ISSN 2221-5182
Импакт-фактор РИНЦ: 0,485

«НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ»

научно-практический журнал

№ 2(152) 2024

Главный редактор

Тарандо Е.Е.

Редакционная коллегия:

Воронкова Ольга Васильевна
Атабекова Анастасия Анатольевна
Омар Ларук
Левшина Виолетта Витальевна
Малинина Татьяна Борисовна
Беднаржевский Сергей Станиславович
Надточий Игорь Олегович
Снежко Вера Леонидовна
У Сунцзе
Ду Кунь
Тарандо Елена Евгеньевна
Пухаренко Юрий Владимирович
Курочкина Анна Александровна
Гузикова Людмила Александровна
Даукаев Арун Абалханович
Тютюнник Вячеслав Михайлович
Дривотин Олег Игоревич
Запивалов Николай Петрович
Пеньков Виктор Борисович
Джаманбалин Кадыргали Коныспаевич
Даниловский Алексей Глебович
Иванченко Александр Андреевич
Шадрин Александр Борисович

В ЭТОМ НОМЕРЕ:

МАШИНОСТРОЕНИЕ:
– Роботы, мехатроника и робототехнические системы
– Технология машиностроения
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
– Математическое моделирование и численные методы
– Информационная безопасность
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ:
– Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства
– Региональная и отраслевая экономика
– Финансы
– Мировая экономика
– Менеджмент

Москва 2024

«НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ»

научно-практический журнал

Журнал
«Наука и бизнес: пути развития»
выходит 12 раз в год.
Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и
охране культурного наследия
(Свидетельство ПИ № ФС77-44212).
Учредитель
МОО «Фонд развития науки и
культуры»
Журнал «Наука и бизнес: пути
развития» входит в перечень ВАК
ведущих рецензируемых научных
журналов и изданий, в которых
должны быть опубликованы
основные научные результаты
диссертации на соискание ученой
степени доктора и кандидата наук.
Главный редактор
Е.Е. Тарандо
Выпускающий редактор
В.С. Солодова
Редактор иностранного
перевода
Н.А. Гунина
Инженер по компьютерному
макетированию
В.С. Солодова
Адрес редакции:
г. Москва, ул. Малая Переяславская,
д. 10, к. 26
Телефон:
89156788844
E-mail:
nauka-bisnes@mail.ru
На сайте
http://globaljournals.ru
размещена полнотекстовая
версия журнала.
Информация об опубликованных
статьях регулярно предоставляется
в систему Российского индекса
научного цитирования
(договор № 2011/30-02).
Перепечатка статей возможна только
с разрешения редакции.
Мнение редакции не всегда
совпадает с мнением авторов.

Экспертный совет журнала

Тарандо Елена Евгеньевна – д.э.н., профессор кафедры экономической социологии Санкт-Петербургского государственного университета; тел.: 8(812)274-97-06; E-mail: elena.tarando@mail.ru.

Воронкова Ольга Васильевна – д.э.н., профессор, председатель редколлегии, академик РАЕН, г. Санкт-Петербург; тел.: 8(981)972-09-93;E-mail: nauka-bisnes@mail.ru

Атабекова Анастасия Анатольевна – д.ф.н., профессор, заведующая кафедрой иностранных языков юридического факультета Российского университета дружбы народов; тел.: 8(495)434-27-12; E-mail: aaatabekova@gmail.com.

Омар Ларук – д.ф.н., доцент Национальной школы информатики и библиотек Университета Лиона; тел.: 8(912)789-00-32; E-mail: omar.larouk@enssib.fr.

Левшина Виолетта Витальевна – д.т.н., профессор кафедры управления качеством и математических методов экономики Сибирского государственного технологического университета; 8(3912)68-00-23; E-mail: violetta@sibstu.krasnoyarsk.ru.

Малинина Татьяна Борисовна – д.социол.н., профессор кафедры социального анализа и математических методов в социологии Санкт-Петербургского государственного университета; тел.: 8(921)937-58-91; E-mail: tatiana_malinina@mail.ru.

Беднаржевский Сергей Станиславович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Сургутского государственного университета, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, академик РАЕН и Международной энергетической академии; тел.: 8(3462)762-812; E-mail: sbed@mail.ru.

Надточий Игорь Олегович – д.ф.н., профессор, заведующий кафедрой философии Воронежской государственной лесотехнической академии; тел.: 8(4732)53-70-708, 8(4732)35-22-63; E-mail: inad@yandex.ru.

Снежко Вера Леонидовна – д.т.н., профессор, заведующая кафедрой систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева; тел.: 8(495)153-97-66, 8(495)153-97-57; E-mail: VL_Snejko@mail.ru.

У Сунцзе (Wu Songjie) – к.э.н., преподаватель Шаньдунского педагогического университета (г. Шаньдун, Китай); тел.: +86(130)21-69-61-01; E-mail: qdwucong@hotmail.com.

Ду Кунь (Du Kun) – к.э.н., доцент кафедры управления и развития сельского хозяйства Института кооперации Циндаоского аграрного университета (г. Циндао, Китай); тел.: 89606671587; E-mail: tambovdu@hotmail.com.

Пухаренко Юрий Владимирович – д.т.н., член-корреспондент РААСН, профессор, заведующий кафедрой технологии строительных материалов и метрологии Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета; тел.: 89213245908; E-mail: tsik@spbgasu.ru.

Курочкина Анна Александровна – д.э.н., профессор, член-корреспондент Международной академии наук Высшей школы, заведующая кафедрой экономики предприятия природопользования и учетных систем Российского государственного гидрометеорологического университета; тел.: 89219500847; E-mail: kurochkinaanna@yandex.ru.

Морозова Марина Александровна – д.э.н., профессор, директор Центра цифровой экономики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург; тел.: 89119555225; E-mail: marina@russiatourism.pro.

Гузикова Людмила Александровна – д.э.н., профессор Высшей школы государственного и финансового управления Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург; тел.: 8(911)814-24-77; E-mail: guzikova@mail.ru.

Даукаев Арун Абалханович – д.г.-м.н., заведующий лабораторией геологии и минерального сырья Комплексного научно-исследовательского института имени Х.И. Ибрагимова РАН, профессор кафедры физической географии и ландшафтоведения Чеченского государственного университета, г. Грозный (Чеченская Республика); тел.: 89287828940; E-mail: daykaev@mail.ru.

Тютюнник Вячеслав Михайлович – к.х.н., д.т.н., профессор, директор Тамбовского филиала Московского государственного университета культуры и искусств, президент Международного Информационного Нобелевского Центра, академик РАЕН; тел.: 8(4752)50-46-00; E-mail: vmt@tmb.ru.

Дривотин Олег Игоревич – д.ф.-м.н., профессор кафедры теории систем управления электрофизической аппаратурой Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург; тел.: (812)428-47-29; E-mail: drivotin@yandex.ru.

Запивалов Николай Петрович – д.г.-м.н., профессор, академик РАЕН, заслуженный геолог СССР, главный научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск; тел.: +7(383)333-28-95; E-mail: ZapivalovNP@ipgg.sbras.ru.

Пеньков Виктор Борисович – д.ф.-м.н., профессор кафедры математических методов в экономике Липецкого государственного педагогического университета, г. Липецк; тел.: 89202403619; E-mail: vbpenkov@mail.ru.

Джаманбалин Кадыргали Коныспаевич – д.ф.-м.н., профессор, ректор Костанайского социально-технического университета имени академика Зулкарнай Алдамжар, г. Костанай (Республика Казахстан); E-mail: pkkstu@mail.ru.

Даниловский Алексей Глебович – д.т.н., профессор кафедры судовых энергетический установок, систем и оборудования Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, г. Санкт-Петербург; тел.: (812)714-29-49; E-mail: agdanilovskij@mail.ru.

Иванченко Александр Андреевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: (812)321-37-34; E-mail: IvanchenkoAA@gumrf.ru.

Шадрин Александр Борисович – д.т.н., профессор кафедры двигателей внутреннего сгорания и автоматики судовых энергетических установок Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург; тел.: 321-37-34; E-mail: abshadrin@yandex.ru.

Содержание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Математическое моделирование и численные методы

Бурсиан Е.Ю., Демин А.М., Проурзин О.В., Рунев Е.В. Алгоритм оценки качества учебного процесса в высшей школе на основе обратной связи от студентов 8
Голодков Ю.Э., Голодкова А.В., Руденко М.Б. Влияние факторов неопределенности на качество работы систем автоматического управления 12
Горбунова Т.Н., Баженов Р.И., Туманова М.Б. Комплексный подход к решению задачи фильтрации 17
Мовсесова Л.В. Моделирование пограничного слоя атмосферы в программном комплексе Ansys Fluent 22
Torshina O.A., Moskvina E.A., Svetus K.O. Mathematical Modeling and Visualization of the Dynamics of Immune Reactions 28
Чураев К.А., Дыда А.А., Панкратов Е.А. Анализ гидродинамических процессов в системе транспортировки сжиженного природного газа 32
Шамин Р.В., Юдин А.В. Математическое моделирование морской поверхности на основе марковских цепей 37
Щеголев А.В. Создание среды в MS Excel для автоматизации процесса построения макроэкономической модели IS-LM в условиях экономики России на интервале 2011–2022 гг. (I квартал) 42

Информационная безопасность

Кяримова Ш.Д., Гладков Р.В. Эффективные методы предотвращения утечки информации в современных системах кибербезопасности 50
Кяримова Ш.Д., Рябова Д.В. Кибербезопасность: тренды, угрозы и эффективные методы защиты 53
Семиколеннов С.А., Винокуров А.И., Малахов С.В., Якупов Д.О. Троичные процессоры 56

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Волошин Ю.Н., Ногеров И.А. Регулирование скорости охлаждения при закалке 60
Каррар Жавуш Сахиб Нассрулла, Хайдер Чавуш Сахиб Насралла, Флорес Мендес Недер Хаир Новый метод решения проблемы переобучения с использованием символической регрессии, применяемой в машинном обучении для управления движением роботов 65
Кулакова Н.С., Жукова О.В., Мартынова О.Ю. Методическое обеспечение процесса проведения экспертизы дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС 71
Ляо Дучжэшэн, Чепинский С.А., Ван Цзянь Подход к моделированию поведения роботов, основанный на психологическом комфорте 76
Нежданов Е.В., Иванченко М.В., Колобова Л.В. Об эффективности использования цифрового образовательного контента в процессе обучения разработке, производству и эксплуатации беспилотных авиационных систем 80
Нежданов Е.В., Чудинский Р.М., Третьяков Д.О. Симуляционные технологии и VR в цифровом образовательном контенте для обучения разработке, производству и эксплуатации БАС 86
Сурова Н.Ю., Белоглазов А.А., Булаева Н.А., Зарайская Т.В. Компетенции эксперта до-

полнительных профессиональных программ подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем 94
Сурова Н.Ю., Шадрина Н.М., Иванова Н.В., Кроер О.Н. Об актуальности экспертной оценки дополнительных профессиональных программ и программ профессиональной подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС 101

Технология машиностроения

Бабюк Г.Ф. Преодоление негативных факторов при гидроразрыве пласта АО «Роснефть» в санкционных условиях..... 109
Лутьянов А.В. Явление гидродинамического клина в работе приспособлений с аэростатическими опорами 112
Орешенко Т.Г., Назаров И.В., Криволуцкий С.А., Кулагина С.И. Создание цифровой сенсорной системы для мониторинга предотказного состояния с модулем GPRS.....118
Орешенко Т.Г., Назаров И.В., Криволуцкий С.А., Кулагина С.И. Технология изготовления и испытания композитного материала с переменным сопротивлением..... 123
Сараев А.А., Сидельников И.Д., Бром А.Е., Амирханян Л.Г. Формирование моделей организации сервисного обслуживания сложной техники на основе морфологического анализа 127

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

Бурганова Т.А., Фахреева Д.Р., Фахреев Н.Н. Функции биометрических документов как элемент качества управленческой деятельности..... 135
Георгиевский А.Д., Черемухина Ю.Ю. Функции и принципы управления качеством в менеджменте информационной безопасности..... 139
Зайцев П.С. Методика автоматического поиска и обновления БД технологических параметров для обеспечения 143

Региональная и отраслевая экономика

Оскольченко А.В., Кузяшев А.Н., Рахматуллин Ю.Я. Современные тенденции эффективного использования и финансирования муниципальной собственности 149
Пирогова О.Е., Пирогов М.С., Хозяйнова Ю.А. Выявление и минимизация рисков предприятий сферы услуг (на примере индустрии гостеприимства)..... 153
Тян Н.Г. Анализ предприятий технического обслуживания и ремонта спецтехники в Хабаровском крае в условиях санкций..... 158

Финансы

Моторин Ф.В., Гончаров Г.А. Профессиональная подготовка и повышение квалификации работников как важный компонент стратегии предприятия..... 161

Мировая экономика

Мукамбаев Н.Ж., Саякбаева А.А., Мукамбаева И.Б., Назарматова Б.М. Исследование естественной убыли населения Кыргызстана в современных условиях..... 170

Менеджмент

Беленцов В.Н., Рытова Н.А., Бурик Н.А. Основные структурные пропорции в социально-экономической системе..... 175
Дущенко Д.В. Совершенствование процесса управления радиационной безопасностью в газовой отрасли, создание универсальных алгоритмов, работающих на цифровую трансформацию предприятия, формирование цифрового банка данных 180

Contents

INFORMATION TECHNOLOGY

Mathematical Modeling and Numerical Methods

Bursian E.Yu., Demin A.M., Prourzin O.V., Runev E.V. Algorithm for Assessing the Quality of the Educational Process in Higher Education through Student Feedback 8

Golodkov Yu.E., Golodkova A.V., Rudenko M.B. The Influence of Uncertainty Factors on the Quality of Operation of Automatic Control Systems..... 12

Gorbunova T.N., Bazhenov R.I., Tumanova M.B. An Integrated Approach to Solving the Filtration Problem..... 17

Movsesova L.V. Modeling the Atmospheric Boundary Layer in the Ansys Fluent..... 22

Torshina O.A., Moskvina E.A., Svetus K.O. Mathematical Modeling and Visualization of the Dynamics of Immune Reactions 28

