сопротивление сепаратора 5А также описывается зависимостью (6), сопротивление сепараторов 7А и 7Б – (14).

4. Получены зависимости аэродинамического сопротивления от тонины помола за сепаратором R_{90} : для мельницы ШК-32 – уравнение (10), сепаратора 5А – (10), мельницы Ш-16 – (16), сепараторов 7А и 7Б – (17).

Статья поступила 28.11.2014 г.

Библиографический список

1. Расчет и проектирование пылеприготовительных установок котельных агрегатов (Нормативные материалы) / Под общей редакцией Соколова Н.В., Киссельгофа М.Л. М.: ОНТИ ЦКТИ, 1971. 312 с.
2. Левит Г.Т. Пылеприготовление на тепловых электростанциях. М.: Энергоатомиздат, 1990. 384 с.
3. Елизаров В.В., Сеннов В.С., Руденко В.А. Отчет по тепловым испытаниям котла ТП-81 и пылесистемы 5А Иркутской ТЭЦ-9. Иркутск: РЭУ «Иркутскэнерго», 1970. 234 с.
4. Елизаров В.В., Александров Б.А., Александров В.Б. Отчет по тепловым испытаниям котла ПК-24 ст. № 7 Иркутской

- ТЭЦ-10 при сжигании азейского угля. Иркутск: РЭУ «Иркутскэнерго», 1975. 112 с.
5. Сукомел А.С., Цветков Ф.Ф., Керимов Р.В. Теплообмен и гидравлическое сопротивление при движении газозвеси в трубах. М.: Энергия, 1977. 192 с.
6. Peters L.K., Klingzing G.E. Friction in turbulent flow of solid – gas systems // Canad. J. Chem. Engin. August 1972. Vol. 50. P. 441.
7. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин. Л.: Наука, 1985. 112 с.

УДК 621.311

УЧЕТ АСИНХРОННОЙ НАГРУЗКИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

© Ле Конг Зань¹

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Задача учета асинхронной нагрузки важна при расчетах режимов электроэнергетических систем, питающих тяговые подстанции железных дорог переменного тока. Приведены результаты исследования влияния коэффициента загрузки асинхронного электродвигателя на создаваемый им симметрирующий эффект. Кроме того, рассматривается малоизученный эффект возрастания потерь в сети из-за увеличения токов обратной последовательности, потребляемых асинхронными двигателями в несимметричных режимах.

Ключевые слова: электроэнергетические системы; асинхронная нагрузка; симметрирующий эффект; несимметричный режим; коэффициент загрузки; потери в сети.

ASYNCHRONOUS LOADING ACCOUNTING WHEN MODELING ASYMMETRICAL MODES OF ELECTRICAL POWER SYSTEMS

Le Cong Danh

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The task of asynchronous load accounting is important for mode calculation of electric power systems supplying railway AC traction substations. The study results of the effect of the induction motor loading factor on the created symmetrical effect are provided. Besides, consideration is given to a little studied effect of the increase in electric line power losses due to the increase in negative sequence currents consumed by induction motors in asymmetrical modes.

Keywords: electrical power systems; asynchronous loading; symmetrical effect; asymmetrical mode; loading factor; network losses.

¹Ле Конг Зань, аспирант, тел.: 89501322506, email: danh_lecong150287@mail.ru
Le Cong Danh, Postgraduate, tel.: 89501322506, email: danh_lecong150287@mail.ru

Введение. В электрических сетях напряжением 0,4–6–10 кВ могут иметь место несимметричные режимы, возникающие из-за наличия большого числа однофазных электроприемников, неравномерно распределенных по фазам [1–3]. В наибольшей степени такие режимы проявляются в сетях, питающихся от районных обмоток тяговых трансформаторов железных дорог переменного тока (рис. 1). В этих сетях дополнительная и весьма значительная несимметрия создается однофазной тяговой нагрузкой. Методика корректного анализа сложносимметричных режимов электроэнергетических систем (ЭЭС), основанная на использовании фазных координат и решетчатых схем замещения, предложена в работах ИрГУПС [4, 5]. В них приведены адекватные модели основных элементов ЭЭС в фазных координатах: линий электропередачи, трансформаторов и узлов нагрузки.

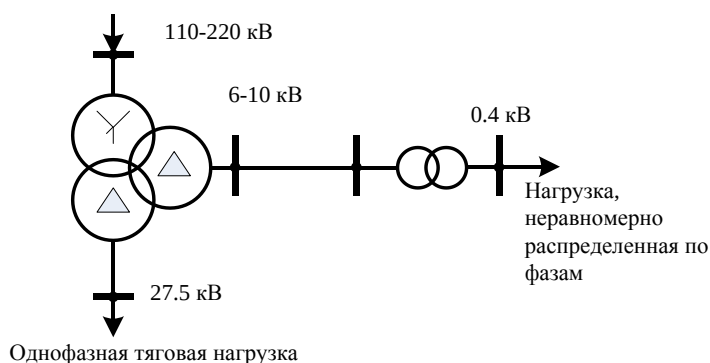


Рис. 1. Схема питания потребителей от районной обмотки тяговой подстанции

Следует отметить особую актуальность учета узлов нагрузки при расчете несимметричных режимов [6–15]. Прежде всего это касается асинхронной нагрузки (АН), так как асинхронные электродвигатели (АЭД) могут создавать симметрирующий эффект из-за различия сопротивлений прямой и обратной последовательностей. Несмотря на наличие работ, посвященных вопросам учета нагрузки при расчетах нормальных [16] и аварийных [17, 18] режимов электрических сетей, задача количественной оценки симметрирующего эффекта асинхронной нагрузки (АН) решена не в полном объеме.

Задача учета АН при расчете показателей, характеризующих несимметрию, особенно важна при расчетах режимов ЭЭС, питающих тяговые подстанции (ТП) железных дорог переменного тока. В сетях, примыкающих к ТП, имеет место значительная несимметрия [3–6], для устранения которой необходимо использовать дорогостоящие симметрирующие устройства. Их стоимость определяется уровнем несимметрии, который определяется расчетным путем. Без учета симметрирующего эффекта асинхронной нагрузки этот уровень будет завышенным, что приведет, в свою очередь, к неоправданным затратам на устранение несимметрии.

В статье приведены результаты исследования влияния коэффициента загрузки асинхронного электродвигателя (АЭД) на создаваемый им симметрирующий эффект. Кроме того, рассматривается малоизу-

ченный эффект возрастания потерь в сети из-за увеличения токов обратной последовательности, потребляемых АЭД в несимметричных режимах.

Методика моделирования асинхронной нагрузки в фазных координатах. Корректное моделирование асинхронной нагрузки может быть выполнено на основе модели в фазных координатах, предложенной в [4, 5]. По сравнению со статическими элементами ЭЭС (линиями электропередачи и трансформаторами), АЭД представляет собою более сложный объект. Несимметрия отвечающей двигателю матрицы сопротивлений приводит к затруднениям при моделировании на основе решетчатой схемы замещения с RLC-элементами. Сложности связаны с наличием двух вращающихся в прямом и в обратном направлениях магнитных полей. При несимметрии питающих напряжений в АЭД протекают синусоидальные процессы на

трех частотах: 50 Гц, 100 Гц и на частоте, отвечающей скольжению.

В [4, 8] предлагается использовать модель АН в виде трех источников тока, соединенных звездой (рис. 2). Значения токов источников корректируются на каждом шаге итерационного процесса. Нейтраль двигателя считается изолированной, и токи нулевой последовательности в цепях АЭД не протекают.

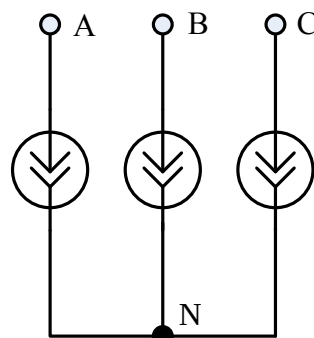


Рис. 2. Схема замещения в фазных координатах

При рассмотрении режима работы АЭД необходимо рассматривать два связанных объекта: двигатель и приводной механизм. Изменение состояния двигателя из-за влияния питающей сети изменяет и состояние приводимого механизма, что меняет режим работы двигателя и сети. Состояние приводимого механизма характеризуют вращающим моментом $M_{\text{мех}}$,

который является одновременно и полезным моментом двигателя.

Момент приводимого механизма зависит от частоты вращения $M_{\text{мех}}(\omega)$. При построении модели АД в [4, 8] рассматриваются три вида механических характеристик $M_{\text{мех}}(\omega)$:

- не зависящий от скорости вращения, характерный для шаровых мельниц, дробилок и поршневых компрессоров, момент, $M_{\text{мех}} = k_Z M_n = \text{const}$, где M_n – номинальный момент;
- момент, линейно зависящий от скорости вращения:

$$M_{\text{Mex}} = k_Z \left[M_{\text{cm}} + (M_{\text{H}} - M_{\text{cm}}) \frac{\omega}{\omega_{\text{H}}} \right],$$

где $k_z = \frac{M}{M_{\text{н}}}$ – коэффициент загрузки; $M_{\text{см}} = M_{\text{мех}}(0)$

– статический момент сопротивления; $\omega = \omega_1(1-s)$ – угловая скорость вращения; $\omega_n = \omega_1(1-s_n)$ – номинальная угловая скорость вращения; ω_1 – синхронная скорость;

- момент, зависящий от квадрата скорости вращения механизма, характерный для насосов:
-

$$M_{\text{.Mex}} = k_Z \left[M_{cm} + (M_H - M_{cm}) \left(\frac{\omega}{\omega_H} \right)^2 \right].$$

В первом случае механическая мощность связана со скольжением следующим соотношением:

$$P_M = M_{Mex} \omega = M_{Mex} \omega_1 (1-s) = k_Z P_{MH} \frac{(1-s)}{(1-s_u)},$$

где $P_{\text{мн}}$ – номинальная мощность механизма при номинальной частоте вращения.

Во втором случае, с учетом $P_{MH} = M_H \omega_1 (1 - s_H)$,

$$P_M = k_Z P_{MH} \left[\frac{M_{cm}}{M_H} \frac{(1-s)}{(1-s_H)} + \left(1 - \frac{M_{cm}}{M_H} \right) \left(\frac{1-s}{1-s_H} \right)^2 \right].$$

В третьем случае

$$P_M = k_Z P_{M_H} \left[\frac{M_{cm}}{M_H} \frac{(1-s)}{(1-s_H)} + \left(1 - \frac{M_{cm}}{M_H} \right) \left(\frac{1-s}{1-s_H} \right)^3 \right].$$

Указанные равенства в совокупности с зависимостью мощности АД от напряжения определяют статические характеристики двигателя. Подробное описание методики моделирования АД приведено в [8].

Для предмета исследования, рассматриваемого в настоящей статье, важным является зависимость мощности, развиваемой и, соответственно, потребляемой АЭД, от коэффициента загрузки k_z . От величины потребляемой АЭД мощности в конечном итоге будет зависеть и создаваемый им симметрирующий эффект. Получить аналитические выражения для оценки влияния параметра k_z на симметрирующий эффект не представляется возможным, поэтому для решения задачи используется компьютерное моделирование на основе комплекса программ «Fazonord – Качество», разработанного в ИргУПСе [4, 5].

Результаты моделирования и их обсуждение.

Моделирование проводилось применительно к схеме, показанной на рис. 3.

Элементы моделируемой сети имели следующие параметры:

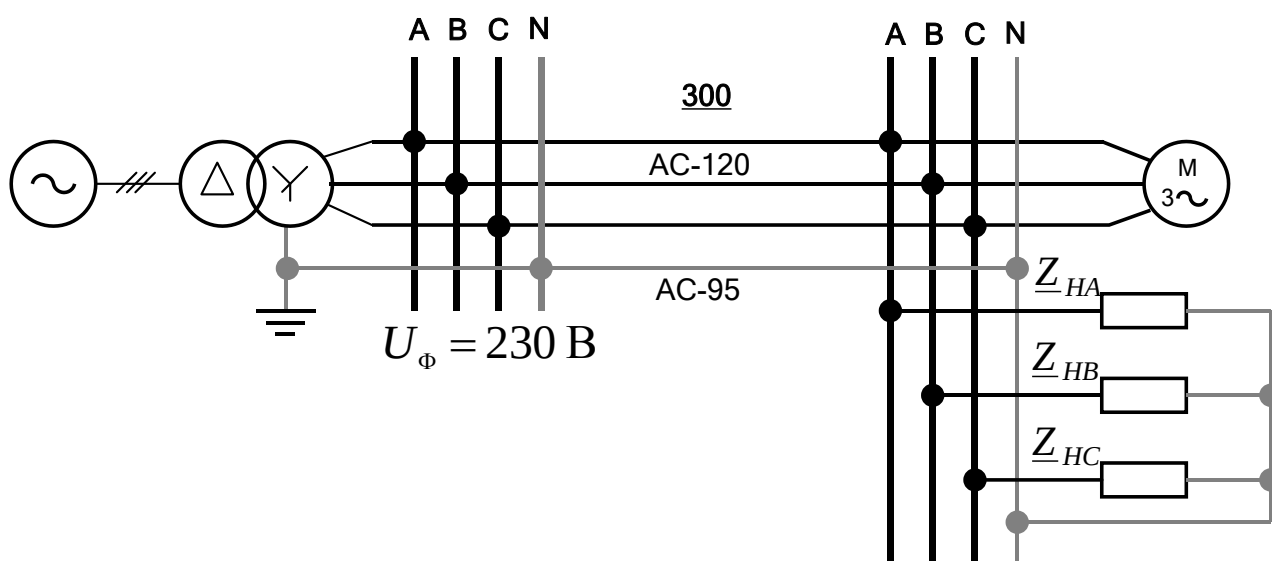


Рис. 3. Схема моделируемой сети



- асинхронный двигатель номинальной мощностью 90 кВт с коэффициентом мощности 0.91, коэффициентом полезного действия 0.93, номинальной скоростью вращения 1480 об./мин, кратностью пускового тока 7 и кратностью пускового момента 1.2;
- трансформатор ТМ-10000/10, с номинальной мощностью 10 МВ·А;
- линия электропередачи АС-3х120+1х95 длиной 300 м;
- статическая несимметричная нагрузка с сопро-

тивлениями $\underline{Z}_{HA} = \underline{Z}_{HC} = 10 + j10$ Ом; $\underline{Z}_{HB} = 5 + j5$ Ом.

Несимметрия задавалась на выводах высокого напряжения трансформатора в предположении, что питание сети осуществляется от шин 10 кВ тяговой подстанции. Расчетная схема моделирования представлена на рис. 4.

Результаты моделирования несимметричных режимов при различных величинах коэффициента загрузки двигателя представлены в табл. 1 и проиллюстрированы на рис. 5–7.

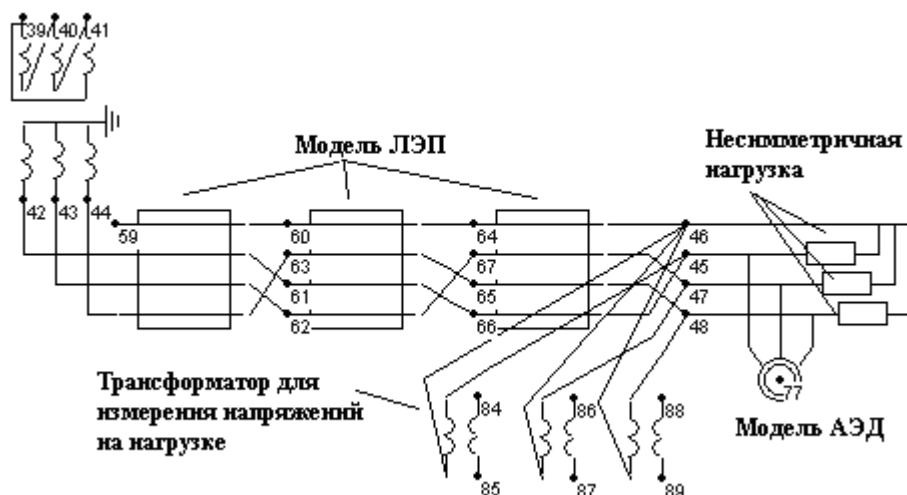


Рис. 4. Расчетная схема, реализованная в ПК Fazonord

Таблица 1

Результаты моделирования

k_Z	Токи двигателя, А			k_{2U} , %		δk_{2U}
	I_A	I_B	I_C	АЭД включен	АЭД отключен	
0.1	46.4	46.3	66.3	4.68	9.2	4.52
0.3	51.4	44.5	94.6	4.74	9.2	4.46
0.5	73.6	56.7	124.1	4.86	9.2	4.34
0.7	108.1	80.5	158.2	4.95	9.2	4.25
0.9	156.9	118.2	202	5.12	9.2	4.08

Примечание: k_{2U} – коэффициент несимметрии по обратной последовательности; $\delta k_{2U} = k_{2U}^{(off)} - k_{2U}^{(on)}$; $k_{2U}^{(off)}$ – коэффициент несимметрии при отключенном АЭД; $k_{2U}^{(on)}$ – коэффициент несимметрии при включенном АЭД.

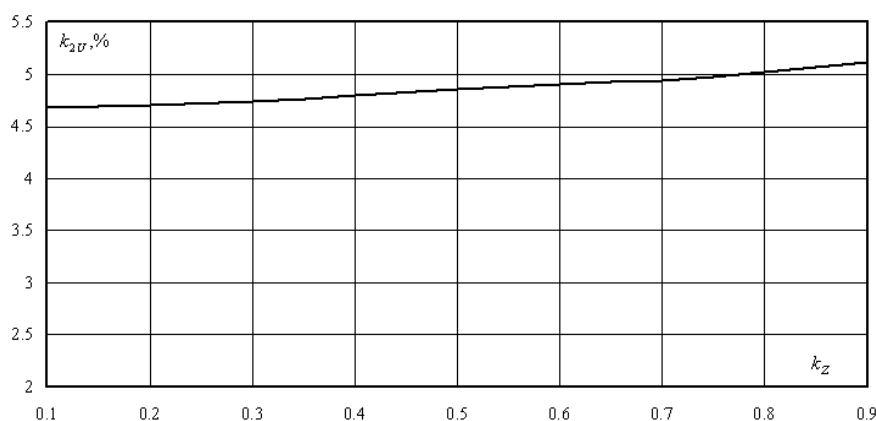


Рис. 5. Зависимость $k_{2U} = k_{2U}(k_Z)$

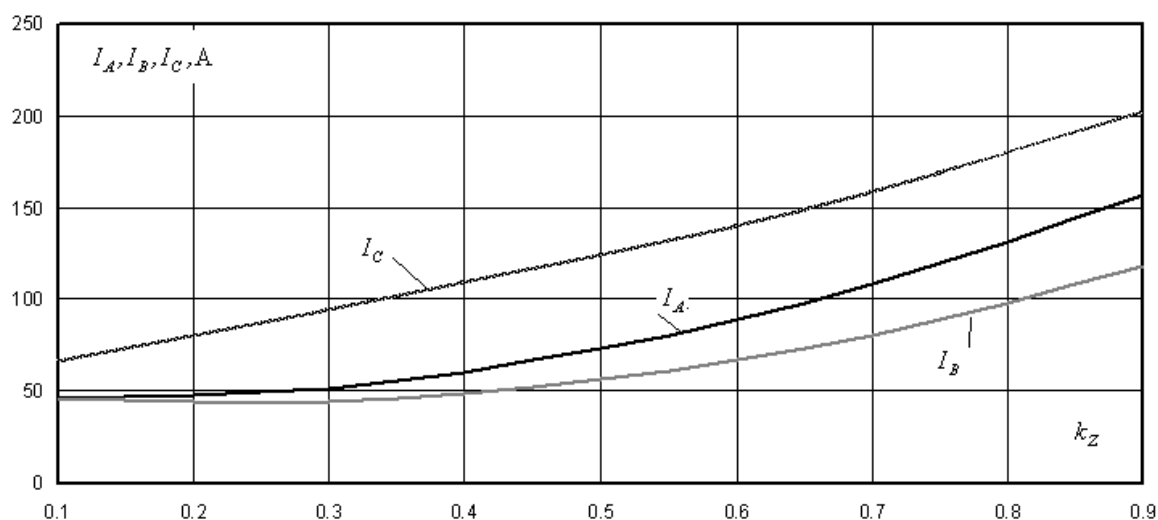


Рис. 6. Зависимости $I_A = I_A(k_Z)$, $I_B = I_B(k_Z)$, $I_C = I_C(k_Z)$

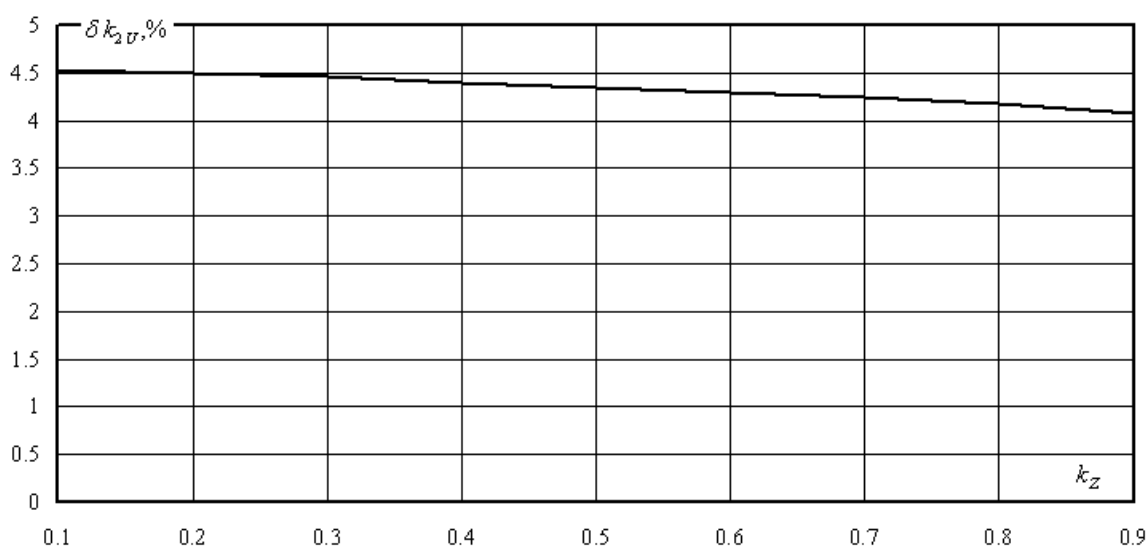


Рис. 7. Зависимость $\delta k_{2U} = \delta k_{2U}(k_Z)$

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

1. Коэффициент загрузки асинхронного двигателя заметно влияет на создаваемый им симметрирующий эффект: с ростом загрузки симметрирование снижается. Снижение симметрирующего эффекта при изменении коэффициента загрузки от 0.1 до 0.9 достигает 10%.

2. При работе загруженного двигателя в сети с несимметричным напряжением токи в отдельных фазах могут существенно превышать номинальное значение – для рассматриваемого двигателя номинальный ток составляет 130 А (рис. 5), что будет приводить к перегреву обмоток.

3. Для корректного моделирования несимметричных режимов следует учитывать коэффициент загрузки асинхронных двигателей. При расчете низковольтных сетей с индивидуальным учетом мощных АЭД величину k_Z можно задавать на основании замеров.

При моделировании узлов нагрузки рекомендуется использовать среднее значение k_Z , которое возможно получить на основании данных о суммарной установленной мощности АЭД и расходов электроэнергии, потребляемой узлом нагрузки.

Из-за наличия однофазной тяговой нагрузки режимы районов электроснабжения (РЭС) нетяговых потребителей железных дорог отличаются значительной несимметрией. При несимметрии токов и напряжений трехфазной системы возникают два эффекта, вызываемые асинхронной нагрузкой:

- симметрирующий эффект, рассмотренный в работах [7–15];

- малоизученный эффект возрастания потерь в сети из-за увеличения токов обратной последовательности, потребляемых АЭД в несимметричных режимах.

Ниже представлены результаты исследований,



направленные на количественную оценку второго эффекта.

Моделирование проведено применительно к простой электрической сети, схема которой представлена на рис. 8. Предполагалось, что питание рассматриваемого фидера осуществлялось от подстанции РЭС, на шинах 0.4 кВ которой может иметь место значительная несимметрия. Параметры Г-образных схем замещения асинхронного электродвигателя (рис. 9) при скольжениях s_H и $2 - s_H$ приведены в табл. 2.

Моделирование осуществлялось на основе комплекса программ «Fazonord-Качество», разработанного в ИргУПСе с использованием модели АЭД в фазных координатах, предложенной в [4, 8]. Моделирование проводилось в двух вариантах:

- фидер питает асинхронную нагрузку;
- АН заменяется эквивалентной статической нагрузкой.

Результаты моделирования в виде графиков зависимостей коэффициента несимметрии по обратной последовательности $k_{2U}^{(L)}$ на зажимах АЭД, абсолютных потерь $(\Delta P, \Delta Q)$ в линии электропередачи (ЛЭП) от уровня несимметрии (характеризуемого коэффициентом $k_{2U}^{(G)}$) на шинах источника питания представлены на рис. 10–12. На рис. 13 приведены графики, характеризующие увеличение потерь в ЛЭП при наличии асинхронной нагрузки.

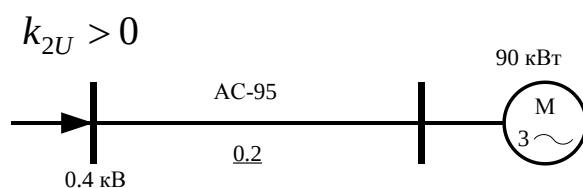


Рис. 8. Схема фидера РЭС

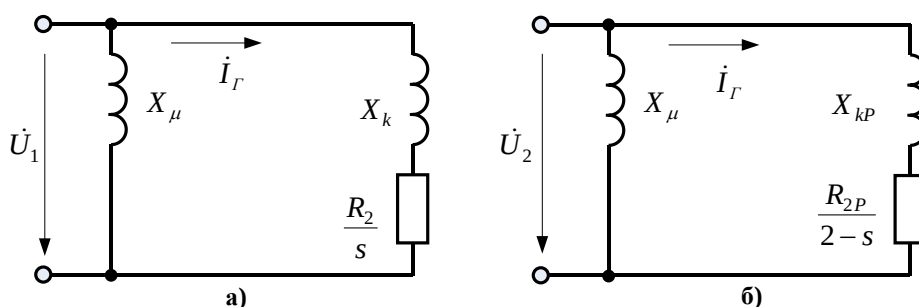


Рис. 9. Схемы замещения прямой и обратной последовательностей

Таблица 2

Параметры АЭД

Параметр	X_μ	R_2	X_k	R_{2p}	X_{kp}
Значение, Ом	6.85	0.016	0.563	0.029	0.194



Рис. 10. Симметрирующий эффект асинхронной нагрузки

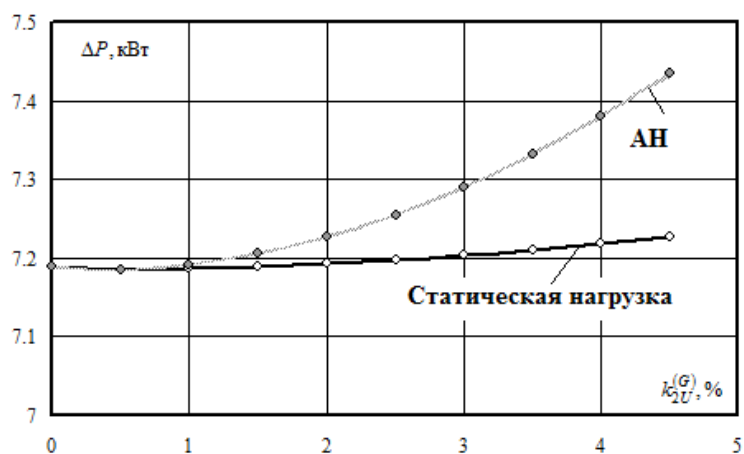


Рис. 11. Зависимость $\Delta P = \Delta P(k_{2U}^{(G)})$

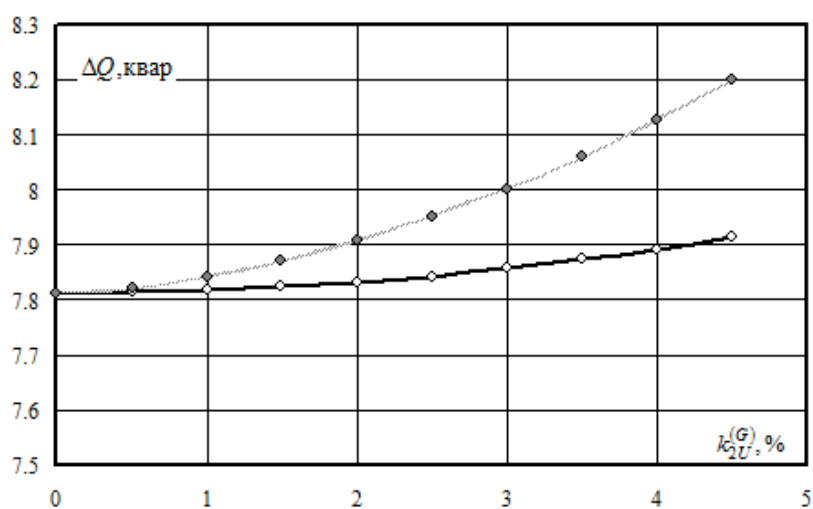


Рис. 12. Зависимость $\Delta Q = \Delta Q(k_{2U}^{(G)})$

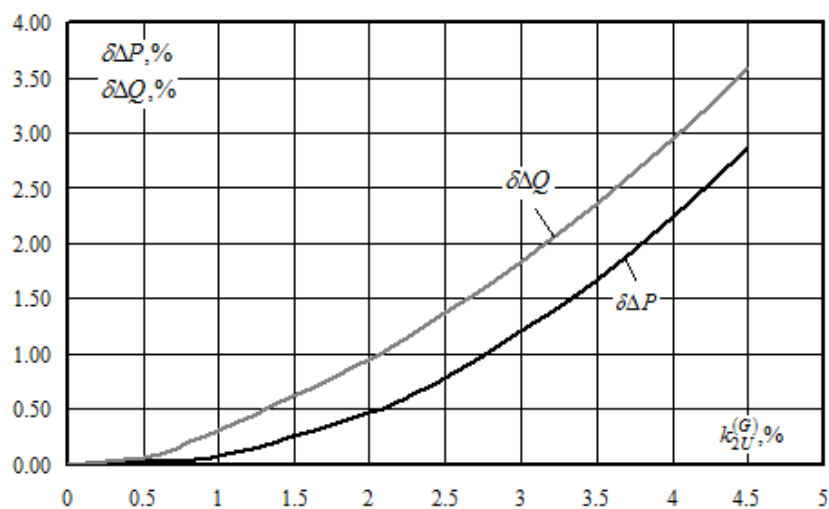


Рис. 13. Зависимости $\delta\Delta P = \delta\Delta P(k_{2U}^{(G)})$, $\delta\Delta Q = \delta\Delta Q(k_{2U}^{(G)})$:

$$\delta\Delta P = \frac{\Delta P^{(AH)} - \Delta P^{(L)}}{\Delta P^{(L)}} \cdot 100\%; \quad \delta\Delta Q = \frac{\Delta Q^{(AH)} - \Delta Q^{(L)}}{\Delta Q^{(L)}} \cdot 100\%$$



Из анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Асинхронная нагрузка создает симметрирующий эффект, заключающийся в уменьшении несимметрии на приемном конце ЛЭП по сравнению со случаем питания статической нагрузки; в расчетном примере снижение $k_{2U}^{(L)}$ при наличии АН достигало 32%.

2. В несимметричном режиме работы сети, питающей асинхронную нагрузку, имеет место увеличение потерь в ЛЭП из-за повышения тока обратной последовательности, потребляемого асинхронной нагрузкой в несимметричном режиме; в расчетном примере рост потерь достигал 3% по активной мощности и 3.5% – по реактивной; для сложной сети с многочисленными узлами АН рост потерь в абсолютном исчислении может достигать значительных величин; поэтому данный эффект следует учитывать при определении потерь мощности и энергии в несимметричных режимах.

Заключение

1. На основе компьютерного моделирования показана необходимость учета коэффициентов загрузки асинхронных электродвигателей при моделировании несимметричных режимов.

2. Величина симметрирующего эффекта, создаваемого асинхронной нагрузкой, уменьшается с ростом коэффициентов загрузки двигателей; в расчетном примере снижение симметрирующего эффекта при изменении коэффициента загрузки от 0.1 до 0.9 достигало 10%.

3. В несимметричном режиме работы сети, питающей асинхронную нагрузку, имеет место увеличение потерь мощности в питающей ЛЭП из-за повышения тока обратной последовательности, потребляемого асинхронной нагрузкой в несимметричном режиме; в расчетном примере рост потерь достигал 3% по активной мощности и 3.5% – по реактивной мощности.

Статья поступила 02.12.2014 г.

Библиографический список

1. Маркушевич Н.С., Солдаткина Л.А. Качество напряжения в городских электрических сетях. М.: Энергия, 1975. 256 с.
2. Левин М.С., Мурадян А.Е., Сырых Н.Н. Качество электроэнергии в сетях сельских районов. М.: Энергия, 1975. 224 с.
3. Тимофеев Д.В. Режимы в электрических системах с тяговыми нагрузками. М.: Энергия, 1972. 296 с.
4. Закарюкин В.П., Крюков А.В. Сложнонесимметричные режимы электрических систем. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2005. 273 с.
5. Крюков А.В., Закарюкин В.П. Методы совместного моделирования систем тягового и внешнего электроснабжения железных дорог переменного тока. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2011. 170 с.
6. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Ушаков В.А., Алексеенко В.А. Оперативное управление в системах электроснабжения железных дорог. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2012. 129 с.
7. Крюков А.В., Ле Конг Зань. Учет асинхронной нагрузки при моделировании систем тягового электроснабжения железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. № 3 (35). 2012. С. 116–122.
8. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Ле Конг Зань. Математические модели узлов нагрузки электроэнергетических систем, построенные на основе фазных координат. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2013. 176 с.
9. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Ле Конг Зань. Моделирование несимметричных режимов электроэнергетических систем с учетом асинхронной нагрузки // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 2 (38). С. 124–132.
10. Крюков А.В., Ле Конг Зань. Влияние двигательной нагрузки на уровень несимметрии в электрических сетях // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2012. Т. 2. С. 51–57.
11. Крюков А.В., Ле Конг Зань. Определение уровней гармонических искажений в узловых точках электрической сети при дефиците измерительной информации // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 1 (37). С. 96–100.
12. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Ле Конг Зань. Моделирование узлов комплексной нагрузки в фазных координатах // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2013. Т. 2. С. 42–47.
13. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Ле Конг Зань. Идентификация асинхронной нагрузки // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 2 (22). С. 56–61.
14. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Ле Конг Зань. Определение параметров асинхронной нагрузки // Вестник ИрГТУ. 2014. № 6 (89). С. 172–178.
15. Закарюкин В.П., Крюков А.В., Ле Конг Зань. Параметрическая идентификация моделей узлов асинхронной нагрузки // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2014. Т. 2. С. 20–26.
16. Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е., Хачатрян Э.А. Устойчивость нагрузки электрических систем. М.: Энергоиздат, 1981. 208 с.
17. Крюков И.П., Неклепаев Б.Н., Старшинов В.А. [и др.]. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования. М.: Академия, 2005. 416 с.
18. Жуков В.В., Неклепаев Б.Н. Эквивалентное сопротивление обратной последовательности узлов комплексной нагрузки // Электричество. 1975. № 10. С. 57–60.



УДК 621.313.282.2

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОВОДИМОСТЕЙ ДЛЯ УЧЕТА СИЛЫ ОДНОСТОРОННЕГО МАГНИТНОГО ПРИТЯЖЕНИЯ АСИММЕТРИЧНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТА© Л.А. Нейман¹, В.Ю. Нейман²

Новосибирский государственный технический университет,
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.

Методом проводимостей дана количественная оценка точности определения силы одностороннего магнитного притяжения якоря при конструктивной асимметрии электромагнита с прямоугольной геометрией магнитопровода. С помощью конечно-элементного моделирования магнитного поля в программе FEMM определены относительные погрешности расчета указанной силы. Показано, что применение метода проводимостей обеспечивает относительно высокую точность для практических расчетов при условии точного определения индукции в местах сопряжения силовых подвижных и неподвижных элементов конструкции магнитопровода.

Ключевые слова: сила одностороннего магнитного притяжения; асимметричный электромагнит; конечно-элементное моделирование; точность расчета.

CONDUCTIVITIES METHOD APPLICATION FOR ACCOUNTING ASYMMETRICAL ELECTROMAGNET SINGLE-SIDE MAGNETIC ATTRACTION FORCE

L.A. Neyman, V.Yu. Neyman

Novosibirsk State Technical University,
20 K. Marx pr., Novosibirsk, 630073, Russia.

The calculation accuracy of the armature one-side magnetic attraction force has been estimated by the conductivities method under constructive asymmetry of the electromagnet with a rectangular magnetic core. Relative errors in this force calculation accuracy are determined by means of magnetic field finite-element simulation in FEMM software. It is shown that the conductivities method provides relatively high accuracy of engineering calculations under condition of accurate determination of induction in the mating places of magnetic core moving and stationary elements.

Keywords: force of single-side magnetic attraction; asymmetrical electromagnet; finite-element simulation; calculation accuracy.

Для механизации технологических процессов и производств широкое применение получили электромагнитные импульсные машины, генерирующие большие по величине и кратковременные по длительности усилия [1–8].

В качестве силового исполнительного элемента таких машин используются электромагнитные двигатели или электромагниты различного конструктивного исполнения и способа управления [9–13]. Основы их рационального конструирования, уменьшение веса, габаритов, потребляемой энергии и т.д., а также совершенствование инженерных методик по их расчету были и по-прежнему остаются актуальными вопросами при проектировании данных устройств [14–17].

Среди всего многообразия конструктивных схем следует выделить соленоидные и короткоходовые шихтованные системы с прямоугольной в сечении конфигурацией магнитопровода, как обладающие более низкими удельными магнитными потерями в стальных элементах конструкции [1].

Особенностью конструкций большинства из них является наличие технологического нерабочего зазо-

ра, образованного в местах сопряжений поверхностей поступательно движущегося якоря и неподвижных полюсов. Неизбежное отклонение якоря в пределах нерабочего зазора, определяемого допуском размеров, нарушает магнитную симметрию, а неравномерное поле является результатом возникновения силы одностороннего притяжения. Это увеличивает потери на трение при движении якоря, учет которых особенно важен при составлении точных динамических моделей электромагнитных устройств. Точность вычислений во многом будет зависеть от точности в определении усилия одностороннего магнитного притяжения. Исследования показывают, что возникающие усилия одностороннего притяжения в зависимости от асимметрии могут превышать движущее усилие $\bar{F}_{эм}$ в рабочем воздушном зазоре. Если для конструкций броневых цилиндрических электромагнитов этот вопрос давно изучен, то для электромагнитов с прямоугольным геометрическим профилем магнитной цепи сведений явно недостаточно.

¹Нейман Людмила Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехнических комплексов, тел.: (383) 3461791, e-mail: neyman@ngs.ru

Neyman Lyudmila, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Electrotechnical Complexes, tel.: (383) 3461791, e-mail: neyman@ngs.ru

²Нейман Владимир Юрьевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой теоретических основ электротехники, тел.: (383) 3460442, e-mail: nv.nstu@ngs.ru

Neyman Vladimir, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Theoretical Bases of Electrical Engineering, tel.: (383) 3460242, e-mail: nv.nstu@ngs.ru

В представленном исследовании излагаются результаты сравнения аналитического расчета силы одностороннего магнитного притяжения, полученные методом проводимостей, с результатами численного эксперимента, выполненного для электромагнитов с прямоугольным геометрическим профилем магнитной цепи.

Упрощенная картина поля, ограниченная только областью нерабочего зазора, сосредоточенного в объеме между поступательно движущимся якорем и охватывающими его параллельными неподвижными полюсами с прямоугольным профилем при наличии конструктивной асимметрии, изображена на рис. 1. Основной расчет выполнялся для соленоидного электромагнита с размерами полюсов и якоря $a = 16$ мм, $b = 40$ мм, $c = 30$ мм (рис. 1). Нерабочий технологический зазор при симметричном положении якоря $\Delta = 1$ мм. Суммарная намагничивающая сила катушки $Iw = 450$ А.

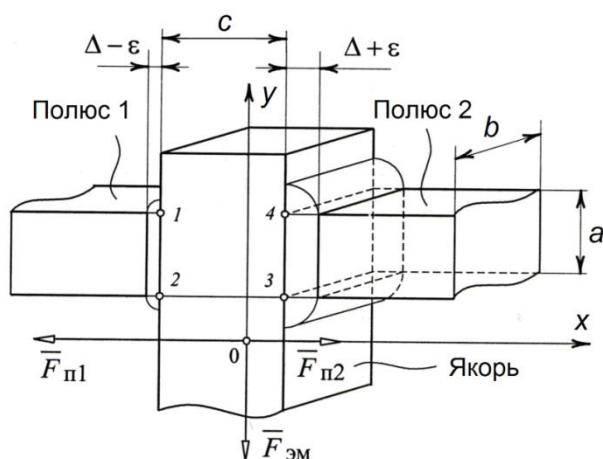


Рис. 1. Участки магнитопровода в местах сопряжения якоря и неподвижных полюсов

При симметричном положении якоря ($\epsilon = 0$) усилия, возникающие в нерабочих зазорах, равны по модулю и равнодействующее усилие одностороннего магнитного притяжения, совпадающее с направлением смещения якоря относительно осевой линии симметрии, согласно рис. 1, равно нулю $\bar{F}_\epsilon = \bar{F}_{n1} + \bar{F}_{n2} = 0$.

При асимметрии $|\bar{F}_{n1}| \neq |\bar{F}_{n2}|$, что приводит к возникновению усилия одностороннего магнитного притяжения якоря: $\bar{F}_\epsilon \neq 0$. Для определения силы одностороннего магнитного притяжения может быть рассмотрено решение (как одно из возможных) для магнитной проводимости межполюсного пространства, свободного от объема, занятого ферромагнитными участками якоря и полюсов (рис. 1).

Учитывая относительно простую картину поля, сосредоточенного в областях нерабочего зазора, и пренебрегая потоками выпучивания вблизи краев полю-

сов, магнитная проводимость внутренних участков параллельных плоскостей может быть определена по выражению

$$\Lambda_1 = \mu_0 \frac{ab}{\Delta - \epsilon}; \quad \Lambda_2 = \mu_0 \frac{ab}{\Delta + \epsilon},$$

а их производная – по величине смещения ϵ относительно оси симметрии:

$$\frac{d\Lambda_1}{d\epsilon} = \mu_0 \frac{ab}{(\Delta - \epsilon)^2}, \quad \frac{d\Lambda_2}{d\epsilon} = -\mu_0 \frac{ab}{(\Delta + \epsilon)^2}.$$

Усилия, возникающие в нерабочих зазорах у первого и второго полюсов, определим по формулам:

$$\bar{F}_{n1} = \frac{(Iw)^2}{2} \frac{d\Lambda_1}{d\epsilon} = \frac{(Iw)^2}{2} \mu_0 \frac{ab}{(\Delta - \epsilon)^2}, \quad (1)$$

$$\bar{F}_{n2} = \frac{(Iw)^2}{2} \frac{d\Lambda_2}{d\epsilon} = -\frac{(Iw)^2}{2} \mu_0 \frac{ab}{(\Delta + \epsilon)^2}. \quad (2)$$

Без учета сопротивления стальных участков магнитопровода на основании закона полного тока находим:

$$Iw = \frac{B_{n1}}{\mu_0} (\Delta - \epsilon), \quad (3)$$

$$Iw = \frac{B_{n2}}{\mu_0} (\Delta + \epsilon) \quad (4)$$

После подстановки (3) и (4) в (1) и (2) получим:

$$\bar{F}_{n1} = \frac{B_{n1}^2}{2} \frac{ab}{\mu_0}, \quad \bar{F}_{n2} = -\frac{B_{n2}^2}{2} \frac{ab}{\mu_0}.$$

Приведенные выражения полностью идентичны формуле Максвелла при определении силы между двумя параллельными плоскостями для случая однородного поля.

Величина усилия одностороннего магнитного притяжения может быть определена как векторная сумма сил:

$$F_\epsilon = \bar{F}_{n1} + \bar{F}_{n2} = \frac{B_{n1}^2 ab}{2 \mu_0} - \frac{B_{n2}^2 ab}{2 \mu_0} = \frac{(B_{n1}^2 - B_{n2}^2) ab}{2 \mu_0}. \quad (5)$$

Точность в определении усилия одностороннего магнитного притяжения по выражению (5) во многом будет зависеть от точности в определении значений индукции в нерабочих зазорах, что на этапе предварительного расчета может вызвать определенные затруднения.

Проверка точности расчета по выражению (5) вы-

полнялась посредством сравнения с результатами численного моделирования магнитного поля в программе FEMM [18, 19]. В качестве примера на рис. 2 изображены картины линий магнитного потока (показаны только области, ограниченные нерабочим зазором в основной плоскости) для симметричного (рис. 2, а) и асимметричного (рис. 2, б–е) положения якоря.

Расчет усилия осуществлялся через интегральные характеристики поля в режиме параметров контура по тензору силы Максвелла [15, 18]. Также в режиме параметров контура определялась индукция в нерабочих зазорах, значения которой использовались при расчете усилия по выражению (5). На рис. 1 показаны обозначенный цифрами 1, 2, 3, 4 контур для ин-

тегрирования по линии и построение графика изменения модуля магнитной индукции вдоль поверхности, примыкающей к якорю, и через его сечение (рис. 3).

Распределение модуля индукции по указанному контуру интегрирования в случае магнитной асимметрии построено для некоторых фиксированных значений отклонений $\varepsilon = 0 \dots 1,0$ мм (рис. 3, а–е).

Результаты расчета по выражению (5) и численному эксперименту сведены в таблицу, где указаны также значения относительных погрешностей в определении усилий одностороннего магнитного притяжения якоря.