Churaev K.A., Dyda A.A., Pankratov E.A. Analysis of Hydrodynamic Processes in the Liquefied Natural Gas Transportation System..... 32

Shamin R.V., Yudin A.V. Mathematical Modeling of the Sea Surface Based on Markov Chains 37

Shchegolev A.V. Creating an Environment in MS Excel to Automate the Process of Building the IS-LM Macroeconomic Model in the Russian Economy in the Period 2011–2022 (1st quarter)... 42

Information Security

Kiarimova Sh.D., Gladkov R.V. Effective Methods of Preventing Information Leakage in Modern Cybersecurity Systems 50

Kiarimova Sh.D., Ryabova D.V. Cybersecurity: Trends, Threats and Effective Protection Methods 53

Semikolennov S.A., Vinokurov A.I., Malakhov S.V., Yakupov D.O. Ternary Processors 56

MECHANICAL ENGINEERING

Robots, mechatronics and robotic systems

Voloshin Yu.N., Nogerov I.A. Regulation of the Cooling Rate during Quenching 60

Karrar Sahib Nassrullah, Haider Sahib Nasrallah, Neder Jair Mendez Florez New Method for Addressing the Over-Fitting Problem Using Symbolic Regression – a Technique Employed in Machine Learning for Controlling Robot Motion..... 65

Kulakova N.S., Zhukova O.V., Martynova O.Yu. Procedural Guidelines for the Process of Examination of Additional Professional Programs and Professional Personnel Training Programs for RPAS Development, Production and Operation..... 71

Liao Duzhesheng, Chepinsky S.A., Wang Jian An Approach to Modeling Robot Behavior Based on Psychological Comfort 76

Nezhdanov E.V., Ivanchenko M.V., Kolobova L.V. On the Efficiency to Apply Digital Educational Content in the Process of Teaching Development, Production and Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)..... 80

Nezhdanov E.V., Chudinskii R.M., Tretiakov D.O., Ruban I. A. Simulation Technologies and VR in the Digital Educational Content to Teach Development, Productions and Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)..... 86

Surova N.Yu., Beloglazov A.A., Bulaeva N.A., Zaraiskaya T.V. Expert Competence for Examination of Additional Professional Personnel Training Programs for Development, Production and Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) 94

Surova N.Yu., Shadrina N.M., Kroer O.N. On the Relevance of the Expert Evaluation of

Additional Professional Programs and Personnel Training Programs for Development, Productions and Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) 101

Engineering Technology

Babyuk G.F. Overcoming Negative Factors in Hydraulic Fracturing of Rosneft JSC inder Sanctions..... 109

Lutyanov A.V. The Phenomenon of Hydrodynamic Wedge in the Operation of Devices with Aerostatic Supports 112

Oreshenko T.G., Nazarov I.V., Krivolutsky S.A., Kulagina S.I. Creation of a Digital Sensor System for Monitoring the Pre-Failure Status with the GPRS Module.....118

Oreshenko T.G., Nazarov I.V., Krivolutsky S.A., Kulagina S.I. Technology of Manufacturing and Testing of Composite Material with Variable Resistance 123

Saraev A.A., Sidelnikov I.D., Brom A.E., Amirkhanyan L.G. Formation of Models to Organize Service Maintenance of Complex Equipment Based on Morphological Analysis..... 127

ECONOMIC SCIENCES

Product Quality Management. Standardization. Organization of Production

Burganova T.A., Fakhreeva D.R., Fakhreev N.N. Functions of Biometric Documents as an Element of Quality of Management Activities 135

Georgievsky A.D., Cheremukhina Yu.Yu. Functions and Principles of Quality Management in Information Security Management..... 139

Zaitsev P.S. The Methodology of Automatic Search and Updating of the Database of Technological Parameters to Ensure the Quality of Electronics in the Context of Import Substitution..... 143

Regional and Sectoral Economics

Oskolchenko A.V., Kuzyashev A.N., Rakhmatullin Yu.Ya. Current Trends in the Effective Use and Financing of Municipal Property..... 149

Pirogova O.E., Pirogov M.S., Khoziainova Yu.A. Identifying and Minimizing Risks for Service Enterprises (through the Example of the Hospitality Industry)..... 153

Tyan N.G. Analysis of Enterprises of Technical Maintenance and Repair of Special Equipment in the Khabarovsk Territory under Sanctions..... 158

Finance

Motorin F.V., Goncharov G.A. Professional Training and Advanced Training of Employees as an Important Component of the Enterprise Strategy 161

World Economic

Mukambaev N.J., Sayakbaeva A.A., Mukambaeva I.B., Nazarmatova B.M. A Study of Natural Population Decline in Kyrgyzstan in Modern Conditions..... 170

Management

Belentsov V.N., Rytova N.A., Burik N.A. Basic Structural Proportions in the Socio-Economic System 175

Dushchenko D.V. Improving the Radiation Safety Management Process in the Gas Industry, Creating Universal Algorithms That Work for the Digital Transformation of the Enterprise Creating a Digital Data Bank..... 180

УДК 519.2:378.1

Е.Ю. БУРСИАН[1], А.М. ДЕМИН[2], О.В. ПРОУРЗИН[1], Е.В. РУНЕВ[1]
[1]ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург;
[2]ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ НА ОСНОВЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ОТ СТУДЕНТОВ

Ключевые слова: коэффициент Кендалла; коэффициент Спирмена; мониторинг; оценка качества; учебный процесс.

Аннотация. Важной задачей для повышения эффективности управления учебным процессом в высшем учебном заведении является создание объективной системы мониторинга учебного процесса.

Практика показывает, что оценка качества учебного процесса в большинстве российских вузов осуществляется преимущественно в двух направлениях: проверка знаний студентов и оценка организационной деятельности университета. Поскольку такая оценка не использует обратную связь со студентами, остаются неучтенными важные характеристики учебного процесса, связанные с мотивацией студентов и атмосферой в группе.

Нами предположено, что учет этих факторов может повысить объективность мониторинга учебного процесса. Цель работы – создание алгоритма оценки качества учебного процесса в высшей школе по результатам обратной связи студентов. Для ее достижения поставлены и выполнены следующие задачи: разработан алгоритм оценки качества учебного процесса, основанный на определении корреляционных коэффициентов Спирмена и Кендалла, алгоритм апробирован при анализе обратной связи со студентами относительно их удовлетворенности учебным процессом.

Предложенный алгоритм может быть использован при разработке автоматизированной системы мониторинга учебного процесса.

Введение

В настоящее время задача объективной оценки качества образовательного процесса в высшей школе остается весьма актуальной [1; 2]. На практике в разных учебных заведениях для решения этой задачи используются отличающиеся друг от друга методики, которые далеко не всегда позволяют получить ясное представление о ходе образовательного процесса и его промежуточных результатах [3]. Это, в свою очередь, приводит к невозможности эффективно управлять процессом обучения и, как следствие, становится одним из факторов того, что уровень подготовки специалистов неуклонно снижается. Выход из сложившейся ситуации возможен за счет разработки универсальной автоматизированной системы мониторинга процесса, однако решение этой задачи сопряжено с известными трудностями, носящими организационный, технический и методологический характер [3].

Мониторинг учебного процесса в большинстве российских вузов осуществляется преимущественно в двух направлениях: проверка знаний студентов и оценка организационной деятельности университета. При этом показателям обратной связи (учету отношения обучающихся к учебному процессу) отводится второстепенное значение. В то же время имеющийся зарубежный опыт показывает, что обратная связь является неотъемлемой частью мониторинга процесса обучения [4; 5]. В настоящей работе ставится задача разработки алгоритма для анализа обратной связи с обучающимися, который может стать важным ин-

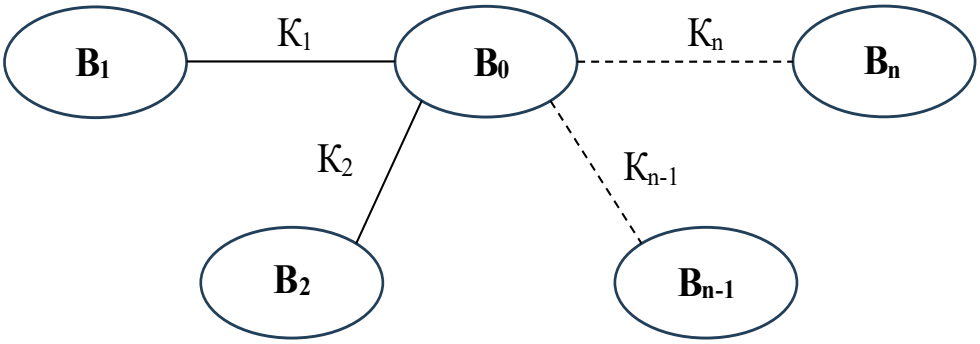

Рис. 1. Общий вид нагруженного графа по результатам корреляционного анализа (B_i – i-ая контролируемая дисциплина; K_i – коэффициент корреляции между 0-й и i-й дисциплиной; $n + 1$ – количество дисциплин)

струментом в системе мониторинга учебного процесса.

Модели и методы

Набор данных для анализа формируется по результатам опроса обучающихся, в ходе которого им предлагается оценить по пятибалльной шкале свое отношение к изучаемым в течение семестра предметам с разных позиций (интерес, полезность, понимание, сложность, трудоемкость). Полученные данные обрабатываются методами корреляционного анализа и теории графов, по результатам обработки строятся нагруженные графы, вершинами которых являются контролируемые дисциплины, ребра, помеченные корреляционными характеристиками, соответствуют междисциплинарным связям (рис. 1).

При данном подходе выявляются группы дисциплин, имеющих высокую корреляционную зависимость (выше пороговой) по изучаемым показателям. Группы дисциплин определяются методами поиска внутренне устойчивых множеств и ядер графа. Наличие таких групп свидетельствует о согласованности и системности преподавания специальных, а также общекультурных систем дисциплин. Также наличие указанных групп дисциплин свидетельствует об образовании в студенческой среде активных лидирующих подгрупп обучающихся.

Корреляция между дисциплинами устанавливается с помощью коэффициентов Спирмена и Кендалла, которые определяются известным способом [6].

Результаты и обсуждение

Для иллюстрации возможностей предложенного алгоритма было проведено анкетирование 23 студентов, обучающихся по специальности «Информационная и вычислительная техника», в ходе которого студентов просили оценить по пятибалльной шкале интерес, полезность, понимание, сложность и трудоемкость дисциплин, изучаемых ими на первом курсе во втором семестре.

На основе полученного набора данных вычислялись следующие показатели: коэффициент Спирмена ρ; симметризованный коэффициент Спирмена $\rho_s = (\rho(arg_1, arg_2) - \rho(arg_1, -arg_2)/2$; симметризованный и сенсибилизированный коэффициент Спирмена ρ_y: в случае $|\rho| > |\rho(arg_1, arg_2)|\rho_y = \rho$, в противном случае $\rho_y = \rho(arg_1, -arg_2)$, где arg_1, arg_2 – элемент массивов; коэффициент Кендалла τ_A; коэффициент Кендалла τ_A, скорректированный на предмет учета связанных значений (среднее арифметическое координированных (= +1) и дискоординированных (= −1) пар); коэффициент Кендалла τ_B.

На основе каждой из характеристик (интерес, полезность, понимание, сложность и трудоемкость дисциплин) строится нагруженный граф междисциплинарных связей. На рис. 2 представлен граф, показывающий связь преподаваемых дисциплин с позиции интереса обучающихся. Большинство преподаваемых дисциплин (кроме «Физическая культура» и «Алгебра и геометрия») оказались связанными между собой, что, с одной стороны, характеризует преподавание данной группы дисциплин

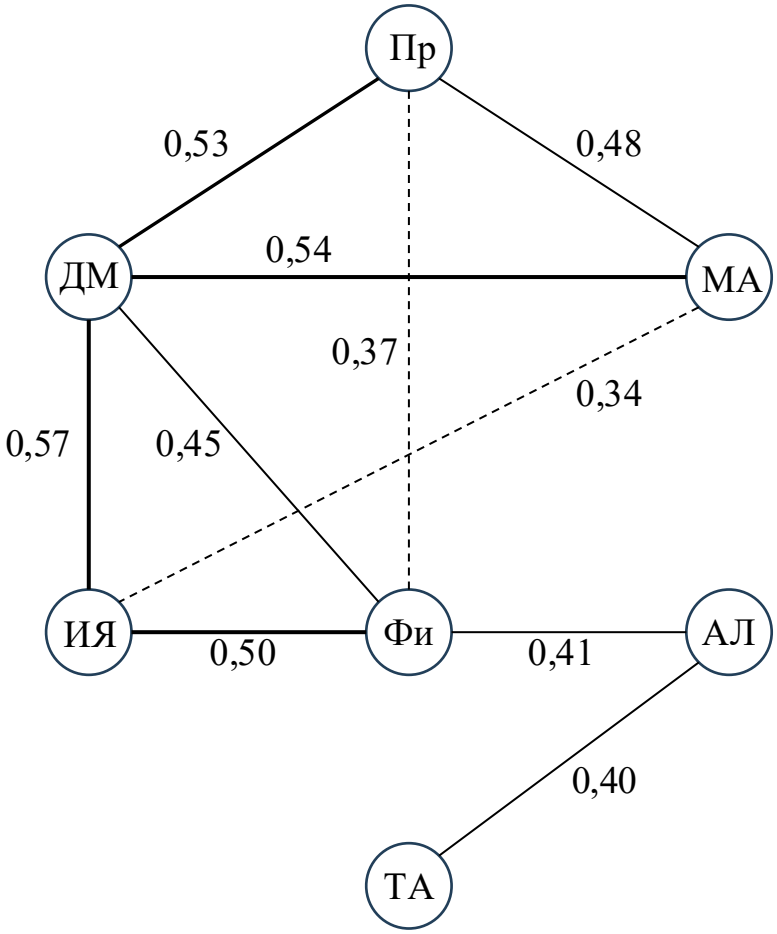

Рис. 2. Нагруженный граф междисциплинарных связей по результатам анализа (Пр – программирование; ДМ – дискретная математика; МА – математический анализ; ИЯ – иностранный язык; Фи – физика; АЛ – алгебра логики; ТА – теория алгоритмов)

как единое целое, а с другой – указывает на направления возможного улучшения учебного процесса.