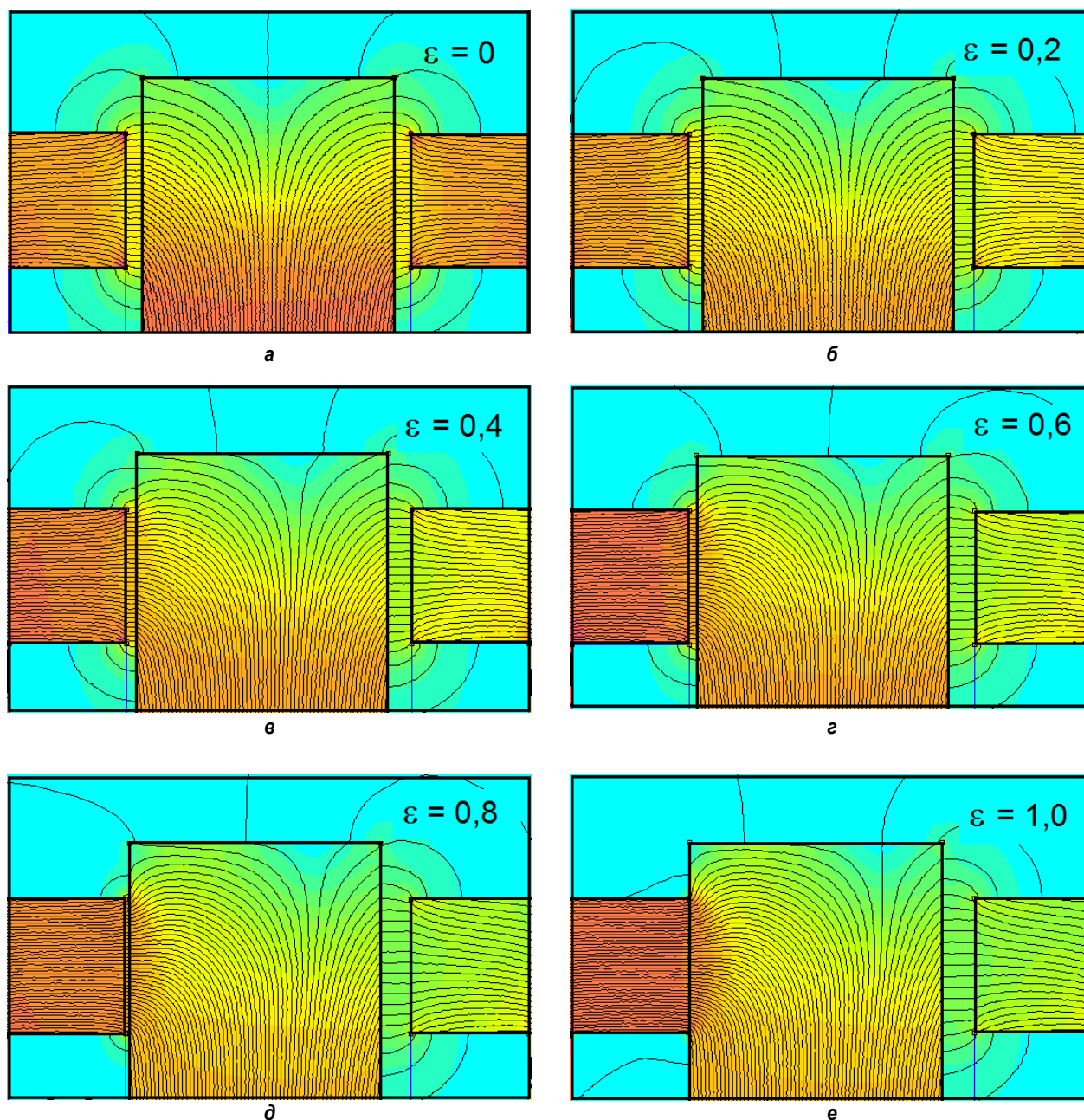


Рис. 2. Картины линий магнитного потока при симметричном и асимметричном положении якоря

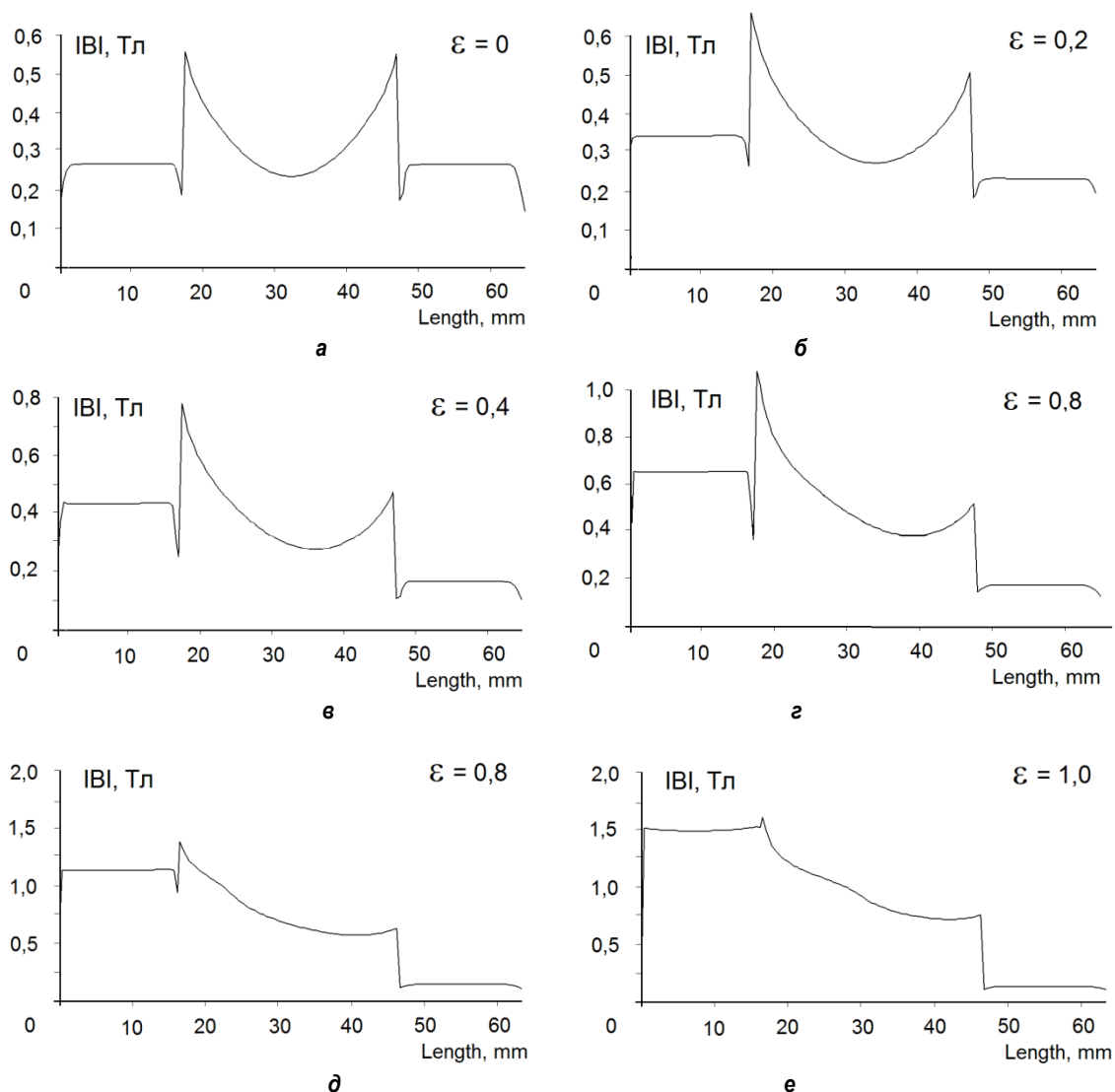


Рис. 3. Распределение модуля магнитной индукции по контуру интегрирования в зависимости от асимметрии электромагнита

Результаты сравнения силы одностороннего магнитного притяжения якоря

Величина асимметрии ε , мм	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Сила одностороннего магнитного притяжения (расчет) F_ε , Н	15,63	40,63	101,59	322,75	565,81
Сила одностороннего магнитного притяжения (численный эксперимент) F_ε , Н	15,69	40,23	101,23	321,39	564,64
Относительная погрешность вычислений, %	0,38	0,98	0,35	0,42	0,21

Как следует из таблицы, точность вычислений достаточно высока, и это при том, что краевым эффектом в расчетах проигнорировали. Несмотря на кажущуюся простоту вычислений силы одностороннего магнитного притяжения якоря, точность метода во многом зависит от точности определения индукции в объемах, занятых нерабочими зазорами, которая в зависимости от асимметрии может отличаться в два и более раз (рис. 3).

Из сказанного выше можно сделать следующие выводы:

1. Применение метода проводимостей для опре-

деления силы одностороннего магнитного притяжения в силовых элементах конструкции электромагнита с прямоугольным геометрическим профилем магнитной цепи обеспечивает относительно высокую точность для практических расчетов только при условии точного определения индукции в местах их сопряжения.

2. Преимуществами разработанного метода решения являются простота и удобство расчета. При этом для повышения точности расчета значения индукции целесообразно определять с учетом магнитных сопротивлений участков магнитопровода.

Статья поступила 13.11.2014 г.



Библиографический список

1. Ряшенцев Н.П., Угаров Г.Г., Львицин А.В. Электромагнитные прессы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 216 с.
2. Пат. № 2127017, РФ, МКИ H02K 33/02. Способ управления однообмоточным линейным электромагнитным двигателем ударного действия / Г.Г. Угаров, В.Ю. Нейман, К.М. Усанов; № 95119633/09; заявл. 21.11.95; опубл. 27.02.99. Бюл. № 6.
3. Нейман В.Ю., Скотников А.А., Нейман Л.А. Тенденции в развитии конструкций синхронных двухобмоточных электромагнитных машин для импульсных технологий // Актуальные проблемы энергетики АПК: мат-лы II междунар. науч.-практ. конф. Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. 2011. С. 209–211.
4. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Рабочий цикл двухкатушечной синхронной электромагнитной машины со свободным выбегом бойка // Известия вузов. Электромеханика. 2013. № 6. С. 48–52.
5. Нейман Л.А. Анализ процессов энергопреобразования в однокатушечной синхронной электромагнитной машине с двухсторонним выбегом бойка // Известия Томского политехнического университета. 2013. № 4. Т. 323. С. 112–116.
6. Нейман Л.А. Синхронный электромагнитный механизм для виброударного технологического оборудования // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2014. № 6 (207). С. 17–19.
7. Нейман В.Ю. Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. 2003. № 9. С. 25–30.
8. Нейман В.Ю. Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с предварительным аккумулярованием магнитной энергии в динамических режимах // Электротехника. 2003. № 2. С. 30–36.
9. Нейман В.Ю., Скотников А.А., Нейман Л.А. Структурный анализ синхронных электромагнитных машин ударного действия // Автоматизированные электромеханические системы: сб. науч. тр. / под общ. ред. В.Н. Аносова. Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2011. С. 106–120.
10. Нейман Л.А. К решению задачи рационального выбора электромагнитного двигателя заданного габарита и веса на основе численного эксперимента // Научный вестник НГТУ. 2013. № 4. С. 184–190.
11. Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия // Научный вестник НГТУ. 2013. № 4. С. 177–183.
12. Нейман Л.А., Рогова О.В. К исследованию тяговых характеристик электромагнитных приводов с учетом зубчатости элементов магнитопровода // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. 2013. № 1 (20). С. 100–108.
13. Мошкин В.И., Нейман В.Ю., Угаров Г.Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та. 2010. 220 с.
14. Нейман Л.А., Скотников А.А., Нейман В.Ю. Исследование нагрева электромагнитного двигателя в переходных режимах // Известия вузов. Электромеханика. 2012. № 6. С. 50–54.
15. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Расчет показателя экономичности силового электромагнита постоянного тока с помощью моделирования магнитного поля // Транспорт: Наука, техника, управление: Науч. информ. сб. М.: Изд-во ВИНТИ. 2008. № 6. С. 21–24.
16. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Сравнение геометрически подобных систем электромагнитов по условию постоянства теплового критерия // Электротехника. 2011. № 12. С. 14–16.
17. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Предельные силовые характеристики электромагнитных двигателей постоянного тока // Электротехника. 2009. № 12. С. 61–67.
18. Петрова А.А., Нейман В.Ю. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока // Сб. науч. тр. Новосибирского государственного технического университета. 2008. № 2. С. 101–108.
19. Neyman V.Yu., Neyman L.A., Petrova A.A. Calculation of efficiency of DC electromagnet for mechanotronic systems // IFOST 2008: Proceedings of the 3d International Forum on Strategic Technology, June 23–29. 2008. Novosibirsk, Tomsk. P. 452–454.

УДК 621.311

СНИЖЕНИЕ ПРОВАЛОВ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕТЯГОВЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ© Чан Зюй Хынг¹

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

На основе компьютерного моделирования показано, что глубокие провалы напряжения в системах электроснабжения нетяговых потребителей электроэнергии железных дорог могут быть снижены на основе применения сетевых кластеров и литий-ионных накопителей электроэнергии. Существует принципиальная возможность уменьшения длительности провалов напряжения небольшой глубины на основе регулирования коэффициента модуляции инвертора.

Ключевые слова: системы электроснабжения нетяговых потребителей; сетевой кластер; провал напряжения.

DECREASING VOLTAGE DIPS IN POWER SUPPLY SYSTEMS OF NON-TRACTION RAILWAY CONSUMERS**Tran Duy Hung**

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

¹Чан Зюй Хынг, аспирант, тел.: 9041154347, e-mail: tranduyhung86@mail.ru
Tran Duy Hung, Postgraduate, tel.: 9041154347, e-mail: tranduyhung86@mail.ru

Using computer modeling it is shown that deep voltage dips in the power supply systems of non-traction railway consumers of electric power can be lowered due to the application of network clusters and lithium ion energy storage units. There is a possibility in principle to reduce the duration of insignificant voltage dips based on the regulation of the inverter modulation coefficient.

12 figures. 14 sources.

Keywords: power supply systems of non-traction consumers; network cluster; power failure.

Введение. Под провалом напряжения (ПН) понимается кратковременное снижение или полная потеря его действующего значения (RMS) [1]. Параметрами провала являются длительность и значение минимальной величины остаточного напряжения, обычно выражаемое в процентах от номинального RMS. При возникновении ПН требуемая энергия не поступает к нагрузке в полном объеме, что может приводить к существенному экономическому ущербу. На предприятиях железнодорожного транспорта весьма велика доля оборудования для цифровой обработки данных, крайне чувствительного к провалам напряжения, поэтому задача снижения ущербов от ПН в районах электроснабжения (РЭС) нетяговых потребителей имеет несомненную актуальность [1, 2]. В работах [3–14] предложено использовать в РЭС сетевые кластеры, построенные на основе вставок постоянного тока (ВПТ). Применение такой структуры позволяет получить ряд положительных эффектов, связанных с повышением надежности электроснабжения и качества электроэнергии по отклонениям, несимметрии и несинусоидальности напряжения. В статье приведены результаты исследований, направленных на снижение провалов напряжения с помощью ВПТ.

Постановка задачи. Схема сетевого кластера представлена на рис. 1. В состав ВПТ входит выпрямитель и инвертор. Для повышения гибкости системы электроснабжения потребителей, объединенных в

сетевой кластер, может использоваться связь, шунтирующая ВПТ – байпас.

На основе ВПТ решается задача уменьшения длительности провалов напряжения, а также их полной ликвидации. Для этого можно использовать следующие методы:

- применение литий-ионных накопителей энергии (НЭ), подключаемых на стороне постоянного тока;
- регулирование коэффициента модуляции инвертора.

Ниже приведены результаты моделирования, позволяющие оценить эффективность указанных методов снижения (ликвидации) ПН.

Результаты моделирования. Моделирование ВПТ с литий-ионным аккумулятором осуществлялось в среде Matlab с использованием пакета SimPowerSystem. Схема модели представлена на рис. 2.

Результаты моделирования в виде осциллограмм мгновенных и действующих значений напряжений на шинах 6 кВ сетевого кластера представлены на рис. 3–6. Провал напряжения создавался отключением основного питания в момент времени $t = 1$ с. При $t = 2$ с электроснабжение восстанавливалось. Моделирование осуществлялось в двух вариантах:

- при отсутствии литий-ионного аккумулятора (рис. 3, 4);
- при наличии накопителя электроэнергии (рис. 5, 6).

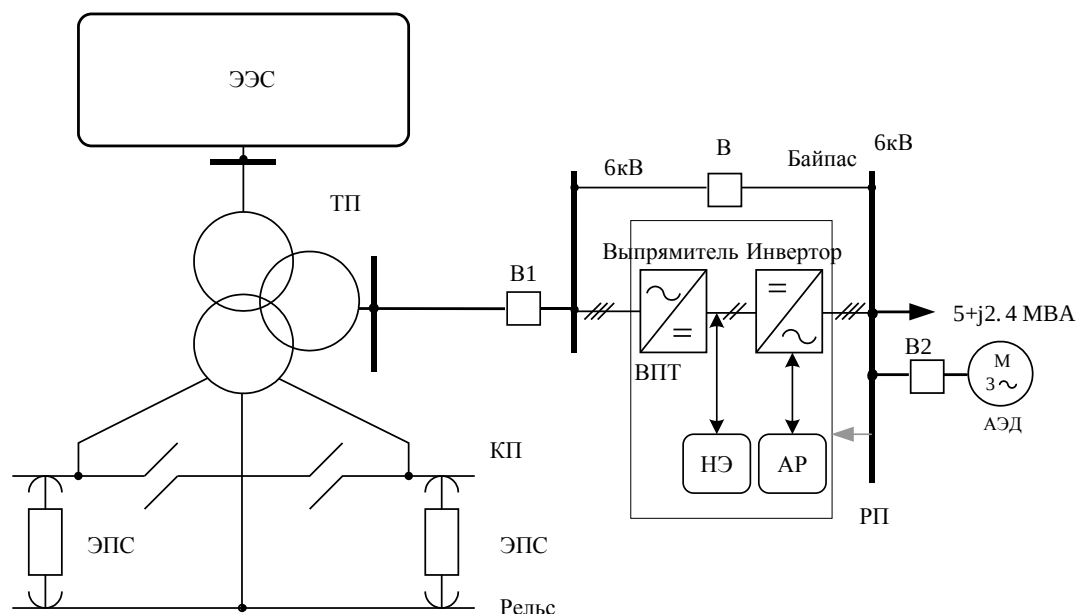


Рис. 1. Схема сетевого кластера:

ТП – тяговая подстанция; ЭПС – электроподвижной состав; РП – распределительный пункт 6 кВ;
КП – контактная подвеска; НЭ – накопитель энергии (литий-ионный аккумулятор);
АР – автоматический регулятор коэффициента модуляции инвертора; АЭД – асинхронный двигатель

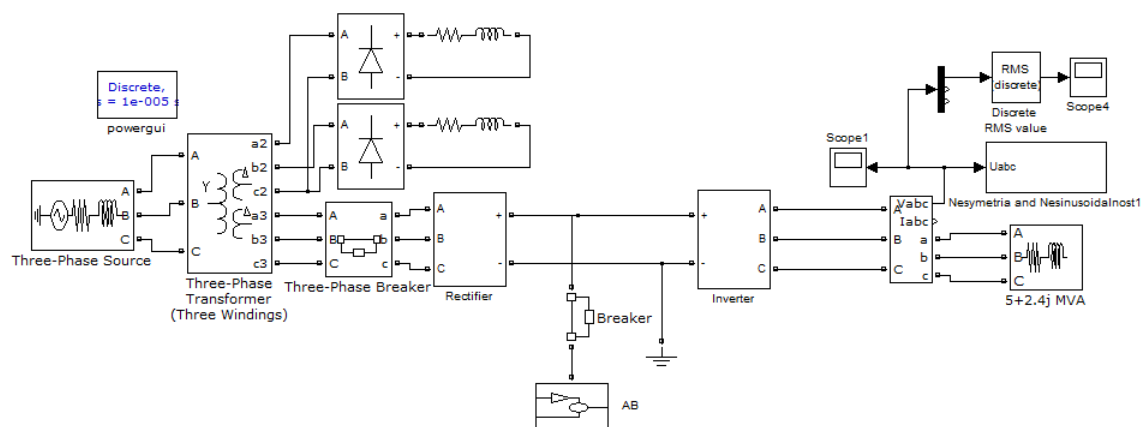


Рис. 2. Схема модели ВПТ

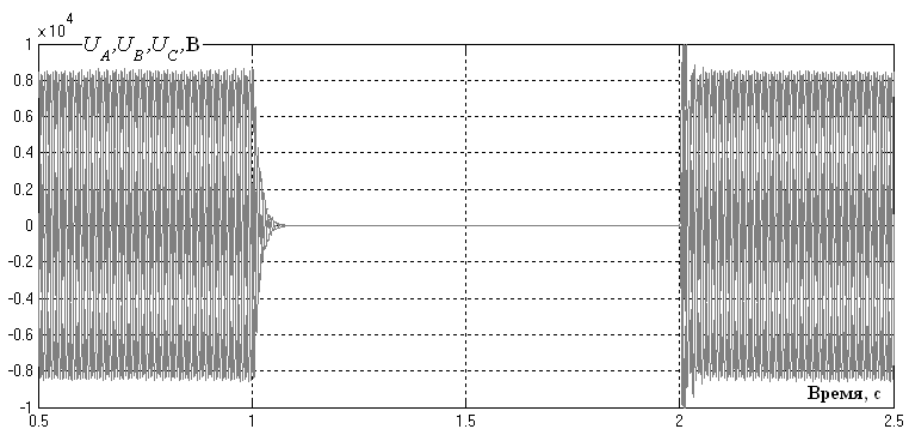


Рис. 3. Осциллограмма амплитудных значений напряжений на шинах 6 кВ кластера при провале

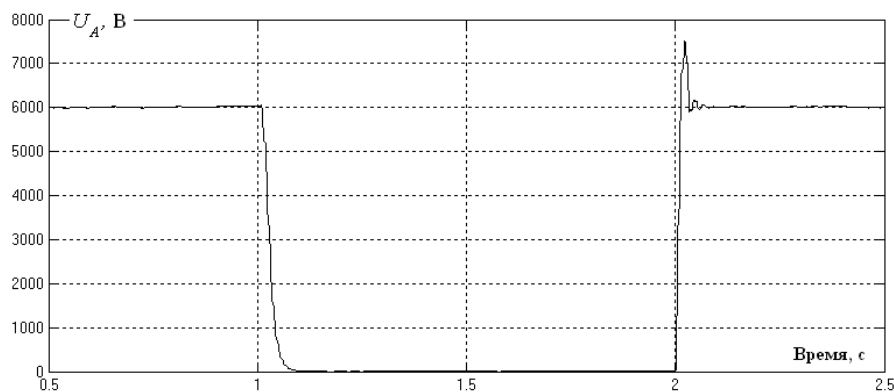


Рис. 4. Осциллограмма действующего значения напряжения фазы А на шинах 6 кВ кластера при провале

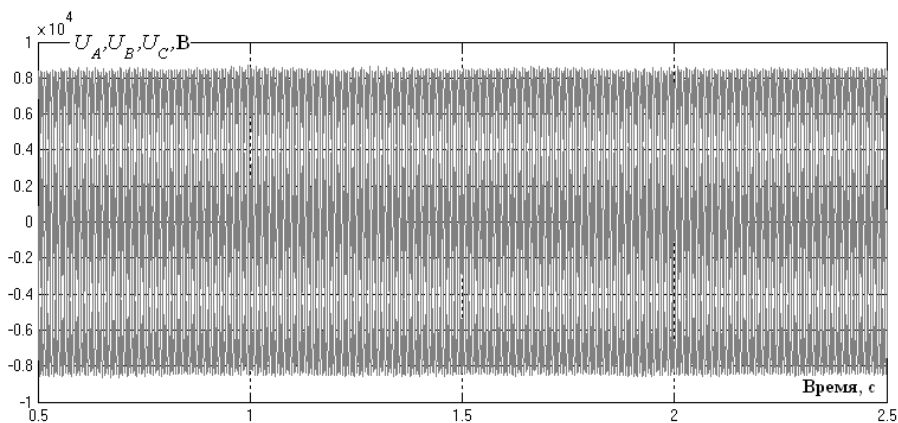


Рис. 5. Осциллограмма амплитудных значений напряжений на шинах 6 кВ при наличии НЭ

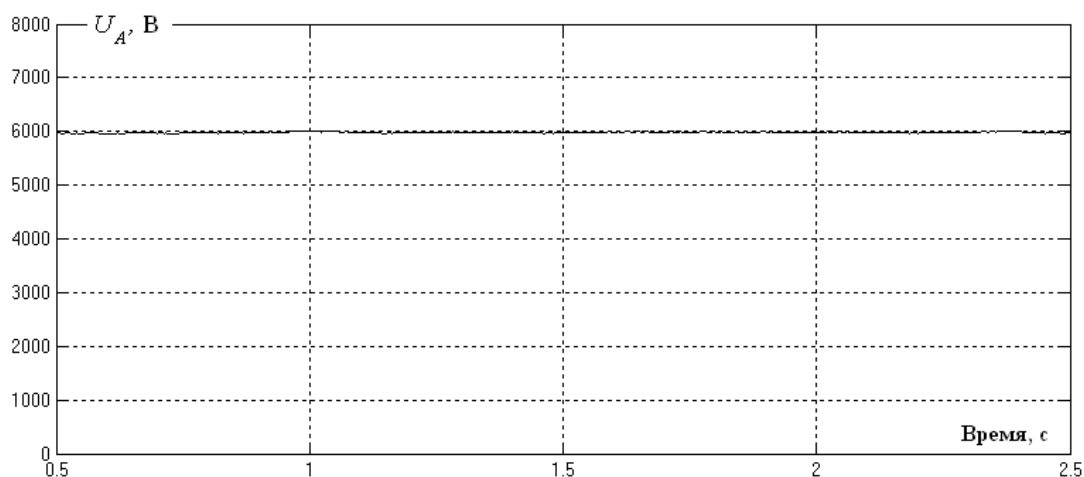


Рис. 6. Осциллограмма действующего значения напряжения фазы A на шинах 6 кВ при наличии НЭ

Моделирование ВПТ с регулированием коэффициента модуляции инвертора также осуществлялось в

среде Matlab с использованием пакета SimPowerSystem. Схема модели представлена на рис. 7, 8.

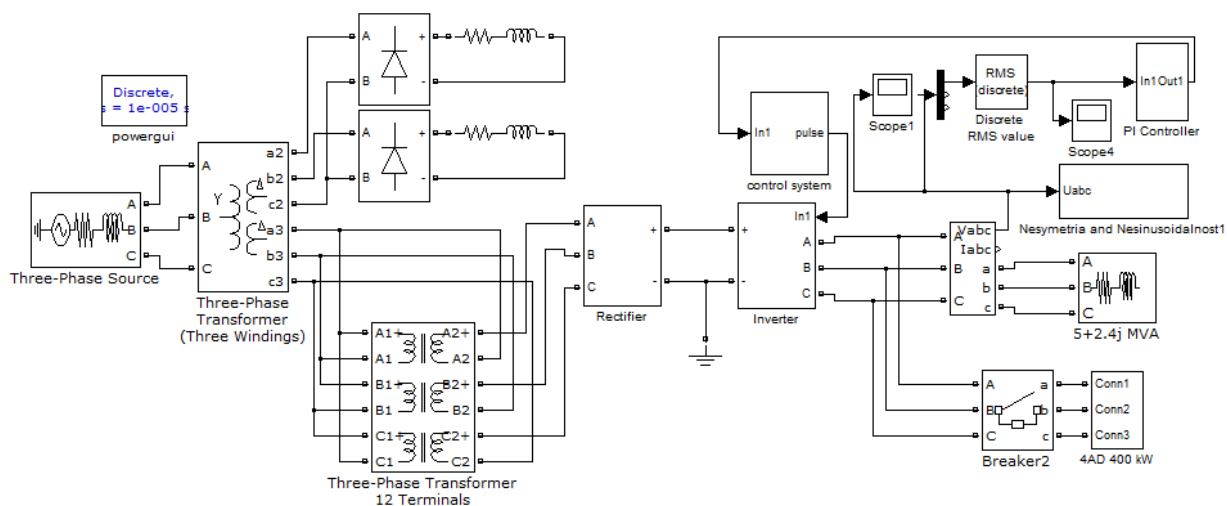


Рис. 7. Схема модели

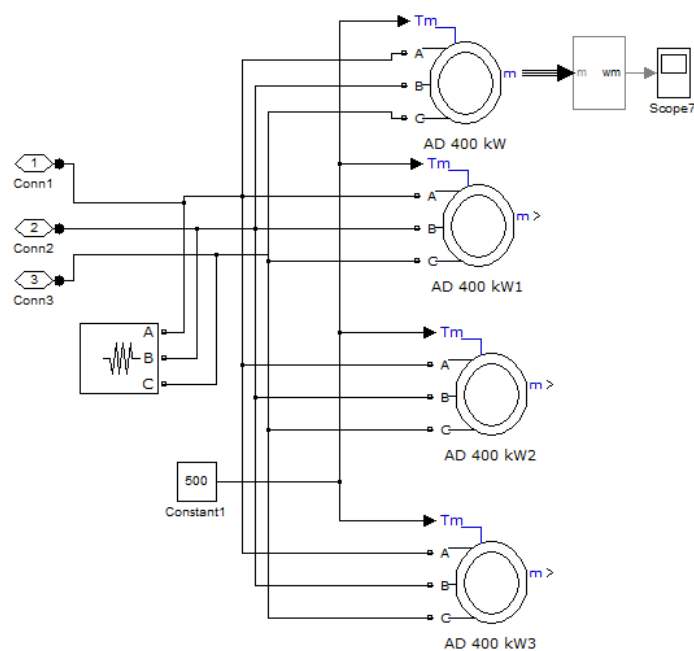


Рис. 8. Модель кластера при асинхронной нагрузке



Результаты моделирования в виде осциллограмм мгновенных и действующих значений напряжений на шинах 6 кВ сетевого кластера представлены на рис. 9–12. Провал напряжения создавался запуском 4 асинхронных двигателей общей мощностью 1,6 МВт в момент времени $t = 1$ с. RMS напряжения снижалось примерно на 22% от среднономинального значения

$U_{CP} = 6,3$ кВ. Моделирование осуществлялось в двух вариантах:

- с постоянным значением коэффициента модуляции k_{MOD} инвертора (рис. 9, 10);
- при регулировании k_{MOD} (рис. 11, 12).

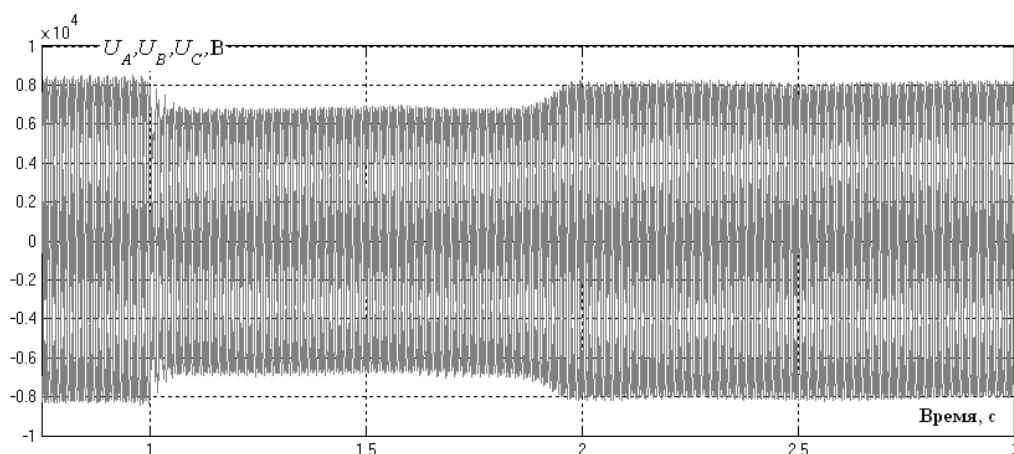


Рис. 9. Осциллограмма амплитудных значений напряжений на шинах 6 кВ кластера при провале

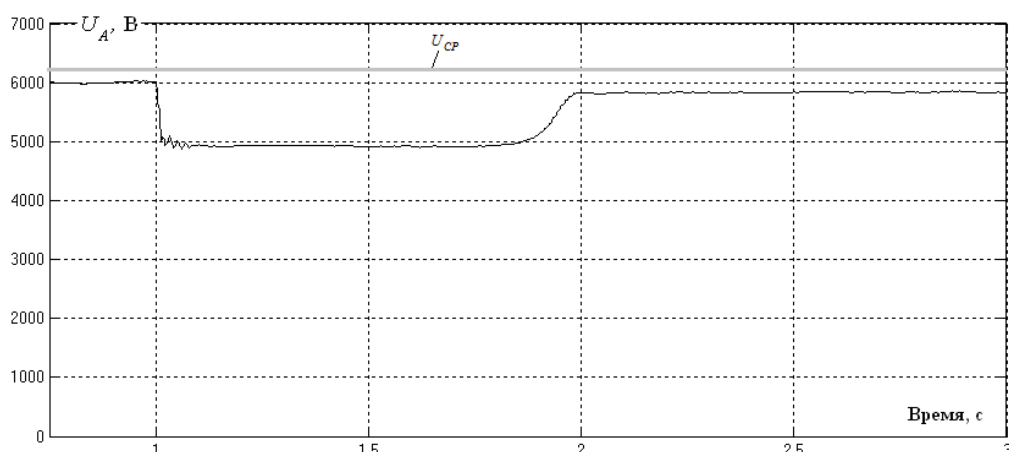


Рис. 10. Осциллограмма действующего значения напряжения фазы А на шинах 6 кВ кластера при провале

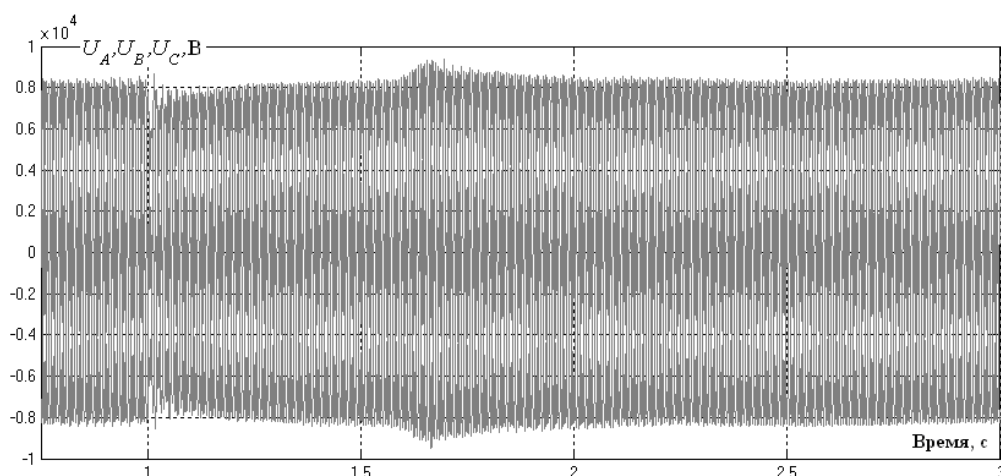


Рис. 11. Осциллограмма амплитудных значений напряжений на шинах 6 кВ при наличии автоматического регулирования коэффициента модуляции

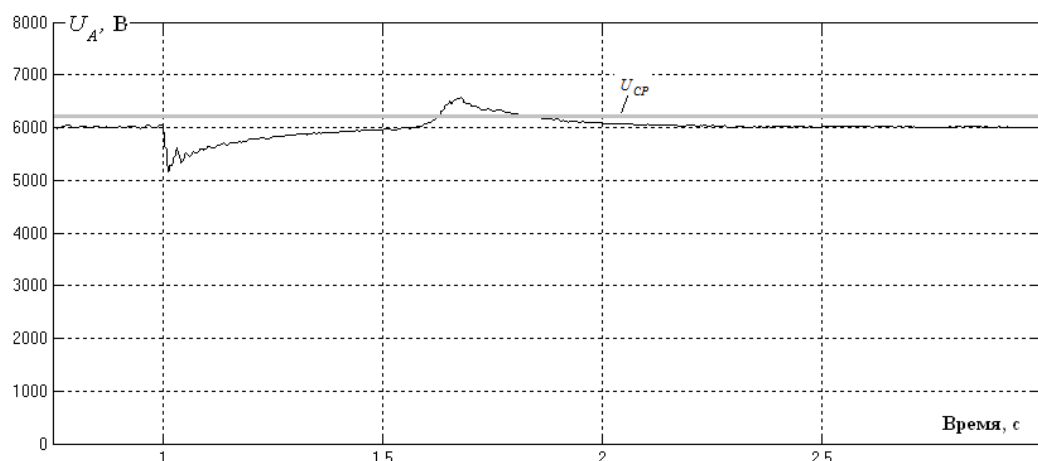


Рис. 12. Осциллограмма действующего значения напряжения фазы А на шинах 6 кВ при наличии автоматического регулирования коэффициента модуляции

Закключение. Из анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- с помощью литий-ионных накопителей энергии и вставок постоянного тока может быть решена задача обеспечения надежного электроснабжения при провалах напряжения в системах электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог переменного тока;
- показана принципиальная возможность снижения длительности провалов напряжения небольшой глубины на основе регулирования коэффициента модуляции инвертора; такие провалы могут часто возникать в РЭС, например, вследствие пуска электродви-

гателей; достоинство данного способа состоит в незначительных дополнительных затратах, связанных с установкой устройства автоматического регулирования величины k_{MOD} ;

- при отключении дополнительной нагрузки наблюдается кратковременное повышение напряжения; в рассматриваемой модели величина U достигает 110% от значения U_{CP} , что является вполне допустимым; следует отметить, что наблюдаемый всплеск снижается на основе ограничителей напряжения.

Статья поступила 27.11.2014 г.

Библиографический список

1. Чэпмэн Д. Провалы напряжения: введение // Энергосбережение. 2005. № 4. С. 93–98.
2. Бардушко В.Д., Закарюкин В.П., Крюков А.В. Принципы построения систем электроснабжения железнодорожного транспорта. Москва: Теплотехник, 2014. 166 с.
3. Арсентьев М.О., Арсентьев О.В., Крюков А.В. Системы электроснабжения железнодорожного транспорта с установками распределенной генерации. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2013. 152 с.
4. Арсентьев М.О., Арсентьев О.В., Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Распределенная генерация в системах электроснабжения железных дорог: монография. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2013. 164 с.
5. Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Влияние установок распределенной генерации на качество электроэнергии в системах электроснабжения железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 4 (36). С. 162–167.
6. Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Сетевые кластеры в системах электроснабжения железных дорог переменного тока // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 1 (17). С. 59–64.
7. Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Анализ симметрирующего эффекта распределенной генерации. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2012. С. 75–81.
8. Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Моделирование систем электроснабжения железных дорог, включающих сетевые кластеры // Информационные системы контроля и управления в промышленности и на транспорте. 2013. Вып. 22. С. 96–100.
9. Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Моделирование аварийных режимов в сетевых кластерах. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2013. Т. 2. С. 52–56.
10. Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Применение технологий сетевых кластеров в системах электроснабжения нетяговых потребителей железных дорог. Информационные и математические технологии в науке и управлении. Иркутск: Изд-во ИСЭМ СО РАН, 2013. Ч. I. С. 115–120.
11. Крюков А.В., Ушаков В.А., Чан Зюй Хынг. Снижение провалов напряжения в системах электроснабжения нетяговых потребителей. Транспортная инфраструктура Сибирского региона. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2014. Т. I. С. 52–57.
12. Крюков А.В., Ушаков В.А., Чан Зюй Хынг. Уменьшение динамических искажений напряжения в системах электроснабжения нетяговых потребителей. Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2014. Т. 2. С. 289–293.
13. Крюков А.В., Ушаков В.А., Чан Зюй Хынг. Моделирование провалов напряжения в системах электроснабжения нетяговых потребителей. Информационные и математические технологии в науке и управлении. Иркутск: Изд-во ИСЭМ СО РАН. Ч. I. 2014. С. 47–53.
14. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Чан Зюй Хынг. Нечеткие регуляторы для ветрогенерирующих установок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 7–8. С. 60–69.



УДК 338.43

НЕОБХОДИМОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАК ВАЖНЕЙШЕЙ ЧАСТИ ТРАДИЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ© Р.Ш. Абакарова¹

Дагестанский государственный институт народного хозяйства,
367008, Россия, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Д. Атаева, 5.

Изучены проблемы, препятствующие модернизации сельского хозяйства в РФ. В частности, речь идет об отсутствии квалифицированных кадров, необходимой поддержки инноваций и т.д. Немаловажную роль в модернизации АПК играет формирование современной инфраструктуры, которая подразумевает строительство дорог, жилья, открытие школ и учреждений культуры с целью привлечения в село молодежи и создания для нее достойного образа жизни. Обращено внимание на недостаточное финансирование развития сельского хозяйства в России.

Ключевые слова: аграрный сектор; модернизация; привлечение инвестиций; сельское хозяйство; продовольственная безопасность.

NEED FOR AGRICULTURE MODERNIZATION AS AN IMPORTANT PART OF TRADITIONAL ECONOMY**R.Sh. Abakarova**

Dagestan State Institute of National Economy,
5 D. Ataev St., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367008, Russia.

The article covers the problems hindering agriculture modernization in the Russian Federation. In particular, it discusses the lack of qualified personnel and required innovation support etc. An important role in agricultural sector modernization belongs to the formation of modern infrastructure that involves the construction of roads, housing, opening of schools and cultural institutions in order to attract young people to the village and create decent living standards for them. The paper also emphasizes the fact of insufficient funding of agricultural development in Russia.

Keywords: agricultural sector; modernization; investment attraction; agriculture; food security.

Базисом агропромышленного комплекса нашей страны является сельское хозяйство, но, вследствие своих специфических особенностей, для эффективного функционирования оно нуждается во всесторонней активной поддержке государства. Без такой поддержки аграрный сектор не имеет возможности динамично развиваться и быть конкурентоспособным в современных условиях рынка, так как многие сельхозпроизводители до сих пор к ним не приспособились. Необходимость модернизации АПК объясняется в первую очередь тем, что значительное количество сельскохозяйственной продукции многих регионов и страны в целом неконкурентоспособны, что проявляется в виде значительного роста импорта продовольствия. Модернизация содействует переходу к инновационной экономике, повышению ее конкурентоспособности, этим и определяется ее приоритетность [1–5].

Роль государства в модернизации сельскохозяйственной отрасли проявляется:

- в регуляции внешних воздействий, которые оказывают наиболее сильное влияние на дееспособность АПК;
- в стимуляции инвестиционной деятельности;
- в повышении благосостояния, уровня жизни и занятости граждан, проживающих в сельской местности, и в устойчивом развитии таких территорий.

Известно, что состояние аграрного сектора во

многом определяется его материально-технической обеспеченностью, которая зависит от наличия и объемов приобретения машин и оборудования, энергетических и других ресурсов. К сожалению, в России сейчас списание сельскохозяйственной техники происходит опережающими темпами по сравнению с ее поступлением. Машинный парк сокращается, и соответственно увеличивается нагрузка на одну машину. Для восстановления разрушенной материально-технической базы АПК необходим колоссальный приток инвестиций.

Сельскому хозяйству свойственна плохая восприимчивость к изменяющимся экономическим условиям из-за частых реформирований, которые не доводились до логического завершения и обычно заканчивались глубоким кризисом в отрасли, ухудшением социально-экономического состояния сельского населения. В конечном итоге это оказало пагубное влияние на доверие аграриев к большинству государственных инноваций в АПК. Именно поэтому сегодня основным инструментом решения проблем в сельскохозяйственном секторе российской экономики является инвестирование средств в развитие отрасли [2].

В современных быстроменяющихся условиях многократно возрастает и значение информационной компоненты инновационного развития АПК, своевременного и качественного оповещения сельхозпроиз-

¹Абакарова Рабият Шамсудиновна, преподаватель кафедры налогов и налогообложения, тел.: (8722) 565669, 89884689571, e-mail: abakarovarabiyat@mail.ru

Abakarova Rabiya, Lecturer of the Taxes and Taxation Department, tel.: (8722) 565669, (988) 4689571, e-mail: abakarovarabiyat@mail.ru

водителей об актуальных достижениях аграрной науки и возможностях их использования в практической деятельности на конкретной территории.

Важным условием для инноваций и их эффективной реализации в сельском хозяйстве является создание комплексной информационной системы, основанной на технологиях интегрированных баз данных, сети Интернет и механизмах надежной защиты информации. Уникальные разработки должны быть обеспечены необходимым диагностическим, экспериментальным, производственным и другим оборудованием.

Служба аграрного консультирования выступает связующим и передаточным звеном инновационной системы АПК, доводящим нововведения до конкретного товаропроизводителя на определенной сельской территории, существенно повышая тем самым его потенциальную конкурентоспособность [5].

Важнейшим фактором развития села является наличие в нем достаточного количества работоспособной молодежи самой разной квалификации. Следовательно, необходимо создавать для нее не только рабочие места, но и обеспечивать достойные условия для проживания, всестороннего развития и досуга молодых людей.

Отметим, что уровень развития аграрной сферы определяется также величиной и качеством продовольствия, потребляемого населением страны. В этой связи необходимо указать на снижение в РФ данного показателя. Такая ситуация сложилась вследствие низкой платежеспособности основной части населения, а также высокого уровня цен на отечественные продукты питания. Заметим, что в настоящее время лишь 10–20% россиян потребляют продовольствие на уровне средней рациональной нормы питания.

В последние два десятилетия отечественное сельскохозяйственное производство находится в тяжелом состоянии, которое автоматически переносится и на другие отрасли экономики, связанные с ним. Состояние экономики агропромышленного комплекса России можно характеризовать следующими фактами:

- продолжается снижение объемов производства продукции отрасли животноводства (скот в убойном весе, молоко и т.д.);
- импорт основных видов продовольствия (мясо, молоко, птица, овощи, фрукты и др.) составляет около половины потребности;
- разрушена материально-техническая база агропромышленного комплекса, применяются энергозатратные технологии и технические средства;
- сократилась численность сельского населения, а миграция увеличилась до уровня 1,5–2 млн человек в год;
- из севооборота выбыло более 42 млн га пашни;
- сократилось поголовье сельскохозяйственных животных в 2,5–3 раза;
- наблюдается высокий уровень убыточности сельскохозяйственных предприятий;
- ухудшилась обеспеченность агропромышленного комплекса кадрами;

– уничтожена система производственно-технологического и инженерно-технического обеспечения (технического сервиса) сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Несомненно, потенциал развития сельского хозяйства по-прежнему значителен, но реализуется он в рамках страны неудовлетворительно.

Можно выделить следующие приоритетные направления, которые определяют значение социальных преобразований на селе: демографическая ситуация, формирование рынка труда и занятости, проблемы сельской молодежи, бедность, развитие социальной и инженерной инфраструктуры сельских территорий.

В последние годы отмечается резкое несоответствие между численностью сельского населения и огромными размерами сельских территорий, в результате чего теряется контроль над ними.

Общая безработица в сельской местности растет. Повышается и уровень молодежной безработицы. Следует также отметить, что социальная и инженерная инфраструктура сельских территорий остается неудовлетворительной.

Особую остроту приобрела также проблема бедности сельских жителей: снижение занятости приводит к падению уровня жизни. Но данная проблема актуальна и для занятого населения, поскольку оплата труда в сельском хозяйстве ниже, чем в остальных отраслях экономики.

Важной проблемой стало сохранение природной среды при осуществлении сельхозпроизводства. Кроме этого, актуальность в настоящее время приобрела проблема производства экологически чистой продукции, обеспечения населения здоровыми и безопасными продуктами питания. Таким образом, существует необходимость в осуществлении мер по экологизации агропромышленного производства, в частности применении новых ресурсосберегающих и безопасных технологий [3].

Сельскому хозяйству принадлежит важная роль в обеспечении продовольственной независимости государства, что является одним из условий осуществления активной внешней политики страны и определяет политическую значимость этой отрасли экономики.

Правительства развитых стран поддерживают аграрный сектор прежде всего посредством целенаправленных ассигнований на модернизацию сельскохозяйственной техники, применение современных научных достижений, на нужды экологии в аграрной сфере. Всевозможные субсидии и дотации аграрному сектору в этих странах составляют от 40 до 80% себестоимости сельскохозяйственной продукции. Правительство России при вступлении в ВТО взяло на себя обязанность по сокращению субсидий на 2013–2017 гг., в связи с чем необходим пересмотр как перечня мероприятий Госпрограммы, так и механизма дальнейшей поддержки АПК с учетом требований ВТО.

Для выработки стратегии дальнейшего стабильного развития аграрного производства необходимо решить основные проблемы в данной сфере экономики.

Важнейшей проблемой развития сельского хозяйства в России является недостаточное финансирование.

В связи с интеграцией российского агропродовольственного комплекса в мировое хозяйство необходимо исследовать доступность и защиту внутреннего агропродовольственного рынка страны. В научных и политических кругах активно обсуждаются вопросы продовольственной независимости и безопасности.

Жизненно важны социальное обустройство деревни и диверсификация сельской экономики, расширение сферы несельскохозяйственной занятости, с тем чтобы, с одной стороны, обеспечить приток на село квалифицированных кадров, а с другой – трудоустроить высвобождаемых в ходе модернизации сельскохозяйственных работников.

Для решения кадровых проблем в первую очередь необходимо повысить привлекательность труда в АПК. В основе этого – создание нормальных условий производства, выплата достойной заработной платы, решение социально-культурных и бытовых вопросов, развитие инфраструктуры и т.д.

Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве возможен лишь при наличии высококвалифицированных кадров. Основными причинами, по которым молодые специалисты не задерживаются на селе, являются следующие:

- состояние материально-технической базы сельскохозяйственного производства;
- низкий уровень заработной платы и низкий уровень жизни;
- непривлекательность сельского труда и сельской жизни;
- сокращение объемов производства;
- наличие явной и скрытой безработицы;
- отсутствие возможности расширенного производства и реализации дополнительной сельхозпродукции личных подсобных хозяйств.

Устранение этих причин позволит значительно повысить привлекательность сельского уклада жизни и увеличит приток молодых кадров в АПК.

К сожалению, приходится констатировать факт отсутствия необходимой поддержки инноваций в сельском хозяйстве. Речь идет о создании специальных институтов технико-технологической модернизации. За последний период неплохо отработаны механизмы модернизации в птицеводстве и свиноводстве. Но для восстановления десятков тысяч хозяйств, большинство из которых убыточно или малорентабельно, нужны другие методы инвестирования и инновационного развития. Состояние большинства сельскохозяй-

ственных организаций таково, что их надо возрождать заново: в них разрушена материально-техническая база, отсутствуют квалифицированные кадры, нет инфраструктуры переработки и сбыта продукции. Частичные улучшения по обеспечению таких хозяйств породистым скотом или элитными семенами мало что дают.

В настоящее время инновационный потенциал агроэкономики России используется только в пределах 4–5%, хотя в США этот показатель превышает 50%. Не стоит также забывать, что модернизация и реализация инновационного подхода в нашей стране в последние годы происходит в основном путем заимствования зарубежных технологий, машин, оборудования, селекционных достижений.

Массовая модернизация сельхозпредприятий не может осуществляться на базе западной техники и технологий – они обходятся в несколько раз дороже за счет интеллектуальной ренты, и создаются риски обеспечения продовольственной безопасности. При этом отечественная аграрная наука, в отличие от прикладной науки других отраслей национальной экономики, выжила в период социально-экономических реформ. Задача состоит в том, чтобы помочь ей реализовать свой потенциал, обновить устаревшую материально-техническую базу и кадры, коммерциализировать разработки, обеспечить их массовое продвижение в хозяйственную практику [4].

В настоящее время участие государства в стратегических мерах по развитию АПК нельзя признать удовлетворительным. Достаточно сказать, что в расходной части федерального бюджета в последние годы сельскому хозяйству отведено менее 1%, в то время как до реформ 1990-х гг. этот уровень составлял 18–20%. Вместе с тем, по расчетам экспертов, АПК дает 8,5% ВВП, в том числе сельское хозяйство – 4,7%. В аграрной сфере сосредоточено 3,4% основных производственных фондов и трудится 7 млн человек, т.е. почти 11% всех занятых в экономике. Поэтому понятно, что без модернизации экономики аграрных структур не состоится и модернизация экономики в целом.

Очевидно, что подход к государственному влиянию на развитие сельскохозяйственного сектора должен быть кардинально пересмотрен, т.к. он является неотъемлемым элементом прогресса всей российской экономики. Поиск путей модернизации сельского хозяйства, совершенствования аграрных преобразований является ключевой проблемой как для аграрной теории, так и хозяйственной практики.

Статья поступила 22.12.2014 г.

Библиографический список

1. Абакарова Р.Ш. Современное состояние государственного регулирования аграрного сектора экономики // Казанская наука. 2012. № 2. С. 39–41.
2. Бурмистрова А.А., Родионова Н.К., Кондрашова И.С. Государственная поддержка модернизации сельского хозяйства в России // Социально-экономические явления и процессы. 2013. № 3 (49). С. 36–38.
3. Воитлева З.А. Анализ современного состояния и роли сельского хозяйства в экономике страны и региона // Новые

- технологии. 2011. № 1. С. 46–50.
4. Мартынушкин А.Б. Актуальные проблемы развития экономики сельского хозяйства России // Экономические науки. 2011. № 2. С. 91–95.
5. Пряхина Т.В., Пряхин С.Н. Развитие конкурентных отношений в сельском хозяйстве России в условиях перехода к экономике инновационного типа // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 3. С. 579–582.



УДК 631.338.43

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И РЕГУЛИРОВАНИЕ РЫНКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, СЫРЬЯ И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ НА 2013–2020 ГОДЫ» В РЕСПУБЛИКЕ ДАГЕСТАН В 2013 ГОДУ© **З.Б. Алиева**¹

Дагестанский государственный институт народного хозяйства,
367008, Россия, г. Махачкала, ул. Д. Атаева, 5.

Проанализирована реализация программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» в республике Дагестан в 2013 году. Выявлены основные приоритеты и причины невыполнения отдельных подпрограмм развития отрасли. В связи с экономическими санкциями ЕС и США в отношении РФ изучен опыт Китая по проведению политики импортозамещения, акцентировано внимание на выработке оптимального механизма государственных закупок.

Ключевые слова: республиканская программа; экономическая эффективность производства; продукция растениеводства; продукция животноводства; техническая и технологическая модернизация.

ANALYSIS OF THE "AGRICULTURE DEVELOPMENT AND REGULATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION, RAW MATERIALS AND FOOD MARKETS PROGRAM 2013–2020" IMPLEMENTATION IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN IN 2013**Z.B. Alieva**

Dagestan State Institute of National Economy,
5 D. Ataev St., Makhachkala, 367008, Russia.

The paper analyzes the implementation of the "Agriculture Development and Regulation of Markets of Agricultural Production, Raw Materials and Food Program 2013 - 2020" in the Republic of Dagestan in 2013. It identifies the main priorities of industry development sub-programs and causes of their nonfulfillment. In connection with the economic sanctions imposed on the Russian Federation by the EU and the USA, it studies the Chinese experience in carrying out the import substitution policy with the emphasis on the development of the optimum mechanism of government procurements.

1 figure. 5 tables. 2 sources.

Keywords: republican program; economic efficiency of production; crop growing output; livestock production output; technical and technological modernization.

Комплексное развитие всех отраслей АПК нашло свое отражение и в программе развития сельского хозяйства Республики Дагестан в 2013–2020 гг.

В региональной программе «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» отводится важная роль решению проблем дальнейшего развития животноводства, овощеводства, плодоводства, виноградарства, сферы переработки и др.

Системообразующей подотраслью АПК в РД является скотоводство. Учитывая конкурентные преимущества России, в том числе РД, как субъекта РФ, в виде значительных площадей сельскохозяйственных угодий, необходимо интенсивно развивать производство молока и мяса.

В программе развития сельского хозяйства Республики Дагестан в 2013–2020 гг. большое внимание уделяется устойчивому развитию сельских территорий, повышению доходов сельскохозяйственных товаропроизводителей, как основополагающему фактору сохранения трудовых ресурсов на селе.

В нелегких условиях экономических санкций, отказа бывших стран-экспортеров от поставок в Россию

продукции овощеводства и плодоводства актуальным видится ускоренное развитие импортозамещающих подотраслей сельского хозяйства. В республиканской программе развития сельского хозяйства этому злободневному вопросу также уделяется особое внимание. В частности, в программе поставлены ориентиры минимизации логистических издержек, рационального размещения и специализации сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности по районам республики, экологической безопасности сельскохозяйственной продукции и продовольствия и, как результат, роста вывоза сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия по мере насыщения ими внутреннего рынка республики.

В 2013 году республиканская программа включала в себя 54 базовых пункта развития АПК Дагестана, в том числе 6 подпрограмм.

В сфере виноградарства, на наш взгляд, целесообразно создавать аграрные холдинги, чтобы, например, ОАО «Дербентский завод игристых вин» (ДЗИВ) мог осуществлять посадку винограда тех сортов, которые ему необходимы, а не закупать столовые сорта, которые ему не нужны. Сегодня, чтобы поддержать виноградарей, данный завод закупает до 20% столо-

¹Алиева Зарема Багаудиновна, кандидат экономических наук, доцент кафедры денежного обращения и кредита, тел.: (8722) 565612, 89285347139, e-mail: aliza69@mail.ru
Alieva Zarema, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Monetary Circulation and Credit, tel.: (8722) 565612, 89285347139, e-mail: aliza69@mail.ru

вых сортов винограда. А это некачественное вино, некачественный виноматериал и некачественное шампанское. Поэтому руководству завода надо собрать все хозяйства, которые вошли бы в этот холдинг. Посредством проведения фьючерсных сделок завод финансировал бы посадку именно тех сортов винограда, которые ему принесут больше прибыли.

На современном этапе Минсельхозпрод РД проработал все схемы создания аграрных холдингов в мясной и молочной отраслях, а также в зерновом хозяйстве. Мы предлагаем создать подобные агрохолдинги и для виноградарских хозяйств республики (рис. 1).

Центральным звеном (руководящим органом агрохолдинга) можно назначить ОАО «Дербентский завод игристых вин» (ДЗИВ) либо ГУП «Кизлярский коньячный завод» (ККЗ). Участниками агрохолдинга могут являться передовые виноградарские хозяйства РД, торговые сети РД и РФ, а также импортеры из стран ближнего и дальнего зарубежья.

ДЗИВ в рамках фьючерсных сделок (опционов call) с виноградарскими хозяйствами РД предоставляет им авансовый платеж (назовем его опционом) в размере 33,3% стоимости готовой продукции. В случае благоприятной конъюнктуры на рынке алкогольной продукции сделка будет ликвидирована, т.е. ДЗИВ произведет оплату поставленного сырья (винограда) согласно условиям заключенного контракта (1–2). В дальнейшем ДЗИВ осуществляет переработку сырья, розлив и реализацию готовой продукции на региональном (3), федеральном (4) рынках, а также экспортирует продукцию в страны ближнего и дальнего зарубежья (5, 6). [2, с. 32].

Следует отметить, что экономическая эффектив-

ность производства (рентабельность реализации продукции) практически по всем культурам, за исключением плодов, в 2013 году оставалась ниже предыдущего года (табл. 1) [1, с. 28].

Такая невысокая экономическая эффективность производства продукции растениеводства объясняется, в том числе, невыполнением индикаторов подпрограммы «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие сельскохозяйственного производства» за 2013 год (табл. 2) [1, с. 49].

Субсидирование части затрат на приобретение сельскохозяйственной техники является одним из эффективных рычагов для стимулирования инвестиций в создание и развитие машинно-технологических станций.

В 2013 году из средств республиканского бюджета Республики Дагестан на обеспечение АПК продукцией машиностроения и племенного животноводства на условиях финансовой аренды (лизинга) выделено 34 ед. сельскохозяйственной техники (55 400,0 тыс. руб.). Из них 17 ед. тракторов (13,9% к 2013 г.), 4 ед. зерноуборочных комбайнов (28,6% к 2013 г.).

В 2013 году активизирована работа по привлечению средств федерального аграрного лизинга. С использованием данного механизма государственной поддержки сельскохозяйственными товаропроизводителями закуплено 66 ед. сельскохозяйственной техники на сумму 91 300,0 тыс. руб. (в 2012 г. – 47 ед. на 38 600,0 тыс. руб.), в том числе 32 трактора и один зерноуборочный комбайн.

По валовому сбору зерновых и зернобобовых культур в РД индикаторы были перевыполнены на 9,4%, по производству плодоовощных консервов – на 15,8% (табл. 3) [1, с. 41].

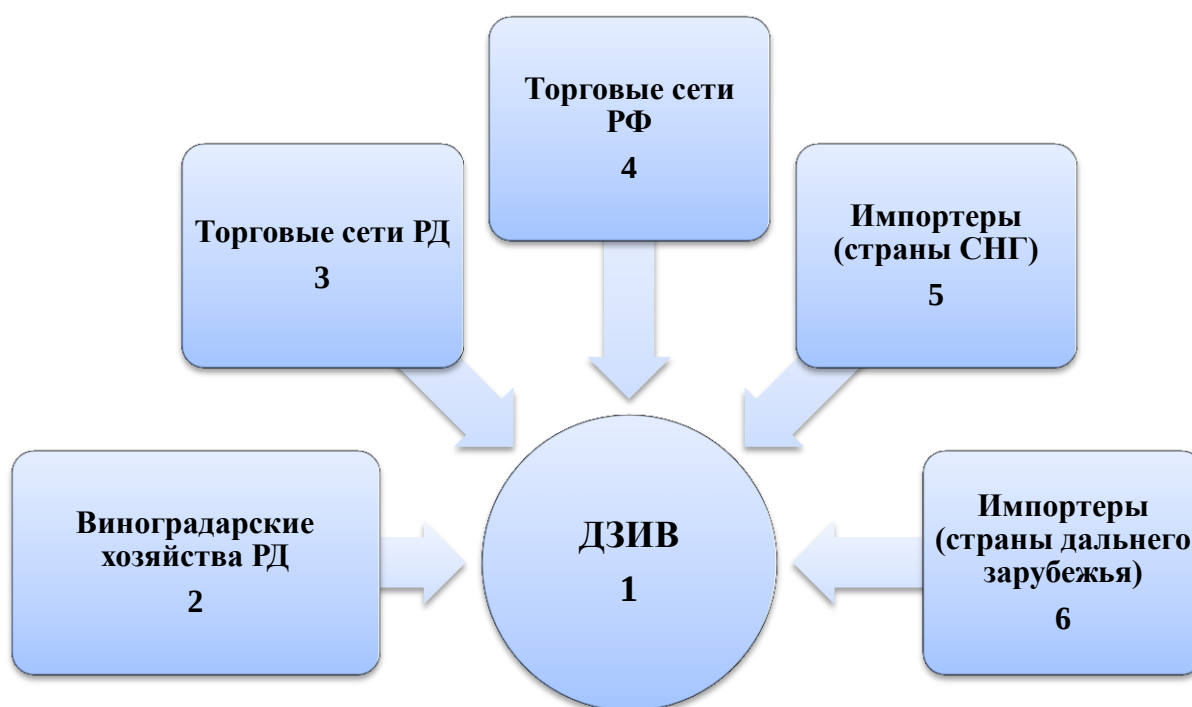


Рис. 1. Потенциальная схема функционирования виноградарского агрохолдинга в Республике Дагестан [2, с. 32]



Таблица 1

Экономическая эффективность производства продукции растениеводства

Показатели	Год						2013 г. к 2012 г., %, п.п.
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	
Зерновые и зернобобовые культуры							
Себестоимость 1 ц реализованной продукции, руб.	331,8	437,8	543,8	487,8	764,0	512,0	67,0
Цена реализации 1 ц, руб.	411,9	468,8	525,6	512,4	679,0	592,4	87,2
Рентабельность реализации, %	24,1	7,1	−3,3	5,0	−11,1	15,7	30,2
в том числе рис							
Себестоимость 1 ц реализованной продукции, руб.	755,8	682,3	608,8	602,2	641,7	582,9	90,8
Цена реализации 1 ц, руб.	721,5	736,9	752,3	670,9	753,8	766,7	101,7
Рентабельность реализации, %	−4,5	8,0	23,6	11,4	17,5	31,5	12,0
Картофель							
Себестоимость 1 ц реализованной продукции, руб.	368,8	1 584,6	2 800,4	704,2	645,6	1 258,8	195,0
Цена реализации 1 ц, руб.	958,3	1 640,2	2 322,0	733,8	726,3	1 554,5	214,0
Рентабельность реализации, %	159,8	3,5	−17,1	4,2	12,5	23,5	9,8
Плоды							
Себестоимость 1 ц реализованной продукции, руб.	480,2	581,9	799,9	646,2	2 407,2	786,8	32,7
Цена реализации 1 ц, руб.	537,9	624,4	710,8	1 243,3	1 109,1	1 590,2	143,4
Рентабельность реализации, %	12,0	7,3	−11,1	92,4	−53,9	102,1	338,7
Виноград							
Себестоимость 1 ц реализованной продукции, руб.	989,6	1 063,6	1 155,2	1 132,4	2 024,6	1 289,6	63,7
Цена реализации 1 ц, руб.	1 109,5	1 195,9	1 252,4	1 235,2	1 640,1	1 471,2	89,7
Рентабельность реализации, %	12,1	12,4	8,4	9,1	−19,0	14,1	40,8

Таблица 2

Исполнение показателей (индикаторов) подпрограммы «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие сельскохозяйственного производства» за 2013 год

Наименование показателя (индикатора)	План	Факт	Отклонение (+, -)	Причина отклонения
Объемы приобретения новой техники сельскохозяйственными товаропроизводителями всех форм собственности (включая личные подсобные хозяйства), шт.: – тракторы – зерноуборочные комбайны – кормоуборочные комбайны	250 20 5	122 14 1	-128 -6 -4	Недофинансирование лизинговой деятельности и предоставления субсидий на возмещение части расходов товаропроизводителей на приобретение сельхозтехники
Количество реализованных инновационных проектов, ед.	–	–	–	–
Рост применения биологических средств защиты растений и микробиологических удобрений в растениеводстве (к 2010 г.), %	–	–	–	–
Удельный вес отходов сельскохозяйственного производства, переработанных методами биотехнологии, %	–	–	–	–

Таблица 3

Фактические показатели (индикаторы) в 2013 году по растениеводству, переработке и реализации продукции растениеводства в рамках республиканской программы

Наименование показателя (индикатора)	По программе	Факт	% выполнения
Валовой сбор сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий, тыс. т:			
– зерновых и зернобобовых	246,7	270,0	109,4
– картофеля	352,0	336,0	95,5
Площадь закладки многолетних насаждений, тыс. га	1,4	1,34	95,7
Площадь закладки виноградников, тыс. га	2,2	1,8	81,8
Производство муки из зерновых культур, овощных и других растительных культур; смеси из них, тыс. т	12,2	1,714	14,0
Производство плодовоовощных консервов, млн усл. банок	50,0	57,9	115,8

Анализ основных мероприятий свидетельствует о полном выполнении подпрограммы поддержки племенного животноводства (107,8%), почти на 80% была выполнена подпрограмма развития молочного животноводства, но даже на 50% не выполнена подпрограмма поддержки экономически значимых региональных программ в области животноводства (табл. 4) [1, с. 45].

Республиканская целевая программа «Развитие молочного скотоводства и увеличение производства молока в Республике Дагестан на 2013–2015 годы» в 2013 году была выполнена только на 18,5%: при программном показателе производства молока 165 000 тыс. руб. фактически было произведено молока на 30 663,2 тыс. руб.

Республиканская целевая программа «Развитие производства и переработки яиц и мяса птицы в Республике Дагестан на 2011–2015 годы» в 2013 году также не выполнена в полном объеме: при программном индикаторе в 310 500 тыс. руб. фактическое производство составило 122 577 тыс. руб. (39,5%).

Необходимо отметить и программы, по которым целевые индикаторы были перевыполнены. Например, республиканская целевая программа «Развитие овцеводства и козоводства в Республике Дагестан на 2013–2020 годы» в 2013 году была перевыполнена на 17,8%, так как при программном индикаторе 141 850 тыс. руб. фактическое производство составило 167 133,9 тыс. руб.

Если смотреть в целом, все целевые индикаторы были достигнуты. Небольшой процент невыполнения пришелся на шерсть (–0,7%) и производство яиц (–10,1%). поголовье крупного рогатого скота специализированных мясных пород и помесного скота, полученного от скрещивания со специализированными мясными коровами, в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах, включая индивидуальных предпринимателей, увеличилось в 6,7 раза (табл. 5) [1, с. 47].

Анализ показателей (индикаторов) оценки эффективности республиканской программы развития сельского хозяйства в 2013 году и подпрограммы «Развитие подотрасли животноводства, переработки и реализации продукции животноводства» свидетельствует об ее удовлетворительной реализации.

Нужно отметить, что по большинству показателей (индикаторов) республиканской программы достигнуты прогнозные показатели. Валовой сбор зерна превысил объемы, сложившиеся в предыдущем пятилетии. Продолжалось развитие овцеводства, мясного птицеводства, садоводства, виноградарства и овощеводства закрытого грунта.

Главной задачей остается нарастить объемы отечественной сельскохозяйственной продукции и тем самым снизить импортозависимость. Поэтому были внесены изменения в Государственную программу развития сельского хозяйства, выделен ряд приоритетных направлений, в том числе создание селекционно-генетических центров. Так, селекционно-племенной центр «Дагестанский» планируется создать на базе унитарного предприятия «Теречный» в Бабаюртовском районе РД. Предполагается сохранить те же функции, что были ранее, по заготовке страхового запаса кормов для зимовки скота. При этом будут параллельно готовить племенных чистопородных и высокопродуктивных животных, оказывать услуги по искусственному осеменению, в том числе и для частных фермерских хозяйств.

В 2014 году приобретено 198 тыс. доз племенного материала пород крупного рогатого скота. Министерство сельского хозяйства и продовольствия РД предложило правительству РД предусмотреть в республиканском бюджете на 2015 год в качестве уставного капитала центра 19,5 млн руб. Эти средства должны быть направлены на капитальный ремонт обветшалых зданий и сооружений, приобретение лаборатории иммуногенетики и другие цели. Селекционно-племенной центр создается в целях стимулирования развития животноводства и оказания господдержки производителям сельскохозяйственной продукции [3].

Изменения в Государственной программе развития также касаются дополнительных мер господдержки овощеводства открытого и защищенного грунтов, производства семенного картофеля, плодово-ягодной продукции, молочного и мясного животноводства. Ориентир – снизить долю импорта к 2020 г. по мясу с 21,6 до 7,7%, по молоку и молочным продуктам – с 23,6 до 16,6%, по фруктам – с 57 до 20%, по овощам – с 14,6 до 10,1%.



Таблица 4

Выполнение объемов финансирования, предусмотренных республиканской программой по мероприятиям подпрограммы, из федерального бюджета и республиканского бюджета Республики Дагестан, тыс. руб.

Основные мероприятия подпрограммы	2012 г.	2013 г.		2013 г., в %	
		программа	факт	к 2013 г. (прогр.)	к 2012 г.
Поддержка племенного животноводства	60 031,8	69 000,0	74 397,6	107,8	123,9
Развитие молочного животноводства	–	89 500,0	70 199,2	78,4	–
Поддержка экономически значимых региональных программ в области животноводства	350 854,0	625 790,0	319 503,8	44,5	91,1

Таблица 5

Выполнение целевых индикаторов развития животноводства в 2013 г.

Целевые индикаторы	Программный индикатор	Факт	Процент выполнения
Производство скота и птицы на убой в живой массе, тыс. т	190,0	190,0	100
Производство молока, тыс. т	725,1	755,1	104,1
Производство шерсти, тыс. т	14,1	14,0	99,3
Производство яиц, млн шт.	210,0	188,8	89,9
Производство сыров и сырных продуктов, тыс. т	2,2	2,5	113,6
Поголовье крупного рогатого скота специализированных мясных пород и помесного скота, полученного от скрещивания со специализированными мясными коровами, в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах, включая индивидуальных предпринимателей, на конец года	6,0	40,3	671,7

Для развития сельского хозяйства России необходимо изучать и адекватно копировать позитивный зарубежный опыт, не допуская ошибок стран, в отношении которых применялись экономические санкции. В истории развития Китая тоже имели место санкции со стороны США. Поэтому для России глубокое изучение развития сельского хозяйства этой страны очень важно и полезно.

Так, например, китайские фермеры берут у государства в аренду землю на 50 лет (в России от 3 до 49 лет). По программе господдержки сельского хозяйства в Китае ставка льготного кредита составляет 5% (без залога). В России ставка процента по фермерскому кредитованию – 16% (при наличии залога). В РФ предусмотрены субсидии сельскохозяйственным производителям, но попасть в эту программу субсидирования может не каждый.

Согласно закону от 1989 г. КНР, если у мелкого фермера в наличии до 300 голов свиней, он не платит налогов. Фермеры КНР получают государственную помощь на развитие комплекса, скидку на покупку кормов [4, с. 23].

Хотя льготного периода для фермеров России в системе налогообложения не предусмотрено, но для сельскохозяйственных производителей все же существует ряд льгот. Например, освобождены от обложения налогом доходы, полученные от продажи, выращенной в ЛПХ продукции животноводства и растениеводства. Для сельскохозяйственных производителей

применяется специальный налоговый режим – единый сельскохозяйственный налог (ЕСХН). Данный налог заменяет собой уплату налога на прибыль (НДФЛ), налога на имущество организаций или имущества физических лиц (НДС). Ставка ЕСХН составляет 6% от величины доходов, уменьшенных на величину расходов.

КНР с населением в 1 млрд 350 млн человек и территорией в 2,5 раза меньше российской полностью обеспечивает себя птицей, овощами, фруктами, а также свининой и экспортирует эту продукцию.

Вопросы развития сельского хозяйства в России требуют адекватного изучения зарубежного опыта, учитывающего не только плюсы, но и негативные факторы:

1. Рабочий день китайского фермера начинается с 4 часов утра и продолжается до 6 часов вечера – это плюс.

2. Работы в животноводстве, тепличном овощеводстве, сбор чайного листа чаще всего осуществляются вручную, без какой-либо автоматизации – это минус.

3. К положительным чертам можно отнести асфальтирование дорог практически во всех деревнях, что облегчает вывоз готовой продукции в крупные мегаполисы.

4. Китайские сельскохозяйственные производители очень быстро осваивают новые растениеводческие культуры. Например, яблоки и виноград 20 лет назад в

Китае не выращивали. На сегодняшний день практически весь «яблочный рынок» Азии представлен китайской продукцией, а виноград и вино марки «Великая Стена» получает награды на выставках в странах ЕС;

5. Продовольственный бум сослужил плохую службу экологии Китая. Например, 25% всего объема овощной продукции производится в городе Шоугуан. Овощи обрабатываются химикатами, нитраты используются сверх всяких мер для быстрого роста огурцов и томатов. Как следствие – земля сильно истощена, подземные воды загрязнены.

Китай нашел выход из создавшейся экологической проблемы. Правительство Китая в большей степени дотирует именно тех фермеров, которые выращивают экологически чистую продукцию. Сами китайцы тщательно изучают опыт и копируют методы развития животноводства за рубежом, в частности свиноводства Бразилии.

Учитывая сегодняшнее сложное положение, санкции стран Евросоюза и США, в России пора жестко реформировать сельское хозяйство и переходить на импортозамещение. И опыт Китая, учитывая его ошибки, – хороший пример.

В условиях санкций и политики импортозамещения другим важным инструментом является выработка оптимального механизма государственных закупок. Поэтому в России специально создают электронный каталог товаров, работ и услуг. В опытный режим его запустили 15 ноября. Например, в Татарстане такой

онлайн-каталог собственной продукции уже успешно протестировали и начали анализировать рынок. В каталоге уже зарегистрировались около 50 предприятий, выставивших на продажу более 1,5 тыс. товаров. Вскоре будет запущен механизм, который поможет покупателям влиять на качество татарстанской продукции, одним кликом компьютерной мыши подсказывая продавцам, в чем их продукция проигрывает импортной продукции. Такие отзывы заставят предприятия задуматься о повышении качества товаров, снижении их себестоимости или создании новых востребованных продуктов. Благодаря каталогу покупатели увидят, с какими поставщиками они будут работать, кому смогут предъявить претензии. Важно, что через каталог связи строят напрямую с производителями, исключая посредников. Каталог поможет предприятиям, в том числе сельскохозяйственным, с реализацией продукции. Тем самым силы предприятий будут направлены только на решение производственных задач: повышения качества продукции, сокращения издержек, модернизации оборудования, внедрения новых технологий [5, с. 12].

В современных условиях жестких экономических санкций со стороны США, стран ЕС предложенные меры позволят наладить производство рентабельной сельскохозяйственной продукции в регионе и стране с целью импортозамещения продовольственной продукции и самообеспечения страны.

Статья поступила 23.01.2015 г.

Библиографический список

1. О ходе и результатах реализации в 2013 году республиканской программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы»: доклад Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Дагестан. Махачкала. 2014. 253 с.
2. Алиева З.Б. Фьючерсные сделки в виноградарских агрохолдингах // АПК: экономика, управление. 2014. № 9. С. 30–35.
3. Сельское хозяйство в России [Электронный ресурс]. URL: <http://agro.ru/novosti/s-kh-proizvodstvo-fermerstvo/v-dagestane-poyavitsya-selektionno-plemenny-tsentr>.
4. Зотов Г. «Свиные и чиновники» // Аргументы и факты. 2014. № 41.
5. Руденко А. Товары по полочкам // Аргументы и факты. 2014. № 41.

УДК 330.332

ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МОНГОЛИИ

© Баярхуу Гэрэлмаа¹

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Инновационная деятельность является одним из приоритетных направлений экономики и бизнеса, поскольку она связана с высокими технологиями, способствующими достижению значительного экономического роста. Этим обстоятельством обусловлена роль государственного регулирования в данной сфере, главная цель которого – создание благоприятных условий для развития инновационной деятельности.

Ключевые слова: государственное регулирование; инновационная деятельность.

PROBLEMS OF INNOVATION REGULATION IN MONGOLIA

Bayarkhuu Gerelmaa

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

¹Баярхуу Гэрэлмаа, аспирант, тел.: 89041383576, e-mail: Pooh_gerel@yahoo.com
Bayarkhuu Gerelmaa, Postgraduate, tel.: 89041383576, e-mail: Pooh_gerel@yahoo.com



Innovative activity is one of the priorities of business and economy since it is associated with high technologies that condition substantial economic growth. These circumstances determine the role of government regulation in this sphere, which is aimed at the creation of favorable conditions for innovation development.

Keywords: *government regulation; innovation.*

В современных условиях развитие инновационной деятельности и инновационной системы во многом зависит от политики государства в области регулирования этих процессов и механизмов. Как показывает мировая практика инновационного развития, структурная перестройка, масштабы внедрения прогрессивных технологий и выпуска высокоэффективных и наукоемких видов продукции в значительной степени определяются институциональными преобразованиями. Системный подход к управлению инновациями предполагает единство регулирования инновационной деятельности на всех уровнях, тесную взаимосвязь и согласованность всех инструментов и решений участников деятельности [3].

Одним из основных государственных регулирований является регулирование инновационной деятельности. Роль государственной поддержки инновационной деятельности возрастает в связи с превращением инноваций в решающий фактор повышения национальной конкурентоспособности, и становление «новой экономики» придает поиску наиболее эффективных методов государственной поддержки особую значимость [2].

В процессе исторического генезиса категории государственного регулирования инновационной деятельности произошло выделение двух ее форм, известных как *прямое и косвенное регулирование*. Принципиальное различие между ними лежит в приемах и способах воздействия на управляемый объект.

Прямые формы предполагают со стороны государства законодательное обеспечение мер регулирования, контроль, надзор и осуществление защиты прав интеллектуальной собственности, принятие мер по обеспечению гласности и т.д. Это прямые формы *институционального воздействия*. Вторым видом прямых форм является *прямое содействие*, ориентированное на конкретный проект (государственное инвестирование).

К косвенным формам регулирования относится осуществляемое государством регулирование через находящиеся в его распоряжении рычаги и финансовые ресурсы. Их использование приводит не к выделению бюджетных средств, а к «недополучению» их в будущем. Инновационная деятельность регулируется

в каждой стране в зависимости от экономических особенностей страны.

Необходимость инновационного развития Монголии особенно очевидна на фоне ключевых вопросов, которые стоят сегодня перед национальной экономикой. Сокращение доступных трудовых ресурсов, низкая производительность труда и низкая энергоэффективность, сырьевая зависимость экономики – все это, безусловно, означает, что стимулирование инноваций действительно является сегодня ключевой задачей для экономики и общества. Внедрение инноваций и модернизация производства – один из основных способов решения экономических, социальных и экологических проблем. Он представляет собой интенсивный путь развития, ускоряет темпы роста экономики в целом.

Для нормального функционирования и развития инновационной деятельности необходимо большое вливание капитала на уровне как государства, так и предприятия. Данная проблема решается путем привлечения государственных, частных и иностранных инвестиций. Источниками финансирования инновационной деятельности могут быть предприятия, финансово-промышленные группы, малый инновационный бизнес, инвестиционные и инновационные фонды, органы местного управления, частные лица. Все они участвуют в хозяйственном процессе и тем или иным образом способствуют развитию инновационной деятельности.

С переходом к рыночным отношениям в Монголии развернулись большие социально-экономические преобразования, направленные на создание основ нового общественного строя рыночной экономики. Государство уделяло и уделяет большое внимание формированию законодательных и юридических основ рыночной экономики: разработаны и утверждены многочисленные законы и правовые акты. Усилился процесс приватизации государственной и кооперативной собственности. В результате в стране появился и стал развиваться быстрыми темпами частный сектор. По статистическим данным, в 1989 г. частный сектор составлял только 3,3% от ВВП, а в 2010 г. на его долю приходилось уже 73,7%.

Основные показатели экономического развития Монголии [7]

Показатели	Количество ед. измерения (по годам)					
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Валовой внутренний продукт (млрд туг.)	4027,6	4956,6	6555,6	6590,6	8414,5	10829,7
Промышленное производство (млрд туг.)	1612,0	1773,6	1823,4	1763,3	1938,8	2126,3
Инвестиции в основной капитал (млрд туг.)	881,4	1252,8	1785,1	2146,2	3845,8	6545,8
Индекс потребительских цен	6,2	17,8	22,1	4,2	13,0	10,2

Как видно из данных таблицы, в последние годы в экономике страны наблюдается благоприятная тенденция роста. Некоторые отрасли, такие как горнодобывающая и связь, развиваются быстрыми темпами. Но в настоящее время, когда в структуре национальной экономики происходят существенные преобразования, доля некоторых традиционных отраслей экономики, в том числе сельского хозяйства, уменьшается. В значительной степени это объясняется слабыми научными разработками и недостаточным внедрением в производство всех типов инноваций.

В условиях, которые сложились в отраслях Монголии, становится все сложнее заниматься инновационной деятельностью, осуществлять производство новых товаров и услуг.

Активизация инновационной деятельности на промышленных предприятиях, повышение конкурентоспособности продукции отечественных предприятий невозможны без научно-технического обеспечения их деятельности. Анализ инновационного потенциала страны будет не полным без оценки научно-технической сферы, ее состояния и перспектив развития.

Во время переходного периода Правительство Монголии предпринимало неоднократные попытки добиться развития через повышение роли науки и технологий, полнее используя результаты научных исследований, а также создавая структуры правовой среды, которая отвечала бы глобальным требованиям. К важнейшим основным законам и нормативным актам относятся [6]: Конституция Монголии (1992 г.), «О национальной безопасности» (2001 г.), «Государственная политика по науке и технологиям» (1998 г.), «О науке и технологиях» (1998 г.), «О передаче технологий» (1998 г.), «О правовом статусе Академии наук Монголии» (1996 г.), «О высшем образовании» (2002 г.), Патентный закон (1993, 2006 г.), «Об авторском праве» (1993, 2006 г.).

В результате совместной работы Правительства Монголии и ЮНЕСКО разработан Генеральный план развития науки и технологий Монголии в 2007–2020 гг.

Цель Генерального плана [1] состоит в том, чтобы увеличить возможности науки и техники, системную эффективность новшеств через сотрудничество с Промышленной академией, сформировать правовую среду, создать условия для разработки национальных технологий, обеспечить рост высокотехнологичных отраслей промышленности и создать экономику, основанную на знаниях.

В рамках реализации Генерального плана развития науки и технологий Монголии в 2007–2020 гг. Правительство Монголии приняло закон «Об инновации» от 22 мая 2012 года [6]. Этот закон дает большие возможности для успешной реализации Генерального плана.

Глобальные тенденции и опыт показывают, что мировая экономика развивается за счет использования интеллектуального потенциала общества в динамической модели социально-экономического роста, путем разработки основанных на знаниях инноваци-

онных систем эффективного обучения, а также создания инфраструктуры и правовой среды посредством государственной политики.

Общий объем НИОКР по стране равняется 0,9% ВВП. В вузах объем научно-исследовательских работ существенно возрастает. Так, например, в Монгольском государственном университете науки и технологии (МонГУНТ) в 2007–2010 гг. [5] было выполнено 1560 научно-исследовательских проектов (общей стоимостью около 64,8 млрд тугриков) и более 100 технологий внедрено в производство, в частности в процесс обогащения полезных ископаемых, хлебопекарное производство, а также в переработку сырья и материалов.

По мнению автора статьи, главная проблема отрасли науки и технологий – это сокращение количества потенциальных и опытных научных сотрудников, что связано с низким уровнем заработной платы и нерешенностью социальных проблем работников научно-технологического сектора, необеспеченностью современным лабораторным оборудованием.

Присутствие Монголии на международном рынке наукоемкой продукции весьма незначительно [4]:

- инновационный потенциал – 0,352;
- функционирование национальной инновационной системы – 0,277;
- инновационная среда – 0,389;
- уровень научно-технологической безопасности страны – 16%.

В общей сумме государственных затрат на науку и технологии большая их часть приходится на фундаментальные и прикладные исследования. Расходы на разработку и внедрение занимают наименьшую долю и имеют тенденцию к снижению.

В 2010 г. [6] была опубликована 7661 работа, в том числе за рубежом – 1431 (18,7%). Большинство из них представляют собой научные статьи (49%) и доклады на научных конференциях (39%). В 2007–2010 гг. было зарегистрировано 112 патентов нововведений, в том числе за рубежом – 4 (0,04%). Среди зарегистрированных патентов 28% – это патенты в области техники и технологии, из них 75% принадлежит МонГУНТ (Монгольский государственный университет науки и технологии). Патенты сельского хозяйства занимают 21%, медицинских наук – 28%, естественных наук – 21%. В последние годы в стране наблюдается возрастающий интерес к внедрению достижений науки и технологий в производство, следовательно, к развитию науки, технологий, инноваций. Это значит, что Монголия имеет достаточно высокую способность к генерации новых знаний.

В Монголии применяются следующие формы государственного регулирования инновационной деятельности:

- создание законодательных баз для активизации инновационной деятельности, что устанавливает правовые основы взаимоотношений ее субъектов, гарантирует охрану их прав и интересов, в частности охрану таких наиболее существенных для развития инновационной деятельности прав, как права на объ-

екты интеллектуальной собственности;

- разработка государственной политики развития в области науки и технологий, определяющей цели, принципы, направления, способы и формы государственного регулирования в сфере науки, технологий и производственного освоения научно-технических достижений;

- введение государственной бюджетной политики, обеспечивающей финансирование инновационной деятельности, направление в инновационную сферу государственных ресурсов, выделение прямых государственных инвестиций для реализации программ и проектов, важных для общественного развития.

Исследования позволили сделать вывод о том, что существующие формы государственного регулирования инновационной деятельности Монголии не дают ожидаемых результатов в решении проблем конкурентоспособности продукции отечественной промышленности, эффективности технологических процессов и наукоемкости производства. Требуют внимания проблемы в области науки, несовершенство действующей нормативно-правовой базы и недостаточная поддержка со стороны государства.

Эффективность государственного регулирования инновационной деятельности в Монголии, по мнению автора, сдерживает ряд факторов:

- отсутствуют существенные заделы по отдельным направлениям науки и технологическим разработкам. В ряде областей науки на мировом уровне доля статей монгольских авторов так мала, что не может играть существенной роли в развитии мировой науки;

- нет масштабного научно-технического потенциала; недостаточно проводится исследований по широкому спектру областей науки и техники. Об этом свидетельствует количество публикаций монгольских специалистов в научных изданиях по различным областям науки;

- Монголия пока еще не имеет значительного кадрового потенциала в разных сферах, тем более в сферах науки и технологий.

- не развиты инновационные инфраструктуры;

- недостаточно финансирование в области науки и технологий;

- не развито государственное партнерство с малым и средним предпринимательством в области внедрения инноваций;

- недостаточно мероприятий по коммерциализации результатов научных исследований, слабо развито сотрудничество между образовательными и научно-исследовательскими институтами, инновационными организациями, а также малыми, средними и крупными предприятиями;

- промышленные технологии недостаточно развиты, связь между наукой и промышленностью слаба, экономика Монголии остро нуждается в передовых иностранных технологиях.

Представляется возможным назвать основные причины неэффективного регулирования инновацион-

ной деятельности:

- государственное регулирование инновационной деятельности не охватывает все составляющие инновационной системы страны;

- ввиду нехватки финансирования и персонала государственная политика в области науки и технологий реализуется не в полной мере;

- законодательная база не оказывает влияния на развитие инновационной деятельности.

По нашему мнению, переход на инновационный путь развития в Монголии необходимо осуществить поэтапно:

1. 2015–2020 гг. Сформировать экономические, инфраструктурные и институциональные основы перехода к инновационному пути развития Монголии.

2. 2020–2025 гг. Наладить производства, реализующие новейшие технологические уклады, и выйти на внутренний и внешний рынки с наукоемкой продукцией мирового уровня.

3. 2025–2030 гг. Создать научно-технические и производственные предпосылки для технологического обновления основных экономических секторов производства и увеличить долю современной конкурентоспособной продукции на мировом рынке.

На первом этапе (2015–2020 гг.) произойдет укрепление научно-технического потенциала; улучшение условий для развития легального предпринимательства и поддержки добросовестной конкуренции; стимулирование иностранных инвестиций в наиболее передовые и наиболее высокоспециализированные производства; развитие внутреннего спроса; внедрение требований к качеству продукции и защите окружающей среды, принятых в мировой практике.

Правительство Монголии на этом этапе должно составить программу, направленную на создание механизмов:

- совершенствования законодательной базы;

- привлечения иностранных инвестиций в слабо развитые отрасли;

- подготовки высококвалифицированных специалистов;

- защиты и использования интеллектуальной собственности;

- создания инфраструктуры национальной инновационной системы;

- поддержки совместных работ науки и производителя.

Результатом реализации второго этапа (2020–2025 гг.) должно стать обеспечение конкурентных позиций в перспективных секторах рынка, где монгольская продукция не была ранее представлена, а в отдельных случаях – формирование новых областей спроса, в удовлетворении которого монгольская наукоемкая продукция играла бы значительную роль.

На третьем этапе (2025–2030 гг.) при сохранении и закреплении позитивных тенденций в промышленности будут созданы условия для переключения спроса на монгольские инновации.

Статья поступила 18.11.2014 г.

Библиографический список

1. Генеральный план развития науки и технологий Монголии в 2007–2020 гг. Улан-Батор: «Содпресс», 2007. 77 с.
2. Гедич Т.Г., Уразова Н.Г. Государственное регулирование инновационной деятельности: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. 188 с.
3. Егоров Н.Е. Основные направления государственной инновационной политики Республики Саха // Инновации. 2002. № 9. С. 33–34.
4. Оюунцэцэг Л. Теоретико-методические основы формирования НИС (на примере Монголии): дис. ... д-ра экон. наук. РЭА им. Г.В. Плеханова, 2009. 264 с.
5. Официальный сайт Министерства образования, культуры и науки [Электронный ресурс]. URL: <http://www.meds.gov.mn/AnnualReport> (12.12.2014).
6. Официальный сайт центрально-информационной системы законодательной базы Монголии [Электронный ресурс]. URL: <http://www.legalinfo.mn/law/?cat=27> (15.10.2012).
7. Статистический ежегодник Монголии 2010. Улан-Батор, 2011. 463 с.

УДК 338.4

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

© С.В. Белокобыльский¹, Л.А. Мамаев²

Братский государственный университет,
665709, Россия, Иркутская область, г. Братск, ул. Макаренко, 40.

Предложенный анализ современных тенденций формирования и мониторинга систем менеджмента качества предприятия приводит, прежде всего, к возможности оценки результативности и эффективности применяемых методов менеджмента качества, а также к анализу их воздействия в комплексе.

Ключевые слова: мониторинг систем менеджмента; менеджмент качества; конкурентоспособность; производственный процесс; диаграмма Парето.

ANALYSIS OF MODERN TRENDS OF ENTERPRISE QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS FORMATION AND MONITORING

S.V. Belokobylsky, L.A. Mamaev

Bratsk State University,
40 Makarenko, Bratsk, Irkutsk region, 665709, Russia.

The proposed analysis of contemporary trends in the formation and monitoring of enterprise quality management systems enables the evaluation of the effectiveness and efficiency of the used quality management methods, as well as the analysis of their combined effect.

Keywords: management system monitoring; quality management; competitiveness; production process; Pareto chart.

Международные стандарты качества и взаимосвязь критериев качества и динамических параметров оборудования предприятий

Проблема обеспечения качества продукции и услуг, прежде всего, предполагает разработку эффективной системы менеджмента качества, актуальную для любой сферы экономики, для любого предприятия, выпускающего продукцию или оказывающего услугу, в том числе образовательную. Один из приоритетных принципов менеджмента качества определяет необходимость ориентации предприятия на потребителя и, очевидно, обеспечение конкурентоспособности. Высокое качество продукции может быть достигнуто благодаря формированию обоснованной миссии, видения и политики предприятия. Конкурентоспособность предприятия, очевидно, зависит от продуманной и хорошо организованной системы управления качеством – реализации процессного подхода и формированию документированных процедур. Стан-

дарт ИСО 9000 определяет термин «процесс» следующим образом: «...любая деятельность или комплекс деятельности, использующая ресурсы для преобразования входов в выходы» [1, С. 51–59]. Система менеджмента подразумевает упорядоченную совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, то есть процессов, классифицированных таким образом, чтобы можно было выявить прибавленную стоимость, предназначенных для достижения поставленной цели – создания условий для обеспечения требуемого качества продукции и услуг при реализации имеющихся ресурсов и при минимальных затратах.

В процессе повсеместного распространения концепции системного подхода к управлению качеством Международной организацией по стандартизации (ИСО) в 1987 г. была опубликована серия международных стандартов ИСО 9000, которые были пересмотрены и переизданы в 1994 г. Сегодня актуальным

¹Белокобыльский Сергей Владимирович, доктор технических наук, ректор, тел.: 83952405410, e-mail: belokobylsky2@yandex.ru
Belokobylsky Sergei, Doctor of technical sciences, Rector, tel.: 83952405410, e-mail: belokobylsky2@yandex.ru

²Мамаев Леонид Алексеевич, доктор технических наук, проректор по научной работе,
тел.: 83952405410, e-mail: leonid.mamaeff@yandex.ru

Mamaev Leonid, Doctor of technical sciences, Pro-Rector for Research, tel.: 83952405410, e-mail: leonid.mamaeff@yandex.ru

является стандарт 2008 г. При этом необходимо иметь в виду, что международный стандарт ISO 9001 нуждается:

- в поддержании актуальности;
- в обеспечении возможности его интеграции с другими системами менеджмента;
- в обеспечении интегрированного подхода к организационному менеджменту;
- в обеспечении прочной основы для применения в течение ближайших 10 лет;
- в отражении растущей сложности условий, в которых организации вынуждены работать;
- в отражении потребностей всех потенциальных групп пользователей;
- в повышении способности организаций удовлетворять требования потребителей.

В 2013г международной организацией по стандартизации ISO по результатам международного голосования было принято решение о пересмотре ISO 9001, представлен на обсуждение проект новой версии стандарта. Предполагается, что он будет опубликован в 2015 г. [1].

В стандартах ИСО 9000 обобщен накопленный в мировой практике опыт организации работ по качеству путем создания эффективных систем качества.

Интерес со стороны бизнес-сообщества к различным стандартам в области менеджмента свидетельствует в том числе о востребованности услуг по сертификации, которая сможет компетентно, беспристрастно, объективно и независимо демонстрировать заинтересованным сторонам соответствие установленным требованиям.

Сохраняются ли тенденции роста интереса к формированию систем менеджмента качества, иных систем менеджмента и сертификации?

В таблице представлены данные ежегодного исследования ISO за 2011 г., опубликованные в декабре 2012 г. [1, с. 51–59].

Очевидно, что, несмотря на незначительный спад интереса к сертификации по стандарту ИСО 9001 (в 2011 году действовало более 1 100 000 сертификатов), рост показателей по всем остальным стандартам держится достаточно высоко и, как минимум, опере-

жает рост мировой экономики [1].

Развитие современного машиностроения характеризуется интенсификацией производственных процессов, связанной с естественным стремлением к повышению производительности, снижению себестоимости выпускаемой продукции. Одновременно возрастают требования как к реализации критериев качества и динамических параметров оборудования предприятий, к качеству работающих станков, оборудования, машин, так и к качеству продукции, изделий, системы менеджмента. Под качеством изделий в целом в условиях товарного производства понимается «...совокупность характерных особенностей формы, внешнего вида и условий эксплуатации, определяющих пригодность товара» [3, с. 75]. Требования к обеспечению качества и динамических параметров оборудования предприятий, качеству станков и оборудования соответствующим образом отображаются в показателях качества каждой обработанной детали, сборочной единицы и узла. Применительно к механической обработке, выполняемой на металлорежущем оборудовании, устанавливаются требования относительно точности исполнения размеров и формы изделия, микрогеометрии обрабатываемых поверхностей, вида и уровня остаточных (технологических) напряжений. Именно эти характеристики деталей в основном определяют надежность машины – свойство выполнять и сохранять во времени требуемые функции машины в заданных динамических условиях применения.

Решение указанных выше задач объективно связано с необходимостью выбора режимов механической обработки изделий с учетом динамических свойств технологической системы. Определяющее влияние на динамические процессы в технологической системе оказывает основообразующая подсистема – металлорежущий станок.

Зарождение науки о качестве и управлении производством

Проблемы научно-технического прогресса определяют задачу управления и обеспечения качества как одну из актуальных. В рамках этих проблем требуется решение не только задачи создания новых технологических методов и процессов производства ма-

Данные ежегодного исследования ISO за 2011 г.

Name of standard	Number of certificates in 2011	Number of certificates in 2010	Evolution	Evolution in %
ISO 9001	1 111 698	1 118 510	-6 812	-1%
ISO 14001	267 457	251 548	15 909	6%
ISO 50001	461	0		
ISO/IEC 27001	17 509	15 626	1 883	12%
ISO 22000	19 980	18 580	1 400	8%
ISO/TS 16949	47 512	43 946	3 566	8%
ISO 13485	20 034	18 834	1 200	6%
TOTAL	1 484 651	1 467 044	17 607	1%

шин, но и задачи обеспечения качества продукции, технологического оборудования и, в целом, проблемы управления и обеспечения качеством. Управление качеством представляет собой род хозяйственной деятельности, цель которой – при минимальных затратах добиться значительного, но вместе с тем экономически целесообразного качества изделия. Именно научно-технический прогресс служит основой интенсификации общественного производства, а значительному повышению качества продукции отводится роль важнейшего фактора этой интенсификации. Таким образом, возрастающая роль значительного повышения качества продукции стала объективным требованием интенсификации производства [2].

Современные системы управления качеством продукции являются составной частью системы управления промышленным производством. Поэтому при решении задач управления качеством продукции необходимо руководствоваться основными принципами построения и функционирования управляющих систем и основными положениями теории управления.

В XX веке была создана междотраслевая наука, занимающаяся изучением общих закономерностей обеспечения качества как составляющей части при разработке принципов организации и управления производством. Зарождение науки об организации и управлении производством связано с американским инженером и ученым Фредериком У. Тейлором.

Тейлор и его сотрудники выполняли исследовательскую работу в направлении резания металлов. Ими были выполнены теоретические исследования и проведены эксперименты, результаты которых опубликованы в книге «Искусство резать металлы». Ф.У. Тейлор предложил заменить *линейную* систему управления производством и, соответственно, систему обеспечения качества работы оборудования и выпускаемой продукции *функциональной*, в основе которой лежало разделение функций управленческой работы между несколькими исполнителями. В 1896 и в 1911 годах вышли две основные работы Ф.У. Тейлора «Основы научного управления предприятием» и «Управление фабрикой», которые стали первыми работами по научному подходу к управлению производством и обеспечению качества. В США стали создаваться многочисленные организации, ставившие целью разработку, популяризацию и внедрение в практику научных методов управления производством и обеспечения качества [3].

Качество можно оценить через количественные измерения реальных свойств изделия, продукции или технологической системы. Понятие «оценка качества» предполагает комплексную оценку не только *функциональных потребительских свойств* машины, устройства, изделия или технологической системы (динамические и кинематические характеристики – мощность двигателя, быстродействие, производительность, параметры колебательных режимов в стационарном и переходном состоянии, развиваемые силы), но и ее *технологических и эксплуатационных свойств* (надежность, долговечность, ремонтоспособ-

ность). Очевидно, что в эту комплексную оценку вносят свой вклад характеристики стандартизации, унификации, экологичности, безопасности эксплуатации и др.

Для организации и эффективного управления качеством станков и обеспечения их динамического качества большое значение имеет их классификация по техническим признакам или принципам действия. Следует отметить, что исходным для классификации станков являются параметрические показатели. К ним относятся такие динамические параметры, как мощность, работа, коэффициент передачи амплитуд, передаточное число редуктора, быстродействие, скорость и другие параметры. Влияние динамических параметров металлорежущих станков на характеристики качества его работы определяется комплексом условий [2, 3].