Заключение

Предложенный в работе алгоритм оценки качества учебного процесса на основе обратной связи от студентов может быть использован в качестве одного из инструментов при построении универсальной системы мониторинга учебного процесса и дает возможность управлять учебным процессом, не только опираясь на оценку уровня подготовки студентов, но также беря во внимание трудно формализуемую мотивацинонную составляющую обучения со стороны студентов и атмосферу в студенческой группе.

Разработка автоматизированной системы мониторинга учебного процесса в современных условиях может потребовать обработки и анализа большого количества исходных данных [7; 8], для чего будет необходимо использование высокопроизводительных вычислительных систем и высокоэффективных алгоритмов, в том числе нейросетевых технологий.

Работа выполнена при поддержке внутреннего гранта СевГУ 42-01-09/263/2022-1.

Список литературы/References

1. Lutsenko, M.M. Reliability of decision in testing problems / M.M. Lutsenko,

D.A. Seytmanbitov, A.M. Baranovskiy // CEUR Workshop Proceedings : Proceedings of Models and Methods of Information Systems Research Workshop 2019, St. Petersburg. – St. Petersburg. – 2020. – Vol. 2556. – P. 59–62.

2. Bursian, E. Automatic recognition of fuzzy characters in the transport task tables of scanned handwritten student papers / E. Bursian, A. Demin // Lecture Notes in Information Systems and Organisation. Ser. «Digital Technologies in Teaching and Learning Strategies – Proceedings of DTTLS-2021», 2022. – P. 39–48.

3. Components of Education Quality Monitoring: Problems and Prospects / R. Bazhenov, N. Bazhenova, L. Khilchenko, M.A. Romanova // Procedia – Social and Behavioral Sciences : Worldwide trends in the development of education and academic research, 2015, Sofia, Bulgaria. – Sofia, Bulgaria : Elsevier Ltd. – 2015. – Vol. 214. – P. 103–111.

4. Pelgrum, W. Monitoring in education: an overview / W. Pelgrum // Assessing the effects of ICT in education. Publications Office of European Union, 2009. – P. 41–59.

5. Liu, Z. Research on teaching process management and quality monitoring system for higher education / Z. Liu, G. Shanshan, S. Yuan // 2019 10-th International Conference on Information Technology in Medicine and Education. IEEE, 2019. – P. 485–489.

6. Puth, M.T. Effective use of Spearman's and Kendall's correlation coefficients for association between two measured traits / M.T. Puth, M. Neuhäuser, G.D. Ruxton // Animal Behaviour. – 2015. – Vol. 102. – P. 77–84.

7. Bursian, E.Yu. Offline character recognition in transport logistic tables / E.Yu. Bursian, A.M. Demin // Journal of Physics: Conference Series : Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling 2021 (IITMM 2021), Gelendzhik. – Gelendzhik : IOP Publishing. – 2021. – Vol. 2131. – P. 022098.

8. Bursian, E.Y. Recognition of manuscript tables in computer processing of technical transport documentation / E.Y. Bursian, A.M. Demin, A.P. Glukhov // CEUR Workshop Proceedings : Proceedings of Models and Methods of Information Systems Research Workshop 2019, St. Petersburg. – St. Petersburg. – 2020. – Vol. 2556. – P. 10–14.

References

1. Alekseyev, I.A. Uchebnyy proyekt prilozheniya dlya organizatsii al'ternativnykh sposobov kommunikatsii lits s OVZ / I.A. Alekseyev, A.A. Veber, A.A. Koporulin // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2022. – № 77-4.

2. Korotovskikh, T.V. Formirovaniye kommunikativnoy funktsii rechi u mladshikh shkol'nikov s obshchim nedorazvitiyem rechi na urokakh russkogo yazyka / T.V. Korotovskikh, YU.S. Pyashkur // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2021. – № 3(120). – S. 68–72.

© Е.Ю. Бурсиан, А.М. Демин, О.В. Проурзин, Е.В. Рунев, 2024

УДК 681.5

Ю.Э. ГОЛОДКОВ[1], А.В. ГОЛОДКОВА[1], М.Б. РУДЕНКО[2]
[1]ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»;
[2]ФГКОУ ВО «Восточно-Сибирский институт МВД России», г. Иркутск

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НА КАЧЕСТВО РАБОТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Ключевые слова: адаптивные методы; моделирование; неопределенность; обратная связь; управление.

Аннотация. В статье рассматривается проблема снижения стабильности и устойчивости работы систем автоматического управления из-за проявления различных неопределенностей. Целью исследования является теоретический анализ влияния возмущающих воздействий, имеющих различный характер происхождения, на работу систем автоматического управления. Задачами исследования являются: определение основных источников неопределенностей, возникающих в системах управления; выявление наиболее эффективных методов снижения влияния факторов неопределенности. Методами исследования являются анализ, синтез, изучение и обобщение материала по данной теме. В результате исследования пришли к выводу о том, что наиболее эффективным способом снижения влияния факторов неопределенности является применение адаптивных методов управления; существенную роль в устранении источников неопределенностей в системах управления играет соблюдение требований национальных стандартов на автоматизированные системы.

Теория автоматического управления получила значительное развитие и практическое внедрение в самые разнообразные отрасли промышленности и в целом человеческой деятельности благодаря разработке новых методов анализа, проектирования и разработки систем управления. В зависимости от характера управляемого объекта, целей и условий управления применяются линейные и нелинейные методы управления, методы оптимального, адаптивного, робастного, стохастического управления и т.д.

На качество работы систем автоматического управления отрицательное влияние может оказывать неопределенность, возникающая в системах управления [13], в частности, недостаточный объем информации о влиянии возмущающих факторов на контролируемый объект [4]. В таких условиях сложно получить адекватную модель системы управления и предсказать поведение контролируемого объекта.

Жизненный цикл разработки и эксплуатации системы управления обычно состоит из таких стадий, как планирование, анализ требований к условиям эксплуатации, проектирование, внедрение, тестирование, развертывание и техническое обслуживание. Каждый из этих этапов включает в себя набор процессов, которые должны быть выполнены в определенном порядке для достижения желаемых целей. Чтобы обнаружить источники неопределенностей входных факторов, важно собирать и анализировать данные о поведении контролируемого объекта в различных условиях и с различными уровнями помех. Эти данные могут быть использованы для разработки более точных моделей поведения системы и определения ключевых факторов, влияющих на работу системы.

Традиционно разработчики документации на автоматизированные системы применяли межгосударственные ГОСТы 34-й серии, которые были основаны еще в 1989 г. [11]. С 2022 г. было выполнено обновление в рамках новой серии национальных и межгосударственных стандартов на автоматизированные системы.

Ряд актуальных обновлений нашел отражение в содержании ГОСТ Р 59853-2021 «Инфор-

мационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения» [3]. Настоящий документ распространяется на автоматизированные системы, используемые в различных видах деятельности, например, исследование, проектирование, управление и другие, включая их сочетания. Выполняя требования этого ГОСТа, организации могут гарантировать, что процессы разработки их систем и программного обеспечения будут однозначно определены, повторяемы и стандартизированы. Это будет способствовать повышению эффективности, улучшению качества и снижению затрат на протяжении всего жизненного цикла системы управления или программного обеспечения. Кроме того, соблюдение этих стандартов может помочь организациям соответствовать не только нормативным требованиям, но и требованиям клиентов, а также повысить их общую конкурентоспособность на рынке.

Методы классической теории управления, как правило, не могут быть применимы к системам управления, работающим в условиях неопределенности. Это связано с тем, что классическая теория управления предполагает, что поведение системы может быть точно смоделировано и возмущения, влияющие на систему, известны и могут быть компенсированы при помощи управления с обратной связью. В системах управления, подверженных влиянию неопределенностей, наличие обратной связи не обеспечивает полную компенсацию случайных воздействий, не учитываемых в модели системы управления.

На действующих производствах многие системы автоматического управления работают в условиях значительной неопределенности, которая проявляется в виде отсутствия полных и точных данных о параметрах технологического процесса [10]. Например, на поведение сложной системы могут влиять факторы внешней среды, которые трудно предсказать, система может быть подвержена неожиданным возмущениям по причине изменения неконтролируемых технологических условий [1]. В таких ситуациях предположения классической теории управления могут оказаться несостоятельными, а применение традиционных методов может быть неэффективным.

На устойчивость и стабильность работы систем управления могут оказывать влияние различные неопределенности, которые можно классифицировать следующим образом.

1. Неопределенности, которые возникают при моделировании систем управления [7]. Когда системы управления разрабатываются на основе математической модели, как правило, создаваемые модели являются приблизительными или упрощенными решениями, которые не учитывают все параметры на входе, их взаимодействие в системе [2]. Таким образом, при моделировании систем управления неопределенности могут возникать из-за неточностей учета взаимного влияния параметров модели, грубых приближений в структуре модели, упрощения условий протекания процесса.

Выделяют основные типы неопределенностей математических моделей [9]. Параметрическая неопределенность означает, что неизвестными являются постоянные параметры математической модели объекта управления или значения номинальных параметров, используемые при создании алгоритма управления, которые существенно отличаются от реальных значений параметров. Существует сигнальная неопределенность, когда на объект управления действует неизмеряемый сигнал или сигнал с неизвестными параметрами внешнего или внутреннего происхождения. Известна также функциональная неопределенность, при которой математическая модель объекта содержит неизвестные функциональные зависимости параметров состояния, регулируемых переменных или сигналов управления. Если не рассматривать детально причины возникновения этих неопределенностей, можно все эти три вида отнести к параметрическим неопределенностям моделирования.

2. Неопределенности измерений. Системы управления с обратной связью полагаются на измерения выходных параметров и оценку состояния системы для вычисления управляющих воздействий. Однако часто эти измерения являются зашумленными и подвержены ошибкам аппроксимации, случайным и систематическим неточностям [6], которые могут повлиять на точность и надежность управляющих сигналов.

3. Неопределенности, связанные с работой датчиков, регулирующих органов, исполнительных механизмов и других вспомогательных устройств. На качество работы систем управления могут влиять неопределенности в поведении и характеристиках перечисленных устройств, используемых для измерения состо-

яния системы и формирования управляющих воздействий. Эти неопределенности могут возникать из-за отклонений в технологическом процессе, инерционности и недостаточной точности средств измерения, естественного износа устройств и изменений условий эксплуатации [6].

4. Неопределенности, возникающие от изменений условий окружающей среды, входных сигналов и появления непредвиденных событий, также оказывают существенное влияние на динамику и устойчивость системы управления.

При реализации управляющего воздействия системами управления на объект управления могут сформироваться неопределенности в виде временных задержек в отклике системы, что также негативно сказывается на стабильности, чувствительности и других характеристиках системы управления.

Анализ неопределенностей является важным условием повышения качества проектирования и эффективной работы систем автоматического управления. Принятие решений в условиях неопределенности относится к ситуациям, когда результат решения невозможно спрогнозировать, и система, формирующая решение, обладает неполной, неоднозначной или противоречивой информацией. В таких ситуациях система управления вынуждена полагаться на субъективные решения, предположения или оценки, которые могут привести к рискам и ошибкам в процессе принятия решения. Однако существуют различные подходы и методы, которые могут помочь принимать обоснованные и эффективные решения в условиях неопределенности. Отметим наиболее эффективные из них.

1. Анализ рисков включает в себя выявление, оценку и управление рисками, связанными с различными вариантами принятия решений [10]. Данный подход позволяет оценить вероятность ожидаемых результатов управления и принимать решения, сводящие к минимуму потенциальное негативное воздействие неопределенных событий.

2. Разработка сценария поведения возмущающих воздействий позволяет провести анализ различных ситуаций, описывающих потенциально возможные состояния внешней среды, изменения величины и характера нагрузки на входе системы управления [8]. Такой подход помогает проектировать структуру системы управления, работающей в условиях неопределенности внешних воздействий.

3. Байесовский анализ позволяет определить состояние системы управления на основе оценки вероятности, вычисляемой с использованием контролируемых параметров [5], и осуществлять вероятностный прогноз параметров управления в условиях их неопределенности на входе.

Наиболее распространенным методом компенсации неопределенностей является применение адаптивного управления, которое позволяет корректировать алгоритм управления в ответ на изменения во внешней среде или появление возмущений, влияющих на систему [12]. Адаптивное управление особенно эффективно для случая сложных многокомпонентных систем, у которых глобальная цель зависит от множества локальных целей, среди которых могут быть недостижимые или слабо определенные цели. Успешная реализация адаптивного управления возможна при обеспечении системы управления полной информацией об объекте управления и эффективном мониторинге действующих на него возмущений. Отметим основные принципы адаптивного управления в условиях неопределенности:

– недостаток достоверной информации компенсируется в процессе работы системы управления за счет сбора и анализа накопленных данных о поведении объекта;

– повышение качества системы управления зависит от эффективности обработки данных на входе;

– адаптивное управление предполагает изменение параметров алгоритма управления;

– цель управления функционально зависима от значений выходных параметров объекта управления.

В заключение следует отметить, что управление объектами в условиях неопределенности представляет собой сложный процесс и требует тщательного изучения. В этом случае традиционные методы теории управления становятся менее эффективными. Выявление и анализ причин возникновения неопределенностей являются важным условием, обеспечивающим устойчивость и стабильность работы систем управления. Адаптивное управление является эффективным инструментом снижения влияния неопределенностей на работу систем автоматического управления.