Динамические и статические силы, возникающие при работе станка, вызывают деформацию как всего станка в целом, так и его составляющих, определяя смещение инструмента по отношению к заготовке. Это вызывает недопустимое отклонение от заданных рабочих движений, повышенный износ, что непосредственно снижает качество. Снижения негативного влияния этих сил можно достичь увеличением статической и динамической жесткости. Однако это требование обеспечения качества не всегда оказывается выполнимым, что определяет выполнение других мероприятий, направленных на сохранение заданного качества. Анализ вынужденных колебаний и процесса резания позволяет установить причину смещения инструмента по отношению к заготовке, определить возможность устранения нежелательных эффектов и достичь требуемого качества. Очевидно, что основным предметом исследования при этом становятся и свободные, и вынужденные колебания, а также автоколебания. В следующих главах показаны пути обеспечения требуемого динамического качества формированием необходимой амплитудно-фазовой частотной характеристики. В целом максимальная (по модулю) отрицательная вещественная часть АФЧХ характеризует склонность системы к повышенной вибрации, что обуславливает необходимость стремления снижения этой величины. Этого можно достигнуть, по крайней мере, тремя путями:

- снижением податливости системы (что, несомненно, приводит к уменьшению податливости при резонансе);
- повышением демпфирования в системе, что приводит к снижению статической податливости;
- снижением максимума отрицательной вещественной части АФЧХ при введении в систему статически податливого звена с высокой частотой собственных колебаний и демпфированием.

Кратко проанализируем наиболее приемлемые методы исследования динамики станков, а также влияние коррекции динамических параметров на качество виброактивной системы.

Очевидно, что сформулированные выше первый и второй пути влияния динамики на динамическое каче-

ство станка приводят к снижению влияния и вынужденных колебаний, и автоколебаний, а третий – определяет возможность снижения только автоколебаний [2, 4]. При этом необходимо учитывать следующие моменты:

1. Снижение податливости станка, как правило, экономически неоправданно, так как связано со значительными затратами на конструктивные изменения системы. Кроме этого, увеличение жесткости связано с изменением соотношения масс и собственной частоты колебаний.

2. Повышение демпфирования можно достичь введением в систему дополнительных демпферов (что увеличивает массу, а при учете жесткости системы это приводит к возможности динамического гашения колебаний). Применение пассивных демпферов ограничено ввиду того, что для достижения оптимального демпфирования они должны быть настроены на определенную частоту, поскольку их эффективность достигается в узкой полосе частот. Увеличение демпфирования введением активного демпфера, работающего при использовании дополнительного источника энергии, позволяет достичь требуемых параметров качества в более широкой области частот.

3. Введение в систему статически податливого звена с высокой частотой собственных колебаний и смещение таким образом АФЧХ снижает вероятность появления автоколебаний как одного из параметров при оценке качества виброактивной системы. При этом статическая и динамическая жесткости всей системы снижаются, максимальная (по модулю) действительная отрицательная часть также сокращается, что влияет на параметры качества системы.

Одним из подходов при исследовании динамики станков являются методы декомпозиции. Всевозможные приемы декомпозиции при исследованиях динамики виброактивных систем и при моделировании изучаемой системы объединены общей концепцией составной системы. Построение вычислительных схем осуществляется в едином абстрактном пространстве эквивалентных модельных графов исследуемых систем. Эта единая для широкого круга задач формализация обеспечивает высокую степень обобщения полученных результатов.

Теоретической базой для разнообразных декомпозиционных интерпретаций расчетных моделей при решении технических и экономических проблем различного содержания служат диакоптические идеи Крона и разработанная теория эквивалентных структурных преобразований абстрактных моделей в пространстве полных неориентированных и ориентированных статических и динамических графов [4].

Предварительный анализ влияния динамических характеристик виброактивной системы на параметры динамического качества приводит к следующим общим рекомендациям [4]:

В статике. Достижение требований качества может быть выполнено при обеспечении высокой жесткости и исключении локальных деформаций. Для увеличения жесткости при изгибе следует выбирать по

возможности большее поперечное сечение и, кроме того, необходимо увеличивать толщину наружных стенок, соотнося возможные изменения с величиной момента инерции как критерием эффективности достижения требуемых динамических характеристик.

Крутящий момент возникает чаще всего вследствие действия пары сил, что обуславливает искажение поперечного сечения. В свою очередь, этот дефект может быть устранен введением диагонального усиления, например, ребер жесткости.

В динамике. Предварительный анализ влияния динамических характеристик на оценку качества системы требует:

- установления влияния изменения конструктивных параметров (масса, жесткость, дополнительные ребра жесткости) на изменение первой резонансной частоты изгибных и крутильных колебаний;

- возможности исключения деформации поперечного сечения при крутильных колебаниях установкой дополнительных ребер жесткости;

- устранения колебаний стенок корпуса станка путем введения дополнительных ребер.

- оценки влияния на формирование требуемых динамических параметров при введении в состав колебательной системы виброактивных систем, работающих от дополнительных источников энергии, позволяющих сформировать необходимые силы, жесткости, форму частотных характеристик, требуемых параметров демпфирования. Такие системы могут быть применимы для решения задач защиты оборудования и конструкций от вибраций и ударов [5].

Качество работы оборудования машиностроительного производства

Технические показатели систем, оцениваемые их качественными и количественными параметрами, определяют возможную область применения, дают характеристику основных особенностей динамических систем станка. К ним, в первую очередь, относятся следующие показатели [4, 5]:

- технологические возможности станка;
- точность станка;
- производительность станка;
- экономические и эксплуатационные показатели станка.

К задачам анализа относят выявление функциональных свойств станков и исследование этих станков по параметрам. При этом различают следующие функциональные свойства [5]:

- механические, определяемые соответствием нагружения и напряжения для достижения стабильности функционирования станков;

- метрические (геометрические), определяемые совокупностью соотношений между размерами с учетом существующих между ними связей;

- кинематические, определяемые степенью приближения движения или траектории движения одного из элементов станка к предписанному закону движения или траектории;

- динамические, определяемые добавочной работой (или силой), возникающие от неточности парамет-

ров и приводящие к ухудшению функционирования станка;

- энергетические.

Функциональный анализ включает выполнение следующего объема работ:

- разработку кинематической схемы станка, выбор совокупности показателей качества и ограничений, формализацию принципа работы станка (структурная и параметрическая) с применением методов функционального анализа;

- математическое описание функционирования станка посредством вычисления для получения искомого результата в символическом виде и форме математического выражения – уравнения связи. Полученная совокупность уравнений связи справедлива только в рамках данной схемы станка;

- построение математической модели функционирования, которое завершается этапами оценки, обобщения, выдачи результатов проверки. Математической моделью функционирования уточняют номинальное, предельное и допускаемое отклонения показателя динамического качества.

Мониторинг и диагностика технического состояния и прогнозирование динамического качества станка

Известно, что различают как качественные, так и количественные признаки технического состояния станка. Определение динамического качества станка – одна из наиболее актуальных задач мониторинга и диагностики его технического состояния. В процессе эксплуатации структурные параметры непрерывно или дискретно изменяются от номинальных до критических значений. Поэтому показатели динамического качества станков, их техническое состояние определяются совокупностью отклонений от номинальных значений структурных характеристик станка, обуславливающих его исправность.

Учет изменения структуры объекта исследований позволяет оценить количественные параметры качества или технического состояния станка в каждый момент времени. Изменение структурных параметров объекта исследований имеет определенные количественные закономерности, которые могут быть выявлены в процессе диагностики. Эти изменения, постоянно накапливаясь, могут достигнуть некоторого количественного предела, при котором скачкообразно наступают качественные изменения.

В процессе эксплуатации структурные параметры объекта диагностики изменяются, а упорядоченность системы в целом и ее функциональное качество ухудшаются. Количественная оценка качества оборудования, его технического состояния связана с определением закономерностей изменений структурных параметров под воздействием типовых эксплуатационных факторов. Такими изменениями структуры станков могут быть:

- естественное изнашивание, старение в ходе нормальной эксплуатации;

- ускоренное изнашивание при нарушении номинального режима эксплуатации, нерегламентных ре-

жимов работы станка.

Таким образом, изменение показателей качества работы станков и их технического состояния является объективным процессом, который происходит под воздействием широкого спектра эксплуатационных факторов и представляет собой определенную во времени смену исправных, промежуточных и неисправных состояний. Исходя из изложенного выше, проблему обеспечения качества станков определим как решение задачи диагностики технического состояния и управление параметрами динамической станочной системы, обеспечивающих эксплуатацию станка в нормальном режиме при сохранении заданных параметров качества.

Применимость статистических методов анализа менеджмента качества предприятий

Пункт 20.1 стандарта ИСО 9004 характеризует статистические методы как один из важнейших элементов системы качества на всех стадиях жизненного цикла продукции, от определения требований в самом начале до их выполнения в конце. Это позволяет сделать вывод о том, что документация, характеризующая применение статистических методов, является эффективным средством демонстрации соответствия системы качества требованиям стандартов ИСО серии 9000. Другими словами, «статистические методы могут рассматриваться как индикатор (признак) системы качества» [2, 6].

Какие статистические методы следует использовать? Ответ в значительной степени зависит от специалистов, но существует принцип, согласно которому важность статистического метода равна его математическому потенциалу, умноженному на вероятность его применения. Следовательно, когда речь идет о широком применении статистических методов, рассматривать следует только те из них, которые понятны и которые могут легко применяться не статистиками.

Для анализа более сложных ситуаций применяют семь новых методов, или инструментов, а также так называемые методы решения проблем, которыми должны владеть все менеджеры высшего уровня. Так, в статье «Статистические методы. Технология подготовки кадров» указано: «Популярность статистических методов в российском менеджменте качества растет, однако на сегодняшний день уровень их практической реализации предельно низкий. Эффект от использования статистических методов в масштабе компании не разглядеть даже вооруженным взглядом» [6, с. 27]. Действительно, говорится о применении статистических методов много, но сведений о реальном их использовании на предприятиях и в организациях России найти довольно сложно. В периодической печати и интернет-публикациях встречаются отдельные примеры практического применения статистических методов управления качеством, но этих примеров немного.

Приведем известную столбиковую диаграмму, или диаграмму Парето:

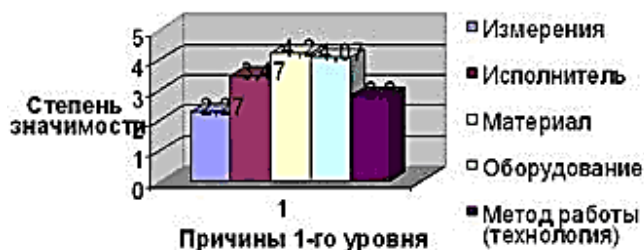


Рис. 1. Диаграмма Парето причин брака в производстве материала

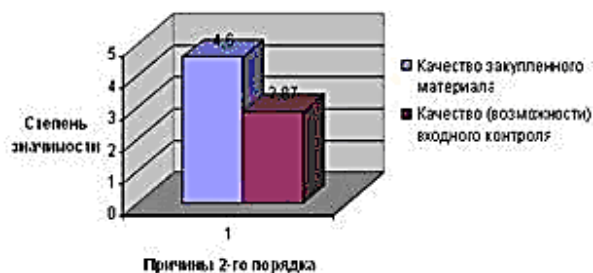
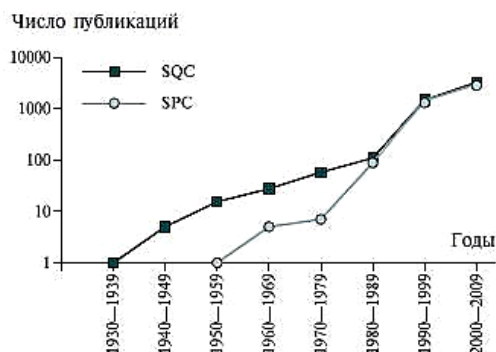


Рис. 2. Диаграмма Парето причин снижения качества

Данные рис. 3 показывают непрерывный рост числа зарубежных публикаций по практическому применению статистических методов.



Рост числа зарубежных публикаций по применению статистических методов в управлении качеством (SQC) и процессами (SPC)

Рис. 3. Зарубежные публикации по применению статистических методов в управлении качеством (SQC) и процессами (SPC)

Сопоставление этих данных с состоянием дел в этой области в нашей стране оценивается как отставание примерно на 30–40 лет. Среди прочих причин отставания упоминается и об одной из «смертельных болезней» менеджмента. Это справедливо как для крупных предприятий, так и для среднего и малого бизнеса, где на первом месте среди критических факторов успеха применения SPC находится даже не просто поддержка, а приверженность менеджмента (management commitment). Отсутствие же такой поддержки, несмотря на первоначальный энтузиазм работников, гарантированно демотивирует сотрудников и сводит на нет весь потенциал статистических методов управления».

В [6, 7] рассматривается проблема обеспечения качества подготовки специалистов в вузе. Для решения проблемы выявления и предупреждения недостатков в подготовке специалистов выбрано систематическое статистическое регулирование учебного процесса с использованием контрольных карт Шухарта и диаграммы Парето. Представлены методика статистического регулирования учебного процесса и опыт ее использования в вузе с целью обеспечения и поддержания требуемого уровня качества подготовки специалистов. В важном статистическом анализе этой направленности в зависимости от поставленной задачи исследования нашли применение корреляционные зависимости [5, 7]. В [7] проведено статистическое исследование, включающее первичную обработку данных и представление результатов в виде гистограмм и графиков распределения различных показателей технологического процесса.

Таким образом, анализ современных тенденций формирования и мониторинга систем менеджмента качества предприятия приводит, прежде всего, к возможности оценки результативности и эффективности применяемых методов менеджмента качества, а также к анализу их воздействия в комплексе. Необходимость этого объясняется тесной взаимосвязью методов менеджмента качества между собой. В то же время ряд методов может оказаться универсальным по характеру воздействия на обеспечение конкурентоспособности предприятий.

Статья поступила 30.01.2015 г.

Библиографический список

- Езрахович А.Я. «Как подготовиться к аудиту СМК органом по оценке соответствия (Практика результативного аудита)»: материалы семинара по подготовке нового стандарта ISO 9001: 2015. С-Петербург, 15–16 апреля 2014. СПб.: АС «Русский Регистр», 2014. С. 51–59.
- Управление процессами: управление качеством технологических систем: монография / под ред. П.А. Лончих. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. 344 с.
- Капырин В.В., Корнев Г.Д. Системы управления качеством. М.: Европейский центр по качеству, 2002. 324 с.
- Вейц В.Л., Кочура А.Е., Лончих П.А. Структурированные модели и методы расчета сложных управляемых систем в технике и экономике. Ростов-н/Д., 2002. 200 с.
- Лончих П.А., Шулешко А.Н. Защита технологических машиностроительных систем и оборудования от вибраций и ударов. Иркутск, 2002. 178 с.
- Егоров А.М. Статистические методы. Технология подготовки кадров // Методы менеджмента качества. 2008. № 8. С. 38–39.
- Подольная Н.Н., Лещайкина М.В., Еремеева М.А., Архипова К.Н. Применение статистических методов в исследовании успеваемости студентов вузов как составляющей качества образования // Системное управление [Электронный ресурс]: научное периодическое издание Мордовского ГУ. 2009. Вып. 1 (5). URL: http://www.sisupr.mrsu.ru/2009-1/pdf/31_Podolnaya.pdf

УДК 338.2

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ МЕНЕДЖЕРА© Л.А. Богунов¹

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
150000, Республика Казахстан, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86.

Рассматривается феномен управленческого экономического мышления как компетенции менеджера. Предлагается ментальный базис управленческого экономического мышления, составляющий основу компетенций. Изучается содержательная составляющая исследуемого феномена. Анализируемые компоненты рассматриваются как инструментальный для развития экономического мышления менеджера и повышения его управленческой эффективности. Раскрывается возможность анализа менеджером своего экономического мышления с точки зрения обозначенных нами компонентов.

Ключевые слова: управленческое экономическое мышление; менеджер; управленческая деятельность; компоненты управленческого экономического мышления.

COMPONENT CONTENT ANALYSIS OF MANAGERIAL ECONOMIC THINKING**L.A. Bogunov**

North Kazakhstan State University named after M. Kozybaev,
86 Pushkin St., Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan, 150000.

The paper deals with the phenomenon of managerial economic thinking as a manager's competence. It proposes a mental basis of managerial economic thinking that constitutes the basis of competences and studies the conceptual component of the phenomenon under investigation. Analyzed components are treated as tools for the development of manager's economic thinking and enhancement of his managerial efficiency. The possibility for the manager to analyze his economic thinking in terms of the components specified by the author is revealed.

Keywords: managerial economic thinking; manager; management activity; components of managerial economic thinking.

Введение. Современная социально-экономическая ситуация в мире в целом и, в частности, в Российской Федерации требует акцента внимания на управленческой эффективности менеджмента предприятий, поиска механизмов повышения такой эффективности. И с нашей точки зрения, изучение управленческой деятельности должно быть исследовательским приоритетом не только и даже не столько научного сообщества, сколько самих практиков управления. Для этого у них – как у субъектов – есть мышление, способное анализировать ситуации, реорганизовывать их по мере необходимости и объединять имеющиеся элементы в нечто целое для получения достаточного результата. Практическая деятельность служит незаменимым поставщиком информационных стимулов.

Таким образом, от субъекта управления требуются лишь соответствующие компетенции, которые бы обеспечили адекватную интерпретацию актуальной ситуации и продуцировали бы оптимальные управленческие решения, способствовали бы экономической гибкости, эффективности хозяйственника. Это и просто, и сложно одновременно.

Цель нашего исследования заключается в том, чтобы рассмотреть содержательную составляющую феномена управленческого экономического мышления, выделив в нем соответствующие компоненты, которые, на наш взгляд, могут быть представлены в

контексте уже известных каждому экономисту категорий. Такой подход поможет любому менеджеру-практику осуществить анализ своего экономического мышления с точки зрения обозначенных нами компонентов и осуществить его возможную реконструкцию.

В этой связи требуют решения следующие задачи.

Во-первых, представить ментальный базис управленческого экономического мышления, составляющий основу его компетенций и позволяющий субъекту управления (менеджеру) реализовывать субъектную управленческую функцию, в том числе по отношению к собственному экономическому мышлению и, соответственно, его компонентам.

Во-вторых, рассмотреть управленческое экономическое мышление с точки зрения его компонентов, определяющих возможности анализа, формирования и развития экономического мышления менеджера в условиях управленческой практики.

Для достижения цели и разрешения поставленных задач нами используются **методы** анализа, синтеза, научной абстракции, сравнения, обобщения, категоризации, индуктивных и дедуктивных умозаключений, построение на этой основе причинно-следственных связей и выявление взаимовлияний между содержательными компонентами исследуемого феномена, а также метод движения от абстрактного к конкретному.

¹Богунов Леонид Александрович, кандидат психологических наук (РФ, РК), доцент кафедры психологии, тел.: 87001011010, e-mail: leonid.bogunov@mail.ru

Bogunov Leonid, Candidate of Psychology, Associate Professor of the Psychology Department, tel.: 87001011010, e-mail: leonid.bogunov@mail.ru

Анализ и интерпретация результатов исследования. Так в чем же заключается сущность управленческого экономического мышления как системы компетенций по развитию индивидуального экономического мышления субъекта управления (менеджера) по управлению этим развитием? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо разобраться с содержанием некоторых подсистем исследуемого феномена.

Управленческое экономическое мышление, в противовес стереотипному инерционному, есть тот механизм, который обуславливает экономическую эффективность и повышает конкурентоспособность субъекта экономической деятельности в результате проактивного избирательного реагирования на стимулы за счет управления информацией об объектах управления. То есть выступает тем инструментом–ресурсом, который используется хозяйствующим субъектом для производства необходимых ему благ или увеличения гарантий возможностей такого производства.

При этом менеджер должен быть действительно субъектом управления, то есть тем, кто реализует свою субъектную позицию по отношению к управляемым объектам. Содержание субъектной позиции менеджера, формируемое в условиях экономического воспитания и обозначенное нами как субъектное экономическое мышление, представлено в более ранних работах [1], поэтому в контексте данной статьи мы лишь резюмируем его понимание. Это важно потому, что данная субъектная позиция менеджера есть тот ментальный базис, который составляет основу его компетенций и который позволяет ему реализовывать свою управленческую функцию, в том числе и по отношению к собственному экономическому мышлению.

Итак, субъектное экономическое мышление:

- во-первых, характеризуется пониманием экономического человека в качестве субъекта экономической деятельности, то есть организующего начала этой деятельности, рассматривая его в качестве субъекта, определяющего и управляющего экономическими процессами посредством экономического мышления, что предполагает его активную преобразующую роль;

- во-вторых, заключается в позиционировании и понимании экономическим человеком себя в качестве субъекта, которому самому нужно принимать экономические решения: в осознании своих экономически неэффективных стратегий, в способности изменять собственные неэффективные ментальные и поведенческие экономические стратегии, в умении продуцировать новую экономически эффективную деятельность, обуславливающую гибкость и адаптивность экономического мышления в любых социально-экономических ситуациях;

- в-третьих, проявляется в том, что субъект экономической деятельности, обнаруживая и изучая явления, процессы, которые детерминируют его экономическую жизнь, обретает ориентацию и оказывается вовлеченным в анализ вариантов, в осуществление выбора и, следовательно, приобретает определенное чувство экономической свободы.

Реализация субъектного экономического мышления заключается в следующих основных положениях:

- в осознании со стороны субъекта процессов формирования и развития своего экономического мышления. То есть реализация должна основываться на его непосредственном и активном включенном участии в этой деятельности;

- формирование и развитие субъектного экономического мышления должно предполагать не формирование определенных представлений об экономической действительности, но развитие готовности всестороннего восприятия экономических ситуации, умения выходить за рамки инерционности экономического мышления, за пределы субъективного стереотипного восприятия экономических ситуаций;

- реализация также заключается в наличии знаний, умений и навыков адекватного, конкурентоспособного реагирования на новые экономические стимулы, что, в свою очередь, порождает большую экономическую эффективность субъекта экономической деятельности.

Теперь с позиции обозначенного ментального базиса управленческого экономического мышления менеджера мы можем подойти к анализу содержания его компонентов. Для этого уточним некоторые понятия.

Труд (от англ. labour) – это «процесс сознательной человеческой деятельности, направленный на определенную цель, благодаря которой человек видоизменяет природные предметы для удовлетворения собственных потребностей и нужд семьи». При этом включая три основных момента: целесообразную деятельность человека, предмет труда и средства труда [3, с. 684]. А «объект» (от латинского objectum) – «то, что противостоит субъекту, т.е. сознанию, внутреннему миру как действительное, как часть внешнего мира [4, с. 313–314], т.е. то, на что направлена познавательная и иная деятельность субъекта.

Исходя из данных уточнений, мы можем заключить, что объектом труда, то есть нормативно заданным процессом, включающим предметы труда, средства труда, цели и задачи применительно к управленческому экономическому мышлению, будет процесс ментальной экономической деятельности, направленный на увеличение количества и качества социально-экономических абстракций посредством соответствующих управленческих воздействий на предметы труда, т.е. на комплекс отношений социально-экономического характера.

Внесем пояснения относительно терминологии.

Человек в своем взаимодействии с действительностью вычленяет и воспринимает в ней не процессы и явление как таковые, а только некоторые признаки, свойства этих процессов и явлений. Далее эти процессы и явления представлены в сознании субъекта уже только лишь опосредованно своих свойств, иными словами, абстракций реальных явлений и процессов, которые и есть суть смысловое содержание, отраженное в некотором знаке.

С этими смысловыми абстракциями воспринимаемые и оперируемые в мышлении процессы и явления

в последующем и ассоциируются. Однако восприятие процессов и явлений, а также абстрагирование в них тех или иных свойств и формулирование их в слове, как мы понимаем, социокультурно детерминировано. Более подробно это явление представлено нами в статье «Экономическое мышление постиндустриального общества: становление и развитие» [2]. И, исходя из того, что абстракция – это «одна из основных операций мышления, при которой мысль отвлекает нечто от непосредственно данного воспринимаемого представления и сохраняет для себя некую часть, чтобы использовать ее на последующих этапах мышления» [4, с. 8], мы в нашем исследовании управленческого экономического мышления должны говорить именно об экономической абстракции или, если более широко, социально-экономической абстракции.

Эти социально-экономические абстракции, как мысленные отвлечения от ряда свойств предметов и отношений между ними, как части целого, как стороны, как нечто одностороннее простое и неразвитое, – ассоциативно связаны между собой. Но, исходя из специфики содержания управленческого экономического мышления, мы будем говорить об ассоциативных связях между социально-экономическими абстракциями в управленческом ключе. Поскольку эти связи могут быть как осознаваемыми субъектом, а значит, управляемыми, так и неосознаваемыми. Где неосознаваемые (неуправляемые) ассоциативные связи порождают тот поток так называемого экономического сознания, который еще может быть назван инерционным стереотипным экономическим мышлением. Последнее, в свою очередь, и лежит в основе экономической и управленческой неэффективности.

Однако мы в контексте управленческого экономического мышления говорим об управляемости и в этой связи не стереотипном, но гибком выборном реагировании субъекта управления на экономические стимулы. Соответственно и отношения между социально-экономическими абстракциями должны быть также управляемыми или в большей степени управляемыми, чем неуправляемыми, если уж мы говорим о субъекте управления как управляющем субъекте. И потому управляющий субъект должен стремиться к большей управляемости содержания смыслов, которыми он оперирует в своем экономическом мышлении, а также к большей управляемости связей и отношений между этими смыслами.

Будет справедливым считать, что предметом труда экономического мышления является экономическая система, а именно «систематизированный и упорядоченный комплекс отношений социально-экономического и организационного характера между производителями благ (материальных и духовных) и услуг и их потребителями» [3, с. 765], или «исторически возникшая или установленная, действующая в стране совокупность принципов, правил, законодательно закрепленных норм, определяющих форму и содержание основных экономических отношений, возникающих в процессе производства, распределения, обмена и потребления экономического продукта» [5, с. 464], так

как именно в условиях той или иной экономической системы формируется экономическое мышление и именно на экономическую систему оно воздействует.

При этом надо иметь в виду, что предмет труда составляют как процессы и явления, существующие объективно в актуальной действительности вне зависимости от существования индивида, так и субъективно представленные, отраженные в его сознании.

Тогда предметом труда управленческого экономического мышления может быть обозначен комплекс отношений социально-экономического характера, который представляет собой объекты труда менеджера, социально-экономические абстракции этих объектов, а также свойства этих абстракций, которые также, в свою очередь, выступают социально-экономическими абстракциями. Например, суждения и умозаключения. Данное положение есть результат движения в познании от абстрактного к конкретному. А поскольку предполагается, что управленческое экономическое мышление постоянно направлено на увеличение количества и качества социально-экономических абстракций посредством соответствующих управляющих воздействий на предметы труда, то выходит, что предметы труда находятся в ситуации, когда, с одной стороны, они уже подверглись формирующей обработке, а, с другой стороны, должны будут вновь подвергнуться этой самой обработке, и процесс этот нескончаем, из чего следует, что они (предметы труда) будут выступать также и сырьем.

В свою очередь, некоторые социально-экономические абстракции, будучи готовыми экономическими продуктами, то есть тем результатом труда, который может быть представлен в материально-вещественной либо информационной форме или уже товарами, имеющими стоимость и распределяющимися в обществе посредством обмена, купли-продажи, удовлетворяющими потребность и предложенными, также могут быть предметами труда и даже сырьем.

Средства труда управленческого экономического мышления – это знания, умения и навыки системного анализа и синтеза комплекса отношений социально-экономического характера, которые использует субъект экономического мышления с целью увеличения количества и качества социально-экономических абстракций. То есть это те средства, которые выработало общественное, групповое и индивидуальное экономическое мышление для проникновения в существенные связи и отношения социально-экономического характера в процессе движения от чувственного многообразия конкретного как всеобщего и целого, но пока еще простого, одностороннего и неразвитого, через понятийные абстракции – как особенные и единичные в рамках данного целого опять к конкретному как всеобщему, но уже сложному многостороннему и развитому, данному взаимосвязанному организму.

Таким образом, субъект экономического мышления (менеджер) в целях увеличения развитости своего управленческого экономического мышления должен ориентироваться на создание и совершенствование средств труда. Можно заключить, что орудиями труда

при этом выступают методы сравнения, анализа, синтеза, абстрагирования, обобщения, конкретизации, классификации, категоризации, аналогии, индукции и дедукции.

Исходя из того, что совокупность средств и методов труда есть средства производства, то средства производства управленческого экономического мышления – это знания, умения и навыки оптимальных управленческих воздействий относительно комплекса отношений социально-экономического характера, а также комплекс отношений социально-экономического характера, который есть объекты труда, социально-экономические абстракции этих объектов, а также свойства этих абстракций.

То есть субъект управления, совершенствуя средства производства своего управленческого экономического мышления, тем самым повышает свою управленческую эффективность.

Заключение. Осуществив анализ содержания компонентов управленческого экономического мышления менеджера с целью предложения для теоретиков менеджмента и менеджеров-практиков гибкого инструментария в плане развития экономического мышления кадров управления и повышения управленческой эффективности, мы можем заключить следующее.

Во-первых, функционирование и развитие управленческого экономического мышления есть процесс не стихийный, но целенаправленно управляемый субъектом управления (менеджером), и в этой связи управленческое экономическое мышление является объектом труда менеджера.

Во-вторых, управленческое экономическое мышление есть система знаний субъекта управления (менеджера) по развитию собственного экономического мышления, по управлению этим развитием в условиях управленческой практики, что может определять управленческое экономическое мышление как предмет труда менеджера.

Если конкретизировать и детализировать данное понимание, то более дифференцированными предметами труда выступают объекты, их социально-экономические абстракции и свойства этих абстракций. От их количества и качества будет зависеть качество управленческого экономического мышления, а именно: создавая новые социально-экономические абстракции, управленческое экономическое мышление создает, изменяет, модифицирует себя, обогащает себя, а, следовательно, становится новым, видоиз-

менным, обогащенным ресурсом, который вновь может быть включен в производственный процесс.

В-третьих, управленческое экономическое мышление имеет определенную цель, а именно оптимизацию управленческих решений за счет увеличения количества и качества социально-экономических абстракций, а также связей между ними в процессе движения от абстрактного к конкретному.

Для сравнения: экономическое (неуправленческое) мышление есть лишь совокупность взглядов и представлений. И, хотя неуправленческое экономическое мышление отражает процесс принятия экономических решений, все же в существующем в экономической литературе понимании экономического мышления содержится лишь репродуцирование имеющегося знания, но никак не создание нового.

В-четвертых, управленческое экономическое мышление, исходящее из цели оптимизации управленческих решений и в этой связи познающее объекты управленческой практики субъекта управления (менеджера), двигаясь к их сущности, делает их объектами своего управления. Это последнее также предполагает уменьшение количества процессов, явлений, которыми в определенный момент времени данный менеджер не управляет, а значит, мы можем говорить о повышении качества управленческой деятельности.

Таким образом, менеджер, включенный в практическую управленческую деятельность, решающий реальные прикладные задачи и заинтересованный в развитии своего управленческого экономического мышления как средства повышения эффективности управленческих решений, должен стремиться к увеличению количества и качества объектов или, точнее сказать, социально-экономических абстракций данных объектов и связей между ними, которые могут быть задействованы в его управленческой мыслительной деятельности.

Менеджер, заинтересованный в развитии собственного управленческого экономического мышления, совершая управленческую деятельность, включающую в том числе мыслительную деятельность, формирует, видоизменяет, модифицирует процессы и явления объективного мира и, соответственно, в процессе увеличения количества и качества объектов своей деятельности способствует развитию самого управленческого экономического мышления.

Статья поступила 12.11.2014 г.

Библиографический список

1. Богунов Л.А. Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права под названием Субъектное экономическое мышление (СЭМ) «Subject economic thinking (SET)» (сборник научных статей) № 431 от 10.04.2012 г. В Комитете по правам интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Казахстан.
2. Богунов Л.А. Экономическое мышление постиндустриального общества: становление и развитие // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия
3. «Экономика». 2011. № 2. С. 7–11.
4. Большая экономическая энциклопедия. М.: Эксмо, 2007. 816 с.
5. Философский энциклопедический словарь. М.: ИНФРА-М, 2005. 576 с.
6. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. 4-е изд., перераб. И доп. М.: ИНФРА-М, 2004. 480 с.

УДК 234

**ИНОСТРАННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ
В СИСТЕМЕ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИХ СИСТЕМ**© А.М. Зайцев¹

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Проанализированы подходы отечественных и зарубежных классиков в области инвестиционной деятельности зарубежных компаний в системе развития регионов; предложена авторская позиция по поводу инновационной политики ресурсодобывающих систем регионов; представлен зарубежный опыт инвестиционной деятельности в ресурсодобывающих комплексах.

Ключевые слова: инвестиционная деятельность; инновационная политика; цели инвестирования; инвестиционные ресурсы; инвестиционные решения; разработка и внедрение инноваций; инновационная активность региона.

**FOREIGN INVESTMENTS AS STRATEGIC TOOLS IN THE INNOVATION IMPLEMENTATION SYSTEM
IN RESOURCE EXTRACTION**

A.M. Zaitsev

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Having analyzed the approaches of domestic and foreign classics in the field of foreign company investments in the development system of regions, the article introduces the author's view on the innovation policy of regional resource extraction systems. Foreign investment experience in resource extracting complexes is presented as well.

Keywords: investment activity; innovation policy; investment objectives; investment resources; investment decisions; innovation development and implementation; innovative activity of the region.

Мировые экономические события последних лет показывают, что эффективная работа механизма модернизации экономики невозможна без внедрения инноваций в отрасли народного хозяйства. Научная, научно-техническая и инновационная деятельность является основой повышения эффективности реального сектора экономики России и реализации ее стратегических интересов в условиях исключительного богатства природных ресурсов. Государственные инвестиции в развитие российской экономики составляют пока незначительную величину, не соизмеримую с ее общими потребностями. Структура затрат по видам инновационной деятельности в рамках отдельных инвестиционных решений свидетельствует о популярности инвестиционных проектов с коротким сроком окупаемости, однако большинство работ в сфере реального сектора экономики требует длительного проектирования, технологической подготовки и освоения.

В этой связи для решения проблем инновационного развития экономики требуется приток долгосрочных инвестиций, как отечественных, так и иностранных, а также современных технологий.

Долгосрочные и среднесрочные инвестиции в инновационной сфере играют определяющую роль, поскольку длительность инновационного процесса в среднем составляет от 3 до 5 лет, в сфере освоения природных ресурсов – более 10 лет. Государственные финансовые источники всех уровней не могут обеспечить достаточного объема инвестиций для инновационного развития ресурсодобывающих отраслей. Дан-

ное положение объясняется тем фактом, что существует несколько направлений использования государственных средств, которые являются приоритетными для государственной политики Российской Федерации. Можно выделить несколько основных сфер инноваций, в которые вкладываются средства государственной поддержки:

- 1) фундаментальные научные исследования;
- 2) инновации, внедряемые на объектах федерального значения;
- 3) инновации, связанные с поддержанием национальной безопасности.

Остальные виды инвестиций, которые направляются на реализацию инновационных проектов, обязаны осуществляться на возвратной и тендерной основе. Государственные ресурсы инвестируются, как правило, путем покупки ценных бумаг или выдачи государственных гарантий по эмитируемым ценным бумагам. Такая система, с одной стороны, упрощает механизм получения инвестиций субъектами, дает государственные гарантии, а с другой стороны, сокращается риск утраты государственного бюджета.

Необходимо четко определить понятие инновационной сферы. Под *инновационной сферой* надо понимать область взаимодействия инноваторов, инвесторов, товаропроизводителей конкурентной продукции (услуг) и развитой инфраструктуры [5]. В этой связи *инновационный процесс* может быть рассмотрен как процесс финансирования разработки и распространения нового вида товара. Поэтому в качестве иннова-

¹Зайцев Александр Михайлович, аспирант, тел.: 89501460816, e-mail: zaitsevma1956@mail.ru
Zaitsev Alexander, Postgraduate, tel.: 89501460816, e-mail: zaitsevma1956@mail.ru

ционного выступает инвестиционный проект, который включает в себя ряд мероприятий, осуществляемых с целью получения положительного эффекта. Под *положительным эффектом* в данном случае будем понимать повышение результативности деятельности действующих субъектов в виде увеличения прибыли, продаж и т.д. Когда речь идет о ресурсодобывающих системах, то под положительным эффектом можно понимать такие показатели, как разработка новых месторождений, увеличение добычи полезных ископаемых, создание новых рабочих мест, улучшение социально-экономической обстановки в регионе и качества жизни населения. В соответствии с действующим Российским законодательством *инвестиционным проектом* является технико-экономическое обоснование целесообразности, объема и сроков осуществления прямых иностранных инвестиций.

Как правило, потребности в инвестиционных ресурсах появляются на стадии промышленного производства новой продукции или усовершенствования старой; при создании или расширении производственных мощностей; поиске новых рынков сбыта; диверсификации производства и др. Наиболее продуктивны инвестиции в новые технологии, особенно с точки зрения долгосрочной перспективы. Именно долгосрочные инвестиционные проекты, направленные на развитие новейших технологий в ресурсодобывающих отраслях, дают наибольший экономический и социальный эффект. Однако вложения в данный сектор являются наиболее рискованными, поэтому на практике большей популярностью пользуются инвестиции в уже разработанные и растущие производства, хотя с точки зрения долгосрочных перспектив они наименее продуктивны.

Профессор Г. Менш дает объяснение относительно неравномерности инновационной активности отдельных рыночных субъектов, ссылаясь на особенности функционирования рыночной экономики. Предприятие, ориентируясь на текущую прибыль, упускает из виду долгосрочные перспективы своего развития. Предприятие внедряет инновации только при условии резкого падения инвестиций в традиционных направлениях, что вызывает депрессивные состояния и рецессию [4]. Таким образом, внедрение основных инноваций является единственной возможностью прибыльного инвестирования. Парадокс заключается в том, что упадок в отрасли является причиной появления и внедрения инноваций. В соответствии с теорией Г. Менша в настоящее время предприятия ресурсодобывающих комплексов находятся в начале пути внедрения базисных инноваций.

В зарубежной литературе, посвященной инновационной теории, существует несколько практических рекомендаций по преодолению затяжной экономической депрессии. Надежным средством преодоления экономической депрессии является активное осуществление базисных инноваций при использовании следующих подходов:

1) пассивное ожидание естественного окончания депрессии (подход Г. Менша) [4];

2) искусственное стимулирование инноваций (подход Х. Фримена) [6];

3) осуществление институциональных изменений (подход А. Кляйнкнехта) [3].

В отечественной литературе, посвященной теории и практике инновационных процессов, также немало внимания уделено данному аспекту. Серьезные результаты в развитии теории инноваций достигнуты в работах М.Б. Грачёвой, Б.Ф. Денисова, П.Н. Завлина, Р.А. Фатхутдинова и др. Необходимо отметить сложность проведения таких исследований в настоящий момент из-за реформирования многих отраслей экономики России. Недостаточен опыт инновационной деятельности в рамках развития ресурсодобывающих комплексов страны в условиях международной конкуренции и политической ситуации.

Опираясь на опыт развитых стран по разработке и внедрению инноваций, необходимо разработать отечественные практические рекомендации по организации и финансированию инновационных проектов на предприятиях российского ресурсодобывающего комплекса. На современном этапе рыночного развития система финансирования инновационной деятельности имеет свою специфику и выступает как составной элемент финансовой политики Российской Федерации в целом и регионов в частности. Данная система должна обеспечивать решение таких важнейших проблем, как:

1) создание условий для внедрения новых технологий в ресурсодобывающую отрасль, обеспечивающих ее технологическое переоснащение;

2) сохранение и развитие стратегического научно-технического потенциала в сфере ресурсодобывающего комплекса.

Основные источники средств, которые необходимо использовать для финансирования инновационной деятельности, можно классифицировать по следующим направлениям: бюджетные и внебюджетные средства; собственные средства промышленных и коммерческих предприятий; денежные инвестиции иностранных компаний; инвестиции финансовых структур (инвестиционных фондов, банков и др.).

Одним из важнейших источников негосударственной системы финансирования инновационной деятельности предприятий ресурсодобывающего комплекса являются финансовые средства иностранных инвестиционных компаний, банков и транснациональных компаний, заинтересованных в наращивании объемов добычи сырья в восточных регионах России. Данные средства направляются на обновление и расширение производства, привлечение передовых иностранных достижений научно-технического прогресса, освоение новых прогрессивных видов и способов производства [2].

Иностранные инвестиции, которые привлекаются в проекты ресурсодобывающего комплекса, представляют собой долгосрочные вложения денежных средств с целью обеспечения собственных интересов. В этой связи можно сделать вывод, что рынок инвестиций является составляющим звеном инновацион-

ной сферы и инновационной политики, которая представляет собой область взаимодействия интересов инноваторов и инвесторов.

Вместе с тем, согласно исследованиям Института экономики РАН, инновационный климат Российской Федерации по-прежнему остается неблагоприятным. Инновационная активность в сфере ресурсодобывающего комплекса и других отраслей зафиксирована на минимальном уровне, что существенно сдерживает технико-экономические преобразования производственных процессов. Последние политические события, связанные с экономическими санкциями против российской экономики со стороны западных государств, негативно повлияли на процесс привлечения иностранных инвестиций в ресурсодобывающие отрасли и в экономику России в целом.

Как показывает практика последних 10 лет, большая часть инвестиций в инновационную сферу ресурсодобывающего комплекса формируется за счет собственных средств входящих в него предприятий. Такая политика *ограниченной государственной поддержки* не учитывает стратегические принципы инвестирования инновационных проектов. В результате этого значительная часть финансирования процессных инноваций на предприятиях ресурсодобывающего комплекса определяется объемами инвестиций, привлекаемых из посторонних источников. Между тем для инновационного обновления ресурсодобывающих комплексов восточных регионов страны требуется около 86,8 млрд долл. США совокупных инвестиционных вложений. По мнению специалистов Института экономики РАН, эти инвестиции должны быть направлены на развитие ресурсодобывающего сектора в следующей пропорции:

- 1) в область геологоразведки (14,5 млрд долл. США);
- 2) в обустройство месторождений (42,3 млрд долл. США);
- 3) в систему транспортировки, переработки и хранения ресурсов (30 млрд долл. США).

Масштабы и рискованность инвестиций, при помощи которых осуществляется реализация инновационных проектов, не одинаковы и зависят от сферы приложения капитала. В международной практике трудно найти случаи, когда рыночные субъекты осуществляли финансирование инноваций без поддержки государства. Государство прямо или косвенно должно поддерживать инновации во всех сферах экономики для обеспечения ее конкурентоспособности. Предприятия России, занятые в сфере ресурсодобычи, кроме государственных источников, могут использовать иные способы финансирования инновационных проектов: различные формы инвестиционного сотрудничества; выпуск и продажу акций; привлечение иностранных инвестиций.

В этой связи необходимо определить перечень мер и степень участия государства в поддержке инновационных проектов. С одной стороны, государство определяет создание макрорыночной среды, с другой стороны – является владельцем комплекса

предпринимательских структур и самостоятельно осуществляет инвестирование инновационных проектов. Если говорить о приоритетных направлениях государственной инвестиционной деятельности, то для действия государственной инвестиционной политики можно выделить следующие сферы:

- 1) предприятия ресурсодобывающего комплекса и других отраслей промышленности, которые выпускают конкурентоспособную продукцию;
- 2) производства повышенного спроса на мировом рынке;
- 3) производства импортозамещающей продукции;
- 4) производства, внедряющие нанотехнологии;
- 5) производственная и социальная инфраструктура регионов России, особенно Сибири и Дальнего Востока.

Кроме того, приоритетной задачей для привлечения инвестиций в инновационные проекты является формирование благоприятного инвестиционного климата страны и прежде всего ресурсодобывающих регионов. В рамках решения поставленной задачи необходимо разработать методы финансирования масштабных инновационных проектов, особенно для стратегически важных отраслей народного хозяйства. Очень актуальным является также создание механизма привлечения иностранных инвестиций для финансирования инновационных проектов. Компетентные государственные органы должны способствовать созданию совместных проектов в ресурсодобывающей сфере, в рамках которых возможно масштабное развитие совместного сотрудничества. Зарубежный опыт показывает, что именно взаимодействие государства с мировыми финансовыми, промышленными и научными структурами, которые в состоянии обеспечить необходимую финансовую и технологическую поддержку, способствует эффективному развитию инновационных проектов. Особенно в условиях экономических санкций, используемых западными странами как инструмент политического давления на Россию, необходимо опираться на опыт стран Юго-Восточной Азии, в частности Китая, с точки зрения привлечения иностранных инвестиций.

Привлечение инвестиций для развития инновационной деятельности при помощи иностранного капитала – это главная, но не единственная цель использования денежных потоков. Привлечение иностранного капитала позволяет вести научный диалог и внедрять новейшие технологические разработки в совместные инновационные проекты. Очень важно учитывать тот факт, что основной задачей привлечения иностранных инвестиций в ресурсодобывающие отрасли экономики является создание собственных высокотехнологичных производств по переработке природных ресурсов. Поэтому основные принципы инновационно-инвестиционной стратегии предприятий ресурсодобывающего комплекса, иностранных инвесторов и государства можно определить следующим образом:

- 1) подготовить условия для внедрения иностранных инноваций на предприятиях ресурсодобывающего

комплекса с возможностью финансирования их за счет иностранного капитала;

2) создать комплекс инновационных программ, которые подлежат первоочередному внедрению на региональном, федеральном, межрегиональном и межгосударственном уровне в ресурсодобывающем секторе и других отраслях промышленности;

3) создать условия для расширения возможностей привлечения иностранного капитала с целью реализации инновационных программ социальной направленности, являющихся составной частью инфраструктуры ресурсодобывающего комплекса.

Итак, можно сделать вывод, что привлечение иностранных инвестиций в проекты ресурсодобывающей отрасли может обеспечить долгосрочное устойчивое развитие инновационной сферы регионов, качественно повлиять на развитие экономики страны в целом.

Усложнение процесса добычи природных ресурсов в России, повышение технологических и экологических требований влечет за собой рост затрат на внедрение инноваций в освоение природных ресурсов, их добычу и переработку. Это особенно важно, так как российский ресурсодобывающий комплекс во многом зависит от степени интеграции в мировую экономику (более 60% добытых ресурсов поставляется на экспорт, 30% из которых проходит только первичную обработку). В этой связи необходимо выделить ряд серьезных угроз относительно перспектив развития ресурсодобывающего комплекса:

1) раздробленность производственно-технологической инфраструктуры;

2) отсутствие у большинства добывающих компаний достаточных инвестиционных ресурсов для модернизации производства;

3) снижение производственной активности добывающих предприятий;

4) удорожание факторов производства, связанных с усилением инфляции;

5) низкий уровень взаимодействия между компаниями, осуществляющими добычу и первичную переработку ресурсов [1].

Решение поставленных задач и преодоление названных выше препятствий ведет к реализации главной цели долгосрочного развития ресурсодобы-

вающего комплекса России – расширению экспортных поставок высокотехнологичной продукции, что поможет в будущем обеспечить реализацию геополитических интересов страны.

Развитие инновационных технологий позволяет сделать вывод о том, что их внедрение в наукоемкие и трудоемкие отрасли народного хозяйства многократно увеличивает эффективность функционирования реального сектора и способствует реализации стратегических интересов России на мировом рынке. Внедрение инноваций становится необходимым условием обновления российского технологического комплекса, которое способствует улучшению условий разработки новых инновационно-инвестиционных проектов. Крайне важно привлечение отечественного и иностранного инновационного развития стратегических секторов экономики России. Это является важнейшей целью общей стратегии стимулирования инноваций.

Иностранному инвестированию отводится ключевая роль при создании условий для развития инновационных проектов реального сектора экономики России. Заинтересованность зарубежных государств в освоении инвестиций создает условия для наращивания экспорта иностранного капитала в российские экономические проекты. В настоящее время формируется мнение, что экономические санкции, которые вводятся западными странами относительно российской экономики, способны оказать значительное воздействие на иностранную инвестиционную политику. Но следует отметить следующее: несмотря на последние политические события, ресурсодобывающая отрасль была и остается наиболее привлекательным субъектом для иностранного инвестирования, а Россия является ведущим мировым лидером по ресурсодобыче (3 место по добыче и экспорту нефти).

В ходе реализации инновационно-инвестиционной политики в настоящее время необходимо грамотно расставить приоритеты и провести реструктуризацию субъектов инвестиционной деятельности. В частности, возникла необходимость активного привлечения китайских вкладчиков капитала в развитие ресурсодобывающих отраслей и создание высокоэффективных технологий по переработке сырья.

Статья поступила 01.12.2014 г.

Библиографический список

1. Грачева М.В., Ляпина С.Ю. Управление рисками в инновационной деятельности: учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ, 2010. 351 с.
2. Денисов Б.Ф. Инновационный процесс в условиях рыночной экономики: монография. М.: Ника-Центр, 1993. 460 с.
3. Кляйнкнехт Х. Инновационная деятельность предприятия и особенности конкуренции. М.: Наука, 1988. 567 с.
4. Менш Г. Технологический пат: инновации преодолевают депрессию. М.: Прогресс, 2008. 650 с.
5. Фатхутдинов Р.А. Конкурентоспособность: Россия и Мир. 1992–2015: монография. М.: Экономика, 2005. 648 с.
6. Фримен Х. Основы организационного проектирования. М.: НПО «Алгон», 2002. 369 с.

УДК 336.717

КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ФИНАНСОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ РАБОТЫ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ© С.В. Захаров¹

Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Наиболее оптимальным вариантом расчета финансовой эффективности малых инновационных предприятий будет система показателей, включающая показатели рентабельности, деловой активности, финансовой устойчивости, которые возможно рассчитать по данным баланса и отчета о прибыли, формируемым в отчетности малых инновационных предприятий. В настоящей работе с помощью системного подхода, логических методов исследования проанализированы различные аспекты проблемы разработки показателей эффективности. Сделан вывод о том, что на современном этапе в процессе управления финансовой эффективностью значимое место принадлежит диагностике с использованием средств финансового анализа.

Ключевые слова: критерии; показатели эффективности; инновационный малый бизнес; малые предприятия; финансовая эффективность.

**CRITERIA AND INDICATORS OF SMALL INNOVATIVE ENTERPRISE FINANCIAL PERFORMANCE EVALUATION
S.V. Zakharov**

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The best option for calculating cost-effectiveness of small innovative enterprises is the system of indicators, including the factors of profitability, business activity and financial stability, which may be calculated according to the balance sheet and profit and loss account formed in the financial reporting of small innovative enterprises. Using a systematic approach and logical research methods, this paper analyzes various aspects of the problem of performance indicator development. It is concluded that diagnosis with the use of financial analysis tools plays an important role at the present stage of financial performance management.

Keywords: criteria; performance indicators; innovative small businesses; small enterprises; financial efficiency.

Независимо от особенностей финансовой деятельности любого предприятия, в том числе и малого, целесообразным является выделение следующих «кризисных полей» в его деятельности: структуры активов, текущих затрат, капитала, обязательств с указанием срока погашения, рыночной стоимости предприятия, чистого денежного потока, удельного веса финансовых операций в зоне повышенного риска. При этом следует в разрезе каждого «кризисного поля» создать систему индикаторов, включающую объемные (абсолютные) и структурные (относительные) показатели. Важнейшие из этих индикаторов – показатели оценки угрозы возникновения финансового кризиса, а также, соответственно, и повышения эффективности малого инновационного бизнеса – представлены в табл. 1 и 2.

Следует заметить, что выявление «кризисных полей» способствует повышению эффективности деятельности малого бизнеса, и в этой связи показатели и индикаторы, отражающие кризисные поля, могут составлять основу системы показателей и индикаторов финансовой эффективности малого инновационного бизнеса. В процессе анализа необходимо проводить сравнение фактических показателей-индикаторов с плановыми (нормативными), а также выявлять изме-

нение показателей в динамике. Это позволит вовремя выявить негативные и даже кризисные моменты и принять своевременные меры для предотвращения угрозы банкротства и разорения малого бизнеса [1].

Анализ финансового состояния следует проводить параллельно с учетом выявления внутренних проблем малого предприятия, имея в виду конечной целью принятие определенных управленческих решений, и в том числе в области привлечения инвестиций и оценки эффективности инновационного проекта. Важнейшей составляющей системного подхода к малому инновационному бизнесу является подсистема показателей финансовой эффективности.

Рассмотрение различных методологических сторон финансового анализа, касающегося оценки финансовой эффективности, позволило выявить, что основу большинства методик оценки финансовой эффективности предприятия составляет исчисление традиционных финансовых коэффициентов.

Наряду с финансовыми коэффициентами, важным и значимым остается учет денежных средств при расчете финансовой эффективности, но, как представляется, подобный анализ должен являться скорее дополнением, чем основой для окончательной оценки эффективности малого инновационного предприятия.

¹Захаров Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры общеобразовательных дисциплин, тел.: 89500617096, e-mail: ynd@istu.edu
Zakharov Sergei, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of General Studies, tel.: 79500617096, e-mail: ynd@istu.edu



Таблица 1

Показатели эффективности инновационной деятельности малого предприятия

Название показателя эффективности (обозначение)	Формула исчисления показателя эффективности	Расшифровка составных элементов формулы расчета показателя
Общая рентабельность активов (R_a)	$\frac{\Pi_6}{A_{cp}};$ $2\Pi_6 / (A_0 + A_1)$	Π_6 – балансовая прибыль; A_{cp} – средняя величина активов предприятия за анализируемый период; $(A_0 + A_1)$ – стоимость активов в базовом и отчетном периодах по балансу предприятия.
Чистая рентабельность оборотных активов ($ЧР$)	$\frac{ЧП}{ОА_{cp}}$ $2ЧП / (ОА_0 + ОА_1)$	$ЧП$ – чистая прибыль предприятия; $ОА_{cp}$ – средняя величина оборотных активов, $(ОА_0 + ОА_1)$ – стоимость оборотных активов в базовом и отчетном периодах по балансу предприятия.
Рентабельность собственного капитала ($R_{СК}$)	$2ЧП / (СК_0 + СК_1)$	$СК_0$ и $СК_1$ – собственный капитал предприятия на начало и конец отчетного периода.
Рентабельность продукции ($R_{п}$)	$\Pi_{рп} / Вр$	$\Pi_{рп}$ – прибыль от реализации продукции; $Вр$ – выручка от реализации продукции.
Чистая рентабельность продаж ($R_{чп}$)	$ЧП / Вр$	–
Рентабельность основной деятельности ($R_{од}$)	$\Pi_p / ЗП$	$ЗП$ – затраты на производство и реализацию продукции.
Рентабельность совокупного капитала ($R_{ко}$)	$ЧП / ВБ_{cp}$	$ВБ_{cp}$ – средняя величина валюты баланса предприятия.

Отдельного рассмотрения заслуживает также вопрос расчета финансовой эффективности функционирования малого предприятия в инновационном кластере.

Наиболее часто для расчета финансово-экономической эффективности инновационного малого бизнеса предлагаются и рекомендуются показатели рентабельности, которые и приведены автором статьи в табл. 1.

Экономисты отмечают, что имеющее место оптимальное соотношение источников финансирования и обеспеченности собственными оборотными средствами без эффективной деятельности (оптимального уровня рентабельности) на сегодняшний день не является гарантией финансовой эффективности в будущем. Следует заметить, что по вопросам представления и расчета количественных индикаторов финансовой эффективности среди российских ученых-экономистов существуют различные и зачастую противоречивые мнения. Например, А.П. Иванов в своей статье в качестве критерия и главного показателя

финансовой эффективности предприятия предлагает задействовать критерий чистых активов [2]. В российской практике данный показатель исчисляется в виде разницы между активами, принимаемыми к расчету, и пассивами, также принимаемыми к расчету. Если величина показателя (критерия) чистых активов оказывается меньше зарегистрированного уставного капитала, это является свидетельством того, что предприятие больше не имеет возможности погашать свои обязательства из собственных средств. Соответственно, данный момент также подтверждает факт ущемления прав кредиторов [3].

Мы считаем, что наиболее корректной и адекватной для расчета финансовой эффективности малых инновационных предприятий будет система показателей, включающая не только показатели рентабельности, но и показатели деловой активности, финансовой устойчивости, которые возможно рассчитать по данным баланса и отчета о прибыли, формируемыми в отчетности малых инновационных предприятий (табл. 2).



Таблица 2

Система показателей финансовой эффективности малого инновационного предприятия

Название показателя	Формула расчета
Показатели-критерии финансовой эффективности	
ROI (рентабельность инвестиций)	Операционная прибыль после налогообложения / Активы
(ROCE) рентабельность используемого капитала	Операционная прибыль после налогообложения / Активы – Краткосрочные обязательства
WACC	Цена капитала
Финансовые коэффициенты – Показатели рентабельности	
ROA (ROTA) – рентабельность активов	Прибыль/средняя величина активов
ROE (рентабельность собственного капитала)	Чистая прибыль/собственный капитал
Рентабельность продаж (ROS)	Прибыль (убыток) от продаж/выручка
Общая рентабельность	Прибыль до налогообложения/ выручка от реализации продукции
Рентабельность основной деятельности	Валовая прибыль/выручка от реализации продукции
Рентабельность производства	Валовая прибыль/себестоимость продукции
Финансовые коэффициенты – Показатели деловой активности	
Коэффициент оборачиваемости оборотных активов	Выручка/среднее значение оборотных активов
Коэффициент оборачиваемости собственного капитала	Выручка/среднее значение собственного капитала
Продолжительность оборота дебиторской задолженности	Среднее значение дебиторской задолженности, умноженное на период/выручка
Продолжительность оборота кредиторской задолженности	Среднее значение кредиторской задолженности, умноженное на период/выручка
Продолжительность оборота материальных запасов	Среднее значение стоимости материальных запасов, умноженное на период/себестоимость продукции
Финансовые коэффициенты – Показатели финансовой устойчивости	
Коэффициент автономии	Собственный капитал/общая сумма капитала
Коэффициент соотношения заемных и собственных средств (финансовый рычаг)	Заемные средства/собственные средства
Коэффициент соотношения мобильных и иммобилизованных средств	Мобильные средства (итог по второму разделу) и долгосрочная дебиторская задолженность/ иммобилизованные средства (внеоборотные активы, скорректированные на долгосрочную дебиторскую задолженность)
Коэффициент соотношения собственных и заемных средств	Коэффициент, обратный коэффициенту соотношения заемных и собственных средств
Коэффициент маневренности	Разность между суммой всех источников собственных средств и стоимостью внеоборотных активов/сумма всех источников собственных средств и долгосрочных кредитов и займов
Коэффициент обеспеченности запасов и затрат собственными средствами	Разность между суммой источников собственных оборотных средств, долгосрочных кредитов и займов и внеоборотных активов/величина запасов и затрат
Коэффициент имущества производственного назначения	Сумма внеоборотных активов, запасов и затрат/валюта баланса
Коэффициент долгосрочно привлеченных заемных средств	Долгосрочные кредиты и заемные средства/сумма источников собственных средств и долгосрочных кредитов и займов
Коэффициент краткосрочной задолженности, %	Краткосрочные обязательства/общая сумма обязательств
Коэффициент кредиторской задолженности	Кредиторская задолженность и прочие пассивы/общая сумма обязательств предприятия

Резюмируя, можно сказать, что в процессе управления финансовой эффективностью значимое место принадлежит диагностике с использованием средств финансового анализа. Именно диагностика позволяет своевременно выявить негативные тенденции в дея-

тельности малого предприятия и оперативно отреагировать на их нивелирование в рамках повышения эффективности работы малого инновационного предприятия через реализацию инновационного проекта [4].

Статья поступила 30.01.2015 г.

Библиографический список

1. Бланк И.А. Антикризисное финансовое управление. Киев: Эльга, 2006. С. 17.
2. Иванов А.П. Стоимость чистых активов как критерий финансовой эффективности компании // Финансы. 2006. № 1. С. 26.
3. Сертаков А.С. Ключевые факторы успешного внедрения сбалансированной системы показателей // Финансовый менеджмент. 2009. № 2. С. 22–25.
4. Чепуренко А.Ю. Малое предпринимательство в России: прошлое, настоящее и будущее / А.Ю. Чепуренко [и др.]; под ред. Е.Г. Ясина. М.: Фонд «Либеральная миссия». 2003. С. 157–159.

УДК 336.763(47)

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ РЫНКА ЦЕННЫХ БУМАГ (НА ПРИМЕРЕ РЫНКА ЦЕННЫХ БУМАГ США)

© Н.А. Звягинцева¹

Байкальский государственный университет экономики и права,
664003, Россия, г. Иркутск, ул. Ленина, 11.

Рассматриваются вопросы государственного регулирования рынка ценных бумаг. Акцентируется внимание на необходимости повышения роли государственного регулирования рынка ценных бумаг в современных условиях развития экономических систем. Поднимается актуальная проблематика оценки результативности регулирования рынка ценных бумаг. В качестве исследования указанной проблематики проводится анализ зависимости состояния рынка ценных бумаг от продуцируемых государством регулятивных процедур на примере США. Формируется заключение о достаточно высокой результативности государственного регулирования рынка ценных бумаг США.

Ключевые слова: рынок ценных бумаг; регулирование рынка ценных бумаг; государственное регулирование; результативность регулирования; регулятивные процедуры.

EVALUATING SECURITIES MARKET REGULATION EFFICIENCY (FOR THE CASE OF THE USA SECURITIES MARKET)

N.A. Zvyagintseva

Baikal State University of Economics and Law,
11 Lenin St., Irkutsk, 664003, Russia.

The paper deals with the issues of state regulation of the securities market. It emphasizes the need to enhance the role of the state regulation of the securities market in the current conditions of economic system development and brings up a relevant problem of evaluating securities market regulation efficiency. The specified problems studied through the analysis of securities market state dependence on the government regulatory measures by the example of the United States. It is concluded that the efficiency of the state regulation of the securities market in the USA is rather high.

Keywords: securities market; securities market regulation; state regulation; regulation efficiency; regulatory procedures.

Особенности развития современных финансовых рынков, характеризующиеся продолжительными кризисными явлениями и их существенными негативными последствиями для экономики в целом, выдвигают на первый план вопросы системного регулирования. Превалирование на протяжении конца XX–начала XXI вв. идей современной неоклассики, стремящихся доказать неэффективность и нежелательность активной государственной политики в сфере экономики и выдвигающих на первый план процессы саморегулирования финансового рынка, в немалой степени способствовали дестабилизации его функционирования.

Этот вывод предопределили усиление регулятивных процессов, исходящих, в первую очередь, от государства.

Однако меры государственного регулирования, продуцируемые как во время пиков кризисных явлений, так и в стабильных промежутках развития финансового рынка, не всегда являлись результативными. Данные аспекты подтверждает сопоставление регулятивных мер и показателей, характеризующих состояние рынка в конкретном избранном промежутке времени. Подобный анализ позволяет выявить наиболее успешные «регулятивные практики» и использовать их

¹Звягинцева Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент кафедры банковского дела и ценных бумаг, тел. 89025667153, e-mail: legnata2010@yandex.ru
Zvyagintseva Natalia, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Banking and Securities, tel.: 89025667153, e-mail: legnata2010@yandex.ru

для предотвращения дестабилизации на рынке в будущем.

В рамках данной статьи предпринята попытка систематизации зависимости состояния рынка ценных бумаг, как составляющей финансового рынка, от государственных регулятивных процедур на примере США (США имеют один из наиболее развитых рынков ценных бумаг в мире, прошедших длительную эволюцию, и достаточно эффективную систему его регулирования). Для этого избран ряд показателей, характеризующих развитие американского рынка ценных бумаг в динамике. В их число входят: капитализация рынка акций; рыночная капитализация листинговых компаний к ВВП; коэффициент цена/прибыль; соотношение объема привлеченного на рынке акций капитала к объему инвестиций в основной капитал; дивидендная

доходность акций; общая доходность акций; количество национальных компаний, чьи акции торгуются на биржах. Динамика данных показателей представлена на рисунках 1–7.

Анализируя динамику рассматриваемых показателей, отмечаем, что основной причиной роста рынков акций вплоть до 1999 г. являлась, безусловно, благоприятная экономическая конъюнктура (причем данная тенденция характерна не только для рынка ценных бумаг США, но и других развитых стран, исключая, наверное, только Японию). В США наблюдался самый длительный (с момента окончания Второй мировой войны) экономический подъем, что отражалось на прибылях компаний, а, соответственно, и на ценах акций.

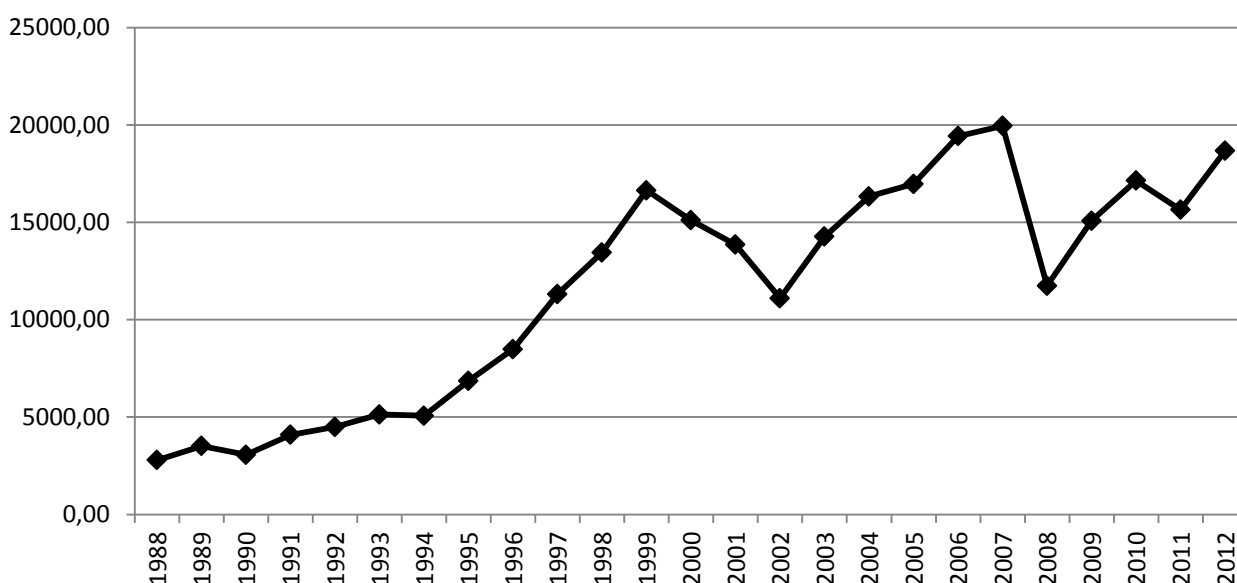


Рис. 1. Капитализация рынка акций США, млрд долл. [1]

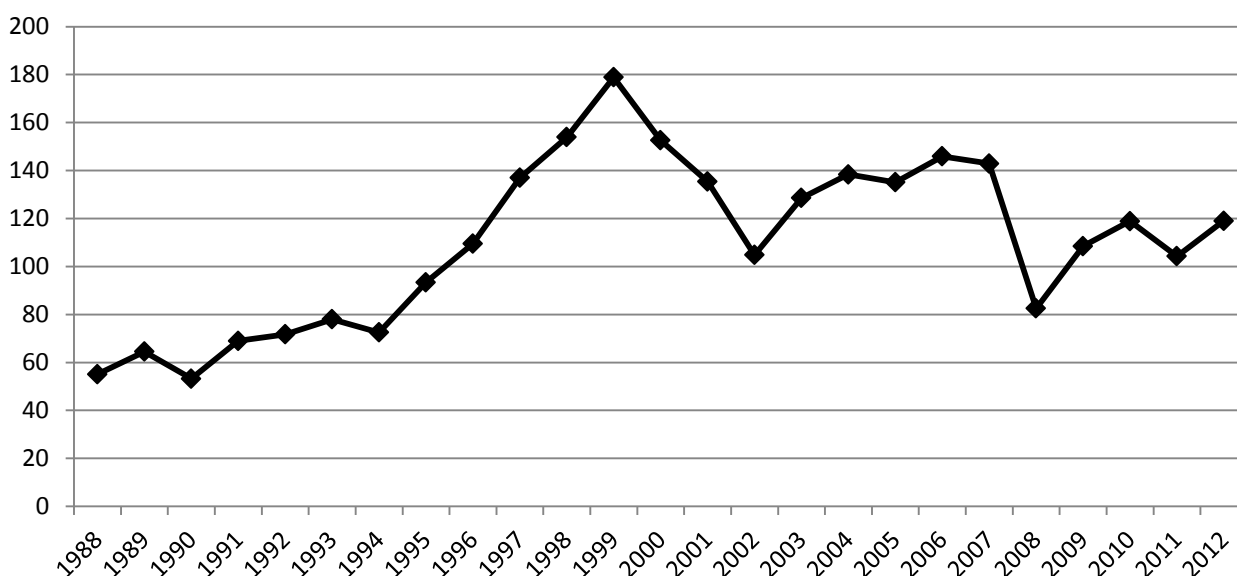


Рис. 2. Рыночная капитализация листинговых компаний США, в % к ВВП

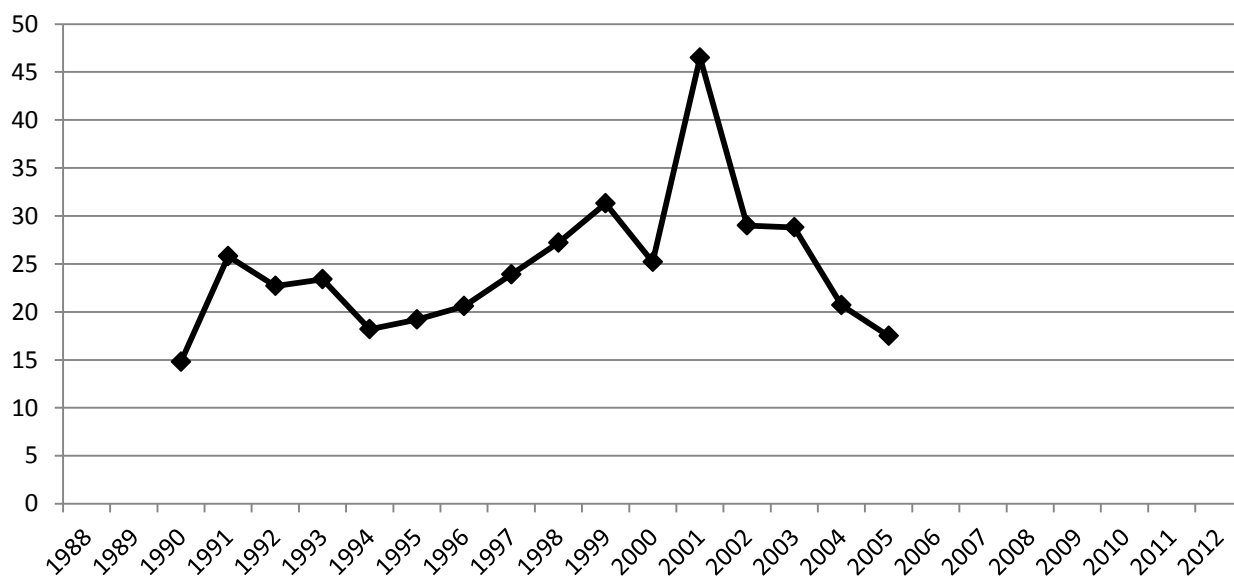


Рис. 3. Коэффициент цена/прибыль (price/earning) [2, с. 797]

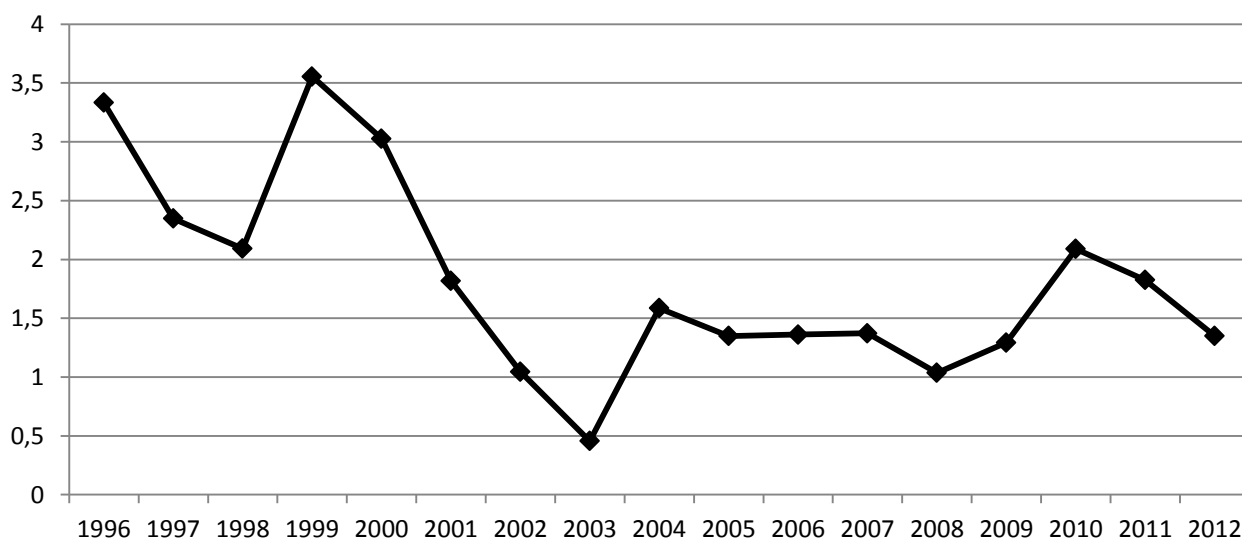


Рис. 4. Соотношение объема привлеченного на рынке акций США капитала к объему инвестиций в основной капитал, в %. Рассчитано автором на основании [3, 4]

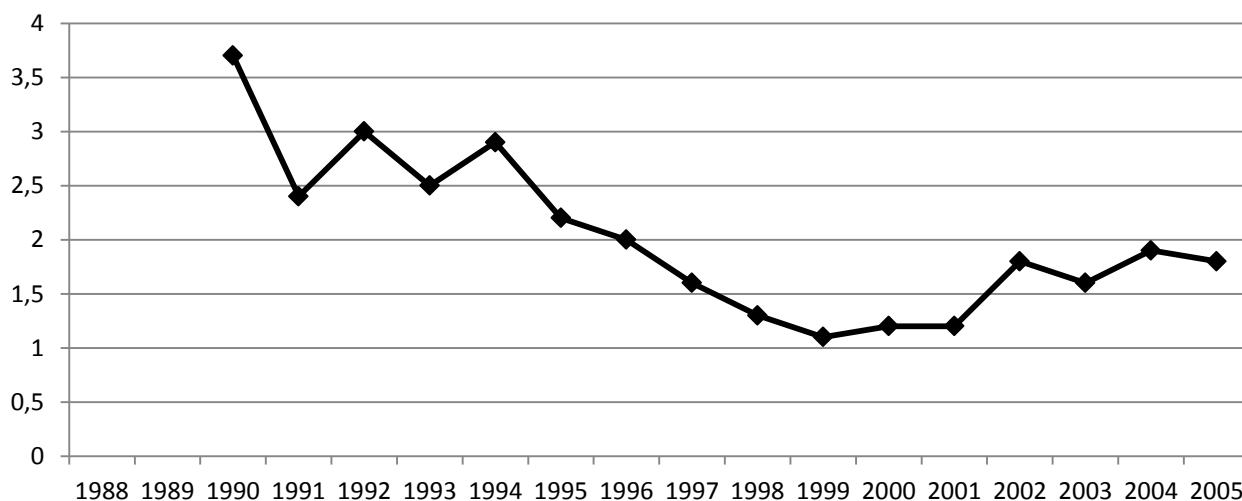


Рис. 5. Дивидендная доходность акций, в %, [2, с. 800]

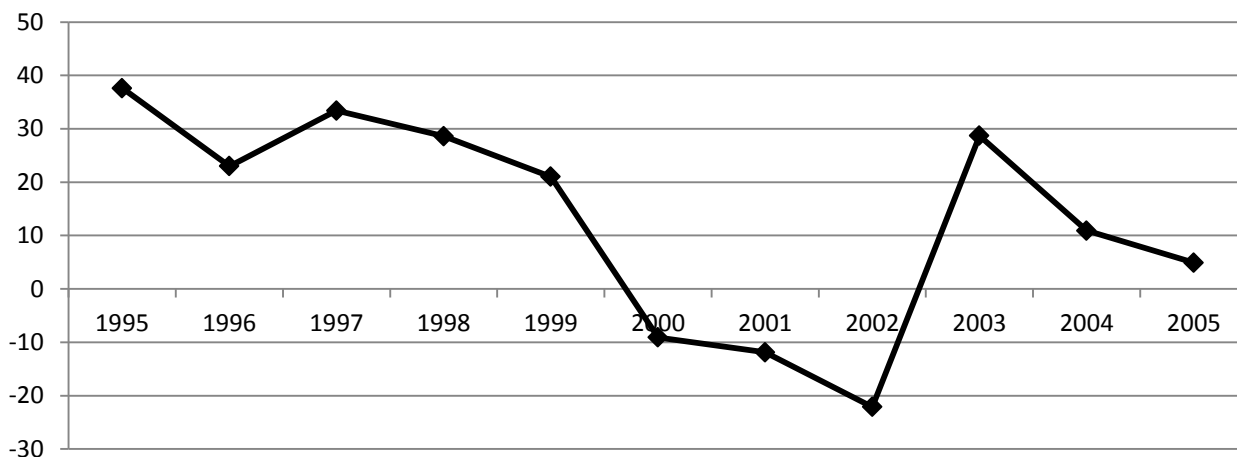


Рис. 6. Общая доходность акций, в %, [2, с. 802]

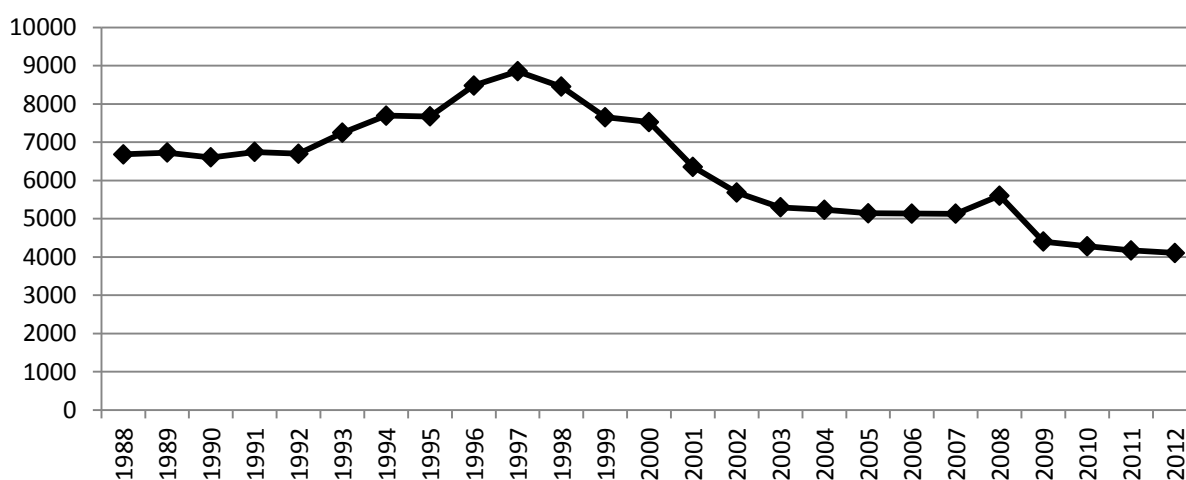


Рис. 7. Количество национальных компаний США, чьи акции торгуются на биржах [4]

Концентрируясь на группе показателей, характеризующих капитализацию рынка акций, отмечаем, что, например, показатель «рыночная капитализация листинговых компаний к ВВП» на протяжении всего XX в. демонстрирует очевидную цикличность, которая увязывается с «большими циклами конъюнктуры» (циклами Кондратьева), см. рис. 8.

Продолжительность цикла составляет около 35 лет. Пики приходятся на конец 20-х, вторую половину 60-х и конец 90-х гг. За пиками следуют периоды общего спада. Конечно, динамика показателя относительной капитализации является лишь индикатором, однако он очень наглядно отражает объективные процессы, протекающие в экономике, а его колебания можно рассматривать как закономерность. Так, в конце 90-х гг. был, очевидно, достигнут очередной циклический максимум, за которым должно последовать очередное долговременное относительное сокращение рынка. Об избытке накопленного фиктивного капитала свидетельствуют также показатели «коэффициент цена/прибыль» и «дивидендная доходность». Временные отскоки вверх (как, например, рост 2003–2007 гг.) не отменяют общей тенденции: новый долговременный циклический подъем возможен, если эта

гипотеза верна, начиная с 2015 г. [6, с. 85].

Обращаясь к причинно-следственной связи в регулятивных процессах, отмечаем, что положительная динамика ряда показателей (капитализация рынков акций, рыночная капитализация листинговых компаний к ВВП, соотношение объема привлеченного на рынке акций капитала к объему инвестиций в основной капитал, дивидендная доходность акций, количество национальных компаний, чьи акции торгуются на биржах) до 1999 г. обусловлена последовательной либерализацией финансовой системы и значительным ослаблением степени ее регулирования и регулирования рынка ценных бумаг, (речь идет о преобладании взглядов о способности рыночной системы и рынка ценных бумаг как ее элемента, к саморегуляции в 70-х гг. прошлого века – начале XXI века). Доля финансового сектора в ВВП США за данный временной период увеличилась почти в 2 раза (по данным бюро экономического анализа, с 5% в 1970 г. до 8,8% в 2007 г.) [7]. Подобное положение вещей положительным образом сказалось на расширении и углублении рынка, а также в определенной степени способствовало росту инвестиций в основной капитал, привлеченных через рынок ценных бумаг.

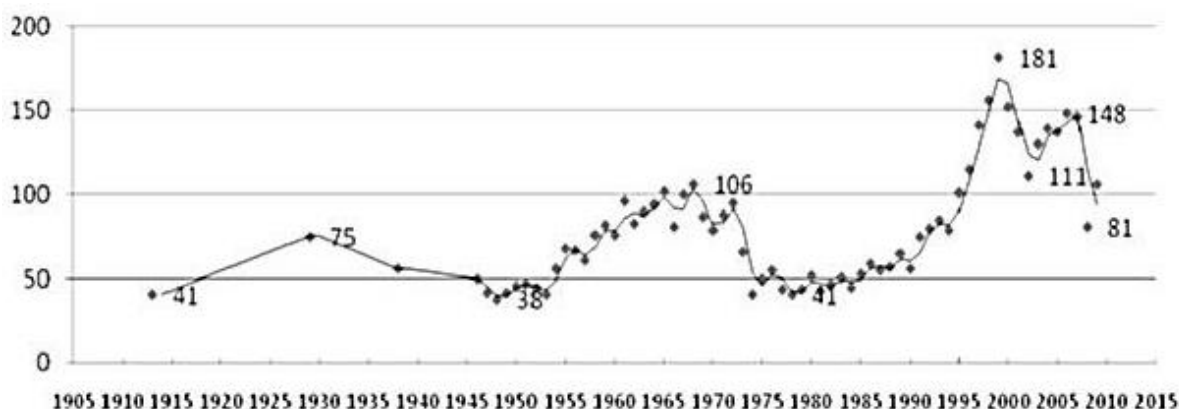


Рис. 8. Рыночная капитализация листинговых компаний к ВВП в период XX–нач. XXI вв. в США [6, с. 86]

В 1999–2002 гг. очевиден спад по показателям: капитализация рынков акций, рыночная капитализация листинговых компаний к ВВП, соотношение объема привлеченного на рынке акций капитала к объему инвестиций в основной капитал, общая доходность акций, количество национальных компаний, чьи акции торгуются на биржах. Коэффициент цена/прибыль продемонстрировал максимум в 1991 г., после чего началось его затяжное падение, что свидетельствует о существенной переоцененности рынка акций. Данные тенденции явились как следствием кризиса мирового рынка акций (кризис, связанный с возникновением «пузыря» на рынке акций высокотехнологичных компаний, в первую очередь в области Интернет-технологий), так и результатом многочисленных корпоративных скандалов, связанных с недобросовестной деятельностью менеджмента крупных корпораций (в частности, предоставление недостоверной финансовой отчетности, банкротство компании «Enron» и проч.).

Реакция системы регулирования рынка ценных бумаг США: 30 июля 2002 г. принят закон Сарбейнса–Оксли, значительно ужесточающий требования к финансовой отчетности и качеству ее подготовки менеджментом корпораций. Он применяется для всех эмитентов («issuers») – для всех компаний, ценные бумаги которых зарегистрированы комиссией по ценным бумагам и биржам США (SEC), вне зависимости от места регистрации и деятельности. В соответствии с законом, для акционерных обществ открытого типа создается новый режим контроля и регулирования финансовой деятельности, а также происходят существенные изменения в области управления и требований к раскрытию информации. Также позитивную роль сыграла политика «дешевых денег», проводимая ФРС. Изменения в регулировании рынка ценных бумаг были призваны повысить качество финансовой отчетности и корпоративного управления и, соответственно, защитить инвесторов от недобросовестных действий менеджмента. Таким образом, очевидна адекватная реакция системы регулирования на дестабилизацию ситуации на рынке ценных бумаг США.

Присутствует и обратная связь, а именно: реакция объекта регулирования на действие субъекта регулирования в лице государства, получившая выражение в

положительной динамике ряда анализируемых показателей, таких как капитализация рынков акций, рыночная капитализация листинговых компаний к ВВП, соотношение объема привлеченного на рынке акций капитала к объему инвестиций в основной капитал, общая и дивидендная доходность акций. Показатель «количество национальных компаний, чьи акции торгуются на биржах» продолжил снижение, что косвенно может свидетельствовать об уходе с рынка компаний, не способных соответствовать нормам закона Сарбейнса–Оксли. Этот факт также является позитивным следствием регулятивного воздействия со стороны системы регулирования рынка ценных бумаг США.

В целом, за исключением ужесточения регулятивного воздействия текущего масштаба (принятие и реализация норм закона Сарбейнса–Оксли), вплоть до финансового кризиса 2007–2009 гг., иных серьезных регулятивных новаций в США не осуществлялось. При подобных обстоятельствах, следуя постулатам «регулятивного арбитража», существенно увеличился удельный вес небанковских финансовых организаций (shadow banking), которые так же, как и банки, выступали в роли финансовых посредников, однако не попадали под действие существовавших инструментов финансового регулирования, применяемых к операциям банков на рынке ценных бумаг. Небанковские финансовые организации участвуют в процессе предоставления ресурсов экономическим агентам, базой привлечения подобных ресурсов являются средства, привлеченные через механизмы рынка ценных бумаг, в отличие от депозитной базы, характерной для традиционного банковского бизнеса. К ним относятся фонды денежного рынка, инвестирующие в краткосрочные долговые инструменты (money market funds), инвестиционные фонды, хедж-фонды. Данный факт подтверждает рост (вплоть до кризиса 2007–2009 гг.) показателей «количество открытых инвестиционных фондов» и «стоимость чистых активов открытых инвестиционных фондов».

Широкое распространение практики секьюритизации банковских активов имело следствием увеличение объемов кредитования (однако в ущерб требованиям к платежеспособности заемщиков). Подтверждением подобной тенденции служит перманентное увеличение, вплоть до 2007 г., показателя стоимости корпора-

тивных облигаций в обращении. Кроме того, секьюритизация создала механизм трансформации высоких кредитных рисков в рейтинговые оценки финансовых инструментов. Однако подобные рейтинговые оценки зачастую неадекватно отражали уровень рисков, связанных с вложениями в данные финансовые инструменты.

Вообще, касательно деятельности рейтинговых агентств, автор может констатировать факт реализации ошибочных регулятивных процедур со стороны системы регулирования рынка ценных бумаг США. А именно: принятый в 2006 г. закон «О реформе рейтинговых агентств» [8] в прямой форме запретил вмешательство комиссии по ценным бумагам и биржам в определение методологии расчета кредитных рейтингов, используемой агентствами со статусом NRSRO (Nationally Recognized Statistical Rating Organization – статистическая рейтинговая организация). Как раз ослабление контроля со стороны основного регулятора во многом способствовало образованию так называемого «пузыря» на рынке секьюритизированных активов: агентства постепенно смягчили критерии для присвоения наивысших рейтинговых оценок. Не следует забывать и о характерном для деятельности рейтинговых агентств конфликте интересов, провоцирующем занижение оценки уровня рисков вложений в ценные бумаги и производные финансовые инструменты, т.к. их услуги оплачиваются эмитентом, получающим рейтинг.

Все вышеперечисленные обстоятельства имели следствием возникновение определенных дисбалансов в финансовой системе и на рынке ценных бумаг, которые своевременно не были подвергнуты коррекции со стороны системы регулирования рынка ценных бумаг. Американский экономист Р. Левин отмечает, что кризис продемонстрировал не только наличие глобальных макроэкономических дисбалансов, распространение значительного числа новых финансовых инструментов для манипулирования и спекулятивных целей, эйфории от свободы деятельности на финансовом рынке. Эти факторы сыграли свою роль, но лишь отчасти. Основными явились сбои в регулировании финансовых рынков, спровоцировавшие кризис и способствующие поддержанию «плохой» политики, суть которой сводилась к принятию чрезмерных рисков и отвлечению сбережений общества на социально непродуктивные цели [9]. Закономерным итогом неадекватного ответа системы регулирования рынка ценных бумаг на потребности рынка стал кризис 2007–2009 гг., когда продемонстрировали спад практически все показатели: капитализация рынков акций, рыночная капитализация листинговых компаний в % к ВВП, соотношение объема привлеченного на рынке акций капитала к объему инвестиций в основной капитал. Касательно первых двух названных показателей. Несмотря на значительные масштабы падения рынка акций в период современного финансово-экономического кризиса, так называемого «пузыря» в данном сегменте рынка ценных бумаг не было. Серьезное падение показателей группы капитализации

явилось следствием кризиса на долгом рынке (именно этим отличаются спусковые механизмы кризисов 1929 г. и современный финансово-экономический кризис, которые по глубине и масштабу ставят на одну линию: в 1929 г. именно с обвала рынка акций на Нью-Йоркской фондовой бирже началась «великая депрессия»).

Для смягчения течения и ликвидации последствий кризиса со стороны системы регулирования рынка ценных бумаг США было предпринято прямое государственное регулирование как глобального (реформаторского), так и текущего масштаба. К числу вторых можно отнести действия по предотвращению банкротства ряда финансовых институтов, игравших настолько важную роль в финансовом секторе, что их несостоятельность могла бы повлечь за собой серьезные негативные последствия для экономики США, а также для мировой экономической системы. Следует подчеркнуть высокую стоимость данных регулятивных процедур: на ликвидацию ошибок, допущенных менеджментом отдельных компаний, ориентированных на получение сверхприбылей в краткосрочном периоде, были использованы как налоговые поступления бюджета, так и заемные ресурсы. Последний факт подтверждает положительная динамика показателей: объема рынков долговых ценных бумаг (т.е. общий объем задолженности) и структуры национальных рынков долговых ценных бумаг по видам заимствований (бумаги внутреннего долга).

Регулятивные процедуры глобального (реформаторского) масштаба были связаны в первую очередь с законодательными новациями. Их суть демонстрирует переосмысление роли системы регулирования рынка ценных бумаг и всего финансового рынка в свете современного финансово-экономического кризиса.

В мае 2009 г. были приняты законы: о борьбе с мошенничеством и преодолении его последствий и о подотчетности, ответственности и раскрытии информации о кредитных картах. Первый законодательный акт призван дать правоохранительным органам больше полномочий для борьбы с преступлениями на финансовых рынках, а второй детализирует и усовершенствует защиту потребителя в области применения кредитных карт.

Также в 2009 г. администрация президента США представила всеобъемлющий план реформирования системы регулирования финансовых рынков, важнейшая цель которого – запустить в действие новую систему отслеживания и предупреждения системных рисков. План включал пять основных направлений реформирования: 1) ужесточить регулирование и надзор за деятельностью финансовых компаний; 2) установить всеобъемлющий надзор и регулирование финансовых рынков; 3) усилить защиту прав потребителей и инвесторов на финансовых рынках; 4) предоставить государству более совершенный арсенал средств борьбы с финансовыми кризисами и разработать особый режим спасения компаний в случае «системного риска»; 5) повысить международные стандарты регулирования и укрепить международное со-

трудничество. В целях реализации данного плана в июле 2010 г. был принят закон Додда–Фрэнка (Dodd–Frank Act), фактически прервавший продолжительный период либерализации финансового сектора и существенно ужесточающий финансовое регулирование в США [10]. Этот законодательный акт знаменует новый подход к финансовому регулированию, заключающийся в том, что регулирование в целом теперь нацелено на обеспечение стабильности финансовой системы, а не на обеспечение стабильности отдельной компании. Таким образом, основной целью закона Додда–Фрэнка является обеспечение финансовой стабильности в США за счет повышения подотчетности и прозрачности финансовой системы; защиты налогоплательщиков (путем исключения ситуации, когда какая-либо компания признается «слишком важной», чтобы допустить ее банкротство (Too Big to Fail), и государство вынуждено буквально спасать крупнейшие финансовые организации, так как их крах может иметь тяжелые последствия не только для национальной, но и для мировой экономики); защиты потребителей финансовых услуг от недобросовестных действий со стороны финансовых организаций и т.п. Данный закон, инициирующий наиболее значительные изменения финансового регулирования в США со времен «великой депрессии», по сути является попыткой обновить систему финансового регулирования, созданную в 1930-е годы, и распространить ее действие на сферы, которые ранее регулировались недостаточно.

Закон Додда–Фрэнка касается как деятельности всех федеральных органов государственного регулирования рынка ценных бумаг (а, точнее, всей финансовой системы в целом), т.е. субъекта регулирования, так и влияет на все финансовые институты, функционирующие в США, т.е. объект регулирования.

Крайне существенным реформаторским действием масштабного характера выступает прописанная в законе Додда–Фрэнка новая структура органов государственного регулирования США. Она возникла в результате создания ряда дополнительных государственных регулирующих органов и упразднения одного из существовавших. К числу вновь созданных органов относятся:

- Совет по финансовой стабильности (Financial Stability Oversight Council). Подотчетен Конгрессу. Основная цель – обнаруживать риски нарушения стабильности финансовой системы США. По сути, данный орган выполняет роль координатора, позволяющего принимать всесторонне оцененные и взвешенные регулятивные решения. В составе совета главы восьми финансовых регулирующих органов, в том числе основного регулятора рынка ценных бумаг – комиссии по ценным бумагам и биржам, федеральной корпорации по страхованию вкладов, агентства по финансовой защите потребителей и др. Кроме того, одной из его ключевых функций является разработка мер институционального государственного регулирования (норм пруденциального надзора), в частности, нормативов достаточности капитала, ликвидности и максимально допустимого кредитного плеча и проч. –

в целях предотвращения появления рисков ухудшения финансового состояния участников рынка ценных бумаг (и, в целом, финансового рынка), угрожающих финансовой стабильности США.

- Служба финансовых исследований (Office of Financial Research). Создана в составе министерства финансов США. Основная задача – оказание поддержки совету по финансовой стабильности путем сбора и анализа данных.

- Агентство по финансовой защите потребителей (Consumer Financial Protection Bureau). Создано в составе ФРС, объединяет в себе функции, ранее выполнявшиеся несколькими государственными регуляторами (ФРС, федеральной корпорацией по страхованию вкладов, национальной администрацией кредитных союзов). Основная цель – контролировать исполнение законодательства о защите прав потребителей финансовых услуг. Приоритетные задачи: обеспечивать раскрытие информации об условиях предоставления различных финансовых услуг, предотвращать возможность недобросовестного поведения финансовых компаний в отношении собственных клиентов, повышать уровень финансовой грамотности потенциальных частных инвесторов, рассматривать жалобы потребителей.

- Управление кредитных рейтингов (Office of Credit Ratings). Создано в составе комиссии по ценным бумагам и биржам. Основная цель – пересмотр основных норм и существенное ужесточение контроля за деятельностью рейтинговых агентств для предотвращения фактов присвоения неадекватных рейтинговых оценок.

- Федеральное управление страхования (Federal Insurance Office). Основная цель – всесторонний мониторинг страховой деятельности на национальном уровне и выявление возможных рисков в данной области. Следует подчеркнуть, что ранее регулирование страховой деятельности в США осуществлялось только на уровне каждого отдельного штата.

В целях устранения дублирования регулятивных функций законом Додда–Фрэнка ликвидировано управление надзора за сберегательными учреждениями (Office of Thrift Supervision). Сберегательные учреждения подлежат регулированию со стороны ФРС, федеральной корпорации по страхованию вкладов и управления контролера денежного обращения (Office of the Controller of the currency).

К реформаторским действиям масштабного характера, регламентированным законом Додда–Фрэнка, относятся меры по ужесточению пруденциального надзора за финансовыми организациями. В частности, ФРС ужесточила требования к размеру капитала, уровню ликвидности, а также соотношению заемного и акционерного (собственного) капитала финансовых организаций; кроме того, изменились требования к качеству капитала первого уровня: из него исключены ценные бумаги, обладающие одновременно свойствами долговой ценной бумаги и акции (hybrid securities). Важно, что требования по достаточности капитала и максимально допустимому уровню кредит-

ного плеча, используемые сегодня в отношении банковских финансовых организаций, депозиты в которых застрахованы федеральной корпорацией по страхованию вкладов, распространяются на банковские холдинговые компании и на системно значимые небанковские финансовые организации.

Внедрены также новые регулятивные процедуры в области пруденциального надзора, в частности, создана четкая процедура банкротства (living wills) системно значимых финансовых корпораций, реализуемая федеральной корпорацией страхования вкладов и не предполагающая дополнительных расходов бюджетных средств. Введено требование об обязательном перманентном предоставлении отчетов о механизмах собственной скорой и корректной ликвидации (в случае необходимости) со стороны банковских холдингов, с активами более 50 млрд долл., банками и небанковскими финансовыми организациями, банкротство которых может нанести серьезный ущерб финансовой системе США. Аргументацией введения данной нормы является создание стимулов для компаний к упрощению их организационных структур и предотвращение появления слишком крупных финансовых институтов, банкротство которых может негативно отразиться на состоянии экономической системы (принцип «Too Big to Fail»).