Список литературы

1. Батуринский, Т.В. О развитии адаптивных систем управления технических объектов в условиях неопределенности / Т.В. Батуринский, Ю.Э. Голодков // В сборнике: Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов. Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2023. – С. 180–182.
2. Голодков, Ю.Э. Особенности моделирования систем управления процессами полимеризации / Ю.Э. Голодков, М.Б. Руденко, А.А. Колесников // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2022. – № 6-2. – С. 66–68.
3. ГОСТ Р 59853-2021. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/1200181819.
4. Джамбеков, А.М. Управление непрерывными технологическими процессами в условиях неопределенности / А.М. Джамбеков // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2022. – № 3(17). – С. 84–93.
5. Дорожко, И.В. Методический подход к разработке системы поддержки принятия решений оператора автоматизированной системы управления технологическими процессами на основе динамических байесовских сетей / И.В. Дорожко, Г.М. Горохов, И.А. Кириллов // Труды МАИ. – 2022. – № 125. – С. 1–36.
6. Збрищак, С.Г. Неопределенность в задачах моделирования и управления сложных, слабо формализуемых многокомпонентных систем / С.Г. Збрищак, Л.С. Звягин // XXIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2020). Сборник докладов. – СПб : СПБГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. – С. 15–19.
7. Канушкин, С.В. Управление робототехническими комплексами охранного мониторинга в условиях неопределенности / С.В. Канушкин // Правовая информатика. – 2019. – № 2. – С. 40–48.
8. Милованова, О.В. Интегрированное проектирование объектов и систем управления в проблеме регионального устойчивого развития / О.В. Милованова, Н.С. Попов, А.А. Баламутова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2021. – № 1. – С. 7–25.
9. Никифоров, В.О. Интеллектуальное управление в условиях неопределенности : учеб. пособие / В.О. Никифоров, О.В. Слита, А.В. Ушаков. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2011. – 226 с.
10. Печенкин, Д.В. Автоматизированная система управления технологическим процессом получения элементарной серы на основе оценки рисков / Д.В. Печенкин, Б.С. Дмитриевский, И.А. Щербатов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С. 1–9.
11. Требования ГОСТ на автоматизированные системы в ИБ-проектах. Что изменилось и как это применять? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://habr.com/ru/company/angarasecurity/blog/671882.
12. Черников, Б.В. Источники неопределенности в организационных системах и адаптивное управление / Б.В. Черников, С.Н. Антончиков // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2017. – Т. 1. – №. 4. – С. 44–56.
13. Щербатов, И.А. Классификация неопределенностей в задачах моделирования и управления сложными слабоформализуемыми системами / И.А. Щербатов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 1. – № 1(69). – С. 175–179.

References

1. Baturinskiy, T.V. O razvitii adaptivnykh sistem upravleniya tekhnicheskikh ob"yektov v usloviyakh neopredelennosti / T.V. Baturinskiy, YU.E. Golodkov // V sbornike: Perspektivy razvitiya tekhnologii pererabotki uglevodorodnykh i mineral'nykh resursov. Materialy XIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. – 2023. – S. 180–182.
2. Golodkov, YU.E. Osobennosti modelirovaniya sistem upravleniya protsessami polimerizatsii / YU.E. Golodkov, M.B. Rudenko, A.A. Kolesnikov // Sovremennaya nauka: aktual'nyye problemy teorii i

praktiki. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – 2022. – № 6-2. – S. 66–68.

3. GOST R 59853-2021. Informatsionnyye tekhnologii. Kompleks standartov na avtomatizirovannyye sistemy. Avtomatizirovannyye sistemy. Terminy i opredeleniya [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/1200181819.

4. Dzhambekov, A.M. Upravleniye nepreryvnymi tekhnologicheskimi protsessami v usloviyakh neopredelennosti / A.M. Dzhambekov // Avtomatizatsiya i modelirovaniye v proyektirovanii i upravlenii. – 2022. – № 3(17). – S. 84–93.

5. Dorozhko, I.V. Metodicheskiy podkhod k razrabotke sistemy podderzhki prinyatiya resheniy operatora avtomatizirovannoy sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami na osnove dinamicheskikh bayyesovskikh setey / I.V. Dorozhko, G.M. Gorokhov, I.A. Kirillov // Trudy MAI. – 2022. – № 125. – S. 1–36.

6. Zbrishchak, S.G. Neopredelennost' v zadachakh modelirovaniya i upravleniya slozhnykh, slabo formalizuyemykh mnogokomponentnykh sistem / S.G. Zbrishchak, L.S. Zvyagin // XXIII Mezhdunarodnaya konferentsiya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam (SCM-2020). Sbornik dokladov. – SPb : SPBGETU «LETI», 2020. – S. 15–19.

7. Kanushkin, S.V. Upravleniye robototekhnicheskimi kompleksami okhrannogo monitoringa v usloviyakh neopredelennosti / S.V. Kanushkin // Pravovaya informatika. – 2019. – № 2. – S. 40–48.

8. Milovanova, O.V. Integrirovannoye proyektirovaniye ob"yektov i sistem upravleniya v probleme regional'nogo ustoychivogo razvitiya / O.V. Milovanova, N.S. Popov, A.A. Balamutova // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2021. – № 1. – S. 7–25.

9. Nikiforov, V.O. Intellektual'noye upravleniye v usloviyakh neopredelennosti : ucheb. posobiye / V.O. Nikiforov, O.V. Slita, A.V. Ushakov. – SPb : SPbGU ITMO, 2011. – 226 c.

10. Pechenkin, D.V. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya tekhnologicheskim protsessom polucheniya elementarnoy sery na osnove otsenki riskov / D.V. Pechenkin, B.S. Dmitriyevskiy,

I.A. Shcherbatov // Modelirovaniye, optimizatsiya i informatsionnyye tekhnologii. – 2020. – T. 8. – № 3. – S. 1–9.

11. Trebovaniya GOST na avtomatizirovannyye sistemy v IB-proyektakh. Chto izmenilos' i kak eto primenyat'? [Electronic resource]. – Access mode : https://habr.com/ru/company/angarasecurity/blog/671882.

12. Chernikov, B.V. Istochniki neopredelennosti v organizatsionnykh sistemakh i adaptivnoye upravleniye / B.V. Chernikov, S.N. Antonchikov // Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya. – 2017. – T. 1. – №. 4. – S. 44–56.

13. Shcherbatov, I.A. Klassifikatsiya neopredelennostey v zadachakh modelirovaniya i upravleniya slozhnymi slaboformalizuyemymi sistemami / I.A. Shcherbatov // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2013. – T. 1. – № 1(69). – S. 175–179.

© Ю.Э. Голодков, А.В. Голодкова, М.Б. Руденко, 2024

УДК 624.131

Т.Н. ГОРБУНОВА[1], Р.И. БАЖЕНОВ[2], М.Б. ТУМАНОВА[3]
[1]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва;
[2]ФГБОУ ВО «Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема», г. Биробиджан;
[3]ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ

Ключевые слова: асимптотическое решение; вымывание частиц; диффузия; математическая модель; пористая среда; суспензия.

Аннотация. Данная работа посвящена актуальной задаче фильтрации. В работе рассмотрен процесс вымывания частиц. Была сформулирована математическая модель и рассмотрены аналитическое и численное решение для случая нелинейной функции фильтрации. При этом аналитическое решение было получено в виде неявной функции, для решения которой был применен метод машинного обучения, а именно построена регрессионная модель достаточного качества, что позволило получить аналитическое решение. Для численного решения был использован метод конечных разностей, давший достаточный уровень сходимости. Таким образом, для решения задачи фильтрации был применен комплекс методов, позволивших закрыть этот вопрос.

1. Общий процесс фильтрации

Актуальность задачи фильтрации для различных сфер человеческой деятельности рассмотрена в работах [1–3]. Рассмотрим фазы фильтрации суспензии в пористой среде. Этот процесс сопровождается образованием осадка в порах. При дальнейшем достаточно медленном движении жидкости осадок остается неподвижным, потому что взвешенные частицы жидкости-носителя не могут оторвать удерживаемые частицы осадка от каркаса пористой среды. Однако сильный толчок, скачок давления или изменение направления движения жидкости могут разблокировать отложения и одновременно превратить захваченные частицы во взвешенные.

Для этой фазы вымывания частиц существуют различные математические модели. Они определяются различными дифференциальными уравнениями, но имеют общие условия, определяющие разблокирование удерживаемых частиц.

Будем рассматривать пористую среду, заполненную суспензией в момент времени $t = 0$. На вход $x = 0$ закачивается чистая вода. Такие предположения порождают граничные и начальные условия, обозначив концентрацию взвешенных частиц через $C(x, t)$, а осажденных частиц, соответственно, через $S(x, t)$:

$$x = 0 : C = 0;\ t = 0: C = 1,\ S = 0. \qquad (1)$$

Рассмотрим общие свойства решений для этого класса задач. Фронт концентрации, отделяющий суспензию от чистой воды, движется в пористой среде, начиная с входного отверстия $x = 0$, как это показано на рис. 1.

Процесс фильтрации происходит одинаково во всех точках пористой среды перед фронтом, поэтому неизвестные концентрации C и S зависят только от времени: $C = C(t)$, $S = S(t)$. Когда фронт концентрации достигает заданной точки x, фильтрация прекращается и $C = 0$, в чистой воде концентрация удерживаемых частиц зависит только от x, поэтому можем записать $S(x)$. В частности, для простой системы фронт концентрации задается формулой $t = x$, из чего следует непрерывность осадка на фронте концентрации $S = S(x)$.

2. Математическая модель фильтрации

В работе рассматривается математическая

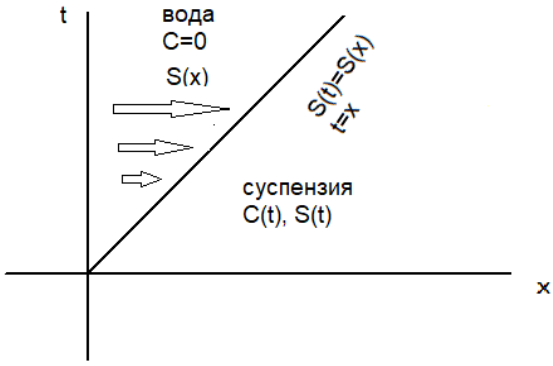

Рис. 1. Моделирование процесса

модель движения частиц, использующая геометрические и механические взаимодействия пористой среды с частицами [4–7].

Будем использовать простую систему с нелинейными функциями фильтрации и концентрации:

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\frac{\partial C}{\partial x}+\frac{\partial S}{\partial t}=0; \qquad (2)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t}=\Lambda(S)F(C). \qquad (3)$$

Здесь $F(0)=0$, $F(C)>0$ для $C>0$, а функция фильтрации $\Lambda(S)$ непрерывна и неотрицательна при $S\geq 0$.

В области $\Omega=\{x\geq 0, t\geq 0\}$ фронт концентрации представляет собой прямую линию $t = x$. За фронтом в области чистой воды $\Omega_w=\{x\geq 0, t\geq x\}$ фильтрация уже происходит, $C = 0$ и концентрация удерживаемых частиц не зависит от времени. Перед движущимся фронтом в области взвеси $\Omega_s=\{x\geq 0, 0\leq t\geq x\}$ концентрации взвешенных и удерживаемых частиц положительны и зависят только от времени.

В области уравнение Ω_s (2) принимает вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\frac{\partial S}{\partial t}=0. \qquad (4)$$

Интегрирование уравнения (4) по t и использование начального условия (1) дает инвариант Римана:

$$C+S=1. \qquad (5)$$

Таким образом, в области суспензии Ω_s решение зависит только от времени и инварианта Римана.

Решение $S(t)$ и $C(t)$ дается в неявной форме:

$$\int_0^S \frac{ds}{\Lambda(s)F(1-s)}=t, \quad C=1-S. \qquad (6)$$

Соответственно, в области чистой воды Ω_w решение системы (2) с начальными условиями (1):

$$S=S(x),\ C=0, \qquad (7)$$

в которой значение функции $S(x)$ может быть найдено из формулы:

$$\int_0^S \frac{ds}{\Lambda(s)F(1-s)}=x. \qquad (8)$$

3. Аналитическое решение

Рассмотрим аналитическое решение задачи фильтрации, сформулированное уравнениями (2) и (3) при заданной функции фильтрации в виде:

$$\Lambda(S)=1-S, \quad F(C)=\lambda C+(1-\lambda)C^3. \qquad (9)$$

С использованием инварианта Римана (5) выполним интегрирование:

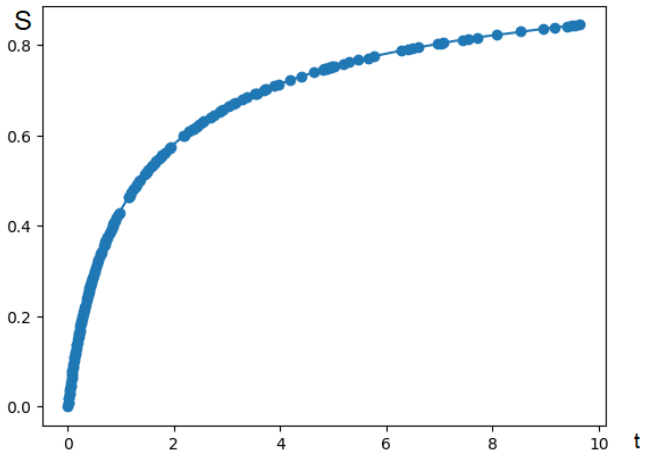

Рис. 2. Построение модели для неявной функции

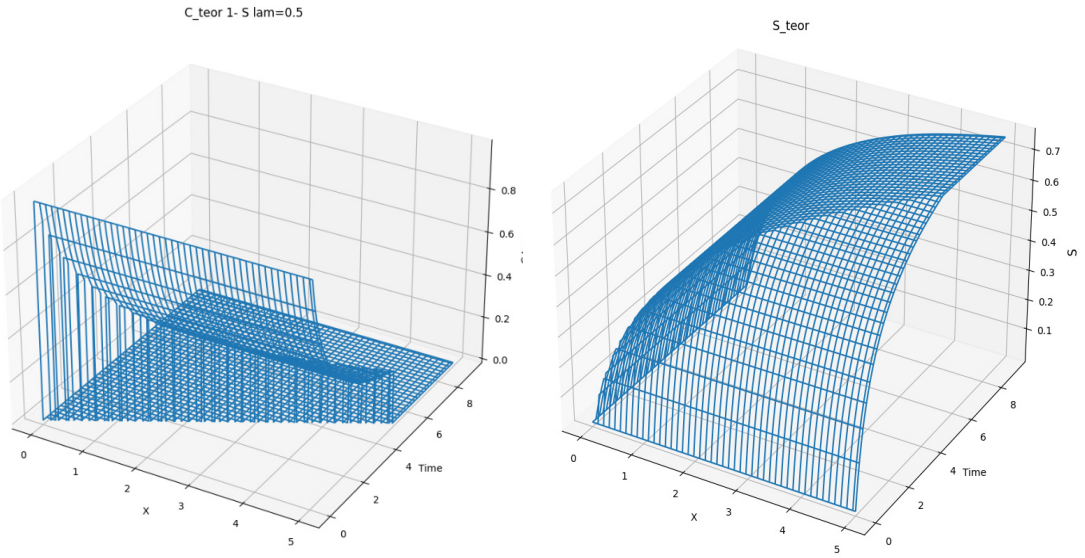

Рис. 3. Аналитическое решение задачи

$$\int_0^S \frac{2ds}{\Lambda(s)F(1-s)} = \int_0^S \frac{2ds}{(1-s)^2\left(1+(1-s)^2\right)} =$$
$$2\int_0^S \left(\frac{1}{(1-s)^2} - \frac{1}{1+(1-s)^2}\right)ds =$$
$$= 2\left(\frac{1}{1-s} + arctg(1-s)\right)\Bigg|_0^S \qquad (10)$$
$$= 2\left(\frac{1}{1-S} + arctg(1-S) - 1 - \frac{\pi}{4}\right).$$

И уравнение (6) принимает вид:

$$2\left(\frac{1}{1-S} + arctg(1-S) - 1 - \frac{\pi}{4}\right) = t. \qquad (11)$$

Введя обозначение $z = 1 - S$, получим:

$$\frac{1}{z} + arctg(z) = \frac{t}{2} + 1 + \frac{\pi}{4}. \qquad (12)$$

Получили решение в виде неявной функции. Далее, используя методы машинного обучения на языке *Python*, построили аппроксимирующий полином 13 порядка. Изображение полученной модели показано на рис. 2.