Законом Додда–Фрэнка, в целях недопущения повторения кризисных ситуаций, изменяются процедуры секьюритизации активов, ужесточается регулирование производных финансовых инструментов (деривативов). В частности, предусматривается повышение прозрачности рынка деривативов и снижение рисков, связанных с совершаемыми на нем операциями: увеличены требования к капиталу финансовых организаций, преимущественно осуществляющих операции с деривативами; повышен минимальный объем залога, необходимого в качестве гарантии выполнения операции; установлена обязанность участников рынка использовать клиринг при торговле деривативами и осуществлять сделки с деривативами на организованных рынках. Вводится запрет на привлечение государственной помощи (кредиты ФРС, государственные гарантии) для компаний, осуществляющих операции со свопами. Депозитные организации, входящие в систему страхования вкладов, вправе выполнять лишь узкий круг операций с деривативами. Законом установлено, что регулирование рынка свопов и надзор за его участниками реализуется комиссией по торговле товарными фьючерсами (Commodity Futures Trading Commission), однако регулирование рынка свопов на ценные бумаги относится к полномочиям комиссии по ценным бумагам и биржам. Конструкция нового производного инструмента должна быть непременно согласована с одной из вышеуказанных комиссий.

Рассматриваемым законом введено «правило Волкера» (Volcker Rule), частично реанимирующее разграничение между инвестиционными и традиционными коммерческими операциями банков, установленное законом Гласа–Стигалла в 1933 г. и впоследствии отмененное законом Грэма–Лич–Блайли в 1999

г. «Правило Волкера» вводит запрет для коммерческих банков независимо от масштабов их деятельности на торговлю ценными бумагами на финансовых рынках с использованием собственных средств (proprietary trading); лимитирует участие коммерческих банков в капитале хедж-фондов и фондов прямых инвестиций.

В отношении деятельности рейтинговых агентств, выступивших катализатором современного кризиса, были предприняты регулятивные меры, направленные на повышение их прозрачности и подотчетности. Закон Додда–Фрэнка предоставляет комиссии по ценным бумагам и биржам полномочия по формированию правил присвоения рейтинга. Появление данного требования иллюстрирует смену приоритетов – от создания условий для максимальной независимости установления рейтинга к обеспечению максимальной защиты интересов инвесторов за счет предоставления им наиболее достоверной информации [7, с. 63].

Закон Додда–Фрэнка касается также актуальных аспектов усиления и совершенствования защиты прав и законных интересов инвесторов. В частности, отдельные положения закона регламентируют усиление роли комиссии по ценным бумагам и биржам и повышение результативности нормоприменения существующих законов в данной области. Комиссия, например, имеет право требовать от брокеров, оказывающих услуги по финансовому консультированию, действовать исключительно в интересах своих клиентов, а не в собственных.

Относительно совершенствования принципов корпоративного управления – увеличивается степень подотчетности менеджмента акционерам: введены требования получения регулярного (не реже, чем 1 раз в 3 года) одобрения со стороны акционеров размера вознаграждения топ-менеджменту, раскрытия информации о размере годового дохода руководителей (абсолютное значение и отношение к медианной заработной плате в компании) и его корреляции с результативностью деятельности компании.

В апреле 2012 г. был принят закон «О стартовом импульсе бизнеса» (The Jump start Our Business Startups Act, или «JOBS Act»). Дословно расширенное название закона переводится, как «... для увеличения количества рабочих мест и стимулирования экономического роста путем расширения доступа к публичным рынкам капитала для новых растущих компаний». В данном случае реализуется чрезвычайно важный принцип регулирования: дифференциация регулятивных требований в зависимости от масштабов объекта регулирования. Если закон Додда–Фрэнка крайне ужесточил регулятивные нормы относительно рынка ценных бумаг и финансового рынка в целом, то нормы «JOBS Act» призваны стимулировать финансирование малого бизнеса и новых компаний США через привлечение финансовых ресурсов на публичных торгах путем минимизации нормативных требований, упрощения процедур и правил совершения операций на рынке ценных бумаг.

Таким образом, нами визуализирован комплекс

основных регулятивных процедур как глобального (реформаторского), так и текущего масштаба, характерных для системы регулирования рынка ценных бумаг США в конце XX–начале XXI вв. В результате проведенного анализа очевидна взаимосвязь между состоянием объекта регулирования (рынка ценных бумаг США) и регулятивным воздействием со стороны субъекта регулирования (системы регулирования рынка ценных бумаг США). Результативность регулирования, исходя из представленной динамики исследуемых показателей, может быть расценена как высокая.

Кроме того, подтверждается широко обсуждаемая в современных условиях точка зрения о необходимости ограничения использования положений современной неоклассической парадигмы регулирования социально-экономических систем ввиду ее недостаточной эффективности в современных условиях (в качестве подтверждения: продуцирование глобальных кризисных явлений и обострение на этом фоне социальных проблем). Реформирование финансового рынка США в целом и рынка ценных бумаг, в частности иллюстрирует кардинальную трансформацию взглядов относительно необходимости и степени государственного регулирования. Эпоха последовательной либерализации, когда во главу угла были поставлены постулаты саморегулирования в экономической системе, подразумевающие возможность прихода в равновесное состояние и обеспечение максимально эффективного распределения ресурсов при минимальном вмешательстве государства, сменилась осмыслением необходимости ограничения свободы рынка с одновременным расширением регулятивных полномочий государ-

ства. (Р. Левин подтверждает, что в период либерализации регулирующие органы в США не испытывали недостатка в информации об истинном положении дел в финансовом секторе, однако решения, принимаемые ими под воздействием доминирующей системы взглядов о всеисильности невидимой руки рынка, лишь способствовали дальнейшей дестабилизации финансового сектора [9]). Причем акцент делается именно на институциональных методах государственного регулирования, направленных на снижение рисков как деятельности финансовых организаций в целом, так и совершения отдельных финансовых операций. В общем плане сегодня реформирование системы регулирования США направлено на переориентацию финансового сектора от спекулятивной составляющей на привлечение ресурсов в реальный сектор экономики (в принципе, этим же целям служило реформирование финансовой системы в период «великой депрессии» 30-х гг. прошлого века).

Следует отметить, что рассмотренный нами спектр внедряемых в процессе реформы регулятивных процедур потенциально снижает рентабельность деятельности на финансовом рынке. Однако данный факт лишь подтверждает смену приоритетов: жестко регулируемый со стороны государства финансовый сектор США (и, в первую очередь, рынок ценных бумаг) должен вновь стать эффективным механизмом трансформации сбережений в инвестиции и перераспределения финансовых ресурсов для целей поступательного развития экономики.

Статья поступила 24.11.2014 г.

Библиографический список

1. Рыночная капитализация листинговых компаний [Электронный ресурс]. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/CM.MKT.LCAP.CD/countries/1W?display=graph> (17.07.2013).
2. Рубцов Б.Б. Современные фондовые рынки. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 926 с.
3. Global IPO trends [Электронный ресурс]. URL: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Global_IPO_trends_2012/\\$FILE/Global_IPO_trends_2012.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Global_IPO_trends_2012/$FILE/Global_IPO_trends_2012.pdf) (08.11.2013).
4. Gross fixed capital formation [Электронный ресурс]. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/NE.GDI.FTOT.CD> (20.09.2013).
5. Листинг национальных компаний США [Электронный ресурс]. URL: http://data.worldbank.org/indicator/CM.MKT.LDOM.NO/countries/1W?_display=graph (25.08.2013).
6. Рубцов Б.Б. Глобальные финансовые рынки: масштабы, структура, регулирование // Век глобализации. 2011. № 2. С. 73–98.
7. Евдокимова Т.В. Реформа финансового регулирования в США: работа над ошибками // США, Канада: экономика – политика – культура. 2012. № 9. С. 55–70.
8. The Credit Rating Agency Reform Act of 2006 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sec.gov/divisions/marketreg/ratingagency/cra-reform-act-2006.pdf> (15.09.2014).
9. Levine R. The Governance of Financial Regulation: Reform Lessons from the crisis [Электронный ресурс]. URL: <http://www.imf.org/external/np/seminars/eng/2011/res2/pdf/rl.pdf> (18.05.2014).
10. The Dodd Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act of 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-111publ203/pdf/PLAW-111publ203.pdf> (15.09.2014).

УДК 332.873.1

НЕКОТОРЫЕ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СПОСОБОВ ФОРМИРОВАНИЯ ФОНДА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА© В.М. Камчаткина¹

Братский государственный университет,

665709, Россия, Иркутская область, г. Братск, ул. Макаренко, 40.

Приводятся ответы на некоторые проблемные вопросы, касающиеся способов создания фонда капитального ремонта, а также перечень услуг и работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирном доме, которые финансируются за счет средств фонда, сформированного исходя из минимального размера взноса.

Ключевые слова: фонд капитального ремонта; региональный оператор; специальный счет многоквартирного дома.

SOME FEATURES OF MAJOR REPAIRS FUND FORMATION METHODS**V.M. Kamchatkina**

Bratsk State University,

40 Makarenko St., Bratsk, 665709, Russia.

The paper gives answers on some challenging issues having to do with the formation methods of the major repairs fund and lists services and works performed under the major repairs of communal property in a multi-apartment house. The works are to be financed out of the fund formed on the basis of a minimal payment for the major repairs.

Keywords: fund for major repairs; regional operator; special account of a multi-apartment house.

В связи с тем, что с 1 октября 2014 г. Фонд капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области (далее – Фонд) начал прием взносов на капитальный ремонт общего имущества в многоквартирных домах (далее – МКД), у горожан возникает множество вопросов: что это за Фонд, куда уходят деньги, почему должны платить именно в этот Фонд, и т.д.

Мы считаем необходимым ответить на часть возникших вопросов.

Фонд капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области – это региональный оператор, созданный в соответствии со ст. 178 Жилищного кодекса Российской Федерации и ст. 10 закона Иркутской области от 27.12. 2013 г. № 167-ОЗ «Об организации проведения капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах на территории Иркутской области». Согласно данным документам, основными функциями регионального оператора являются:

1) аккумулирование взносов на капитальный ремонт, уплачиваемых собственниками помещений, и выделяемых на эти цели средств из бюджетов всех уровней;

2) обеспечение организации ремонта общего имущества в многоквартирных домах на территории Иркутской области [1].

Перечень услуг и работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирном доме, которые финансируются за счет средств Фонда, сформированного исходя из минимального размера взноса на капитальный ремонт, включает в себя:

1) ремонт внутридомовых инженерных систем

электро-, тепло-, газо-, водоснабжения, водоотведения;

2) ремонт или замену лифтового оборудования, признанного непригодным для эксплуатации, ремонт лифтовых шахт;

3) ремонт крыши, в том числе переустройство невентилируемой крыши на вентилируемую, устройство выходов на кровлю;

4) ремонт подвальных помещений, относящихся к общему имуществу в многоквартирном доме;

5) утепление и ремонт фасада;

6) установку коллективных (общедомовых) приборов учета потребления ресурсов, необходимых для предоставления коммунальных услуг, и узлов управления и регулирования потребления этих ресурсов (тепловой энергии, горячей и холодной воды, электрической энергии, газа);

7) ремонт фундамента многоквартирного дома.

При этом данный перечень работ и услуг может корректироваться субъектом РФ, но не должен быть сокращен. То есть корректировка производится только в сторону увеличения перечня работ и услуг по капитальному ремонту (исходя из минимального размера взноса на капитальный ремонт) [3].

С учетом установленной Жилищным кодексом Российской Федерации (далее ЖК РФ) возможности, законом Иркутской области № 167-ОЗ данный перечень дополнен следующими видами работ:

1) ремонт и замена мусоропроводов;

2) работы по благоустройству и озеленению земельного участка, на котором расположен многоквартирный дом, если границы и размер земельного участ-

¹Камчаткина Варвара Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры строительных конструкций и технологии строительства, тел.: 89149514140, e-mail: varvara@kamchatkina.ru
Kamchatkina Varvara, Candidate of Pedagogics, Associate Professor of the Department of Building Structures and Construction Technologies, tel.: 89149514140, e-mail: varvara@kamchatkina.ru



ка определены в соответствии с требованиями земельного законодательства [1].

Региональная программа капитального ремонта опубликована 31.03.2014 г. в общественно-политической газете «Областная», № 34 (1202).

Также средства Фонда могут использоваться для оплаты следующих услуг и (или) работ:

- 1) разработки проектной документации;
- 2) оплаты услуг по строительному контролю;
- 3) погашения кредитов, займов, полученных и использованных в целях оплаты указанных услуг, работ, а также для уплаты процентов за пользование такими кредитами, займами; оплаты расходов на получение гарантий и поручительств по таким кредитам, займам [2].

В соответствии со ст. 169 ЖК РФ, собственники помещений в многоквартирных домах обязаны уплачивать ежемесячные взносы на капитальный ремонт общего имущества многоквартирного дома. Исключением являются собственники помещений в многоквартирных домах, которые признаны аварийными и подлежащими сносу.

Собственники помещений в многоквартирных домах Иркутской области имеют право на общем собра-

нии выбрать один из способов формирования фонда капитального ремонта:

- 1) на счете «Фонда капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области» (централизованная система капитального ремонта многоквартирных домов);

- 2) на специальном счете многоквартирного дома (индивидуальное накопление).

Проанализировав информацию, выложенную на официальном сайте Фонда капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области [1] и ЖК РФ [2], мы привели ответы на возникающие у собственников жилья вопросы, в зависимости от способов формирования фонда (табл.).

В октябре 2014 г. в г. Братске нами был проведен опрос, позволивший выявить грамотность жителей города в отношении вопросов капитального ремонта многоквартирных домов. В опросе приняли участие 50 респондентов: 36% из них в возрасте до 25 лет, 34% – от 25 до 40 лет и 30% – в возрасте от 40 до 70 лет. Высшее образование имеют 50% респондентов, 26% – среднее специальное, 24% респондентов еще учатся, преимущественно в высших учебных заведениях.

Ответы на возникающие у собственников многоквартирных домов вопросы, в зависимости от способов формирования фонда капитального ремонта

Вопросы, возникающие у собственников жилья	Способы формирования фонда капитального ремонта	
	На счете «Фонда капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области» (централизованная система капитального ремонта многоквартирных домов)	На специальном счете многоквартирного дома (индивидуальное накопление)
Кто является владельцем счета?	Региональный оператор	Владельцем специального счета может быть ТСЖ, ЖСК, ЖК или региональный оператор. Федеральным законом от 21 июля 2014 года № 255-ФЗ «О внесении изменений в ЖК РФ, отдельные законодательные акты РФ и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов РФ» в ЖК РФ внесены изменения: с 1 января 2015 года владельцем специального счета для формирования фонда капитального ремонта может быть управляющая организация
Как расходуются средства?	Средства, полученные региональным оператором от собственников помещений в одних многоквартирных домах, могут быть использованы на возвратной основе для финансирования капитального ремонта общего имущества в других многоквартирных домах, только если указанные многоквартирные дома расположены на территории того же городского округа, муниципального района Иркутской области. Соответственно, у регионального оператора финансовые средства будут всегда	Средства с такого счета могут расходоваться на проведение капитального ремонта только того дома, собственники помещений в котором сформировали фонд капитального ремонта. Даже если собственники помещений в многоквартирном доме выбирают в качестве владельца специального счета регионального оператора, то средства фонда капитального ремонта не могут быть использованы региональным оператором для ремонта других домов
Кто выполняет функции?	Региональный оператор выполняет все функции (от начисления и сбора взносов граждан до проведения капитального ремонта)	Выполнение всех функций по начислению, сбору взносов, юридической работе с населением, а также проведение капитального ремонта многоквартирного дома собственники помещений должны решением общего собрания поручить выполнять управляющей организации, ТСЖ или организации, осуществляющей содержание общего имущества много-



		квартирном доме (в зависимости от способа управления многоквартирным домом)
Какой размер ежемесячного взноса?	Размер ежемесячного взноса рассчитывается исходя из минимального размера взноса на капитальный ремонт, установленного постановлением правительства Иркутской области от 17 февраля 2014 года № 54-пп. Размер минимального взноса зависит от типа и этажности многоквартирного дома, а также района (южный, Крайний Север и приравненные к ним местностях)	Собственники помещений в доме должны принять решение о размере ежемесячного взноса на капитальный ремонт (в данном случае он может превышать размер минимального взноса), о перечне услуг и (или) работ по капитальному ремонту общего имущества в многоквартирном доме (разрешается также установить более широкий перечень работ)
Как может быть изменен способ формирования Фонда капитального ремонта многоквартирного дома?	Способ формирования Фонда может быть изменен по решению общего собрания собственников помещений в данном доме при условии отсутствия непогашенной задолженности по оплате услуг/работ по капитальному ремонту или по кредиту на капремонт: – при переходе от способа формирования фонда капитального ремонта на счете регионального оператора на специальный счет – через два года после принятия соответствующего решения общим собранием	Способ формирования фонда многоквартирного дома может быть изменен по решению общего собрания собственников помещений в данном доме при условии отсутствия непогашенной задолженности по оплате услуг/работ по капитальному ремонту, или по кредиту на капремонт: – при переходе от специального счета на счет регионального оператора – через один месяц после принятия соответствующего решения общим собранием
Возможно ли провести капитальный ремонт ранее срока, предусмотренного региональной программой капитального ремонта?	ЖК РФ предусмотрена ежегодная актуализация региональной программы капитального ремонта. Ежегодно служба государственного жилищного и строительного надзора Иркутской обл. принимает и адресует в Фонд решение о проведении осмотра общего имущества в многоквартирных домах, оценивает техническое состояние каждого вида конструктивного элемента многоквартирного дома и направляет в службу государственного жилищного и строительного надзора Иркутской обл. акт о фактическом техническом состоянии многоквартирного дома. Служба подготавливает и направляет в министерство жилищной политики и энергетики Иркутской обл. следующую информацию по перечням многоквартирных домов: 1) в которых капитальный ремонт общего имущества и (или) отдельных конструктивных элементов многоквартирного дома предлагается провести ранее периода, предусмотренного региональной программой капитального ремонта; 2) в которых капитальный ремонт общего имущества предлагается провести позднее периода, предусмотренного региональной программой капитального ремонта; 3) которые предлагается признать аварийными и подлежащим сносу или реконструкции. По результатам данной работы министерством осуществляется актуализация региональной программы. Актуализация также предусматривает возможность уточнения данных о многоквартирном доме, внесенных в региональную программу (процент износа, год постройки, наличие совета многоквартирного дома и др.), которые являются критериями очередности многоквартирного дома	Перенос срока проведения капитального ремонта на более ранний возможен по решению общего собрания. В данном случае общее собрание вправе принять решение о проведении капитального ремонта одной или нескольких инженерных систем или конструкций многоквартирного дома по мере накопления средств на специальном счете. В случае, если средств на специальном счете недостаточно, привлекаются кредитные ресурсы. Средства, накапливаемые в фонде капитального ремонта многоквартирного дома за счет превышения размера взноса над минимальным, могут направляться по решению общего собрания на любые виды работ по капитальному ремонту многоквартирного дома

На первый вопрос, знают ли респонденты, что такое «Фонд капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области», 58% ответили, что затрудняются ответить, 31% – что-то слышали и имеют примерное представление о Фонде, и лишь 11% респондентов точно понимают, о чем идет речь; можно отметить, что преимущественно это люди с высшим образованием (рис. 1).

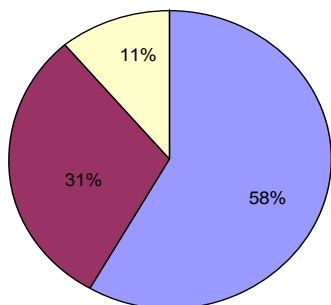


Рис. 1. Процентное соотношение респондентов при ответе на вопрос: Знаете ли Вы, что такое «Фонд капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области»?

Дальнейший опрос был продолжен среди людей, которые понимают или имеют частичное представление о Фонде. Количество респондентов составило соответственно 21 человек. Им был задан второй вопрос: Понимаете ли Вы разницу в способах формирования фонда капитального ремонта: 1) на счете «Фонда капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области», 2) на специальном счете многоквартирного дома? 62% ответили, что затрудняются ответить, 14% – ответили, что понимают не точно, и лишь

5 человек, что составляет 24% респондентов из 21 человека опрошенных, точно понимают разницу в способах формирования фонда капитального ремонта (рис. 2).

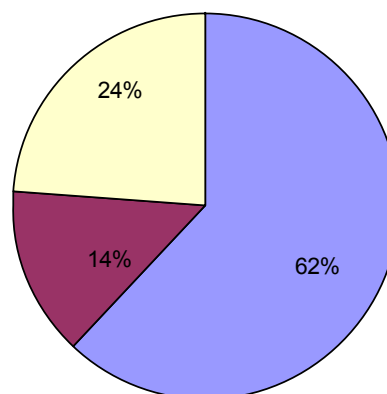


Рис. 2. Процентное соотношение респондентов при ответе на вопрос: Понимаете ли Вы разницу в способах формирования фонда капитального ремонта?

Таким образом, можно сделать вывод, что жители г. Братска в недостаточной мере знают о Фонде капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области. Возможно, нужны дополнительные мероприятия для информирования жителей, например, проведение телевизионного «Прямого эфира», во время которого компетентный представитель Фонда ответит на все возникшие вопросы.

Статья поступила 26.11.2014 г.

Библиографический список

1. Сайт Фонда капитального ремонта многоквартирных домов Иркутской области. Информация собственникам [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fkr38.ru/> (01.11.2014).
2. Жилищный кодекс РФ [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru/popular/housing/> (01.11.2014).
3. Что входит в капитальный ремонт [Электронный ресурс]. URL: http://gkh1.ru/encyclopedia/major_overhaul/what_is_included_into_overhaul/ (01.11.2014).

УДК 005.932:658.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РОЗНИЧНЫХ ТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ: ИССЛЕДОВАНИЕ МНЕНИЙ ПОКУПАТЕЛЕЙ

© В.С. Колодин¹, Я.М. Быстрицкая²

Байкальский государственный университет экономики и права, 664003, Россия, г. Иркутск, ул. Ленина, 11.

В настоящее время состояние рынка розничной торговли Иркутской области можно охарактеризовать как динамичное с высокими темпами прироста. Как и любое экономическое явление, развитие рынка розничной торговли протекает с определенными характерными барьерами именно для этого рыночного сегмента внешней и внутренней окружающей социально-экономической среды. Объективным отражением проблем, существующих у розничных торговых предприятий Иркутской области, является субъективное мнение покупателей. Для решения такой задачи, как выявление проблем у розничных торговых точек региона посредством покупательского мнения,

¹Колодин Виктор Семенович, доктор экономических наук, профессор кафедры логистики и коммерции, тел.: (3952) 228655, (3952) 228614.

Kolodin Viktor, Doctor of Economics, Professor of the Department of Logistics and Commerce, tel.: (3952) 228655, (3952) 228614.

²Быстрицкая Яна Михайловна, аспирант, тел.: 89021761150, e-mail: bystritskaya1@mail.ru

Bystritskaya Yana, Postgraduate, tel.: 89021761150, e-mail: bystritskaya1@mail.ru

авторами данной статьи было проведено исследование, содержащее анонимное анкетирование покупателей и анализ полученных данных с использованием программного обеспечения SPSS. На основе полученных результатов сделаны выводы, отражающие реальные проблемы предприятий розничной торговли, снижающие прибыль и товарооборот у торговых компаний, а также экономические показатели развития Иркутской области, в том числе поступления налоговых отчислений в областной бюджет и ВРП.

Ключевые слова: проблемы рынка розничной торговли Иркутской области; логистические правила; запасы; разработка маршрута поставки; поставщики.

CURRENT PROBLEMS OF IRKUTSK REGION RETAILERS: CUSTOMERS' OPINION SURVEY

V.S. Kolodin, Ya.M. Bystritskaya

Baikal State University of Economics and Law,
11 Lenin St., Irkutsk, 664003, Russia.

The state of modern retail market in the Irkutsk region can be characterized as dynamic and fast growing. Like any other economic phenomenon, the development of the retail market is hindered by the barriers specific for this market segment of internal and external socio-economic environment. In this case, the subjective opinions of customers can become impartial reflections of the problems Irkutsk region retailers face. In order to identify the problems of Irkutsk region retail outlets through the analysis of customers' opinions, the authors of the article carried out a research that included anonymous questioning of customers and the analysis of the data obtained using SPSS software. The obtained results allowed to draw some conclusions that demonstrate the real problems decreasing profit and turnover of retail enterprises as well as economic indicators of Irkutsk region development, including tax payments to the regional budget and gross regional product (GRP).

Keywords: problems of Irkutsk region retail market; logistic rules; inventory; supply route development; suppliers.

В настоящее время рынок розничной торговли Иркутской области показывает высокие темпы развития: за последние пять лет ежегодный прирост темпов роста розничного товарооборота составляет 8,31% [1], его доля в ВРП региона – более 30% [2]. Тем не менее, авторами выдвинута гипотеза, что у местных розничных точек продаж существуют проблемы, способствующие замедлению темпов развития розничной торговли в целом. Для ее доказательства была разработана анкета [3] и проведено анонимное анкетирование покупателей Иркутской области. Всего опрошено 600 респондентов старше 18 лет, из них 75% женщин, 25% мужчин (рис. 1). Квотирование по возрасту представлено на рис. 2. Высшее образование имеют 62% опрошенных. Распределение респондентов по трудовому состоянию представлено на рис. 3: работают 92,7%, 7,3% – безработные. Структура по распределению доходов у опрошенных показана на рис. 4: доход на 1 человека от 4000 до 9999 руб. имеют 39,1%

респондентов; 30,9% ответили, что доход на 1 человека в семье попадает в диапазон от 10000 до 24999 рублей; 13,6% заявили, что доход в семье составляет на 1 человека больше 25000 рублей; 16,4% респондентов имеют доход на 1 члена семьи менее 3999 рублей.

Выявление проблем торговых точек на рынке розничной торговли Иркутской области показало, что 96% респондентов предпочитают приобретать товары в торговых сетях, 4% – в иных розничных точках продаж (рис. 5). 50% покупателей посещают магазины «Славный» и «Слата» (ООО «Маяк»). 38% респондентов совершают покупки в супермаркетах «ОК», «Цезарь», «Spar» (ГК «Кентавр»), из них доля магазинов под франшизой торговой маркой Spar составляет 18%. Остальные 12% респондентов делают покупки или в других менее известных сетях («Багира» – 3,3%, «Берег» – 4%, «Удача» – 1,8%), или в независимых торговых точках (рис. 6).

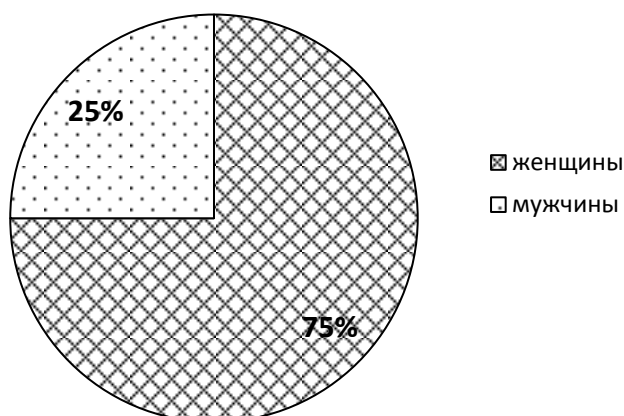


Рис. 1. Распределение респондентов по половому признаку (составлено по [1])

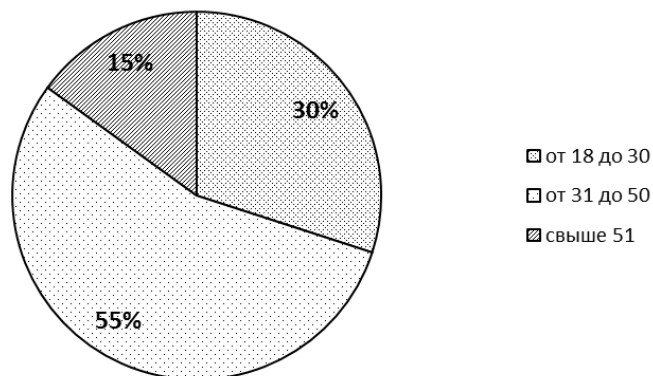


Рис. 2. Квотирование респондентов по возрасту

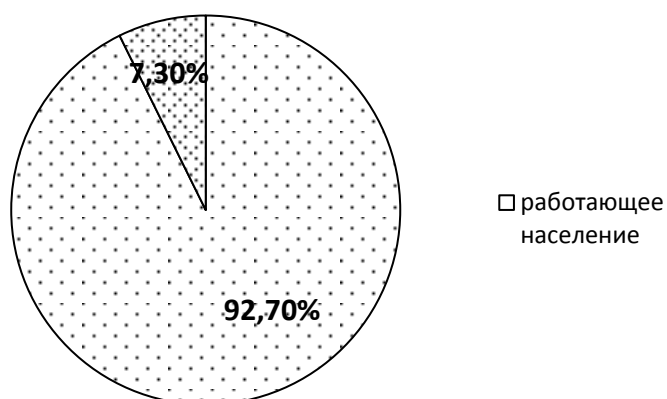


Рис. 3. Распределение респондентов по трудовому состоянию

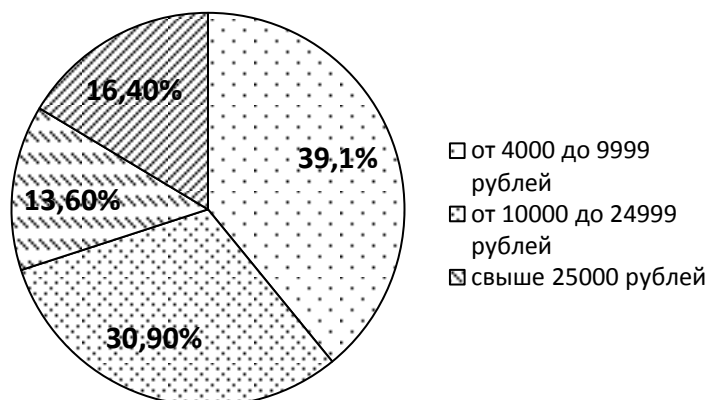


Рис. 4. Распределение доходов на 1 человека в семье

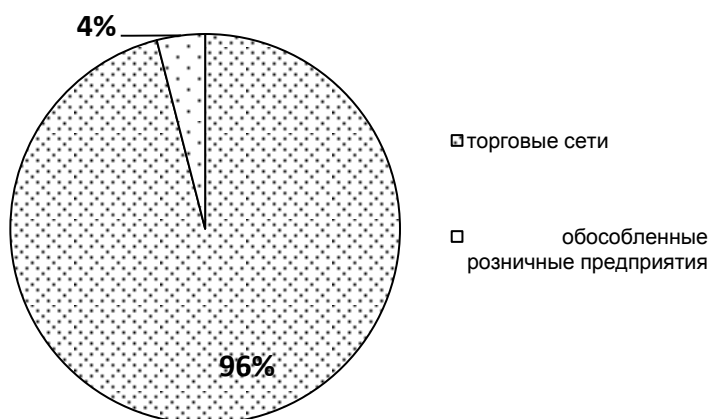


Рис. 5. Предпочтение покупателей по посещению предприятий розничной торговли



Рис. 6. Предпочтения покупателей между предприятиями розничной торговли

Участники анкетирования сообщили, что выбирают розничные торговые точки по следующим критериям: 74% – удобное месторасположение торговой точки в шаговой доступности; 38% – по необходимому ассортименту; 19% – в соответствии с приемлемыми ценами на товары; 13% респондентов устраивает качество обслуживания (рис. 7).

Из существующих проблем у торговых предприятий на рынке розничной торговли потребители выделяют следующие: 45,5% – наличие просроченной продукции; 34,5% – высокие цены на представленные товары; 33,6% – узкий ассортимент; 25,5% – низкий уровень обслуживания; 10,9% – отсутствие необходимых товаров (рис. 8).

Респонденты проранжировали группы товаров, на которые, по их мнению, следует снизить цены, в порядке убывания по степени важности. Средний рейтинг таких групп представляет собой следующее: на первом месте находится мясная продукция; на втором – рыбная; на третьем – хлебобулочные изделия; на четвертом – молочные продукты и сыры; на пятом – кондитерские изделия; на шестом – готовые полуфабрикаты; на седьмом – товары для животных; на восьмом – консервированные продукты; на девятом – напитки безалкогольные; на десятом – алкогольные напитки; на одиннадцатом – мороженое; на двенадца-

том – товары бытовой химии; на тринадцатом – фрукты и овощи, приправы; на четырнадцатом – различные соусы, кетчупы, майонезы; на пятнадцатом – бакалейные товары; на шестнадцатом – непродовольственные товары.

Такие товары, как хлеб, молоко, покупатели приобретают в среднем 2–3 раза в неделю; подсолнечное масло – 1 раз в 2 недели; гречку, сахар, тушенку – 1 раз в 3 месяца; консервированную сайру – 1 раз в месяц; консервированный зеленый горошек – 1 раз в 5–6 месяцев.

По результатам анкетирования можно сделать следующий вывод: в настоящее время покупатели не делают долгосрочных запасов продуктов питания. Всего 5,2% респондентов приобретают продукты питания впрок.

Такие проблемы, как просроченная продукция, отсутствие необходимых товаров в розничных магазинах, обусловлены либо безграмотным планированием размеров партий, либо несоординированным графиком поставок продукции. Высокие цены и узкий ассортимент продаваемых товаров связаны с неэффективной работой с поставщиками, а возможно, и их неправильным выбором. Данные проблемы можно решить при помощи логистики [4, с. 936]:

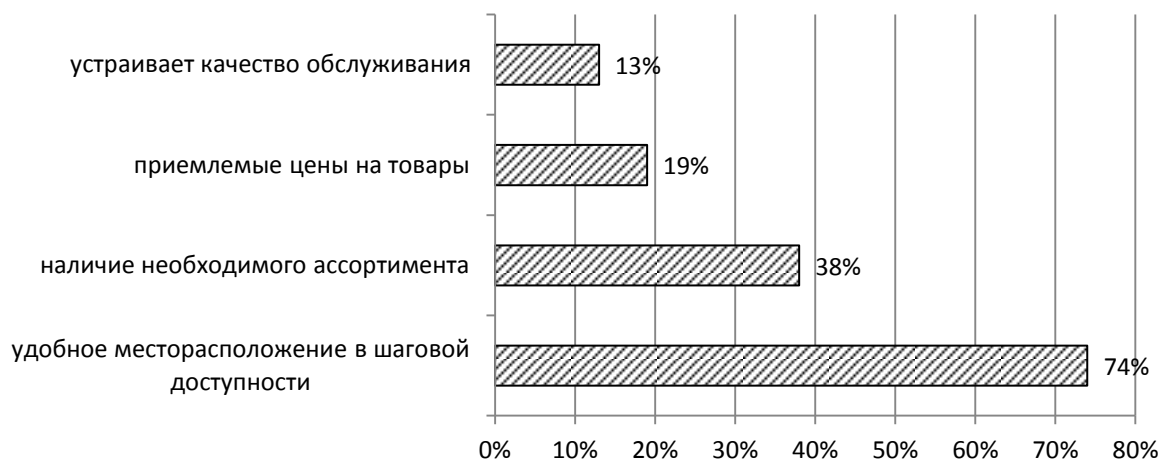


Рис. 7. Критерии выбора посещения предприятия розничной торговли

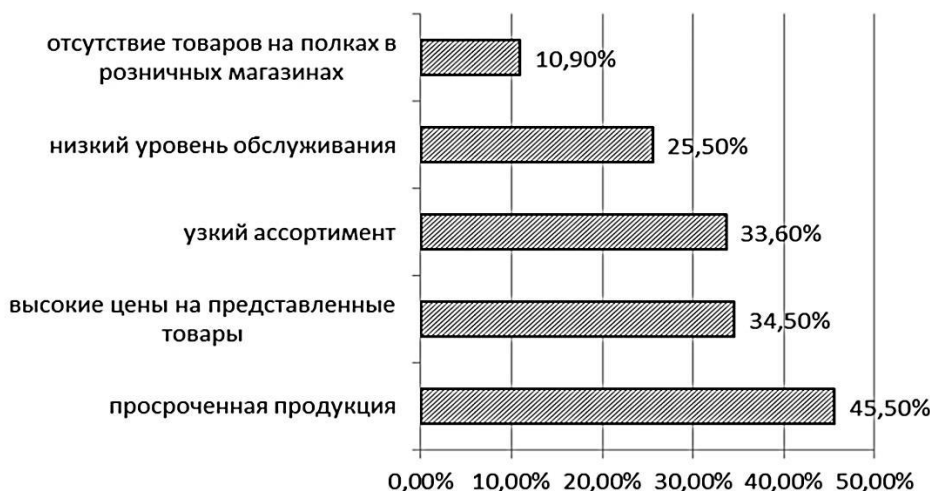


Рис. 8. Проблемы, существующие у предприятий розничной торговли

1) определить нужный ассортимент товаров для продажи, максимально удовлетворяющий потребительский спрос;

2) найти и оценить поставщика по критериям, приоритетным для розничного торгового предприятия, в том числе и приемлемую цену на товар;

3) создать наиболее эффективный и оптимальный график поставок товаров от поставщика, с минимальными затратами на погрузочно-разгрузочные работы, а также хранение товаров;

4) рассчитать оптимальный размер партии товара, которая будет полностью продана покупателям при минимальных логистических затратах.

В результате за счет поступления свежих качественных товаров, расширения их ассортимента усовершенствуется качество обслуживания, увеличится поток покупателей в магазины. Возрастет, соответственно, товарооборот и доход розничного предприятия – следовательно, повысятся налоговые поступления в бюджет региона, улучшатся статистические показатели по розничному товарообороту, ВРП, что делает Иркутскую область более привлекательной для отечественных и иностранных инвесторов в плане развития не только рынка розничной торговли, но и промышленности.

Статья поступила 06.12.2014 г.

Библиографический список

1. Территориальный орган федеральной государственной службы статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/enterprise/retail/>
2. Колодин В.С., Шемякина Л.В., Быстрицкая Я.М. Обзор рынка розничной торговли в Иркутской области: основные тенденции, особенности развития, проблемы, логистические

- пути их решения // Известия БГУЭП. Электронный журнал. 2012. № 6. URL: <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=16455>.
3. Токарев Б.Е. Маркетинговые исследования структуры наукоемкого рынка // Маркетинг. 2011. № 3. С. 22–23.
4. Дыбская В.В., Зайцев Е.А., Стерлигова А.Н. Логистика. М.: Эксмо, 2014. 944 с.

УДК 342'4

ПРИРОДА ИНСТИТУТА ОСОБОГО МНЕНИЯ СУДЬИ В РАЗЛИЧНЫХ ПРАВОВЫХ СИСТЕМАХ

© О.А. Крапивкина¹

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Анализируется институт особого мнения судьи в различных правовых системах. Дается определение особого мнения судьи, рассматриваются его разновидности. Раскрывается роль данного института в процессе демократизации общества, выделяются его основные функции.

Ключевые слова: особое мнение; суд; конституционное правосудие; правовая система.

¹Крапивкина Ольга Александровна, кандидат филологических наук, доцент кафедры иностранных языков № 2 для технических специальностей, тел.: 89041317565, e-mail: koa1504@mail.ru
Krapivkina Olga, Candidate of Philology, Associate Professor of the Department of Foreign Languages no.2 for Technical Specialties, tel.: 89041317565, e-mail: koa1504@mail.ru

ON JUDICIAL DISSENTING IN DIFFERENT LEGAL SYSTEMS

O.A. Krapivkina

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The purpose of the article is to analyze judge's dissenting opinion and its role in different legal systems. The article gives definition of the dissenting opinion of a judge, describes its types, analyzes the role of dissenting opinions and its main functions in society democratization.

Keywords: dissenting opinion; court; constitutional jurisdiction; legal system.

За судьями Конституционного суда РФ закреплено право на особое мнение. Такое право есть и у судей других судов. Однако роль особого мнения в конституционном судопроизводстве существенно отличается от тех функций, которые данный институт выполняет в гражданском, уголовном или арбитражном процессах. Так, наличие особого мнения судьи в гражданском процессе в большинстве случаев ведет к пересмотру решения. Более того, возражения судей не подлежат публикации. Их приобщают к делу в опечатанном конверте и засекречивают от всех, кроме вышестоящей инстанции, пересматривающей дело по жалобе или протесту. Особые мнения судей Конституционного суда РФ или Верховного суда США подлежат обязательному опубликованию. Они открыто и публично противопоставляются коллегиальным судебным решениям, принятым большинством голосов.

Насколько продуктивным является институт особого мнения в судебной системе государства? Вопрос непростой. Очевидно только одно: чем демократичнее судебная система, тем толерантнее она к особым мнениям, а значит, более открыта для критики и публичного обсуждения.

Институт особого мнения законодательно закреплен во многих демократических государствах, среди которых США, Россия, Канада, Германия, Англия и др. В одних странах особое мнение публикуется вместе с решением суда (США, Россия), в других – включается в текст мотивировочной части решения (Германия). Но существуют демократические страны с развитой судебной системой, где такого судебного института нет вообще. Среди них, например, Франция, Бельгия и Италия. Основной причиной отсутствия института особого мнения является, очевидно, неизжитое опасение раскрыть тайну совещательной комнаты, подорвать авторитет решения судебной инстанции. Отсутствие данного института в ряде судебных систем объясняют также и правовыми традициями государства.

Закрепляя в Законе 1991 года «О Конституционном Суде Российской Федерации» право на публичное высказывание особого мнения судьей, законодатель предоставил российским судьям своего рода гарантию их самостоятельности, ответственности и независимости – то, на чем зиждется система правосудия.

Особые мнения содержат позиции, отличающиеся от мнения большинства участвующих в голосовании судей. При этом существование индивидуальной точки зрения судьи не всегда означает, что большинство приняло необоснованное решение. Основанием для несогласия с решением суда, считает Д.А. Басангов, «...может быть иная теоретическая конструкция, по-

ложенная в основу аргументации и выводов, признание другой модели правового регулирования, по мнению судьи, наиболее соответствующей фактическим обстоятельствам разрешаемого дела, предложение иного варианта толкования затронутых в деле норм и прочие доводы, используемые для обоснования не совпадающей с мнением большинства точки зрения судьи, изложившего свое особое мнение» [1]. Но, будучи весьма значимым для науки, оно не имеет юридической силы. Однако, как полагает Е.Ю. Терюкова, это не совсем верно, так как «...поскольку особое мнение – это выражение несогласия «с решением», то его заявление в связи с несогласием с мотивировкой итогового решения или с определением невольно влечет за собой вывод о важности содержащихся там положений (иначе заявление особого мнения просто не имело бы смысла)» [4, с. 152]. Другие исследователи полагают, что особое мнение может иметь как доктринальное, так и нравственное значение. В особом мнении судья не только выражает свое несогласие с решением большинства, но и приводит аргументы в защиту своей позиции, которые могут представлять интерес как для ученых, так и для практиков и таким образом оказывать влияние на научное и профессиональное правосознание [3, с. 143].

Для англо-американских юристов институт особого мнения является типичным атрибутом судебного процесса. Более того, он составляет предмет гордости американского правосудия. Особые мнения судьи Верховного суда США О. Холмса по праву считаются, как отмечает американский исследователь Э. Думболд, «сокровищами юридической мысли» [7]. Верховный судья США А. Скалия отмечает, что особые мнения есть продукт независимого и глубокого мышления; они представляют интерес для законодателя своими конструкциями и вниманием к нюансам дела, служат свидетельством сложности рассматриваемых правовых вопросов, требующих взвешенного подхода; естественным образом превращают суд в орган, где ведутся правовые споры, а юридическая мысль получает развитие. Особые мнения позволяют суду при пересмотре решения сослаться на соответствующую индивидуальную позицию. Это внешний эффект особых мнений. Внутренний же заключается в том, что они, в конечном счете, способствуют повышению качества судебных решений, мобилизуя и развивая творческий потенциал судей.

Судья Верховного суда США В. Бреннан отмечал, что особое мнение является своего рода корректировкой, которая делается в надежде на то, что при рассмотрении следующего дела суд исправит свою ошибку.

ку и что самые долговечные из особых мнений – те, которые содержат пророчества, наполнены страстью и отличаются красноречием. В них происходит встреча двух миров – мира литературы и мира права [6].

И если во Франции идея наделения членов Конституционного Совета правом выражать особые мнения кажется некоторым юристам революционной и даже нелепой, то в США, Великобритании и Канаде удивление вызвало бы само предложение об отмене данного института. В англосаксонской традиции особые мнения – это институт, выступающий в трех ипостасях – пророчество, диалог, гарант честности [6]. Хотя, стоит отметить, первоначальное отношение к институту особых мнений в США было негативным.

Автор одного из первых особых мнений, судья Уильям Джонсон, писал тогдашнему Президенту США Томасу Джефферсону, что после изложения им особого мнения он услышал в свой адрес лишь нравоучения о непристойном поведении судей, делающих выпады друг против друга [10]. Тем не менее, процент решений, вынесенных Верховным судом США, к которым прилагалось хотя бы одно особое мнение, в дальнейшем неуклонно рос [8].

Так, в качестве примера пророческой роли особого мнения можно вспомнить особое мнение судьи Верховного суда Канады Ласкина, который в деле *Murdoch v. Murdoch* выступил против старой системы имущественного права, поддержав право разведенных женщин, которые в браке занимались домашним хозяйством и воспитанием детей, на часть имущества. Позже при рассмотрении дела *Rathwell v. Rathwell* суд под председательством Диксона вынес постановление, в котором поддержал особое мнение Ласкина. Таким образом, оно стало своего рода предтечей изменений в законодательстве, направленных на защиту прав женщин.

Еще один пример. В XIX веке судья Харлан в особых мнениях выступал в защиту права на равенство и против расовой дискриминации. Он понял, к каким социальным последствиям может привести истолкование права на равенство, изложенное в решении по делу *Plessy v. Ferguson*. В решении по данному делу расовая сегрегация путем установления доктрины «равенства порознь» была признана законной. Верховный суд США подтвердил конституционность закона штата, допускающего дискриминацию при внутриштатной транспортировке пассажиров. Судья Харлан, используя в особом мнении самые яростные выражения, писал: «Закон считает человека человеком, невзирая на его окружение или цвет его кожи, когда речь идет о его гражданских правах, гарантированных высшим правом страны. Поэтому прискорбно, что высший суд, дающий окончательное толкование базовых законов страны, пришел к выводу, что штат вправе регулировать осуществление гражданами своих гражданских прав исключительно на расовой основе» (перевод автора статьи – О. К.). Прошло более пятидесяти лет, прежде чем пророческие слова Харлана нашли поддержку, а доктрина «равенства порознь» отменена решением Верховного суда США по делу

Brown v. Board of Education [13].

Такие «великие раскольниковики» начала XX века, как О.У. Холмс и Л. Брандейс, как никто другой играли роль судей-пророков. Они яростно защищали свои убеждения, утверждая, что суд не должен препятствовать политической воле, выраженной в законе всякий раз, когда государство пытается ограничить право собственности или свободу договора во имя социальной справедливости. Таким образом, они выступали против злоупотреблений со стороны государства, а также против законов, которые были направлены на ограничение свободы выражения и вероисповедания. Их особые мнения были своего рода лучами, освещавшими пути для развития права [14], сыграли ключевую роль в процессе либерализации толкования конституционных норм [9]. Такого рода особые мнения всегда служили эксплицитным приглашением к обсуждению вопросов развития права. Многие из той плеяды судей были убеждены, что их дискурс обращен скорее к юристам будущего, нежели к современникам [12].

Особое мнение – это право меньшинства выразить иную точку зрения, предложить альтернативное решение. Далеко не всегда при этом, отмечает А.Л. Кононов, «...решение суда, и, казалось бы, противоположные ему особые мнения можно оценить по шкале правильное/неправильное» [2]. Используя судебское усмотрение, суд выбирает из нескольких правильных вариантов. В особом мнении обосновывается альтернативный, но также, возможно, правильный и допустимый вариант решения.

Споры и разногласия между судьями отражают саму природу конституционного правосудия. Как пишет А.Л. Кононов, Конституционные суды «...решают исключительно вопросы права, действуя в сфере субъективных оценочных суждений о юридических правах, в основе которых лежат принципы, нормы, ценности, т.е. проблема должного, несводимая к доказательству истинности или ложности факта. Это осложняет и ограничивает поиск и обоснование аргументов, которые оправдывали бы принятое судом решение и делали бы его убедительным и авторитетным» [2]. В отличие от других судов, которые применяют правовые нормы в стандартных ситуациях, конституционные суды оценивают оспариваемые нормы с точки зрения их соответствия нормам конституций. Это, как пишет А.Л. Кононов, «...далеко не простое формальное сопоставление, а, по сути, творческий поиск тех фундаментальных идей, которые лежат в основе права и которые могут служить основанием принятия решения, совершенно неочевидного в большинстве случаев. Эти идеи, ценности или правовые принципы не всегда буквально содержатся в нормативном тексте, а в ряде ситуаций могут вступать и в противоречие между собой, что требует чрезвычайно деликатного и тонкого их согласования. Различные правовые доктрины, школы и парадигмы вносят в эту оценку много разнообразия» [2]. Поэтому удивлять должно скорее единодушие судей, отсутствие разногласий между ними по поводу принимаемого решения,

а не возникновение споров.

Особые мнения судей как совокупность правовых взглядов того или иного судьи представляют собой частицу их правосознания и, несомненно, влияют на формирование правовой идеологии и развитие правовой культуры государства.

Тем не менее, некоторые европейские юристы считают особые мнения аномалией судебной системы, и даже анафемой [11]. Этот институт встречает враждебное отношение, как было отмечено выше, во Франции и Бельгии. Так, например, бельгийское законодательство содержит запрет на нарушение принципа совещательной комнаты. Тайна совещательной комнаты предполагает единогласие судей при принятии решений. Закон о Конституционном суде установил четкие требования, в соответствии с которыми большинство голосов должно отвечать множеству критериев (кворум присутствия, языковой и профессиональный баланс, соблюдение очередности председательствующего и т.д.). Закон не предусматривает включение в постановление суда информации о распределении голосов. Возможность изложения судьей особого мнения сводит на нет необходимость соблюдения требования о недопустимости разглашения содержания дискуссии в закрытом заседании и результатов поименного голосования, которые фактически становятся публичным достоянием. Кроме того, особые мнения не способствуют укреплению авторитета суда как коллегиального органа и могут сделать уязвимым содержание принимаемых им решений. Противоречивые мнения могут внести сомнения в правильности вынесенного решения, снижая потенциал его императивности. Включение в текст решения мнений несогласия подрывает авторитет конституционного правосудия. Анонимное мнение – сомнительная судебная инновация, которая может спровоцировать оглашение мнений по достаточно «деликатным» вопросам правосудия, некорректным с моральной или политической точек зрения [15].

Таким образом, в Бельгии и Франции продолжает сохраняться культ тайны совещательной комнаты, который препятствует внедрению в судебную систему столь прогрессивного демократического института, заставляя судей «петь в унисон».

Однако в ряде других стран романо-германской правовой семьи данный институт находит поддержку судейского сообщества. Так, например, в ФРГ закон 1970 года предоставил судьям Федерального конституционного суда право предавать гласности их особые мнения, расходящиеся с мнением большинства.

В Китае особое мнение было впервые приобщено к решению Шанхайского Третейского Суда № 2 в сентябре 2003 года. Данный институт долгое время был чужд китайскому правосудию. Китайские судьи привыкли составлять короткие, «голословные» акты. В решении Шанхайского Третейского Суда 2003 года один из трех судей выразил категорическое несогласие со своими коллегами по поводу ключевых вопросов. Шанхайский Суд опубликовал как решение большинства, так и особое мнение, в конце документа ука-

зав, что, исходя из принципа большинства, коллегия постановила руководствоваться решением, принятым большинством голосов. Возможность включения в судебные решения особых мнений судей отражает реформистскую тенденцию в системе китайского правосудия, заставляет судей быть более ответственными, а также способствует изменению практики составления судебных решений. До последнего времени решения китайских судов представляли собой короткие акты объемом до шести страниц, в которых в сжатой форме излагались только фактическая сторона дела и само постановление суда. Аргументативная часть отсутствовала, правовое обоснование постановления, оценка доказательств, аргументы сторон в тексте решения не упоминались. Среди недостатков подобной формы решений китайские критики называли непрозрачность судебного процесса. Лишь в конце 1990-х годов призывы к реформам возымели свое действие. Суды разных уровней, включая Верховный Народный Суд, потребовали от судей обосновывать свои постановления в текстах решений. Так, в июле 2004 года Фошанский Третейский Суд провинции Гуангдонг опубликовал решение объемом более 100 страниц. Тем не менее, несмотря на внушительные объемы текстов решений, правовое обоснование, которое дают в своих решениях китайские судьи, значительно уступает аргументации их североамериканских и европейских коллег. Внедрение института особых мнений в судебную практику Китая является показателем реформирования судебной системы, поскольку совсем недавно подобная инновация отвергалась как неприемлемая для китайского правосудия.

В заключение отметим, что особые мнения играют важную роль в гражданском обществе, поскольку предлагают альтернативные подходы к решению правовых вопросов, позволяя праву постепенно приспосабливаться к меняющимся ценностям общества. Они способствуют укреплению легитимности институтов судебной власти, играют важную роль в развитии сферы основных прав и свобод.

Не всегда, конечно, особые мнения оказывают влияние на развитие права. Часто они просто «пылятся на полках». Тем не менее, особые мнения нередко служат источниками новых правовых принципов, оказывают влияние на конституционно-правовую доктрину и практику конституционного регулирования, в том числе и потому, что в составах высших судебных органов государств (примером может служить российский Конституционный суд) находятся известные и пользующиеся авторитетом юристы-теоретики и юристы-практики.

Проведенный анализ позволил сделать следующие выводы:

- особое мнение является индивидуальной правовой позицией судьи, реализацией им принципа независимости судей;

- особые мнения являют собой «симбиоз компетентного (профессионального) и доктринального (научного) толкования, имеющего фундаментальную опору в сфере научного мировоззрения» [1];



– особые мнения формируют общественное мнение и служат основой для эволюции индивидуальных правовых позиций и их трансформации в научные концепции, обогащая науку;

– особое мнение, опубликованное совместно с судебным решением, – это «значимое явление, которое на уровне индивидуального правосознания судьи способствует уточнению, разъяснению, аргументации изложенного судом толкования» [1].

– анализ особых мнений «стимулирует к выработке научно обоснованной позиции» [5].

– особое мнение гарантирует свободное волеизъ-

вление судьи, его независимость и равенство прав с другими судьями;

– особое мнение способствует поиску истины и формированию новых подходов к развитию практики толкования нормативных актов, в том числе конституционных;

– отношение к институту особого мнения судьи является неоднозначным в различных правовых системах, однако наметилась тенденция к более интенсивному внедрению его в практику высших судов различных государств.

Статья поступила 30.01.2015 г.

Библиографический список

1. Басангов Д.А. Юридическая природа особого мнения судьи Конституционного Суда Российской Федерации // Журнал российского права. 2006. № 2. С. 24–34.
2. Кононов А.Л. Право на особое мнение // Закон. 2006. Ноябрь. С. 43–46.
3. Лучин В.О., Доронина О.Н. Жалобы граждан в Конституционный Суд Российской Федерации. М., 1998.
4. Терюкова Е.Ю. Акты в процессе осуществления конституционного правосудия: дис. ... канд. юрид. наук. М., 1999.
5. Ултургашев П.Ю. Особое мнение судьи Конституционного Суда Российской Федерации: некоторые аспекты регулирования // Журнал конституционного правосудия. 2011. № 3. С. 19–22.
6. Brennan Jr. W. In Defense of Dissents // California Law Review. 1986. P. 1103–1125.
7. Dumbauld E. Dissenting Opinions in International Adjudication // University of Pennsylvania Law Review and American Law Register. 1999. № 8. P. 929–945.
8. Epstein L., Spaeth H., Walker T. The Supreme Court Com-

pendium: Data, Decisions, and Developments. Washington D.C., 2007.

9. Gaffney Jr. E. The Importance of Dissent and the Imperative of Judicial Civility. 1994.

detailed description of temporary mental disorder, provides a list of the circumstances necessary for giving a ruling to suspend the preliminary investigation.

Keywords: suspension of preliminary investigation; temporary severe disease; mental disorder; sanity; investigator; accused; suspect.

Установление объективной истины – основная цель при проведении предварительного расследования и доказывания в целом. Признание следователем выводов по вопросам, подлежащим решению по существу дела, соответствующими действительности и реальным фактам, есть не что иное, как установление истины. Содержанием достоверной истины являются фактические обстоятельства, подлежащие доказыванию при производстве по уголовному делу в соответствии с требованиями уголовного процессуального закона. К их числу относятся: событие преступления; виновность конкретного лица в его совершении; характер и размер вреда, причиненного преступлением; обстоятельства, исключающие преступность и наказуемость деяния; обстоятельства, смягчающие и отягчающие наказание, а также могущие повлечь за собой освобождение от уголовной ответственности, наказания и т.д. (ст. 73 УПК РФ). Исследование обстоятельств уголовного дела по своей гносеологической природе не отличается от исследования в других областях познания, поскольку здесь также исследуются определенные факты и отношения объективной действительности.

К сожалению, раскрыть преступление и установить истину по возбужденному делу не всегда представляется возможным. В ходе предварительного следствия возникают обстоятельства, препятствующие сбору данных, подлежащих доказыванию по делу в установленный уголовно-процессуальным законом сроки. Законодатель обоснованно предусмотрел различные варианты, связанные с принятием решения по окончании предварительного следствия на этапах его досудебного производства. Одним из наиболее распространенных вариантов является приостановление предварительного следствия с последующим, при появлении соответствующих оснований, его возобновлением.

По данным информационного центра ГУ МВД России по Иркутской области, в 2010 г. возбуждено 64 792 уголовных дел, из них приостановлено 36 819 (56,8%); в 2011 г. было возбуждено 57 711 уголовных дел, количество приостановленных составляло 32 624 (56,5%); в 2012 г. возбуждено 59 362 уголовных дела, приостановлено 32 974 (55,5%); в 2013 г. возбуждено 55 985 уголовных дел, приостановлено 31 334 (56%); за период январь–май в 2014 г. возбуждено 21 151 уголовное дело, из них приостановлено 10 650 (50,3%). Приведенная статистика наглядно показывает, что массив приостановленных уголовных дел велик, он составляет более половины от общего количества.

Приостановление предварительного следствия по основаниям, предусмотренным ст. 208 УПК РФ, влечет различные негативные правовые последствия, и применять данный правовой режим нужно только в

исключительных случаях [1–3].

П. 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ предусматривает приостановление предварительного следствия ввиду временного тяжелого заболевания подозреваемого или обвиняемого, которое удостоверено медицинским заключением, что препятствует его участию в следственных и иных процессуальных действиях. В данном основании подразумевается такое заболевание обвиняемого (подозреваемого), которое не позволяет следователю выполнить возложенные на него задачи и закончить производство по делу в соответствии с требованиями закона. Имеется в виду психическое заболевание, связанное с душевным расстройством, а также иное тяжкое заболевание.

Тема приостановления производства по уголовному делу в случае психического или иного тяжкого заболевания обвиняемого (подозреваемого) давно привлекала к себе внимание ученых. Уставом уголовного судопроизводства 1864 г. предусматривалась болезнь обвиняемого, которая лишала его возможности отвечать перед судом, и по своей сути это являлось причиной приостановления уголовного судопроизводства. Вопросы приостановления производства по делу по причине душевных и физических болезней обвиняемого находились в поле зрения видных дореволюционных процессуалистов: С.И. Викторского, И.Я. Фойницкого, А.О. Остроухова.

На сегодняшний день данная тема не утратила ни научного, ни практического интереса, она нашла отражение в большом числе научных трудов, подвергалась обстоятельному анализу в диссертационных исследованиях. Несмотря на этот факт, не все проблемы удалось решить.

Рассматриваемое основание приостановления предварительного следствия имеет определенную специфику по сравнению с другими основаниями, предусмотренными ст. 208 УПК РФ. Специфику определяет именно термин «заболевание», который требует анализа для решения теоретических и практических проблем. Проблематика при применении нормы п. 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ проявляется:

- в сложности диагностирования и установления как психического, так и иного тяжкого заболевания обвиняемого (подозреваемого);
- в недостаточности полномочий органов предварительного следствия на приостановление дела при душевном заболевании обвиняемого;
- в возможности применения к обвиняемому с душевной болезнью принудительных мер медицинского характера на период приостановления дела;
- в общих условиях и порядке приостановления и возобновления производства по делу.

В ст. 195 УПК РСФСР формулировка данного основания следующая: «... в случае психического или иного тяжкого заболевания обвиняемого, удостове-

ренного врачом, работающим в медицинском учреждении». В отличие от действующего УПК РФ, УПК РСФСР выделяет заболевание психического характера, что, на мой взгляд, является верным с теоретической точки зрения. Психическое заболевание, в отличие от иного тяжелого заболевания, обладает собственными особенностями. Психическими заболеваниями является группа заболеваний, нарушающих работу нервной системы.

Существуют различные классификации психических заболеваний, автор придерживается следующей:

- шизофрению: наблюдаются изменения в поведении, симптоматика выражается в галлюцинациях и маниях, в некоторых случаях длящихся до 18 месяцев; при данном заболевании человек, как правило, утрачивает дееспособность;

- шизоаффективные нарушения: симптомы схожи с шизофренией; помимо того, имеет место нарушение настроения (биополярные нарушения, депрессия);

- шизоморфные расстройства: симптомы аналогичны для шизофрении (длительность до 6 месяцев);

- короткое нарушение психики: сопровождается кратковременными периодами нарушения психики, что происходит в ответ на возникновение какой-либо стрессовой ситуации;

- бредовые нарушения: появление маний, соотносящихся с обычной жизнью, среди которых мания преследования;

- психические заболевания, которые вызываются химическими веществами: это болезнь появляется в связи с реакцией организма на использование или контакт с некоторыми химическими веществами, такими как алкогольные напитки, наркотики, вызывающие бессвязную речь, бред, мании, галлюцинации.

- психические заболевания, которые вызваны другими болезнями: мании и галлюцинации возникают вследствие других болезней, влияющих на мозговую деятельность человека.

Вышеприведенные заболевания на практике являются наиболее частыми.

Любое заболевание, в том числе психическое, складывается из совокупности симптомов или синдромов. Квалификация синдромальной картины состояния больного имеет решающее значение для диагностики. Синдромы разделяются:

- на галлюцинозно-бредовые;
- на аффективные;
- на бредовые;
- на кактогонические;
- нарушение сознания;
- на интеллектуальное снижение (синдром слабоумия).

Установление факта психического заболевания или расстройства у обвиняемого (подозреваемого) в большинстве случаев проблематично. Человек, обладающий симптомами психического заболевания, теряет способность адекватного поведения, эффективного общения, принятия здравомыслящих решений, трезвого мышления. Если симптомы очень сильны, то человек становится неспособным переносить

реальность и даже не может элементарно вести нормальную повседневную жизнь. Подчеркнем еще раз: это происходит в случае выраженной симптоматики. На сегодняшний день перечень психических заболеваний многообразен, и среди них имеются заболевания не ярко выраженного характера, трудно диагностируемые. Больного человека видно не сразу, а лишь в периоды обострения или прогрессирования болезни. Итак, что же является психическим заболеванием и в каких случаях душевное заболевание является основанием для приостановления предварительного следствия?

Нормальную работоспособность человека в психологии составляют такие психические процессы, как:

- память;
- эмоции;
- восприятие;
- мышление;
- волевой процесс.

Для нормальной психической деятельности должны функционировать все пять процессов, нарушение хотя бы одной составляющей искажает всю картину в целом, как недостающий элемент мозаики.

Описание отдельных нарушений психики проводится по описанию отдельных фрагментов или их групп в соответствии с принятым в психологии разделением психических функций.

Как было указано ранее, некоторые психические заболевания протекают без конкретных внешних проявлений. Это обуславливает субъективность расстройства. Множество проявлений психических нарушений находится во внутреннем поле больного. В этом случае о факте психического нарушения свидетельствуют данные, которые больной сообщает сам при беседе с врачом или при проведении следственных действий, в частности, при допросе – следовательно. Проверить данную информацию возможно путем наблюдения.

Считаю необходимым в контексте субъективности рассмотреть понятия вменяемости и вины по отношению к рассматриваемому основанию приостановления предварительного следствия. В соответствии со ст. 5 УК РФ, «...лицо подлежит уголовной ответственности только за те общественно опасные действия (бездействие) и наступившие общественно опасные последствия, в отношении которых установлена его вина». Из данной нормы следует, что вина является необходимым условием, без которого уголовной ответственности не может быть. При совершении преступного деяния лицо должно осознавать свою вину, фактический характер своих действий и руководить ими, другими словами, быть вменяемым. Существуют два критерия невменяемости:

- медицинский (наличие у обвиняемого психического расстройства или заболевания);
- юридический (неспособность лица осознавать значение своих действий или руководить ими).

Для признания лица невменяемым необходимо установление обоих критериев, так как существуют психические расстройства, не исключающие вменяе-

мости (ст. 22 УК РФ). Следовательно, заболевание обвиняемого (подозреваемого) наступает после совершения преступления самостоятельно или как следствие событий преступления. В случае психического расстройства, не исключающего вменяемость, и в случае невменяемости лица на момент совершения преступления о приостановлении следствия не может идти речи.

Что же касается такого критерия болезни психики, как «тяжесть», современная формулировка нормы п. 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ звучит так: «Временное тяжелое заболевание подозреваемого или обвиняемого, удостоверяемое медицинским заключением, препятствует его участию в следственных и иных процессуальных действиях». Исходя из этого, можно сделать вывод, что, если обвиняемый (подозреваемый) психически нездоров, то это должно быть именно тяжелое психическое заболевание.

Из анализа специальной литературы следует: тяжелые психические заболевания – это расстройства, вызванные органическими изменениями головного мозга. Клиника таких заболеваний многообразна и включает психоорганический синдром, деменцию, галлюцинаторно-бредовые и аффективные синдромы, припадки.

К тяжелым психическим заболеваниям относятся:

- шизофрения;
- эпилепсия (зачастую у больных с годами наблюдаются характерные изменения личности, случаются состояния помраченного сознания, трансы и психозы, которые могут полностью имитировать шизофрению);
- тяжелое течение биполярного расстройства (БАР) с частыми обострениями в виде маниакальных и депрессивных фаз;
- тяжелое течение повторных проявлений депрессивного расстройства с длительными и частыми депрессивными фазами (зачастую наблюдается отсутствие полной ремиссии между ними);
- олигофрения (врожденное слабоумие, которое может развиваться как при наличии явных изменений в головном мозге, так и без таковых);
- имбецильность;
- идиотия.

Из приведенного выше списка тяжелых психических заболеваний почти все несут необратимые изменения в головном мозге, то есть неизлечимы, что также исключает возможность приостановления предварительного следствия ввиду отсутствия одного из главных условий приостановления – временного характера заболевания. Кроме того, препятствовать участию обвиняемого (подозреваемого) в следственных, иных процессуальных действиях может любое психическое заболевание или расстройство, помимо болезней психики, относящихся к тяжелым.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что необходимо изменить формулировку п. 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ в части «временное тяжкое заболевание» на «психическое или иное тяжкое заболевание». Это позволит выделить болезни психики

ввиду их специфической природы по отношению к другим заболеваниям человеческого организма.

Для установления психического заболевания обвиняемого (подозреваемого) всегда назначается судебно-психиатрическая экспертиза (далее СПЭ). К этому обязывает положение п. 3 ст. 196 УПК РФ: «...психическое или физическое состояние подозреваемого, обвиняемого, когда возникает сомнение в его вменяемости или способности самостоятельно защищать свои права и законные интересы в уголовном судопроизводстве». Проведение СПЭ определяет длительность, детерминанты, характер и тяжесть заболевания, что позволяет решить многие вопросы в отношении виновного лица. К сожалению, на практике это происходит не всегда. Имеют место ошибки в диагнозе либо ошибочное его отсутствие. Проблематично также само проведение данной экспертизы. Следователем предварительно выносится постановление о назначении СПЭ за 2–3 месяца до проведения экспертизы, что значительно усложняет предварительное следствие в установленный уголовно-процессуальным законом срок. Такого характера проблемы можно объяснить малочисленностью квалифицированных специалистов в области психиатрии в государственных учреждениях.

Кроме заболеваний психического характера, основанием для приостановления предварительного следствия являются другие заболевания. Их перечень во много раз превосходит перечень психических заболеваний. Постановлением Правительства РФ от 14.01.2011 г. № 3 «О медицинском освидетельствовании подозреваемых или обвиняемых в совершении преступлений» (далее Постановление) установлен перечень заболеваний, препятствующих содержанию под стражей. В него включены различные формы туберкулеза, болезни эндокринной и нервной систем, органов чувств и пищеварения, почек, костно-мышечной системы и соединительной ткани, болезни обмена, анатомические дефекты. Указанные в постановлении заболевания характеризуются значительным ограничением жизнедеятельности и требуют длительного лечения в условиях специализированного медицинского стационара, что приводит к прекращению уголовного дела, а не к его приостановлению. Отсутствие в УПК РФ указаний о перечне тяжких заболеваний, которые могут являться основанием приостановления предварительного следствия, создает определенные трудности в практической деятельности. Возникают вопросы о возможности проведения следственных действий с заболевшим лицом, обвиняемым (подозреваемым) в совершении преступления, что не способствует выполнению задач, стоящих перед уголовным судопроизводством. К примеру, некоторые тяжелые по медицинским категориям заболевания, например, онкологические, на некоторых этапах своего развития не препятствуют участию в уголовном судопроизводстве и не являются тяжелыми в уголовно-процессуальном смысле. Таким образом, считаю возможным установить перечень вероятных тяжелых заболеваний, являющихся основанием при-

остановления предварительного следствия, которые действительно препятствуют участию обвиняемого (подозреваемого) при проведении следственных и иных процессуальных действий.

В части работы следователя над приостановленными делами по основанию, предусмотренному п. 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ, можно отметить, что уголовно-процессуальное производство не возлагает на следователя, приостановившего производство по делу, обязанности выполнения каких-либо действий [3, С. 11]. В результате на низком уровне находится контроль за поведением и образом жизни обвиняемых во время лечения болезни, что не позволяет оперативно возобновлять производство по делу и, зачастую, способствует совершению обвиняемыми новых преступлений.

Еще одной проблемой является то, что суды считают назначение и производство судебной психолого-психиатрической экспертизы излишним затягиванием времени и сроков, установленных уголовно-процессуальным законом.

Из всего вышесказанного следуют выводы.

Приостановление предварительного расследования по п. 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ возможно лишь при наличии обстоятельств:

1. Обвиняемый (подозреваемый) заболел тяжелым заболеванием, препятствующим его участию в следственных или иных процессуальных действиях. Критерий тяжести заболевания как обстоятельства, влекущего возможность приостановления предварительного расследования, отличается от медицинских критериев тяжести заболеваний и степени тяжести вреда здоровью как уголовно-правовой категории. Заболевание следует считать тяжким в смысле п. 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ, если оно препятствует участию обвиняемого (подозреваемого) в производстве следственных или иных процессуальных действий.

2. Заболевание обязательно должно носить временный характер. Иначе улучшение состояния, позволяющее принять участие в процессуальных действиях, предполагается на основании медицинских показателей. При этом следует иметь в виду, что для психических заболеваний их временный характер – еще не основание приостановления производства по делу. Не подлежит приостановлению уголовное дело, если психическое заболевание исключает возмож-

ность субъекта отдавать отчет своим действиям или руководить ими и влечет необходимость принудительного лечения. Если таковое установлено заключением экспертов-психиатров, то вне зависимости от предполагаемой длительности заболевания уголовное дело не приостанавливается, а направляется в суд для рассмотрения вопроса о применении принудительных мер медицинского характера. В случае последующего выздоровления, если на момент совершения преступления субъект являлся вменяемым, он может быть подвергнут уголовной ответственности и наказанию. Для приостановления расследования должно быть в наличии оба признака заболевания – тяжесть и временность [2, с. 60]. При наличии одного и отсутствии другого необходимо принимать решение не о приостановлении, а о продлении срока следствия.

3. Заболевание подозреваемого или обвиняемого должно быть установлено медицинским заключением, но законодатель не устанавливает, какую форму должно иметь такое медицинское заключение. Представляется, что достаточно заключения врача, работающего в медицинском учреждении, в котором указываются характер заболевания и невозможность участвовать в производстве следственных и иных процессуальных действий. При этом справка или заключение, составленные врачом вне связи с производством по делу, могут быть приняты в качестве документа, подтверждающего наличие основания, предусмотренного п. 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ только при условии, что в нем содержится диагноз такого характера заболевания, какое препятствует участию в уголовном судопроизводстве именно на момент решения вопроса о приостановлении расследования.

Основанием приостановления предварительного следствия может служить только временное, полностью обратимое психическое заболевание, при котором обвиняемый не может осознавать фактический характер и общественную опасность своих действий и руководить ими, возникшее у него после совершения преступления как до возбуждения уголовного дела, так и в период предварительного расследования, и которое не влечет указанных последствий, но временно препятствует участию обвиняемого в производстве следственных действий.

Статья поступила 24.11.2014 г.

Библиографический список

1. Жариков Н.М. Судебная психиатрия: учебник. М.: Норма, 2013. 560 с.
2. Захожий Л., Долина С. Приостановление дела при психическом или ином тяжком заболевании // Законность. 2010. № 11. С. 59–61.
3. Степанова Н.А. Недостатки работы следователя по делам, предварительное следствие по которым приостановлено на основании п. 3, 4 ч. 1 ст. 208 УПК РФ // Российский следователь. 2010. № 12. С. 11–12.

УДК 343.13

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ В ДОСУДЕБНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ© В.А. Родивилина¹

Восточно-Сибирский институт МВД России,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 110.

Анализируются: практика применения видеоконференцсвязи на стадии судебного производства, отечественное и зарубежное законодательство в данной сфере, а также перспективы применения технических средств видеоконференцсвязи в следственных действиях (допросе, очной ставке, предъявлении для опознания). Определены цели и значение использования видеоконференцсвязи в уголовном судопроизводстве.

Ключевые слова: видеоконференцсвязь; следственные действия; дистанционное участие лица; технические средства.

SOME ISSUES OF VIDEO CONFERENCING APPLICATION IN PREJUDICIAL PROCEDURE

V.A. Rodivilina

East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia,
110 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The article analyzes the use of video conferencing at the stage of judicial proceedings. Consideration is given to the domestic and foreign legislation in this sphere, as well as to the application prospects of the technical means of video conferencing in investigative actions (interrogation, confrontation, presentation for identification). The purposes and importance of using videoconferencing in criminal legal proceedings are specified.

Keywords: videoconferencing; investigative actions; remote participation of a person; technical means.

Широкое использование во всех сферах жизни общества результатов научно-технического прогресса, и прежде всего новых телекоммуникационных систем, способствует эффективности раскрытия преступлений. Исследуя проблемы правового регулирования применения технических средств в сфере уголовного судопроизводства, необходимо выделить вопрос применения интересной и актуальной новинки – видеоконференцсвязи.

Российская Федерация – самая большая по площади страна мира, при этом расстояние от части населенных пунктов до районных центров составляет иногда свыше 500 км. К тому же в некоторых территориальных органах транспортное сообщение осуществляется преимущественно воздушным либо речным путями, а билеты для проезда слишком дорогие. Кроме того, в отдаленных населенных пунктах имеют место проблемы с трудоустройством. В связи с этим у подавляющего большинства жителей некоторых территориальных органов нет возможности являться в районные центры для участия в досудебном уголовном судопроизводстве.

Нередки случаи, когда участник уголовного судопроизводства находится в местах отбывания наказания, которые, в свою очередь, также могут располагаться весьма далеко от населенного пункта, где ведется производство по делу, а этапирование требует значительных затрат бюджетных средств, при этом всегда связано с риском побега осужденных. Данное обстоятельство зачастую способствует затягиванию сроков уголовного судопроизводства, что нарушает требования ст. 6.1 УПК РФ.

Для решения названной проблемы необходимо обратиться к новым технологиям, позволяющим быстро и эффективно решать оперативно-служебные задачи правоохранительных органов, в максимально короткие сроки выявлять и раскрывать преступления. Такой технологией является применение видеоконференцсвязи.

В мировой практике видеоконференцсвязь начала использоваться в уголовных процессах с 18 ноября 1999 года. Первым осужденным, чью кассационную жалобу суд рассмотрел по видеоконференцсвязи, стал Муртазин, дело которого рассматривалось Челябинским областным судом [2].

Термин «видеоконференцсвязь» впервые появился в УПК РФ в 2001 году, но до сих пор нет правовой нормы, закрепляющей его. Учеными в области уголовного судопроизводства даны различные определения этому понятию. Так, В.А. Терехин и А.Е. Федюнин рассматривают видеоконференцсвязь в уголовном судопроизводстве как основанную на правовых нормах российского и международного уголовно-процессуального законодательства интерактивную связь участников уголовного процесса, в ходе которой происходит непрерывный и четкий обмен информацией в виде изображений и звуков, имеющей значение для уголовного дела, в режиме реального времени посредством обособленной телекоммуникационной сети [7, с. 23]. А.Г. Волеводз определяет видеоконференцсвязь в уголовном судопроизводстве как технологию, позволяющую осуществлять аудиовизуальное взаимодействие нескольких участников уголовного процесса в режиме реального времени [3, с. 71]. Ис-

¹Родивилина Виктория Александровна, адъюнкт, тел.: 89500623279. e-mail: 377b@bk.ru
Rodivilina Viktoria, Adjunct, tel.: 89500623279, e-mail: 377b@bk.ru

ходя из этих определений, можно сделать вывод, что для реализации видеоконференцсвязи необходимо наличие аудио- и видеооборудования для передачи и воспроизведения изображения и звука, соответствующего сертифицированной телекоммуникационной сети.

Систему видеоконференцсвязи в сфере уголовного судопроизводства используют на стадии судебного производства: при дистанционном допросе свидетеля и потерпевшего (ч. 4 ст. 240 УПК РФ); в ходе судебного рассмотрения жалоб (п. 23 Постановления Пленума Верховного Суда Российской Федерации от 10 февраля 2009 г. № 1 «О практике рассмотрения судами жалоб в порядке статьи 125 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации» [1]); ходатайств (ч. 6 ст. 35 УПК РФ) заявителя и обвиняемого при разрешении вопросов, связанных с исполнением приговора (ч. 2 и 2.1 ст. 399 УПК РФ); при допросе свидетеля (ст. 278¹ УПК РФ). Вопрос о применении видеоконференцсвязи в перечисленных случаях решается судом по собственной инициативе либо при подаче соответствующего ходатайства от участника процесса.

Возможность и обоснованность использования в уголовном процессе технических средств телекоммуникации подтверждены успешным опытом проведения кассационных судебных заседаний в режиме видеоконференцсвязи в Верховном Суде Российской Федерации, Челябинском и Пензенском областных судах, Московском городском суде, Хабаровском краевом суде и многих др. [5]. Успешное использование видеоконференцсвязи на стадии судебного производства дает основание вести речь о перспективе ее применения и на досудебных стадиях производства по уголовным делам, что способствовало бы сокращению сроков и материальных затрат при расследовании уголовных дел.

В уголовно-процессуальном законодательстве таких стран, как Австралия, Бельгия, Великобритания, Германия, Индия, Италия, Республика Казахстан, Канада, Латвия, Новая Зеландия, США, Финляндия, Франция, Швеция, Эстонская Республика, разработаны нормативно-правовые основы использования видеоконференцсвязи и допустимости доказательств, полученных с помощью данной технологии. Очевидно, что изучение зарубежного опыта позволит значительно расширить сферу использования видеоконференцсвязи.

В законодательстве иностранных государств предусмотрены разные формы видеоконференцсвязи. Так, в Уголовном кодексе Канады установлены положения об участии в судебных заседаниях посредством «кабельного телевидения» или любыми другими средствами, которые позволяют лицу «участвовать в одновременной визуальной связи и устном общении» или «виртуально присутствовать» [4, с. 390]. В ст. 69, 287 УПК Эстонской Республики предусмотрена «long-distance hearing» – дистанционная дача свидетельских показаний [8]. В уголовно-процессуальных кодексах Республики Беларусь (ст. 68) и Республики Казахстан (ст. 239, 408, 446-5) предусмотрено участие лица «вне

зала судебного заседания с использованием видеотехнических средств», «допроса с использованием технических средств в режиме видеосвязи», «дистанционное участие лица» или применение «видеоконференции».

Очевидно, что цели и задачи применения технических средств в стадии предварительного расследования обязательно должны отвечать предназначению уголовного судопроизводства, его принципам и гарантиям прав человека и гражданина. В противном случае использование технических средств при производстве следственных действий будет признано незаконным, а полученные при этом доказательства – не имеющими юридической силы.

Ч. 6 ст. 164 УПК РФ предусматривает применение технических средств и способов обнаружения, фиксации и изъятия следов преступления и вещественных доказательств. Следовательно, использование видеоконференцсвязи при производстве следственных действий в принципе не исключается.

Помещения для видеоконференцсвязи должны располагать сертифицированным по международным стандартам техническим оснащением, т.е. аудио- и видеооборудованием, телекоммуникационными сетями, позволяющими передавать видеoinформацию в режиме реального времени. Техническим средствам, используемым для видеоконференцсвязи, надлежит обеспечивать необходимое качество изображения и звука, а также информационную безопасность. Для этих целей можно использовать имеющуюся в МВД России единую информационную телекоммуникационную систему (ЕИТКС), информационной безопасностью которой занимается Департамент информационных технологий, связи и защиты информации (ДИТС и ЗИ), созданный в структуре МВД России Указом Президента Российской Федерации от 01 марта 2011 г. № 248 «Вопросы Министерства внутренних дел Российской Федерации» [6]. В задачи ДИТС и ЗИ входит: совершенствование информационных и телекоммуникационных технологий, автоматизированных информационных систем; координация работы по совершенствованию систем связи; противодействие техническим разведкам; техническая, в том числе криптографическая, защита информации; формирование и ведение информационных ресурсов; межведомственное информационное взаимодействие; реализация государственных и ведомственных программ в области информатизации и др.

По аналогии с ч. 2 ст. 278¹ УПК РФ следователь, занимающийся производством по уголовному делу, поручает следователю по месту нахождения лица, которое необходимо допросить, организовать проведение допроса указанного лица путем использования систем видеоконференцсвязи. Поручение должно быть оформлено в письменном виде, с указанием анкетных данных допрашиваемого, а также даты и времени, на которые запланировано проведение допроса.

Сам же допрос с использованием видеоконференцсвязи должен осуществляться по общим правилам, установленным ст. 189 УПК РФ. Перед его нача-

лом следователь (дознатель) по месту нахождения лица, которое необходимо допросить, по поручению следователя (дознателя), рассматривающего уголовное дело, удостоверяет личность допрашиваемого. Следователь (дознатель) по месту нахождения лица, которого необходимо допросить, направляет подлиннику о разъяснении тому прав, обязанностей и ответственности, предусмотренных ст. 307, 308 УК РФ, а также представленные этим лицом документы следователю (дознателю), рассматривающему уголовное дело, например, при помощи факсимильной почты. В протоколе дистанционного допроса делается отметка о технических средствах видеоконференцсвязи. Туда также вносятся дополнения и уточнения, при их наличии. Протокол после его подписания направляется следователю (дознателю), осуществляющему расследование дела.

Видеоконференцсвязь, по мнению автора, можно использовать не только при допросе, но и при производстве таких следственных действий, как очная ставка и предъявление для опознания.

Очная ставка – следственное действие, выражающееся в одновременном допросе двух ранее допрошенных лиц, производимое в целях устранения существенных противоречий, имеющих в их показаниях (ст. 192 УПК РФ).

Предъявление для опознания – самостоятельное следственное действие, его содержание заключается в предъявлении свидетелю (потерпевшему, подозреваемому, обвиняемому) в предусмотренном законом порядке определенного объекта для установления тождества или различия с тем объектом, о котором давались показания (ст. 193 УПК РФ). Предъявление для опознания с использованием видеоконференцсвязи по своей сути равнозначно предъявлению для опознания по фотографии (в обоих случаях предъявляется изображение), по голосу и речи. Думается, что

и относиться к нему нужно равнозначно. Предъявление для опознания с использованием видеоконференцсвязи должно осуществляться по правилам, регламентированным ст. 193 УПК РФ, за некоторым исключением: целесообразно участие не двух, а четырех понятых, двое из которых находились бы во время проведения следственного действия со следователем, в производстве которого находится уголовное дело, а двое – со следователем по месту нахождения опознающего лица. Данное дополнение не противоречит ст. 170 УПК РФ, регламентирующей участие в следственных действиях не менее двух понятых.

С учетом изложенного представляется, что необходимо закрепить в УПК РФ четкие основания и порядок применения видеоконференцсвязи в следующих случаях:

- если участник следственного или иного процессуального действия не имеет возможности явиться по состоянию здоровья или другим уважительным причинам в орган, ведущий уголовный процесс, по месту расследования уголовного дела;

- если имеется необходимость обеспечения безопасности лица, участвующего в уголовном судопроизводстве;

- в том случае, если участник следственного действия – малолетнее или несовершеннолетнее лицо (в целях исключения травмирования психики).

Использование видеоконференцсвязи в следственных действиях позволит сократить денежные траты, связанные с участием в уголовном судопроизводстве лиц, проживающих в населенных пунктах, отдаленных от места производства по уголовному делу, благоприятно повлияет на уменьшение сроков расследования и рассмотрения уголовных дел, а также сделает процесс доказывания по уголовным делам более результативным.

Статья поступила 15.01.2015 г.

Библиографический список

1. Бюллетень Верховного Суда Российской Федерации. 2009. № 4. С. 2.
2. 10-летнее применение видеоконференцсвязи в судах общей юрисдикции [Электронный ресурс]. URL: http://www.supcourt.ru/vscourt_detale.php?id=6009 (21.09.2014).
3. Волеводз А.Г. Правовые основы взаимной правовой помощи по уголовным делам с использованием видеоконференцсвязи // Военно-юридический вестник Приволжского региона. 2003. Вып. 1. С. 70–96.
4. Волеводз А.Г. Правовое регулирование новых направлений международного сотрудничества в сфере уголовного процесса. М.: 2002. С. 390–391.
5. Вяткин Ф.М., Зильберман С., Зайцев С.Н. Видеоконференцсвязь при рассмотрении кассационных жалоб // Российская юстиция. 2000. № 6. С. 11–12; Малов А.В. Камерный процесс. Телевизионное правосудие шагнуло в регионы // Российская газета. 2005. 2 ноября; Рогачева М.В. Боевики выиграли в Страсбурге, но проиграли в России // Известия. 2005. 11 ноября.
6. Собрание законодательства Российской Федерации. 2011. № 10. Ст. 1334.
7. Терехин В.А., Федюнин А.Е. Видеоконференцсвязь в современном российском судопроизводстве // Российская юстиция. 2006. № 1. С. 22–24.
8. Уголовно-процессуальный кодекс Эстонской Республики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.riigikogu.ee>

УДК 378:331.45

СОРЕВНОВАНИЯ ПО ЛАЙФРЕСТЛИНГУ КАК АКТИВНЫЙ МЕТОД ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»© С.С. Тимофеева¹, С.В. Иванова², И.А. Рябчикова³, И.В. Волчатова⁴

Иркутский государственный технический университет,

664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрено состояние производственного травматизма в России. Показаны требования компетенций при подготовке бакалавров по направлению «Техносферная безопасность». Предложена методика обучения студентов профиля подготовки «Безопасность технологических процессов и производств» приемам оказания первой помощи путем тренингов и организации соревнований по лайфрестлингу.

Ключевые слова: обучение; активные методы обучения; лайфрестлинг; соревнование; первая помощь при несчастных случаях.

COMPETITION ON LIFE WRESTLING AS AN ACTIVE METHOD OF TRAINING SPECIALISTS IN THE DIRECTION "TECHNOSPHERE SAFETY"

S.S. Timofeeva, S.V. Ivanova, I.A. Ryabchikova, I.V. Volchatova

Irkutsk State Technical University,

83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper considers the state of occupational traumatism in Russia. It discusses competency requirements to bachelor training in the direction "Technosphere safety" and proposes the methods for training students of the profile "Process and production safety" first aid via trainings and competitions on life wrestling.

Keywords: training; active training methods; life wrestling; competition; first aid at accidents.

Производственный травматизм остается одной из серьезных проблем современного мегаполиса. По данным Всемирной Организации Здравоохранения, смертность от несчастных случаев занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Каждые три минуты в результате несчастного случая или профессионального заболевания в мире погибает один рабочий, а каждую секунду четверо работающих получают травму. В год от производственного травматизма в мире погибает до миллиона человек. По данным Международной ассоциации охраны труда, Россия занимает третье место в мире по количеству производственного травматизма [1].

Как следует из официальной статистики [2], наиболее травмоопасными являются три вида экономической деятельности: обрабатывающие производства, строительство, транспорт и связь. На них приходится от 30 до 10% несчастных случаев от их общего количества (таблица).

В соответствии с требованиями профессиональных стандартов вопросами обеспечения требований безопасности на предприятиях в настоящее время призваны заниматься бакалавры профиля подготовки «Безопасность технологических процессов и производств» по направлению подготовки «Техносферная безопасность».

Специальность относительно новая, она появилась на рубеже 20 и 21 веков. Символично, что ее предтечей была специальность «Фабричный инспектор», профессионально готовить к которой стали на рубеже 19 и 20 веков. Советский период российской истории характерен тем, что специалисты в области гигиены труда готовились в университетах и медицинских институтах по полной программе высшего образования, а специалисты в области охраны труда – только в рамках программ повышения квалификации и переподготовки. В постсоветский период профессионалов в области охраны труда в нашей стране обучают по полной программе высшего образования в рам-

¹Тимофеева Светлана Семеновна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: (3952) 405106, e-mail: bgd@istu.edu

Timofeeva Svetlana, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, tel.: (3952) 405106, e-mail: bgd@istu.edu

²Иванова Светлана Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: (3952) 405106, e-mail: bgd@istu.edu

Ivanova Svetlana, Candidate of Agricultural sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, tel.: (3952) 405106, e-mail: bgd@istu.edu

³Рябчикова Ирина Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: (3952) 405106, e-mail: rjabchik@istu.edu

Ryabchikova Irina, Candidate of Biology, Associate Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, tel.: (3952) 405106, e-mail: rjabchik@istu.edu

⁴Волчатова Ирина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: (3952) 405106, e-mail: genesis@istu.edu

Volchatova Irina, Candidate of Biology, Associate Professor of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, tel.: (3952) 405106, e-mail: genesis@istu.edu



**Динамика несчастных случаев и профессиональных заболеваний
на объектах экономики России за 2012–2013 годы [2]**

Раздел	Основные виды экономической деятельности	Количество страховых случаев					
		Всего		несчастные случаи		профессиональные заболевания	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013
Всего по Российской Федерации		61 345	55 728	56 116	49 939	5 229	5 789
A	Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	4 598	3 968	4 309	3 669	289	299
B	Рыболовство, рыбоводство	194	184	190	180	4	4
C	Добыча полезных ископаемых	4 085	4 392	2 359	2 322	1 726	070
D	Обрабатывающие производства	18 988	16 944	17 056	14 922	1 932	1 992
E	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	1 954	1 782	1 887	1 694	67	88
F	Строительство	5 702	5 074	5 497	4 826	205	248
G	Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования	3 490	3 120	3 467	3 088	23	32
H	Деятельность гостиниц и ресторанов	408	349	407	345	1	4
I	Транспорт и связь	6 373	5 732	5 678	5 027	695	705
J	Финансовая деятельность	581	527	580	527	1	0
K	Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное социальное обеспечение	2 487	2 406	2 469	2 391	18	15
L	Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	3 609	3 066	3 548	2 974	61	92
M	Образование	2 122	1 907	2 103	1 895	19	12
N	Здравоохранение и предоставление социальных услуг	5 099	4 770	4 929	4 589	170	181
O	Предоставление персональных услуг	82	93	80	90	2	3
–	Удаление сточных вод, отходов и аналогичная деятельность	572	507	563	498	9	9
–	Деятельность общественных объединений	70	80	69	79	1	1
–	Деятельность по организации отдыха и развлечений, культуры и спорта	927	827	922	823	5	4
P	Предоставление услуг по ведению домашнего хозяйства	2	0	2	0	0	0
Q	Деятельность экстерриториальных организаций	2	0	1	0	1	0

ках направления подготовки «Техносферная безопасность».

Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) высшего профессионального образования «Техносферная безопасность» содержит следующие требования к результатам освоения основных образовательных программ: «... выпускник должен обладать... готовностью использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики (ПК-12); способностью использовать знание

организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях (ПК-13)».

ФГОС третьего поколения требует внедрения активных методов обучения, среди которых значительное внимание следует уделять применению деловых игр и тренингов, которые позволят сформировать:

1) общекультурные компетенции:

– компетенции социального взаимодействия;

– способность организовать свою работу ради достижения поставленных целей;

– владение культурой безопасности и риск-ориентированным мышлением;

– способность работать самостоятельно.

2) профессиональные компетенции:

– способность оценивать риски;

– способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности;

– готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики;

– способность определять опасные зоны, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска.

Среди обязательных компетенций для выпускников профиля подготовки «Безопасность технологических процессов и производств» является умение оказывать первую помощь при несчастных случаях и чрезвычайных ситуациях.

В России система оказания очевидцами первой медицинской помощи (СОО ПМП) появилась в 1886 году в Санкт-Петербурге, когда на заседании комиссии, учрежденной императором Александром III, было одобрено «Положение об устройстве врачебно-санитарной части на железных дорогах, открытых для общественного пользования». Именно в этом документе впервые прозвучало понятие «система организации помощи при травмах на железных дорогах», которая вовлекала широкий круг лиц – от машинистов, проводников, станционных смотрителей, начальников станций и их заместителей до телеграфистов и обходчиков путей – в спасение жизни пострадавших при железнодорожных катастрофах [3].

Правовые основы современной первой помощи пострадавшим определены статьей 125 УК РФ «Оставление в опасности», Федеральным законом «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», которые обязывают граждан Российской Федерации изучать и постоянно совершенствовать свои знания и практические навыки в этой области.

Особое внимание в законе уделяется соответствующему обучению всего персонала опасных видов производства и транспорта, а также оснащению аптечек, медпунктов и санитарного транспорта современными средствами оказания первой помощи.

Выпускники вуза по профилю подготовки «Безопасность технологических процессов и производств» должны быть психологически подготовлены к действиям в условиях несчастного случая и способны оценить состояние пострадавшего.

Схема определения состояния пострадавшего состоит из трех последовательных этапов:

Первый этап

Предварительная оценка состояния пострадавшего и безопасности места происшествия (продолжительность – не более 10 секунд).

Основные задачи:

1. Следует определить примерный объем предстоящей помощи, продумать план дальнейших дей-

ствий и какие приспособления из аптечки могут потребоваться;

2. Выяснить безопасность подхода к месту происшествия и нахождения в нем пострадавшего и спасающих (угроза пожара, взрыва, падения с высоты, поражения электрическим током);

3. Оценить угрозу для жизни людей на месте происшествия, наметить меры ее устранения либо экстренной эвакуации пострадавшего из опасной зоны.

Второй этап

Определение признаков наиболее опасных для жизни состояний, которые могут привести к смерти пострадавшего в ближайшие минуты (продолжительность – не более 10 секунд).

Основные задачи:

1. В максимально сжатые сроки определить признаки наиболее опасных для жизни пострадавшего состояний:

- клинической смерти;
- коматозного состояния;
- артериального кровотечения;
- ранения шеи;
- ранения грудной клетки.

2. Быстро принять правильное решение о необходимости:

- проведения сердечно-легочной реанимации;
- поворота пострадавшего на живот;
- прижатия кровоточащего сосуда рукой;
- прижатия ладонью раны на грудной клетке.

Максимально быстрая оценка критических состояний позволяет приступить к конкретным действиям в оказании помощи без потерь времени, что значительно повышает шансы на спасение жизни пострадавшего.

Третий этап

Выявление наличия ран, признаков повреждений костей и суставов (продолжительность этапа не ограничена. Главное – не причинять пострадавшему боль).

Задачи:

Выявить наличие ранения мягких тканей, признаков повреждения костей, суставов и решить вопрос о необходимости:

- наложения повязок на раны;
- обезболивания при подозрении на повреждения костей;
- иммобилизации поврежденной конечности или фиксации пострадавшего в щадящей позе («лягушки»).

На этом этапе важна не скорость выполнения, а бережное отношение к пострадавшему. Главное – уберечь от лишней боли и травмирования.

Профилактика развития травматического шока и его осложнений начинается с щадящего осмотра пострадавшего. Сначала следует устранить наиболее опасные для жизни осложнения, а уже затем осматривать и обрабатывать ссадины и синяки.

Наиболее эффективно освоить вышеназванные технологии можно, только участвуя в тренингах – интенсивных курсах обучения, сочетающих в себе крат-

кие теоретические знания и практическую работу. Тренинг отличается тем, что за очень короткий срок у студентов происходит практическая наработка определенных навыков и возникает уверенность в своих силах и знаниях. Тренинги дают в руки участников конкретные инструменты – схемы и алгоритмы поведения в любых ситуациях. При их проведении активно используются специальные упражнения и авторские методики. Одной из перспективных форм тренингов является организация соревнований по лайфрестлингу.

Лайфрестлинг (русская версия названия «борьба за жизнь») – методика массового обучения приемам первой помощи, ставшая прикладным видом спорта. Методика обучения и новый вид спорта созданы д.м.н. В.Г. Бубновым. В основу лайфрестлинга положены: давно забытый комплекс ГТО и навыки оказания первой помощи с использованием методик медицинской подготовки элитных спецподразделений и спасателей МЧС России [3].

Основные принципы, правила и технологические карты проведения соревнований начали формироваться с 2004 г. на соревнованиях и на конкурсах профессионального мастерства поисково-спасательных формирований МЧС России. Первый чемпионат по лайфрестлингу был проведен 21 мая 2007 г. на базе Российского государственного университета культуры, спорта, туризма и молодежной политики (ГЦОЛИФК) при участии кафедры прикладных и экстремальных видов спорта и директора «Национального центра массового обучения навыкам оказания первой помощи» В.Г. Бубнова.

Цель создания лайфрестлинга: распространение эффективной методики массового обучения лиц без медицинского образования навыкам оказания первой помощи и правилам поведения в экстремальных ситуациях.

Назначение лайфрестлинга: развить и отработать до автоматизма практические навыки и алгоритмы действий по спасению жизни и сохранению здоровья пострадавшего в любых экстремальных ситуациях.