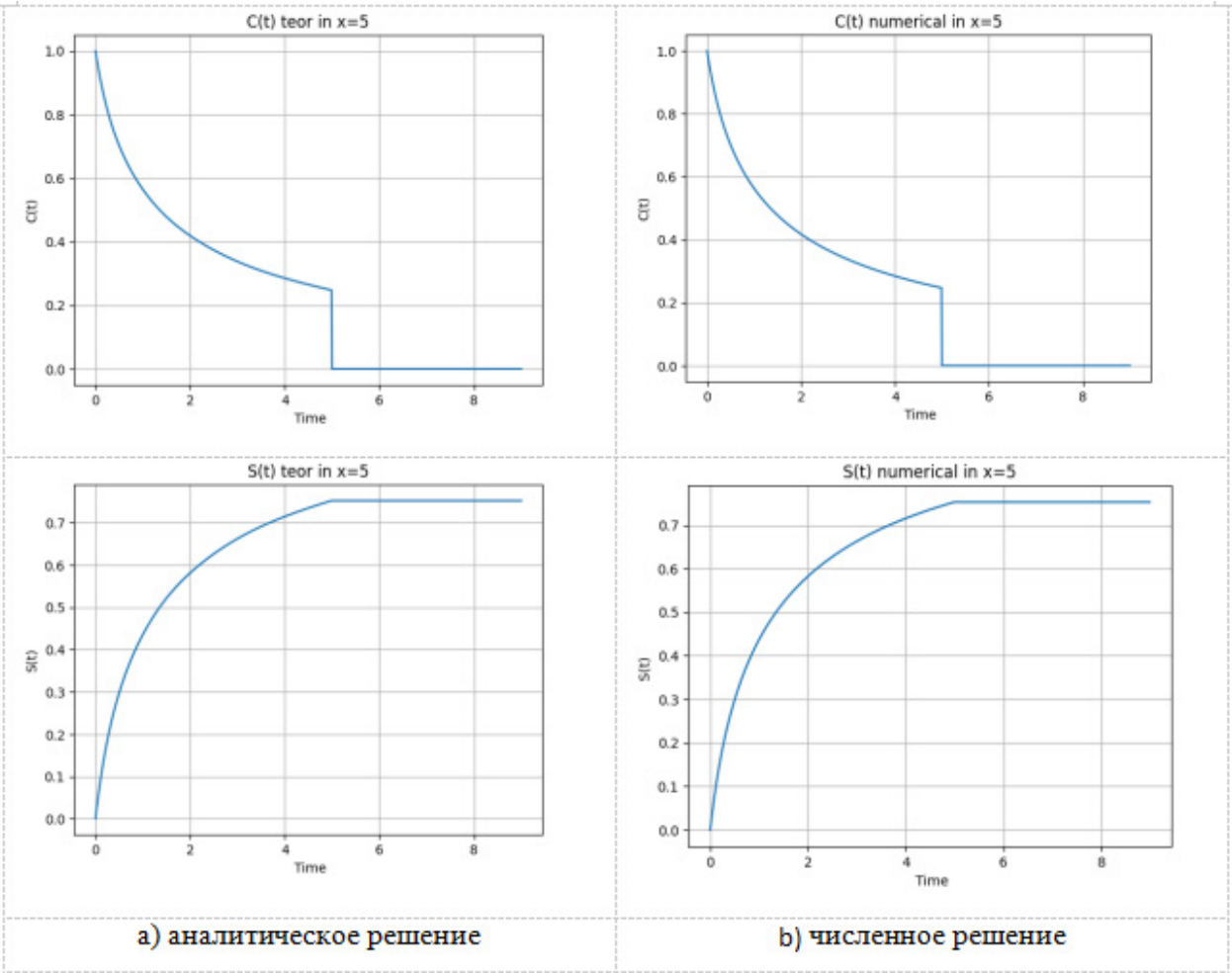

Рис. 4. Сравнение профилей решений при $x = 5$

Для оценки качества полученной модели был проверен коэффициент детерминации, значение которого для данной модели равно:

$$\{'r_squared': 0.9999978306343549\}.$$

Коэффициент детерминации близок к единице, что показывает хорошее качество полученной модели, а так как речь идет об аналитическом решении, то вопрос с переобучением не стоит.

Используя полученный полином, было выведено аналитическое решение задачи (2) и (3) при заданном нелинейном виде (9). Результаты показаны на рис. 3.

4. Численное решение

Для численного решения задачи фильтрации, сформулированной математической моделью (2) и (3) с начальными условиями (1) при заданной функции фильтрации (9), был использован метод конечных разностей. Была рассмотрена пространственно-временная шкала с шагом деления по времени и по координате x, равным 0,01. Программа была реализована на *Python* в *Google Colab*. Результаты сходимости численного решения к аналитическому показаны на рис. 4.

5. Заключение

Решение задачи фильтрации является достаточно сложным, состоящим из нескольких этапов. В работе рассмотрен процесс вымывания частиц. Была сформулирована математическая модель и рассмотрены аналитическое и численное решения для случая нелинейной

функции фильтрации.

При этом аналитическое решение было получено в виде неявной функции, для решения которой был применен метод машинного обучения, а именно построена регрессионная модель достаточного качества, что позволило получить аналитическое решение.

Для численного решения был использован метод конечных разностей, давший достаточный уровень сходимости.

Таким образом, для решения задачи фильтрации был применен комплекс методов, позволивших полностью закрыть данный вопрос.

Список литературы

1. Barenblatt, G.I. Theory of fluid flows through natural rocks / G.I. Barenblatt, V.M. Entov, V.M. Ryzhik // Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990.
2. Bedrikovetsky, P. Mathematical theory of oil and gas recovery with applications to ex-USSR oil and gas fields / P. Bedrikovetsky // Dordrecht: Kluwer Academic, 1993.
3. Горбунова, Т.Н. Построение и исследование модели фильтрации суспензии в пористом грунте / Т.Н. Горбунова // Программные системы и вычислительные методы. – 2018. – № 1. – С. 55–62.
4. Горбунова, Т.Н. Моделирование движения частиц на входе фильтра / Т.Н. Горбунова // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 1(103). – С. 78–83.
5. Vidali, M. Bioremediation. An overview / M. Vidali // Pure and Applied Chemistry. – 2001. – Vol. 73. – P. 1163–1172.
6. You, Z. Size-Exclusion Colloidal Transport in Porous Media–Stochastic Modeling and Experimental Study / Z. You, A. Badalyan, P. Bedrikovetsky // SPE Journal. – 2013. – Vol. 18. – P. 620–633.
7. Kuzmina, L.I. Asymptotics of the length of the trajectory in the pursuit problem / L.I. Kuzmina, Yu.V. Osipov // Problems of Applied Mathematics and Computational Mechanics. – Мю : MGSU. – 2013. – No. 16. – P. 238–249.

References

3. Gorbunova, T.N. Postroyeniye i issledovaniye modeli fil'tratsii suspenzii v poristom grunte / T.N. Gorbunova // Programmnyye sistemy i vychislitel'nyye metody. – 2018. – № 1. – S. 55–62.
4. Gorbunova, T.N. Modelirovaniye dvizheniya chastits na vkhode fil'tra / T.N. Gorbunova // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2020. – № 1(103). – S. 78–83.

© Т.Н. Горбунова, Р.И. Баженов, М.Б. Туманова, 2024

УДК 001.891.573:551.511.32:551.554

Л.В. МОВСЕСОВА
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS FLUENT

Ключевые слова: атмосферный пограничный слой; вертикальное распределение метеорологических элементов; вычислительная гидродинамика; граничные условия; *CFD*-моделирование.

Аннотация. Необходимость корректного описания атмосферного пограничного слоя (**АПС**) возникает при решении ряда строительных и экологических задач средствами вычислительной гидродинамики. Цель исследования – рассмотреть возможность применения в качестве входных профилей в *CFD*-модели вертикальных профилей метеорологических элементов, полученных по другой численной модели. Гипотеза исследования состоит в том, что в этом случае граничные условия и задаваемые параметры должны обеспечивать сохранение горизонтально однородного потока в пустой расчетной области. Решаются следующие задачи: рассчитываются установившиеся вертикальные профили по модели стационарного горизонтально-неоднородного АПС, в которой численное решение осуществляется методом конечных разностей. Полученные вертикальные профили используются при задании граничных условий в модели, разработанной с использованием программного комплекса *ANSYS Fluent*. Результаты расчетов показывают хорошее соответствие между моделями при воспроизведении скорости ветра. Расхождения в вертикальных профилях температуры и характеристик турбулентности, возможно, связаны с определением нижнего граничного условия в моделях. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что при задании граничных условий могут быть использованы результаты расчетов по рассмотренной модели наряду с аналитическими соотношениями.

При решении ряда строительных и экологических задач в программных комплексах вычислительной гидродинамики возникает задача, связанная с описанием структуры АПС [2−5]. В этом случае необходимо корректное определение граничных условий, параметров и констант модели таким образом, чтобы в пустой расчетной области при отсутствии зданий и источников загрязнения обеспечить сохранение вертикальных профилей метеорологических величин и получить горизонтально однородный АПС.

При задании входных профилей, как правило, используются аналитические соотношения для различных условий атмосферной устойчивости. Например, при нейтральной стратификации вертикальные профили скорости ветра (u) в направлении горизонтальной оси, кинетической энергии турбулентности (k) и скорости диссипации энергии турбулентности (ε) для входного потока определяются по соотношениям:

$$u(z)=\frac{u_*}{\kappa}\ln\left(\frac{z}{z_0}\right),\ k=\frac{u_*^2}{\sqrt{C_\mu}},\ \varepsilon=\frac{u_*^3}{\kappa z},$$

где z – вертикальная координата; u_* – динамическая скорость, м/с; κ – постоянная Кармана; z_0 – параметр шероховатости, м; C_μ – константа стандартной k-ε-модели [4].

Нижнее граничное условие в пакетах вычислительной гидродинамики определяется условием стенки (*wall*), и шероховатость в модели задается параметрами k_s – эквивалентной песочной шероховатостью, значение которой

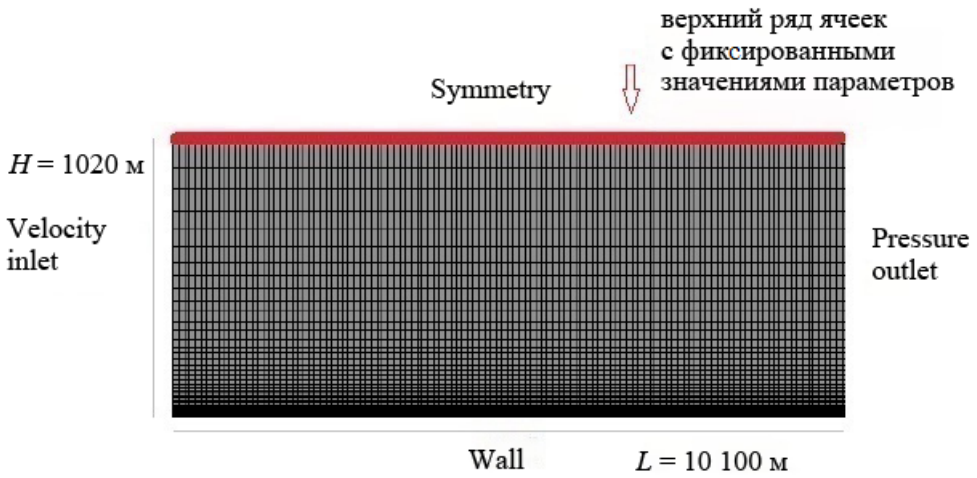

Рис. 1. Область интегрирования и граничные условия

превышает аэродинамическую шероховатость z_0 и C_s – константой шероховатости. Указанные величины связаны между собой соотношением [4]:

$$k_s = \frac{9,793 z_0}{C_s}. \quad (1)$$

Целью данной работы являлось моделирование горизонтально-однородного потока для ситуации, когда входные профили задаются по результатам вычислительных экспериментов с другими моделями. В проведенном исследовании рассматривается возможность определения входных профилей метеорологических величин в *CFD*-модели на основании расчетов по модели, описанной в работе [1]. Это стационарная модель горизонтально неоднородного АПС, в которой для замыкания по характеристикам турбулентности используются уравнение баланса кинетической энергии турбулентности, уравнение для масштаба турбулентности и соотношение для коэффициента и масштаба турбулентности. Численное решение в модели находится методом конечных разностей.