Особенностью методики проведения этих соревнований является обязательное наличие тренинговой части: до 80% времени отводится непосредственно на практические занятия и отработку навыков участников. Занятия проводятся высокопрофессиональными тренерами. Еще одна особенность тренинга – неременная активность всех его участников.

Состязания по лайфрестлингу могут проходить на любых спортивных площадках, газонах, в спортивных залах и больших аудиториях, где можно разметить игровое поле размером 6 x 30 м с линиями старта, финиша и боковыми ограждениями от зрителей с использованием лент, флажков или других нетравмоопасных ограждений. Лозунг соревнований: «Цена медали – спасенная жизнь».

Для оснащения состязаний применяются: роботы-тренажеры пятого поколения «Глаша», «Гоша» и «Гаврюша», аптечка первой помощи, вакуумный матрас, ковшовые и плащевые носилки, учебный дефибрил-

лятор, секундомеры и технологические карты соревнований. Для оценки качества практических навыков первой помощи могут привлекаться добровольцы-статисты.

Соревновательная программа состоит из двух этапов. На первом этапе команды решают различные ситуационные задачи, предложенные судьями-организаторами, а на втором – демонстрируют практические навыки оказания первой помощи при решении обязательной на всех соревнованиях ситуации с четырьмя пострадавшими на время.

Судейская бригада оценивает уровень развития практических навыков и теоретических знаний участников, которые проводят оценку состояния пострадавших (роботы-манекены, добровольцы-статисты) и осуществляют выбор тактики оказания первой помощи пострадавшим в различных ситуациях. Пострадавшие могут иметь следующие повреждения и опасные для жизни состояния: клиническая смерть, внезапная потеря сознания, попадание инородных тел в верхние дыхательные пути, поражение электрическим током, опасные кровотечения, падение с высоты, термические ожоги, переохлаждение, проникающие ранения грудной клетки, ранения шеи и живота, эпилептический припадок, укусы ядовитых насекомых и змей, повреждения шейного отдела позвоночника, костей таза, внутренних органов, костей голени, синдром длительного сдавливания мягких тканей нижних конечностей.

Участники соревнований также должны продемонстрировать знание правил поведения в различных экстремальных ситуациях: вызов скорой помощи и спасательных служб; поведение в случаях захвата, удержания и освобождения заложников; оказание помощи трем и более пострадавшим в случаях дорожно-транспортного происшествия, техногенной катастрофы, теракта [3].

При выполнении обязательной ситуационной задачи судьи контролируют время оказания первой помощи и правильность действий участников соревнований. В случае неправильных или опасных действий они начисляют участникам штрафные баллы. Для предупреждения травматизма и несчастных случаев во время соревнований судьи должны контролировать действия команды: если регистрируется потенциальная угроза для жизни и здоровья участников, например, обморок или появления его предвестников у одного из студентов, то команда снимается с этапа, ее результат приравнивается к «0» [4].

Общий результат прохождения второго этапа подсчитывается путем суммирования номинального времени, показанного командой на данном этапе, и штрафных баллов (1 штрафной балл приравнивается к 1 секунде времени). Победитель этапа определяется по минимальному времени выполнения задания и минимальному количеству штрафных баллов, полученных в ходе соревнований.

Победитель соревнований по лайфрестлингу определяется по минимальной сумме мест на всех этапах. При равенстве суммы мест победитель опре-

деляется по минимальному количеству штрафных баллов, полученных в ходе соревнований; при равенстве штрафных баллов – по минимальной сумме времени на двух этапах.

Организовывать, проводить состязания по лайфрестлингу, осуществлять судейство и обучение команд имеет право любой гражданин в возрасте от 18 лет, прошедший пятидневную подготовку в Национальном центре обучения навыкам оказания первой помощи «Школа Бубнова» и получивший свидетельство установленного образца с записью: «Инструктор массового обучения навыкам оказания первой помощи

после несчастного случая или теракта. Судья-инструктор по лайфрестлингу».

Авторы настоящей статьи Иванова С.В., Рябчикова И.А., Волчатова И.В. прошли обучение в «Школе Бубнова», организовали тренинги и соревнования по лайфрестлингу (рис. 1–4) среди студентов всех курсов профиля подготовки «Безопасность технологических процессов и производств». Для обеспечения материальной базы организаторы привлекли ресурсы министерства по физической культуре, спорту и молодежной политике Иркутской области, Иркутского областного центра медицины катастроф и студенческого отряда ИрГТУ «Полиспас».



Рис. 1. Отработка навыков оказания первой помощи пострадавшему перед соревнованиями по лайфрестлингу



Рис. 2. Соревнования по лайфрестлингу: проведение непрямого массажа сердца пострадавшему в состоянии клинической смерти



Рис. 3. Соревнования по лайфрестлингу: проведение искусственной вентиляции легких



Рис. 4. Соревнования по лайфрестлингу: транспортировка пострадавшего с травмой таза на вакуумном матрасе

Проведенный впервые в Иркутском государственном техническом университете чемпионат по лайфрестлингу подтвердил, что лайфрестлинг – это эффективная методика развития практических навыков по спасению жизни и сохранению здоровья пострадавших при несчастных случаях. Такой подход позволяет наиболее эффективно обучать будущих

инженеров по охране труда навыкам поведения в экстремальных обстоятельствах, уверенно оказывать первую помощь, при необходимости принимать решение о транспортировке пострадавшего, выработать согласованность коллективных действий в условиях чрезвычайных ситуаций.

Статья поступила 30.01.2015 г.

Библиографический список

1. Статистика производственного травматизма в России при выполнении работ на высоте [Электронный ресурс]. URL: http://www.iqsa.org/_files/statistic_ru_2012.pdf (09.01.2015).
2. Доклад «О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2013 году». М.: Минтруд РФ, 2014. 135 с.
3. Бубнов В.Г. Научные и практические основы повышения эффективности системы оказания первой помощи очевид-

- цами несчастного случая. М.: ООО «ГАЛО БУБНОВ», 2012. 62 с.
4. Ломать Л.Н. Травматизм и дорожно-транспортные происшествия в Республике Беларусь. Профилактика взрослого и детского травматизма на дорогах [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ortoped.by> (06.01.2015).



УДК 338.45:69 (75:8)

РЫНОК НЕДВИЖИМОСТИ: СОСТОЯНИЕ И ФАКТОРЫ РОСТА© И.Г. Торгашина¹

Байкальский государственный университет экономики и права,
664003, Россия, г. Иркутск, ул. Ленина, 11.

Рассмотрены вопросы развития рынка жилой недвижимости в условиях внешнеэкономических ограничений. Выявлены основные проблемы и факторы, влияющие на возможности расширения поля производства строительных организаций. Проведен анализ ситуации на рынке в связи с введением политики импортозамещения. Исследованы варианты повышения доступности ресурсов и производительности труда в отрасли.

Ключевые слова: рынок недвижимости; факторы роста; производственные ресурсы; строительное предприятие.

REAL ESTATE MARKET: STATE AND GROWTH FACTORS**I.G. Torgashina**

Baikal State University of Economics and Law,
11 Lenin St., Irkutsk, 664003, Russia.

The article discusses the issues of residential property market development under conditions of external economic constraints. The key problems and factors affecting the possibility to expand the production field of construction organizations are identified. The situation in the market is analyzed in the context of import substitution policy introduction. The study is given to the alternatives for resource availability improvement and productivity increase.

Keywords: real estate market; growth factors; production resources; construction enterprise.

В связи со сложившейся экономической обстановкой все чаще слышны призывы к активизации деловой активности российских предпринимателей. На текущий момент благосостояние всей страны зависит от того, смогут ли предприятия адаптироваться к изменившимся условиям. Возможности адаптации во многом зависят от понимания тенденций в различных сферах экономики. Рассмотрим основные изменения, произошедшие с конца 2013 по начало 2015 г.

Безусловно, наиболее заметное влияние на сегодняшнее состояние экономики оказало введение санкций рядом международных организаций и отдельных государств, а также ответные меры, принятые правительством РФ. Нестабильная политическая обстановка, сопровождающаяся значительным снижением цен на энергоресурсы, привела к ослаблению российского рубля относительно основных мировых валют. Ограничения, связанные с доступностью капиталов и товаров зарубежных производителей, обнаружили множество системных «недостатков». В результате возникла ситуация, в которой, с одной стороны, необходимо стимулирование экономической активности, с другой – снижение затратной части бюджета.

Таким образом, для поддержания экономики страны следует расширять поля производства всех ключевых отраслей при снижении доступности ресурсной базы. Наиболее уязвимыми в сложившейся ситуации оказываются отрасли, имеющие социальное значение, так как их формирование носит долгосрочный характер и замораживание активности в данных сферах в кризисные периоды может негативно сказаться на

возможности возобновления деятельности в последующие более благоприятные годы. Одной из них является строительство – базисная и системообразующая отрасль, поскольку от состояния пассивной части основных фондов, создаваемых строительным комплексом, зависит развитие практически любой иной отрасли. С другой стороны, строительство является крупнейшим потребителем продукции многих сфер национальной экономики, которые обеспечивают его металлом и металлоконструкциями, различными материалами, оборудованием и механизмами, транспортными средствами, энергетическими и прочими ресурсами. По имеющимся данным, в отрасли используется 50% продукции промышленности строительных материалов, около 18% металлопроката, 40% лесоматериалов, более 10% – продукции машиностроения. Для их перевозки применяются практически все виды транспорта. Таким образом, значительная часть проблем и задач, связанных с развитием строительства, носит межотраслевой характер [1].

Наиболее уязвимой сферой деятельности в отрасли является жилищное строительство, так как предприятия, осуществляющие возведение жилья, хотя и преследуют общеэкономические цели, но в то же время на спрос и ценообразование здесь значительно влияет социальная составляющая.

Проблема жилищного строительства не была решена в благоприятные периоды экономического подъема и рискует усугубиться в сложившейся ситуации, несмотря на законодательные инициативы в данной сфере. Одним из приоритетных направлений дея-

¹Торгашина Ирина Геннадьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления инвестициями и недвижимостью, тел.: 80921773872, e-mail: hig06@mail.ru

Torgashina Irina, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Economics and Investment and Real Estate Management, tel.: 80921773872, e-mail: hig06@mail.ru

тельности государства в жилищной политике является повышение уровня обеспеченности населения комфортным жильем. Основные законодательные усилия сконцентрированы на снижении стоимости одного квадратного метра, повышении доступности жилья путем создания новых форм и источников финансирования его приобретения, а также стимулировании роста предложений на рынке недвижимости.

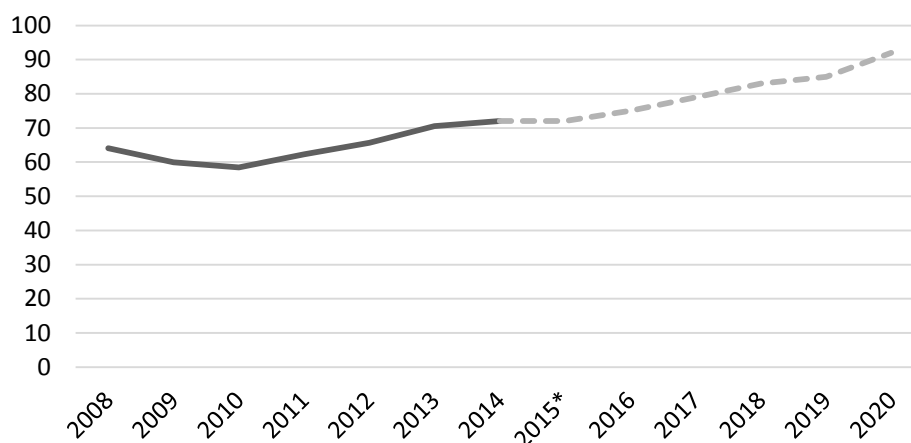
Это подтверждается наличием разработанных программ, осуществление которых намечено в ближайшие годы. В частности, основные положения государственной политики в сфере жилья представлены в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1663-р, и в государственной программе «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 30 ноября 2012 г. № 2227-р. В соответствии с Концепцией, предполагалось увеличение ежегодных объемов ввода жилой площади до 140–150 млн м² к 2020 г. При разработке государственной программы были учтены реальные темпы роста объемов строительного производства, поэтому оптимистичный прогноз скорректирован в сторону уменьшения – до 92 млн м² к 2020 г. (рис. 1).

Несмотря на то, что текущие объемы ввода жилья в значительной мере соответствуют намеченному плану, обеспеченность населения жильем значительно не изменилась (рис. 2.). Низкая эффективность предлагаемых государством мер обусловлена, в частности, концентрацией усилий на стимулировании спроса, что не приводит к расширению поля производства строительных предприятий. Сложившаяся же на текущий момент ситуация не будет способствовать осуществлению намеченных мероприятий.

Комплексное решение проблемы увеличения предложений на рынке жилой недвижимости должно содержать прежде всего меры по стимулированию деловой активности строительных предприятий, основанные на изменении качества ресурсов, их структуры и способностей строительной организации в наращивании потенциала развития. Дополнительное стимулирование необходимо предприятиям строительного комплекса еще и потому, что ряд принимаемых на высшем уровне решений и сложившаяся экономическая ситуация неизбежно отразятся на доступности ресурсов.

Рассмотрим факторы, оказывающие влияние на масштабы деятельности строительных предприятий жилищной сферы:

- доступность финансовых ресурсов;
- уровень обеспеченности качественными ма-



* С 2015 г. – плановые значения в соответствии с государственной программой «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации».

Рис. 1. Ввод в действие общей площади жилых домов в РФ, млн м² общей площади в России

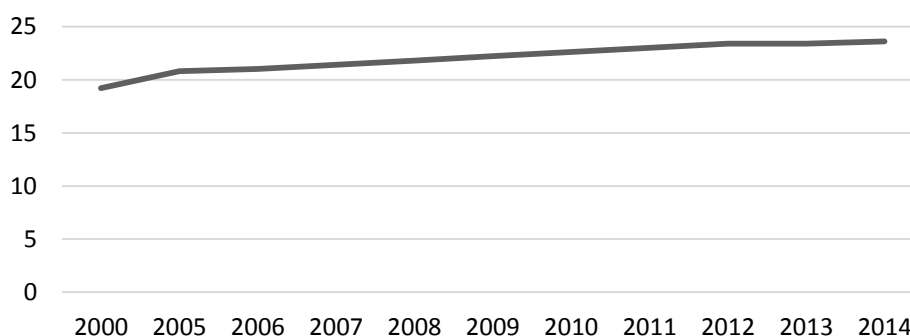


Рис. 2. Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, м²

териальными ресурсами участников жилищного строительства;

- уровень производительности труда;
- обеспеченность строительных организаций объектами основных фондов и эффективность их использования;
- технологии, применяемые в строительных и проектных решениях при строительстве жилых объектов;
- уровень себестоимости и прибыльности строительства жилых объектов.

Важнейшим фактором, оказывающим влияние на размер предложений на рынке жилой недвижимости, является доступность финансовых ресурсов. Поскольку одним из основных источников финансирования жилищного строительства является само население, снижение реальных доходов, произошедшее вследствие повышения темпов инфляции, рост безработицы и снижение доступности ипотечных кредитов окажут существенное влияние на возможности строительных организаций. Увеличение ставок по кредитам также сдерживает деловую активность в отрасли.

Значительное возращание курса доллара привело к заметному удорожанию ресурсов, используемых строительными предприятиями. Непосредственное влияние изменение курса оказало на материальные затраты, составляющие более 50% в структуре себестоимости строительной продукции. Несмотря на то, что основные материалы, используемые в отрасли (цемент, кирпич), выпускаются большей частью отечественными производителями [2], существует большая зависимость российского рынка от импортных материалов, закупочная цена на которые возросла почти вдвое в рублевом эквиваленте. Кроме того, растущая инфляция повысит издержки российских производителей материалов, что неизбежно отразится на ценах. Так, по данным [2, 5] за 2014 г., арматура подорожала на 40%, стальные сборные конструкции – на 35%, плиты перекрытий – на 10%. Из-за импортных комплектующих в среднем на 15–20% повысилась стоимость оконных конструкций, кабельной продукции и сантехники.

Еще одним препятствием на пути расширения производства может стать снижение доступности земельных ресурсов. В частности, внесение поправок в Федеральный закон № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» предусматривает обязательное проведение экологической экспертизы для всех строительных объектов [3]. Это в значительной мере затруднит расширение предложений на рынке жилой недвижимости, поскольку экспертиза требует дополнительного времени, и, следовательно, сдвигаются работы непосредственно на стройплощадках, что может иметь критическое значение в условиях роста цен на финансовые ресурсы.

Не меньшее влияние окажет возросший курс доллара на затраты по оплате труда, что связано с использованием в строительном производстве иностранных трудовых ресурсов. По данным [4], около 30% строительных предприятий в РФ официально

привлекают иностранных рабочих. Не следует забывать и о теневой стороне данного вопроса, оценить масштабы которой затруднительно, но, по мнению экспертов, количество нелегальных рабочих составляет еще не менее 30%. Это связано с их высокой производительностью труда и традиционно более низкой заработной платой. Однако привлекательность российского рынка для иностранцев в настоящее время значительно снизилась, поскольку доходы, получаемые в рублях, заметно сократились в долларовом выражении. Таким образом, строительные предприятия будут вынуждены поднять заработную плату либо искать замену на российском рынке труда, что, по оценке руководителей самих предприятий, является затруднительным, несмотря на высокий уровень безработицы в стране. Следовательно, без рационального замещения выбывающих трудовых ресурсов существует риск снижения производительности труда в отрасли, а значит, и объемов производства. Сезонность строительства в Сибири рациональна по сравнению с непрерывным потоком. Именно иностранные рабочие, прежде всего из КНР, соответствовали необходимому уменьшению темпов работ в зимний период. Их замена на российских рабочих потребует обеспечения занятости и зимой, что приведет также к зимнему удорожанию. Кроме того, относительно низкая заработная плата иностранных трудовых ресурсов позволяла не заниматься механизацией, техника была дороже. С учетом же сложившейся кризисной ситуации вопросы механизации с целью повышения производительности неизбежно возникнут, поскольку рост затрат на оплату труда приведет к изменению структуры себестоимости строительства.

Еще важнейший фактор. В среднем 60% основных средств строительных предприятий представлены активной частью производственных фондов, что на 40% выше, чем в среднем по экономике. Оснащенность предприятия активными основными фондами и эффективность их использования во многом определяют производительность, эффективность применяемых технологий и сроки выполнения работ. Наличие и техническое состояние основных фондов строительных предприятий обуславливают не только производительность самого оборудования, но и влияют также на затраты по оплате труда рабочих, поскольку два этих ресурса в строительном комплексе технологически взаимосвязаны. Однако в последнее время данному вопросу уделяется мало внимания.

По данным [5], наличие на предприятиях основных строительных машин сократилось за пять лет на 23%, что связано, с одной стороны, с недостаточным объемом амортизационного фонда для воспроизводства оборудования, а с другой – с развитием института лизинга, позволяющего сократить затраты на содержание материально-технической базы. Этим же обусловлено снижение доли затрат на амортизацию в составе себестоимости. Стоит отметить, что 30% используемого строительными предприятиями оборудования имеет истекший срок службы, в то время как для развития отрасли необходима мощная современ-



ная материально-техническая база, соответствующая новейшим технологиям. На рис. 3 отражена доля полностью изношенных основных фондов строительных организаций РФ.

Доставшаяся в наследство с советских времен производственная база безнадежно устарела, а стабильное повышение цен на современное оборудование в сочетании с неразумной амортизационной политикой многих предприятий делают практически невозможным масштабное обновление основных фондов. Это, в свою очередь, тормозит развитие новых технологий в сфере организации строительного производства.

Д. Медведевым. Под запрет на импорт попали: строительная и коммунальная техника, техника для разработки месторождений.

Любое сокращение поступления техники на строительный рынок неизбежно приведет к росту цен, так как связано с повышением спроса на отечественную технику без значительного роста объемов производства у предприятий-изготовителей. В связи с этим необходимо принять меры, которые будут стимулировать расширение поля производства. Одним из вариантов решения данной проблемы может быть создание государственной лизинговой компании для выкупа техники у изготовителей с целью обеспечения гаран-

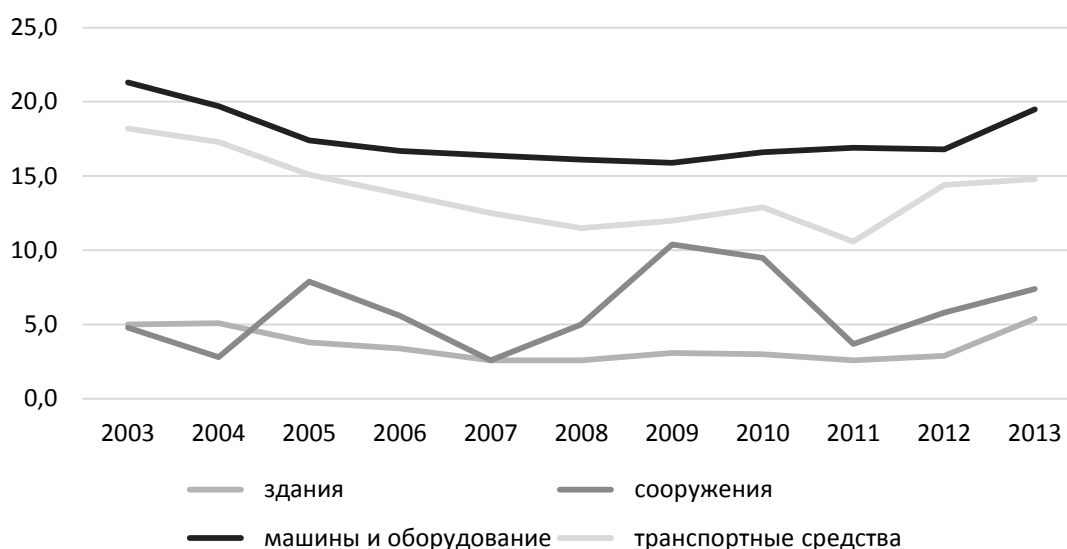


Рис. 3. Доля полностью изношенных основных фондов в строительстве, %

Наиболее ощутимые изменения могут произойти в затратах, связанных с приобретением и эксплуатацией машин и оборудования. По статистике, в среднем 40% всей техники, используемой строительными организациями, зарубежного производства, а по некоторым видам техники этот показатель превышает 60%, причем доля машин с истекшим сроком службы достигает 50%. Следовательно, при необходимости обновления автопарка строительные организации становятся в значительной мере зависимыми от зарубежных поставщиков. Кроме того, задачу возобновления оборудования усложняет запрет на импорт товаров машиностроения для государственных и муниципальных нужд, подписанный председателем правительства

тированных заказов и снижения рисков, связанных с увеличением объемов производства. Доступность строительной техники способна также повысить деловую активность строительных предприятий.

Таким образом, решение обозначенных проблем должно иметь комплексный характер, поскольку взаимосвязь факторов, влияющих на развитие как отдельных отраслей, так и экономики в целом, имеет системный характер. В сложившейся ситуации значительное влияние на повышение активности предпринимателей окажет участие государства в форме законодательных инициатив, позволяющих снизить риски участников производства.

Статья поступила 15.01.2015 г.

Библиографический список

1. Белоусова Л.С., Карлик А.Е., Орт А.И. Особенности развития строительного комплекса в посткризисный период // Экономические науки. 2012. № 2 (87). С. 19–23.
2. Обзор рынка строительных материалов/Concol [Электронный ресурс]. URL: <http://www.concol.ru/en/analytics/we-are-in-press/28-vpirit/186-overview-of-the-market-of-building-materials>
3. Павлова А. Строительный нокаут. Экспертиза и отсутствие участков под строительство скорректировали планы компаний по вводу жилья / Сибирский энергетик [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vsp.ru/economic/2015/02/13/551297#sthash.3o691tvc.dpuf>
4. Тюрюканова Е., Флоринская Ю. Иностранная рабочая сила на рынке труда России // Демоскоп Weekly [Электронный ресурс]. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2012/0535/analit06.php>
5. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/>



УДК 336.7

ДЕВАЛЬВАЦИЯ РОССИЙСКОГО РУБЛЯ И ПАДЕНИЕ ЦЕН НА НЕФТЬ© Г.А. Шаламов¹, Фа Жу², Ли Шао Фэй³Иркутский государственный технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрен процесс девальвации российского рубля в 2014 году и определена степень влияния на него снижения цен на нефть на международном рынке. Проанализированы особенности формирования доходной части федерального бюджета РФ в зависимости от экспорта продукции предприятий нефтегазовой промышленности. Намечены пути выхода экономики страны из кризиса.

Ключевые слова: девальвация рубля; цена на нефть; федеральный бюджет; экспорт и импорт товаров и услуг; инфляция.

RUSSIAN RUBLE DEVALUATION AND DROP IN OIL PRICES

G.A. Shalamov, Fa Zhu, Li Shao Fey

Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper deals with the process of Russian ruble depreciation in 2014 and determines how it is affected by the oil price fall in the international market. It analyzes formation features of a profitable part of the federal budget of the Russian Federation, depending on the export of oil and gas industry product. The ways the country's economy can overcome the crisis are outlined.

Keywords: ruble devaluation; oil price; federal budget; exports and imports of goods and services; inflation.

Одним из самых тяжелых для российской экономики стал 2014 год. С одной стороны, этот год явился годом небывалого патриотического подъема в нашей стране, вызванного присоединением Крыма. В результате рейтинг президента России, его осуществившего, достиг фантастических 86%. К слову сказать, по тем же самым опросам, верят в Бога только 75% россиян, то есть нашему президенту в середине 2014 г. доверяли гораздо больше, чем Всевышнему. С другой стороны, именно присоединение Крыма, в первую очередь, привело к небывалым издержкам в международной политике, крайним проявлением которых стало введение экономических санкций против ближайшего окружения российского президента. А поскольку именно это окружение в настоящее время занимает ведущие позиции в экономике России, то это вместе с секторальными санкциями нанесло удар и по экономике нашего государства в целом.

В сложившихся, прямо скажем, непростых условиях обострения отношений со странами Запада руководство страны совершило резкий разворот в своей международной политике в сторону Китая. Однако через некоторое время в официальном информационном агентстве правительства КНР «Синьхуа» была высказана озабоченность складывающейся неблагоприятной ситуацией в российской экономике. Особенно наших китайских партнеров настораживает обесценивающийся российский рубль. Они предполагают,

что при слабом российском рубле китайский экспорт в Россию наверняка начнет падать. В свою очередь, в Китае произойдет рост объемов российского импорта [4]. В самом деле, девальвация своей национальной валюты – это самый главный прием при ведении валютных войн, подразумевающих последовательные преднамеренные действия правительства и центрального банка по достижению относительно низкого курса для своей национальной валюты с целью увеличения собственных объемов экспорта. Такая политика затрудняет импорт иностранных товаров в нашу страну, что и не устраивает наших китайских партнеров.

Если проанализировать динамику изменения курса американского доллара по отношению к рублю в 2014 г., то следует согласиться, что опасения китайских бизнесменов не являются беспочвенными. Как видно из табл. 1, курс доллара США вырос с 32,66 рублей по состоянию на 1 января 2014 г. до 47,88 по состоянию на 10 ноября 2014 г. или на 46,6%. В самом деле, период с 1 января по 10 ноября стал «черным периодом» в 2014 г. Между тем, в современной экономике принято считать, что если национальная валюта девальвирована более чем на 20% в течение года, то это является признаком наличия валютного кризиса в стране. Это значит, что валютный кризис у нас налицо.

¹Шаламов Георгий Александрович, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и финансов, тел. 89140001530, e-mail: gshalam@rambler.ru
Shalamov Georgy, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Economic Theory and Finance, tel.: 89140001530, e-mail: gshalam@rambler.ru

²Фа Жу, аспирант, тел. 89041449297, e-mail: 472383654@gg.com
Fa Zhu, Postgraduate, tel.: 89041449297, e-mail: 472383654@gg.com

³Ли Шаофэй, аспирант, тел. 89041449293, e-mail: 472383654@gg.com
Li Shao Fey, Postgraduate, tel.: 89041449293, e-mail: 472383654@gg.com



Практически все российские аналитики сходятся на том, что причиной ослабления российского рубля является, в первую очередь, снижение цен на нефть – главный экспортный продукт российской экономики, обеспечивающий львиную долю поступления иностранной валюты в страну. Если сравнить данные табл. 1 и 2, то можно легко заметить, что с января по июнь 2014 г. особой корреляции между курсом доллара по отношению к российскому рублю и ценой на нефть не прослеживается. Зато с июня по октябрь обратно пропорциональная зависимость между этими величинами не подвергается сомнению. Цена на нефть со 111,7 долларов США за баррель в июне 2014 г. снизилась до 88,34 долларов США в октябре, то есть на 26,4%. Курс доллара США по отношению к российскому рублю за этот период вырос с 33,84 рублей по состоянию на 1 июня 2014 г. до 41,96 рубля по состоянию на 1 ноября 2014 г. или на 24,0%. Очевидно, что такое совпадение роста курса доллара и падения цены нефти наталкивает многих исследователей на мысль об определяющей зависимости курса российского рубля от цены на нефть на мировом рынке. Попутно заметим, что, по данным Bloomberg, снижение цены на нефть приводит к потере российскими экспортерами 32,3 млрд долларов доходов от экспорта нефти и газа, а это 1,6% российского ВВП [5].

Логика рассуждений таких исследователей заключается в том, что иностранная валюта является таким же товаром, как и любой другой товар. В этом случае курс доллара будет зависеть от его предложения на российском валютном рынке. Если цена на нефть падает, то при практически не меняющемся объеме ее экспорта количество поступающей в страну валюты уменьшается. При сокращающемся объеме поступления иностранной валюты в страну спрос на нее растет, естественно, курс доллара или евро в этом слу-

чае будет расти. Однако снижение цен на нефть не единственный фактор, ослабляющий курс российской национальной валюты. Будет правильным проанализировать и другие факторы, направленные на ослабление российского рубля.

Рассмотрим еще раз, более пристально, зависимость доходной части российского федерального бюджета от нефтегазовой отрасли. Принято считать, что больше половины доходов отечественного бюджета приходится на добычу и пошлины от экспорта углеводородного сырья. Как хорошо видно из приведенной нами табл. 3, нефтегазовые доходы федерального бюджета России в 2013 г. составили 205,4 млрд долларов США. Попутно заметим, что на российские поставки приходится около 40% потребления газа и 32% нефти в Европе. По информации журнала Forbes, еще в 2005 г. в России были исчерпаны экстенсивные возможности увеличения добычи нефти, потребовалось привлечение новых западных технологий. В результате на нефтесервисном рынке (без учета оборудования) доля международных компаний к 2013 г. выросла до 24%

В горизонтальном бурении на западные технологии и оборудование приходится 100%. Эти данные мы приводим, чтобы показать зависимость доходной части федерального бюджета от цены на нефть, с одной стороны, и зависимость всей нефтедобывающей отрасли нашей страны от западных технологий, с другой.

Таким образом, снижение цен на нефть в сочетании с прекращением поставок оборудования и технологий в соответствии с наложенными на Россию экономическими санкциями неизбежно приведет к снижению объемов добычи нефти. Сочетание этих двух факторов, на наш взгляд, может привести к серьезным проблемам российского федерального бюджета.

Таблица 1

Динамика изменения курса доллара США по отношению к российскому рублю в 2014 году, руб.[6]

Дата	01.01	01.02	01.03	01.04	01.05	01.06	01.07	01.08	01.09	01.10	01.11	10.11
Курс доллара	32,66	35,18	36,18	35,61	35,72	34,74	33,84	35,44	36,93	39,38	41,96	47,88

Таблица 2

Изменение цены на нефть с января по октябрь 2014 года, долл. за барр. [2]

Месяц	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Цена на нефть	106,85	108,55	107,55	108,1	108,93	111,7	108,18	103,69	98,89	88,34

Таблица 3

Нефтегазовые доходы федерального бюджета России в 2013 г., млрд долл. [1, с. 47]

Наименование статьи федерального бюджета	Величина дохода
Пошлины на нефтепродукты	38
Пошлины на экспорт природного газа	15
Пошлины на экспорт нефти	73
Налог на добычу газового конденсата	0,4
Налог на добычу природного газа	10
Налог на добычу нефти	69
ИТОГО	205,4

Однако столь серьезная, как мы показали, зависимость российского бюджета от экспорта нефти и газа создает возможность регулирования его доходной части за счет девальвации российской национальной валюты. Иными словами, чем ниже курс российского рубля по отношению к иностранной валюте, тем больше доходы российского бюджета. Повышение курса доллара США по отношению к российскому рублю всего на один рубль дает возможность получить федеральному бюджету, как мы раньше ошибочно считали, дополнительные доходы на сумму 180 млрд рублей [11, с. 242]. Авторитетный российский еженедельник «Аргументы недели» произвел весьма любопытные расчеты. При этом еженедельник исходит из того, что федеральный бюджет России на 2015 г. запланирован на уровне примерно 15 трлн рублей. Он будет выполняться при обменном курсе доллара, равном 37 рублям, и цене за баррель нефти 96 долларов США. Если цена на нефть упадет до 80 долларов США за баррель, то тот же самый бюджет будет исполнен при курсе доллара, равном 46 рублям. Как мы видим из табл. 3, валютная составляющая российского бюджета – 205,4 млрд. долларов. Если эту величину умножить на 1 рубль роста курса рубля, то мы получим дополнительно в доходную часть бюджета 205,4 млрд рублей. Это значит, что падение курса с 37 до 46 рублей за доллар США или на 9 рублей даст прирост бюджета на 1 848,6 млрд рублей. Этого как раз вполне хватит, чтобы компенсировать падение цены до 80 долларов за один баррель. Что и произо-

шло в начале ноября 2014 г. Иными словами, ниже 46 рублей курсу доллара расти уже нельзя. А вот падать ниже вполне возможно [9, с. 1].

Лучшее, на наш взгляд, экономическое издание, ежедневная газета «Ведомости», пошла еще дальше и привела на своих страницах расчеты динамики зависимости ряда макроэкономических показателей российской экономики от цены на нефть, проведенные аналитиками Morgan Stanley. Эти данные мы приводим в табл. 4.

Анализируя данные табл. 4 и 5, можно прийти к выводу, что при цене на уровне 80 долларов спад ВВП в России составит 2%, инфляция вырастет на 1–2%, экспорт упадет на 3%. При снижении цен на нефть до 50 долларов за баррель наша страна может уменьшить имеющиеся резервы более чем в два раза. При этом спад ВВП углубится до 6%, экспорт сократится на 8%, инфляция вырастет на 6–8%.

На основании приведенных данных аналитики Morgan Stanley делают вывод о том, что российская экономика и цены на ее активы оказались под двойным ударом: геополитический нокаут в виде экономических санкций со стороны стран Запада после присоединения Крыма и неожиданное падение цен на нефть. Если цены будут низкими и, тем более, если они будут продолжать снижаться, то Россия проявит заинтересованность в политическом урегулировании кризиса на Украине и отмене западных санкций, полагают аналитики известного американского инвестиционного банка [5].

Таблица 4

Динамика изменения величины резервов и внешних долгов в зависимости от цены нефти [5]

Цена нефти за 1 баррель, долл.	Резервы, млрд долл.	Резервы / ВВП, %	Внешний долг / ВВП, %	Резервы / Внешний долг, %
На конец октября 2014 г. 83	443,8	22	33	67
95	372	18	29	62
80	308	15	29	51
50	215	10	28	37

Таблица 5

Три сценария развития российской экономики в зависимости от цен на нефть [5]

Цена на нефть	95 долл. за баррель	80 долл. за баррель	50 долл. за баррель
Текущий счет	Профицит 2,5%	Профицит 1%, экспорт упадет на 3% ВВП	Дефицит 2%, экспорт упадет на 8% ВВП
Бюджет	Сбалансированный	Дефицит 2% ВВП	Дефицит 5% ВВП
Инфляция	Выйдет на пик в 2015 году, затем снижение	Вырастет на 1,5–2%	Вырастет на 6–8%
Кредитно-денежная политика	Свободный курс рубля	Интервенции для поддержки валютного курса, рост ставок для стабилизации рубля и инфляции	Интервенции для поддержки валютного курса, рост ставок для стабилизации рубля и инфляции
Фискальная политика	Выполнение бюджетных планов без использования резервного фонда	Использование резервного фонда для покрытия дефицита в размере 1% ВВП	Использование резервного фонда для покрытия дефицита в размере 2% ВВП
Динамика ВВП	Отсутствие корректировок в макропрогнозе (спад 0,5%)	Спад на 2%	Спад на 6%

Можно ли доверять столь тщательно проведенному анализу состояния российской экономики? Мы считаем, что вполне можно. Дело в том, что в соответствии с проведенной российским исследователем Валентином Катасоновым классификации Morgan Stanley относится к числу 24 «системообразующих» банков мира, которые принято считать транснациональными банками и которые относятся к верхнему ярусу мировой финансовой олигархии [3, с. 514]. Если принять во внимание, что эти банки относятся к так называемым мировым финансовым учреждениям, которые ставят своей целью ни больше, ни меньше как достижение мирового экономического и политического господства, то вполне возможно предположить, что современное снижение цен на нефть – это акция, направленная на уничтожение России как государства.

Столь тщательно разработанные сценарии, отражающие зависимость российской экономики от роста цен на нефть, не могут не заставить нас обратить внимание на так называемые «теории заговора». Будет справедливым отметить, что изменение цен на нефть в прошлом веке практически всегда имело серьезную политическую составляющую. До 1973 г. цена нефти не превышала 3 доллара за баррель. В результате нефтяного эмбарго 1973 г. она поднялась до 12 долларов. Шок от иракского вторжения в Кувейт загнал нефть с 17 долларов за баррель до 36 долларов в октябре 1990 г.. В 1996 г. цена нефти составляла 20 долларов, а в 1998 г. опустилась до 11 долларов, вызвав в России дефолт [7, с. 11].

Сразу вспоминается конспирологическая версия развала СССР с помощью снижения цен на нефть, в соответствии с которой произошло обрушение цен на нефть в 1986 г. с 35 долларов за баррель до 12 долларов в 1991 г. Именно с целью обрушения цен на нефть тогдашний директор Центрального разведывательного управления США Уильям Кейси поехал в Эр-Рияд и уговорил прежнего короля Саудовской Аравии Фахда ибн Абдулу-Азиза-Аль Сауда резко увеличить добычу нефти.

Многие до сих пор уверены, что главной задачей такого ценового маневра США был удар по Советскому Союзу. Наша страна с 1979 г. вела войну в Афганистане и несла при этом значительные расходы. Однако и американцы, которые активно поддерживали моджахедов, тоже имели серьезные затраты. Доходы нашей страны от экспорта нефти при цене 35 долларов за баррель тогда доходили до 30 млрд долларов. Однако переоценивать роль снижения цены на нефть в развале Советского Союза, на наш взгляд, не стоит, поскольку тогда наш ВВП зависел от нефтедолларов не более чем на 10 процентов [8].

В современных условиях настораживает тот факт, что введение против ближайшего окружения президента России экономических санкций и секториальных санкций совпало с резким падением цен на нефть. Руководители нефтедобывающих стран, в том числе и Россия, проявляют уверенность в том, что налицо последствия заговора ОПЕК и в первую очередь Саудовской Аравии с США. Сейчас, как и в середине 80-х

годов прошлого века, американцы при помощи шейхов Ближнего Востока готовы за счет искусственного обрушения нефтяных цен разрушить экономику России.

Однако было бы неправильным забывать, что наряду с конспирологическими версиями падения цен на нефть существуют еще и вполне объективные. Отдельные аналитики, такие как немецкий экономист Александр Юнг, считают, что за падением цен на нефть стоит не столько политика, сколько новые технологии. Прежде всего, следует обратить внимание на то, что США опередили Саудовскую Аравию и заняли первое место в мире по объему нефтедобычи. В 2014 г. американцы стали выкачивать из собственных недр почти 9 млн баррелей в день, что на 70% больше чем в 2008 г.

Объяснение этого феномена заключается в том, что, по словам хорошо известного в России главы BP Боба Дадли, нефтяная отрасль переживает «золотой век инноваций», благодаря которым американским нефтяникам, например, удалось поднять извлекаемость нефти с обычных 30% до 62% на месторождении Прудо-Бей на Аляске. В результате таких технологических достижений США из одного из самых значимых импортеров нефти превратились в его экспортера [12, с. 46–49].

В связи с этим можно предположить, что изменившаяся конфигурация на мировом нефтяном рынке перестала устраивать нефтедобывающие страны, объединенные в известную организацию ОПЕК. Теряя такого надежного потребителя нефти, как США, они были вынуждены сыграть на понижение цен на нефть, чтобы сделать добычу нефти американцами в своей стране экономически невыгодной.

Большие надежды руководство нашей страны возлагало на сессию ОПЕК, которая состоялась в Вене 27 ноября 2014 г. Однако ожидаемого принятия решения о сокращении добычи нефти так и не произошло. Реакция рынка на это решение последовала незамедлительно: цены на нефть вплотную приблизились к 70 долларам за баррель (накануне встречи они держались в районе 80 долларов за баррель). Сессия ОПЕК показала, что эта организация заинтересована в таком снижении цен на нефть, чтобы добыча сланцевой нефти в США стало нерентабельной. Можно предположить, что США, в свою очередь, намерены опустить цены до того уровня, который бы позволил ударить по российской экономике, но не допустить ущерба американским добывающим компаниям и внутреннему топливному рынку.

Есть и еще одна причина снижения цен на нефть. Речь идет о том, что террористическая группировка «Исламское государство» постоянно расширяет зону своего влияния в регионе, богатом нефтью. Оно занимается реализацией нефти, добываемой на захваченных территориях, по низким ценам, что также влияет на их снижение на международном рынке нефтепродуктов.

И, наконец, снижение темпов экономического роста в Китае, имеющем вторую экономику мира, привело к уменьшению объемов потребления нефти с его



стороны, что также не могло не повлиять на снижение цены на нефть.

Совокупность всех этих обстоятельств в современных условиях, на наш взгляд, и явилось главным фактором обрушения нефтяных цен. Тем не менее, руководство нашего государства склоняется к тому, что данная акция спланирована враждебными нам государствами с целью нанесения России серьезного экономического ущерба. И тут надо признать, что этот ущерб является весьма существенным. По словам министра финансов Российской Федерации Антона Силуанова, выступившем на международном финансово-экономическом форуме 24 ноября 2014 г., из-за санкций Россия теряет около 40 млрд долларов США, а из-за падения цен на нефть – 90–100 млрд долларов

США [10]. Если быть объективным, то следует признать, что столь катастрофическая ситуация в российской экономике стала возможной, в первую очередь, по политическим причинам. Согласно приведенным цифрам, наше упование на созданные международные резервы при таких потерях приведет к их исчезновению через два, максимум три года. Это значит, что ключ к решению наших проблем лежит, главным образом, в плоскости отмены экономических санкций со стороны стран Запада. К сожалению, мы не можем позволить себе быть чрезмерно амбициозными в политическом плане при столь слабой отечественной экономике.

Статья поступила 30.01.2015 г.

Библиографический список

1. Васильев И., Попов И. Бумеранг санкций // Forbes. 2014. № 9.
2. Зубков И. Бензопила // Российская газета. 2014. 6 ноября.
3. Катасонов В. О проценте: ссудном, подсудном, безрассудном. «Денежная цивилизация» и современный кризис. М.: Издательский дом Кислород, 2014.
4. Китай пугает падение рубля // Аргументы недели. 2014. № 40.
5. Кравченко Е. России не выдержать двойного удара // Ведомости. 2014. 28 октября.
6. Кувшинова О., Агамалова А., Смирнов С., Желобанов Д. Валютный кризис // Ведомости. 2014. 24 октября.
7. Латынина Ю. Рубль, нефть и расширенный рынок // Новая газета. 2014. № 124.
8. Макеев Н., Смирнов К., Беррес Л. Убьет ли нефть экономику России? // Московский комсомолец. 2014. 5 ноября.
9. Угланов А. О роли Люцифера в падении рубля // Аргументы недели. 2014. № 43.
10. Цифры. События. Тенденции // Ведомости. 2014. 25 ноября.
11. Шаламов Г.А. О пагубном влиянии заявлений руководителей Банка России на состояние валютного рынка страны // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 6.
12. Юнг А. Американское нефтяное чудо // Профиль. 2014. № 3.

Уважаемые коллеги!

Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей и читателей и сообщаем требования к статьям, принимаемым к публикации

I. Статья представляется на **СД-диске и в распечатанном виде**. Рекомендуемый объем статьи – 10 стр., для аспирантов – 5 стр. Количество авторов должно быть не более четырех.

К статье прилагаются:

1. Экспертное заключение.
2. Название рубрики, в которой должна быть размещена Ваша статья; УДК; название статьи; реферат (аннотация), количество знаков в реферате – не менее 500; ключевые слова (4-5); сведения об авторах: название учреждения, его адрес; фамилия, имя, отчество (полностью); ученая степень; звание и должность; контактный телефон и e-mail (**вся информация предоставляется одним файлом**).
3. Статья должна иметь личную подпись автора; на статьях адъюнктов и аспирантов должна стоять также подпись научного руководителя.

II. **Текст статьи, сведения об авторах, реферат, ключевые слова, адрес учреждения, контактный телефон и E-mail** должны быть также представлены на СД-диске, проверенном на отсутствие вирусов, **в виде файла с расширением *.DOC** – документа, построенного средствами Microsoft Word 97 или последующих версий, и распечаткой на стандартных листах формата А4.

При наборе статьи в Microsoft Word рекомендуются следующие установки:

- 1) параметры **страницы** и абзаца: отступы сверху и снизу – **2 см**; слева и справа – **2 см**; **табуляция – 2 см**; ориентация – книжная;
- 2) шрифт – **Times New Roman**, размер – **12**, межстрочный интервал – одинарный, перенос слов – автоматический;
- 3) при вставке формул использовать **Microsoft Equation 3** при установках: элементы формулы выполняются **курсивом**; для греческих букв и символов назначать шрифт **Symbol**, для остальных элементов – **Times New Roman**. Размер символов: обычный – 12 пт, крупный индекс – 7 пт, мелкий индекс – 5 пт, крупный символ – 18 пт, мелкий символ – 12 пт. Все экспликации элементов формул необходимо также выполнять в виде формул;
- 4) **рисунки**, вставленные в текст, должны быть выполнены с разрешением 300 dpi, B&W – для черно-белых иллюстраций, Grayscale – для полутонов, максимальный размер рисунка с надписью: ширина 150 мм, высота 245 мм, представлены на **СД-диске** в виде файла с расширением *.BMP, *.TIFF, *.JPG и **распечаткой** на стандартных листах формата А4, должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. **Схемы, графики** выполняются во встроенной программе **MS Word** или в **MS Excel**, с **приложением файлов (представляемые иллюстрации должны быть четкими и ясными во всех элементах)**;
- 5) библиографические ссылки должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ Р 7.05 2008.

Внимание! Публикация статей является платной (для аспирантов – бесплатно). Стоимость одной публикации – 1500 руб., включая один авторский экземпляр. Стоимость дополнительного экземпляра журнала – 500 руб. (без стоимости почтовых расходов).

«Вестник ИрГТУ» включен в Научную электронную библиотеку (eLIBRARY.RU), рассылается в Российскую книжную палату, ВИНТИ РАН, с 2013 года журнал включен в международный каталог периодических изданий «UlrichsPeriodicals Directory»

Статьи, опубликованные в журнале «Вестник ИрГТУ», реферируются и рецензируются.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие указанным требованиям.

По вопросам публикации статей обращаться: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83. ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет», редакционный отдел, Д-215.

Телефон: **(3952) 40-57-56** – Привалова Галина Петровна, ответственный за выпуск,

(3952) 40-58-57 – Редакционный отдел.

Факс: **(3952) 405-100**, e-mail: pqp@istu.edu

Реквизиты: ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет».

Адрес: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, тел. (3952) 40-50-33.

ИНН 3812014066 КПП 381201001 УФК по Иркутской области (ФГБОУ ВПО ИрГТУ л/сч 20346Х10750)

Р/с 4050181000000200000 ГРКЦ ГУ Банка России по Иркутской области г. Иркутск

БИК 042520001 ОКATO 25401000000 ОКПО 02068249 ОГРН 1023801756120

Код 074 000 00 00 000 0000 130 Доходы от реализации рекламной, редакционной, издательской деятельности (журнал «Вестник ИрГТУ») – указывать обязательно!

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ВЕСТНИК

Иркутского Государственного Технического Университета

Научный журнал
Выпуск 2 (97) 2015

Редакторы Р.В. Бель, В.П. Карнаухова
Художественный редактор Е.В. Хохрин
Ответственный за выпуск Г.П. Привалова
Перевод на английский язык В.В. Батицкой
Компьютерная верстка Н.П. Дзюндзя

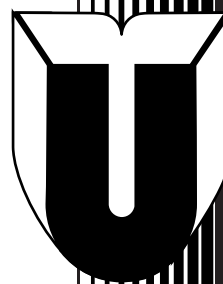
Подписано в печать 27.02.15. Формат 60х90/8.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. 38 л.
Тираж 500 экз. Заказ 61. Поз. плана 2н.

ИД №06506 от 26.12.01
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Отпечатано в издательстве
Иркутского государственного технического университета

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

ИЗДАТЕЛЬСТВО



Издательство Иркутского Государственного Технического Университета, 2015