Расчеты были выполнены с использованием пакета *ANSYS Fluent*. Рассматривалась стационарная задача. Были выбраны следующие значения параметров в модели *Fluent* (рис. 1).

1. Область интегрирования. Прямоугольная область высотой H = 1 020 м и длиной L = 10 100 м.

2. Сетка. Равномерная по оси x, с шагом Δx = 20 м; неравномерная по вертикальной оси, высота Δz_1 первой ячейки 0,21 м; коэффициент растяжения r = 1,099. Верхний ряд ячеек высотой 20 м выделен в отдельную область.

3. Граничные условия. Левая граница – *velocity-inlet*; правая граница – *pressure-outlet*; верхняя граница – *symmetry*; нижняя граница – *wall* (стандартные пристеночные функции); значения k_s и C_s определялись по аналогии с работой [4] таким образом, чтобы выполнялось соотношение (1). Верхнему ряду ячеек присвоены фиксированные значения u, k, ε и температуры T в соответствии со значениями этих переменных во входных профилях [4].

4. Схема замыкания *RANS*. Стандартная k-ε-модель. Константы и параметры модели приведены в табл. 1.

В модели [1] выполнялся расчет для следующих значений параметров и констант: высота АПС H = 1020 м, скорость геострофического ветра G = 9,17 м/с, географическая широта φ = 60°, параметр шероховатости z_0 = 0,03 м, c = 0,09, β = 0, α_0 = 1/0,85. На верхней границе температура – 292 К, кинетическая энергия турбулентности – 0,44 м^2/с^2. На нижней границе задавался поток тепла 200 Вт/м^2.

Входные профили во *Fluent* определялись с помощью пользовательских функций, применялась сплайн-интерполяция. Коэффициенты сплайна вычислялись во время выполнения макроса *DEFINE_EXECUTE_ON_LOADING* и затем использовались в макросах *DEFINE_*

Таблица 1. Константы и параметры модели в *ANSYS Fluent*

Наименование	Значение	Описание
C_μ	0,09	Константа модели
$C_{1\varepsilon}$	1,44	Константа модели
$C_{2\varepsilon}$	1,92	Константа модели
κ	0,4187	Постоянная Кармана
σ_k	1	Константа модели
σ_ε	1,22	Константа модели
C_s	2,9379	Константа шероховатости
k_s	0,1	Высота эквивалентной песочной шероховатости, м
z_0	0,03	Параметр шероховатости, м
q_w	200	Поток тепла на нижней границе, Вт/м^2
u_H	9,17	Скорость на верхней границе расчетной области, м/с
k_H	0,44	Кинетическая энергия турбулентности на верхней границе, м^2/с^2
ε_H	0,00011	Диссипация кинетической энергии турбулентности на верхней границе, м^2/с^3
T_H	294	Температура на верхней границе, К
ρ	1,177	Плотность воздуха, кг/м^3
C_p	1 004,9	Удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж/(кг * К)
λ	0,0262	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м * К)
μ	$1{,}7894 * 10^{-5}$	Молекулярная динамическая вязкость, кг/(м * с)
μ_t/μ	$2 * 10^7$	Максимальное значение для отношения турбулентной вязкости

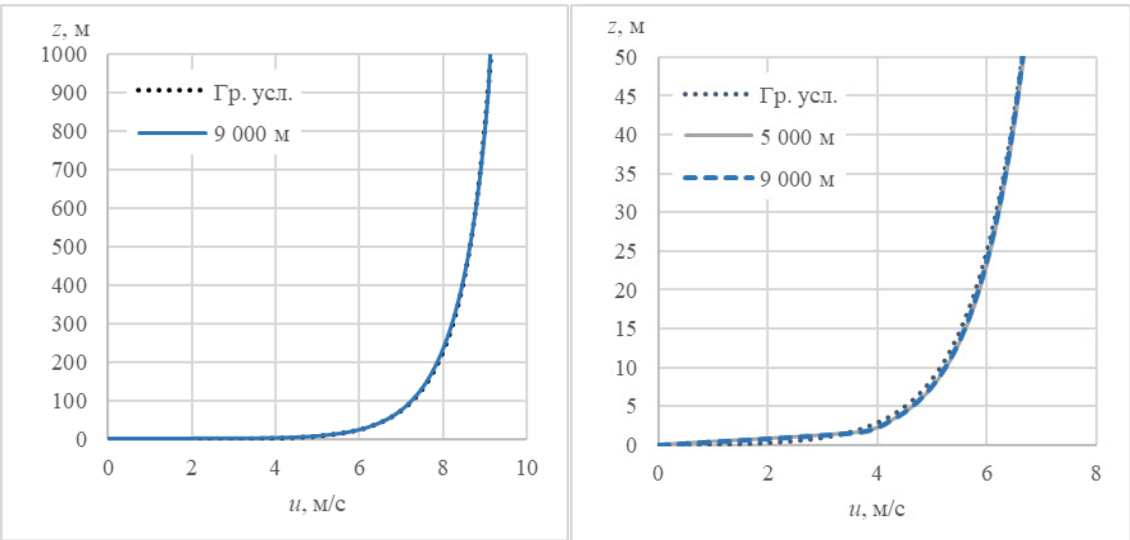

Рис. 2. Вертикальные профили *u*-компоненты скорости ветра на различном расстоянии от входной границы

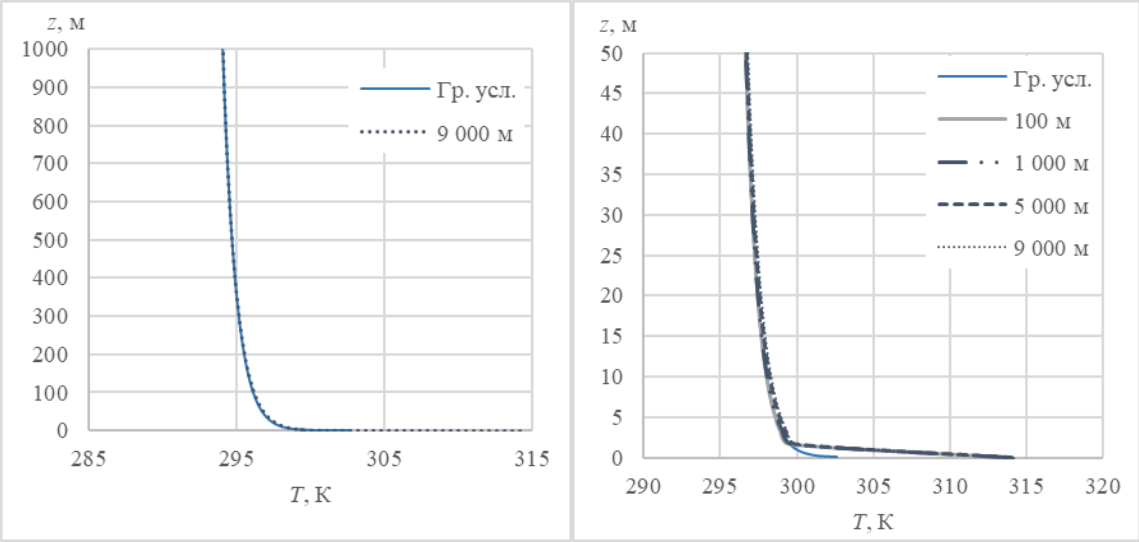

Рис. 3. Вертикальные профили температуры на различном расстоянии от входной границы

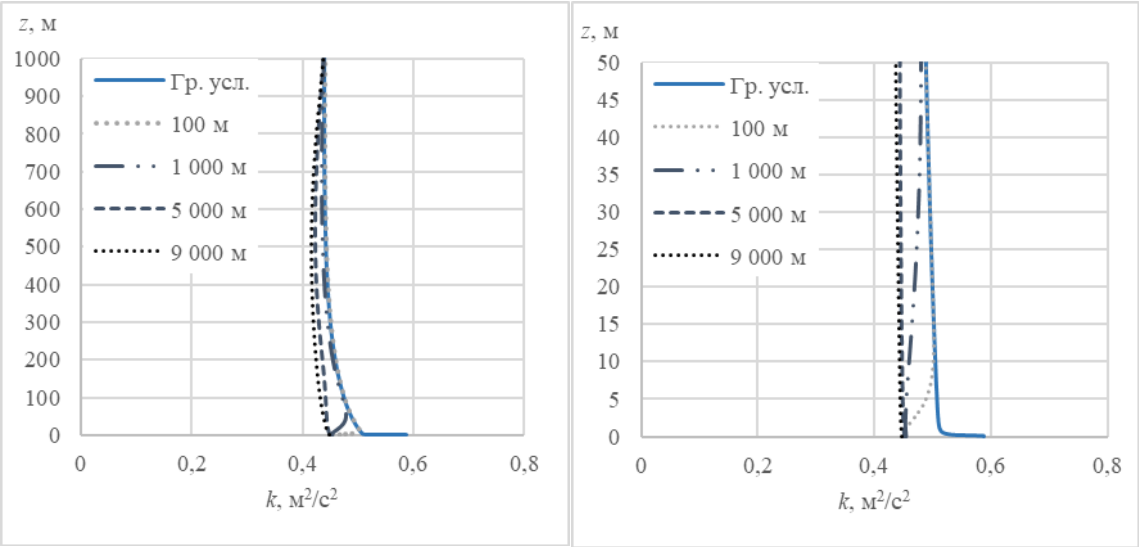

Рис. 4. Вертикальные профили кинетической энергии турбулентности на различном расстоянии от входной границы

PROFILE.

Для решения использовался алгоритм *SIMPLE*. Процесс вычислений проводился до тех пор, пока значения невязок не перестали уменьшаться.

Полученные рассчитанные вертикальные профили горизонтальной компоненты скорости ветра, температуры, кинетической энергии турбулентности и ее диссипации на различном расстоянии от входной границы приведены на рис. 2–5.

Анализ графиков на рис. 2 показывает хорошее соответствие входных и рассчитанных во *Fluent* профилей *u*. Вертикальные профили температуры *T* (рис. 3) совпадают, за исключением области вблизи нижней границы, где профиль в расчетной области отличается от заданного на границе. Указанное расхождение, а также различие в вертикальных профилях характеристик турбулентности *k* и ε (рис. 4–5), возможно, обусловлено особенностями задания условия стенки во *Fluent*.

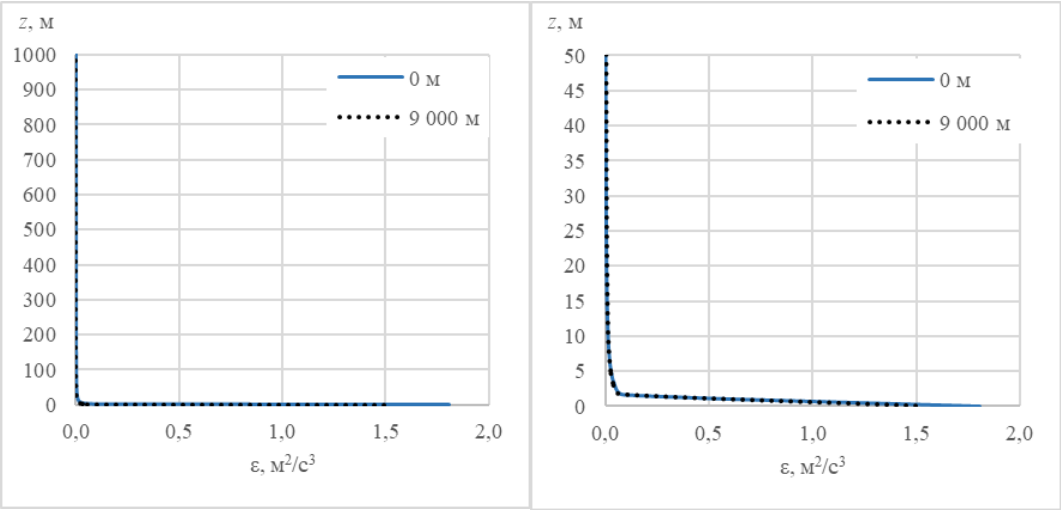

Рис. 5. Вертикальные профили скорости диссипации кинетической энергии турбулентности на различном расстоянии от входной границы

Следует отметить, что небольшие различия в расчетной области при воспроизведении кинетической энергии турбулентности k имеют место и в случае аналитического задания входных профилей [4].

При моделировании АПС в программных комплексах вычислительной гидродинамики возникает задача корректного задания входных данных и параметров модели для получения горизонтально однородного потока во всей расчетной области. Выполненные в данной работе расчеты, в которых в качестве входных данных использовались вертикальные профили, полученные по модели [1], показывают хорошее соответствие между моделями при воспроизведении скорости ветра. Различия в вертикальных профилях кинетической энергии турбулентности и температуры, возможно, связаны с определением нижнего граничного условия в моделях. Таким образом, при задании граничных условий могут быть использованы результаты расчетов по рассмотренной численной модели АПС наряду с аналитическими соотношениями.

Список литературы

1. Вагер, Б.Г. Структура пограничного слоя атмосферы в прибрежной зоне / Б.Г. Вагер, Л.В. Мовсесова // Вестник гражданских инженеров. – 2014. – № 6(47). – С. 211–215.

2. Купцов, А.И. Численное моделирование пограничного слоя атмосферы с учетом ее стратификации / А.И. Купцов, Р.Р. Акберов, Д.Я. Исламхузин, Ф.М. Гимранов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-7. – С. 1452–1460.

3. Мовсесова, Л.В. Моделирование пограничного слоя атмосферы в программных комплексах вычислительной гидродинамики / Л.В. Мовсесова // Перспективы науки. – 2024. – № 2(173).

4. Blocken, B. CFD simulation of the atmospheric boundary layer: wall function problems / B. Blocken, T. Stathopoulos, J. Carmeliet // Atmospheric Environment. – 2007. – Vol. 41. – No. 2. – P. 238–252.

5. Toparlar, Y. CFD simulation of the near-neutral atmospheric boundary layer: New temperature inlet profile consistent with wall functions / Y. Toparlar, B. Blocken, B. Maiheu, G.J.F. van Heijst // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2019. – Vol. 191. – P. 91–102.

References

1. Vager, B.G. Struktura pogranichnogo sloya atmosfery v pribrezhnoy zone / B.G. Vager, L.V. Movsesova // Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. – 2014. – № 6(47). – S. 211–215.
2. Kuptsov, A.I. Chislennoye modelirovaniye pogranichnogo sloya atmosfery s uchetom yeye stratifikatsii / A.I. Kuptsov, R.R. Akberov, D.YA. Islamkhuzin, F.M. Gimranov // Fundamental'nyye issledovaniya. – 2014. – № 9-7. – S. 1452–1460.
3. Movsesova, L.V. Modelirovaniye pogranichnogo sloya atmosfery v programmnykh kompleksakh vychislitel'noy gidrodinamiki / L.V. Movsesova // Perspektivy nauki. – 2024. – № 2(173).

© Л.В. Мовсесова, 2024

УДК 519

O.A. TORSHINA, E.A. MOSKVINA, K.O. SVETUS
Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

MATHEMATICAL MODELING AND VISUALIZATION OF THE DYNAMICS OF IMMUNE REACTIONS

Keywords: math modeling; SIR model; compartmental model; spatiotemporal dynamics of the spread of infections.

Annotation. The study aims is to build a mathematical model. It is used to analyze the dynamics of immune reactions. The tasks include compiling a system of differential equations, numerical solution, and graphical interpretation. The solution was carried out using numerical methods. As a result, a compartmental SIR model was built that describes the dynamics of immune diseases. The results were visualized.

The health of citizens is an important socio-economic problem. To solve this problem, it is necessary to reduce the incidence of infectious diseases. Susceptibility to a number of infectious diseases depends on the immune system. Modern immunology allows us to consider various infectious diseases as a process of interaction between the immune system and the causative agent of the disease. This is done by constructing mathematical models in which the patterns of development of a given class of diseases can easily be traced.

The SIR model is a compartmental model. Its task is to describe the dynamics of infectious diseases. In accordance with this model, the population is divided into three groups: Susceptible – healthy individuals; Infectious – infected individuals; Recovered – "retired" individuals (recovered and acquired immunity, as well as deceased).

"Susceptible" refers to the people most vulnerable to the disease. At the time of infection, they may already be sick or have some kind of chronic disease. The "infected" group represents those already infected with the infection. They can spread the disease to a group of susceptible people and may recover over time. Recovered patients, thanks to acquired immunity, are no longer susceptible to this disease.

The SIR model makes it possible to describe changes in the number of people in each group through a system of differential equations:

$$\begin{cases} \dfrac{dS}{dt} = \dfrac{-\beta IS}{N} \\ \dfrac{dI}{dt} = \dfrac{\beta IS}{N} - \gamma I, \\ \dfrac{dR}{dt} - \gamma I \end{cases} \quad (1)$$

where S is the number of susceptible individuals capable of becoming infected; I is the number of infected individuals spreading the infection; R is the number of individuals who have recovered and received permanent immunity; $S + I + R = N$ are the total number of individuals in the population; β is a control parameter (it controls the rate of disease transmission during contact and depends on the probability of contact and the probability of disease transmission); γ is the parameter (it describes the intensity of recovery).

The first equation means a decrease in the number of healthy people over time in proportion to the number of contacts with infected people. The second equation describes the rate of increase in the number of sick people (1) and the rate at which they recover. They increase by the number of infected people per unit of time (βIS), but decrease by the number of recovered people over the same period (γI). The third equation describes the growth rate of the number of people who have recovered and become immune to the infection. They increase by the number of recovered people per unit of time (γI). The initial conditions for system (1) have the form:

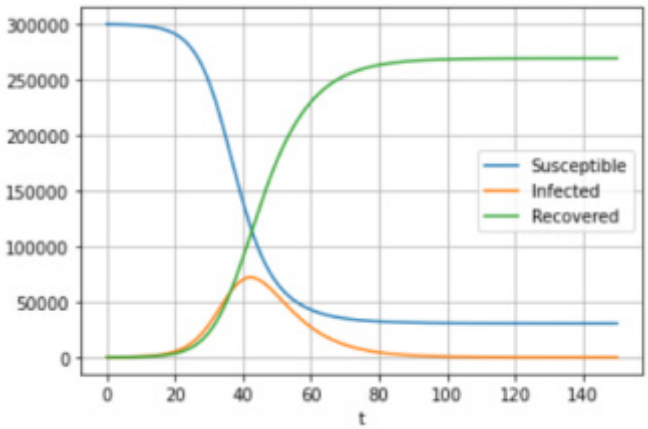

Fig. 1. The SIR-immune response model $\beta = 0.32$

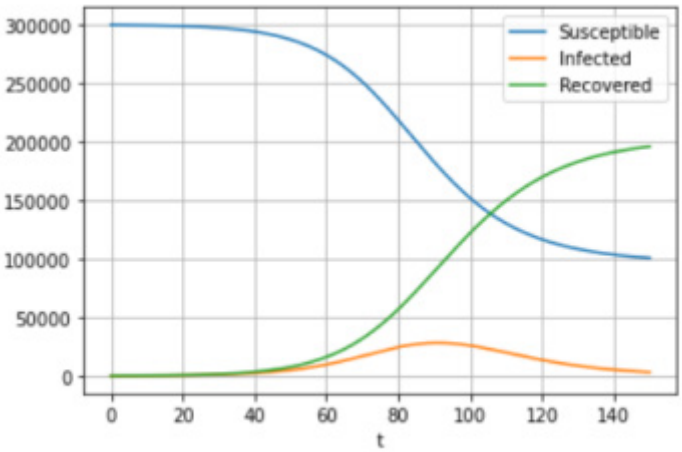

Fig. 2. The SIR-immune response model $\beta = 0.21$

$$S(0) = S_0, I(0) = I_0, R(0) = N - S_0 - I_0. \quad (2)$$

Taking into account the first integral and the fact that R is not included in the first two equations, we can limit ourselves to considering the first two equations, having found the solution of which, it will be possible to determine R so that:

$$R(t) = N - S(t) - I(t).$$

Let $S = x_1$ be susceptible, $I = x_2$ be infected, $x = (x_1, x_2)^*$, u, where $u = (u_1, u_2)^* = (\beta, \gamma)^*$ is a vector whose components are the required parameters of the system:

$$\begin{aligned} f_1 &= u_1 x_1, x_2, \\ f_2 &= u_1 x_1, x_2 - u_2 x_2, \\ f &= (f_1, f_2)^*. \end{aligned} \quad (3)$$

Consequently, the system of differential equations of the SIR model will take the following form:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= f(t, x, u), \\ x(0) &= x_0. \end{aligned} \quad (4)$$

We consider the problem of determining the parameters of system (4) – vector u, as well as determining the initial conditions.

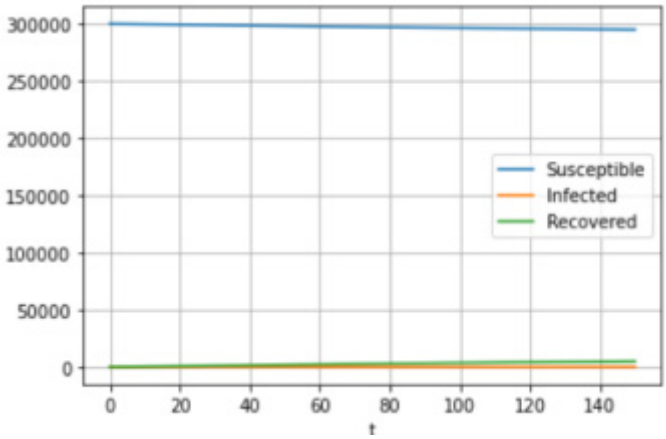

Fig. 3. The SIR-immune response model $\beta = \gamma = 0.4$

On the trajectories of system (4) we define a functional of the form:

$$J(u, x_0) = \int_0^T \varphi(t, x(t))dt. \quad (5)$$

In formula (5) φ is considered as a function of the form $\varphi = (x_2(t) - \hat{x}_2(t))^2$, where $\hat{x}_2(t)$ is the change in the number of infected individuals depending on time in the interval $t \in [0, T]$.

We consider the numerical solution of the system of differential equations of the SIR model (1) using numerical methods.

We set the parameters and initial conditions $N = 300\ 000$, $\beta = 0.32$, $\gamma = 0.12$, $I_0 = 200$, $R_0 = 0$, $S_0 = N - I_0 - R_0$. Then we get the following graph (Fig. 1).

From the graph in Fig.1 it follows that the peak of the epidemic occurs on day 44, when the number of infected people is 56,000, after which the number of infected people declines and is equal to 0 on approximately day 85. It is worth noting that not all people were covered by the epidemic, i.e., there are still about 40,000 who have not been infected and remain susceptible to the virus.

Let us consider how the SIR model changes depending on the values of parameters β, γ with the same initial data. Reducing β to 0.21 leads to a decrease in the number of infected individuals at the peak of the epidemic; it becomes less pronounced (Fig. 2).

It follows from the graph that as the intensity of infection decreases, much fewer people will become ill during the entire epidemic. For the same small values of $\beta = \gamma = 0.4$ we get the following graph (Fig. 3).

Thus, analyzing the obtained graphs, we can say that the lower the value of the parameters β, γ, the longer the epidemic will last. Also note that if β and γ take the same values (large or small), then the epidemic will not occur.

References

1. Narkevich, M.Yu. Analysis of the effectiveness of the existing system for assessing the quality of materials, products and structures at hazardous production facilities / M.Yu. Narkevich, V.D. Kornienko, O.S. Logunova, M.A. Polyakova, Yu.A. Izvekov // Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University. G.I. Nosov. – 2021. – Vol. 19. –No. 2. – P. 103–111.
2. Torshina, O.A. A numerical solution of the problem of aerodynamics of the flow around the surface of aircraft / O. A. Torshina, N.A. Erofeev // Science and business: ways of development – 2021. – No. 1. (115) – P. 77–80.

Список литературы

1. Наркевич, М.Ю. Анализ эффективности существующей системы оценки качества матери-

алов, изделий и конструкций на опасных производственных объектах / М.Ю. Наркевич, В.Д. Корниенко, О.С. Логунова, М.А. Полякова, Ю.А. Извеков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 103–111.

2. Торшина, О.А. Численное решение задачи аэродинамики об обтекании поверхности летательных аппаратов / О.А. Торшина, Н.А. Ерофеев // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 1. (115) – С. 77–80.

© O.A. Torshina, E.A. Moskvina, K.O. Svetus, 2024

УДК 629.543

К.А. ЧУРАЕВ, А.А. ДЫДА, Е.В. ПАНКРАТОВ
ФГБОУ ВО «Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского», г. Владивосток

АНАЛИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Ключевые слова: газовоз; морская инфраструктура; сжиженный природный газ (**СПГ**); система транспортировки СПГ.

Аннотация. В настоящее время плавучие регазификационные установки (**ПРГУ**) и танкеры-газовозы являются наиболее часто используемыми типами судов в мировом флоте. Для обеспечения безопасности процессов и соблюдения технологии важно строго контролировать такие процессы, как гидростатическое давление в трубах и резервуаре (танке), давление паров, температуру СПГ и т.п. Кроме того, важно постоянно контролировать давление во время морского перехода и во время грузовых операций, чтобы не допустить превышения допустимого давления в танках. Цель – составить прототип математической модели, описывающей гидродинамические процессы, происходящие в грузовой системе танкера-газовоза. Задачи: провести теоретический разбор грузовой системы судна. В зависимости от вида грузовых операций задействуется разное оборудование с различными характеристиками работы (насосы, компрессора, трубы), для получения полной картины необходимо разобрать влияние каждого сегмента грузовой системы на состояние груза. В данном исследовании представлен анализ гидродинамических процессов в системе транспортировки сжиженного природного газа, протекающих во время грузовых операций или при подготовке к ним. При создании данной статьи применялись как теоретические методы исследования, так и практические данные, полученные с реальных судов во время морских переходов и грузовых операций в портах. В результате проведенных исследований часть оборудования судна была описана системой дифференциальных уравнений, что позволило оценить его воздействие на состояние груза (сжиженного природного газа) в системе.

Введение

На долю транспорта в мире приходится около четверти выбросов парниковых газов. Чтобы достичь условий Парижского соглашения по климату, нынешние транспортные выбросы должны быть сокращены на 90 % к 2050 г. Использование альтернативных видов топлива, таких как СПГ, может способствовать сокращению выбросов парниковых газов в атмосферу. Глобальный спрос на газ как экологически чистую альтернативу обычному топливу увеличился более чем в два раза за последние 30 лет и продолжает расти [2].

Объемы добычи природного газа растут, их география расширяется [3]. СПГ – это природный газ, переведенный в жидкую форму. Конденсация происходит при –162 °С, уменьшая его объем в 600 раз (по сравнению с газообразным состоянием), что делает СПГ экономически выгодным при транспортировке на большие расстояния.

Одним из основных сложных процессов, происходящих на судах, занимающихся перевозкой или хранением СПГ, является поддержание особых условий для сохранения газа в жидком состоянии. Для этих процессов танкеры оборудованы насосами низкого (обычно 8–10 бар при запуске насоса) и высокого давления (80–120 бар), а также компрессорами, регазификационными установками, испарителями и т.д. За время морского перехода для поддержания необходимых условий в танке (резервуаре с грузом) груз постоянно циркулирует. Ввиду этого одной из трудностей является множество трубопроводов, которые имеют изог-

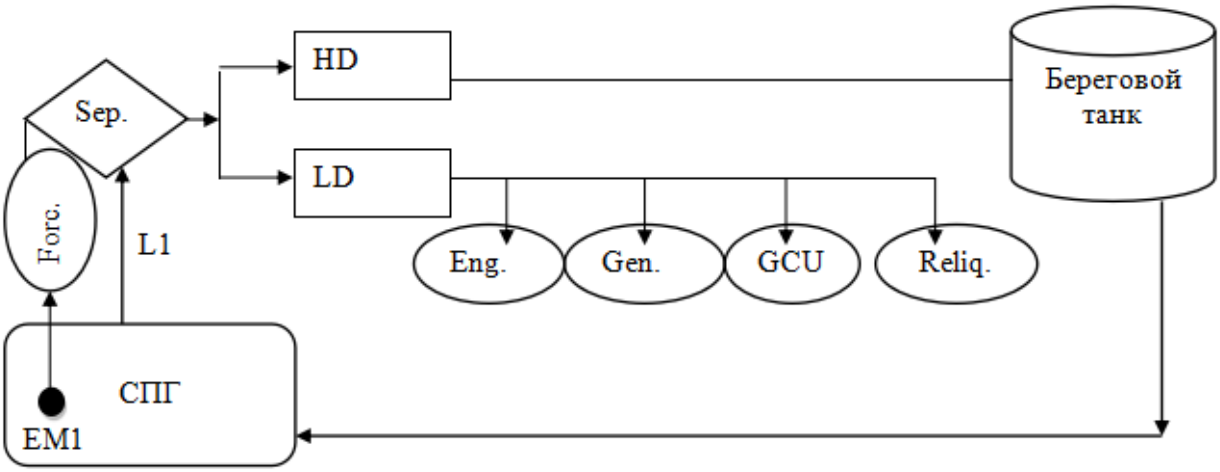

Рис. 1. Упрощенная схема системы циркуляции СПГ

нутую форму и нередко пролегают над уровнем главной палубы. Важно защитить систему от технических проблем, связанных с аварийной остановкой оборудования и техническим обслуживанием оборудования. Большинство математических моделей описаны для течения СПГ в трубопроводах. В целом поток природного газа по трубопроводам высокого давления регулируется частичным дифференциальным уравнением сохранения массы и импульса в сочетании с уравнением состояния и используется с различными методами решения [5]. Только несколько исследований были направлены на моделирование технологических процессов СПГ в трубопроводах, например, в [1] создали модель на основе теплогидравлических расчетов подземного криогенного трубопровода. Эта модель позволила оценить основополагающие параметры, такие как перепад давления и температура СПГ во время его прохождения через трубопровод под землей. Кроме того, данная модель допускает расчеты без начальных параметров, например, входное давление и диаметр.

Описание системы транспортировки СПГ

Основные компоненты системы транспортировки СПГ на судах представлены на рис. 1. Технологический процесс начинается с того, что после погрузки газа на судно он используется для обеспечения работы судовых систем (машинного отделения, генераторов, регазификационной установки). Система трубопроводов от танка до сепаратора разделена на участки разного диаметра. Различные диаметры трубопроводов используются для минимизации потерь давления в системе, тем самым уменьшая расход СПГ на отдельных участках. Для обеспечения работы двигателя, когда естественная скорость выкипания жидкого газа недостаточна, то СПГ из танка подают в испаритель и далее через компрессоры направляют к оборудованию. В данном исследовании основное внимание уделено регазификационной установке, так как сама установка имеет гораздо большее количество труб, нежели любое другое оборудование судна, и она служит для сохранения груза, а не для его сжигания. Из танка газ попадает в сепаратор, который выполняет функциональную задачу – поддержание постоянного давления газа, которое необходимо для работы компрессоров (насосов высокого давления) и для конденсации испарившегося метана из танков. Из сепаратора метан перекачивается к регазификационному оборудованию компрессором высокого давления.

Линия *L*1, представленная на картинке, имеет разные секции труб; *EM*1 – индекс электродвигателей насосов; *Forc*. (*Forcing*) – испаритель; *Sep*. (*Separator*) – сепаратор; *HD* (*high duty compressor*) – компрессор низкого давления; *LD* (*low duty compressor*) – компрессор высокого давления.

Предположения и оценки

Для получения полной картины происходящих гидродинамических процессов всю работу

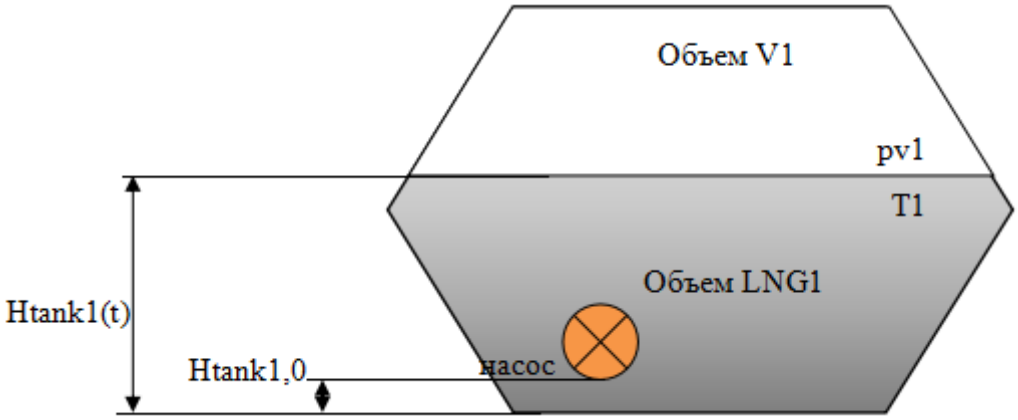

Рис. 2. Уровень груза в танке

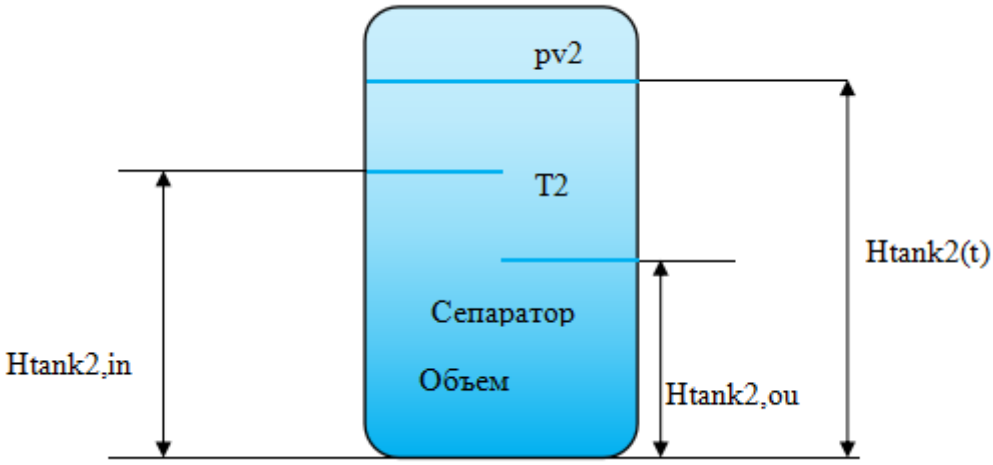

Рис. 3. Наблюдение за уровнем СПГ в сепараторе

грузовых систем нужно перевести в систему уравнений, основная цель которой заключается в том, что, изменяя один из технологических параметров, она позволяет наблюдать воздействие на всю систему. Ключевые допущения, используемые для уравнений, следующие: предполагается, что давление паров в танке и в сепараторе ($pv1$ и $pv2$) постоянно. Практика показала, что давление пара меняется медленно. Температуры СПГ ($T1$ и $T2$) считаются постоянными из-за небольшой теплопередачи между стенками танка и сепаратора. Высота уровня жидкости СПГ в танке ($Htank1(t)$) и сепараторе ($Htank2(t)$) варьируется в зависимости от системы транспортировки СПГ. Высота уровня жидкости СПГ в танке сильно влияет на гидродинамические процессы в системе, особенно в трубопроводе $L1$, когда СПГ начинает перекачиваться из танка в сепаратор. Кроме того, высота уровня жидкости является хорошим индикатором времени начала и окончания процесса. Предполагается, что состав СПГ будет состоять из 96,1 % метана, 3,1 % этана, менее 1,0 % пропана, менее 1,0 % н-бутана и менее 1,0 % азота. Состав влияет на скорость выкипания (испарения), изменение плотности. Поэтому состав был выбран из реальных случаев перевозки.

Описание системы уравнений для танка и сепаратора

Составление системы уравнений начинает-

ся с гидродинамических процессов, таких как наблюдение за уровнем СПГ в танке ($Htank1(t)$) и сепараторе ($Htank2(t)$), когда первый насос начинает работать. Упрощенная схема одного из танков представлена на рис. 2.

Сепаратор представляет собой вертикальный резервуар для балансировки давления для дальнейших этапов регазификации. Кроме того, сепаратор работает как буферный резервуар для следующих подкачивающих насосов высокого давления, обеспечивая наличие достаточного количества СПГ для насосов, когда насосы работают на максимальной производительности. Наблюдение за уровнем жидкости показано на рис. 2 и 3.

Таким образом, рабочий процесс между танком СПГ и насосом описывается системой дифференциальных уравнений для оценки изменения давления и уровня СПГ в танке и сепараторе согласно уравнениям (2) и (5).

A. В танке СПГ:

$$p_{1,in} = \left(H_{tank1}(t) - H_{1,0}\right) p_1 g + pv1; \quad (1)$$

уровень СПГ в танке:

$$H_{tank1}(t) = -\frac{A_1}{A_{tank1}} Q_{1,in}. \quad (2)$$

B. В сепараторе:

$$p_{2,in} = \left(H_{tank2}(t) - H_{tank2,\,in}\right) p_1 g + pv2; \quad (3)$$

$$p_{2,out} = \left(H_{tank2}(t) - H_{tank2,\,out}\right) p_1 g + pv2. \quad (4)$$

Уровень СПГ в сепараторе:

$$H_{tank2} = -\frac{1}{A_{tank2}}\left[Q_{2,in} - Q_{L1,\,out}\right], \quad (5)$$

где $H_{tank1}(t)$ – уровень жидкости в резервуаре по времени, изменяющийся в резервуаре СПГ, м; $H_{1,0}$ – высота между насосом и днищем резервуара СПГ, м; $pv1$ и $pv2$ – давление паров испарившегося газа в резервуаре СПГ и сепараторе, Па; T_1 и T_2 – температура СПГ в танке и сепараторе; g – ускорение свободного падения, м/с; A_1 и A_2 – площади поперечного сечения поверхности жидкости СПГ в резервуаре СПГ и сепараторе, м^2; A_{tank1} и A_{tank2} – площади поперечного сечения резервуара СПГ и сепаратора, м^2; $Q_{1,in}$ и $Q_{L1,out}$ – объемный расход СПГ на входе и выходе трубопровода (L_1), м^3/с; $Q_{2,in}$ – объемный расход СПГ на входе в трубопровод (L_2), м^3/с; l – плотность СПГ, кг/м^3, определяемая по усовершенствованному методу Клосека-Мак-Кинли по уравнению (6);

$$p_1 = \frac{M_{mix}}{V_{mix}}\left[1 + 406\left(p_1 - p_{s,corr}\right)\left(\frac{T_{pc}}{T_{pc} - T}\right)^{1,77}\right], \quad (6)$$

где 406 – постоянная, которая пересчитывается из МПа в Па [6].

Молекулярная масса смеси выражается следующим уравнением:

$$M_{mix} = \sum M_i x_i, \quad (7)$$

где M_{mix} – молекулярная масса смеси, кг/кмоль; x_i – мольная доля компонента i;

$$V_{mix} = \sum M_i V_i - \left[K_1 + \left(k_2 - k_1\right)\left(\frac{x_{N_2}}{0,0425}\right)\right] x_{CH_4}, \quad (8)$$

где V_{mix} – мольный объем i-го компонента при температуре СПГ, м^3; V_i – мольный объем i-го компонента при температуре СПГ, м^3; x_i – мольная доля компонента i, моль; k_1, k_2 – объемные поправочные коэффициенты, моль/л; 0,0425 – константа для СПГ с содержанием азота или бутана менее 4 % [4]. Поправка на парциальное давление (насыщение) описывается уравнением (9):

$$p_{s,corr} = p_{s,CH4} + x_{N2} \times 0,11MPa\left(T - 90K\right) - x_{C2H6} \times 0,05MPa\left(T - 95K\right), \quad (9)$$

где 0,11 МПа и 0,05 МПа определяются согласно работе [6].

Псевдокритическая температура:

$$T_{pc} = \sum_i x_i T_{c,i}, \quad (10)$$

где x_i – мольная доля компонента, моль; $T_{c,i}$ – критическая температура компонента i, К.

Для проведения исследования и анализа гидродинамических процессов в системе транспортировки сжиженного природного газа было предложено описать грузовые процессы системой уравнений.

В настоящем исследовании был описан рабочий процесс между танком СПГ и насосом для оценки изменения давления и уровня СПГ в танке и сепараторе. Система дифференциальных уравнений позволит проводить анализ высокоскоростных гидродинамических и динамических процессов при криогенной температуре (110 К) и оценивать геометрические параметры (геометрия резервуара, геометрические параметры труб, шероховатость внутренних поверхностей) и характеристики насосов и электродвигателей.

Список литературы

1. Карякина, Е.Д. Основные аспекты теплогидравлического расчета технологической линии СПГ / Е.Д. Карякина, И.А. Шамазов, А.В. Шалыгин // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci, 2021.
2. Международное газовое сообщество. «Всемирный доклад по СПГ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.igu.org/resources/world-lng-report-2022.
3. Статистический обзор мировой энергетики. Лондон 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf.
4. GIIGNL. Справочник по коммерческому учету, 5-е издание; Международная группа импортеров сжиженного природного газа: Нейи-сюр-Сен, Франция, 2017 г. – С. 1–179 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://giignl.org/system/files/giignl_cthb_5.0.web_.pdf.
5. Koo, B.A. Новый неявный метод определения характеристик с использованием поправки на давление для переходного режима потока в трубопроводах природного газа / B.A. Koo, 2022. – С. 104.
6. Титц, К. Усовершенствование уточненного метода Клосека и Мак-Кинли для расчета плотности сжиженного природного газа (СПГ) в диапазоне температур от (100 до 135) К при давлениях до 10 МПа / К. Титц, М. Рихтер, Р. Кляйнрам, Р. Спан // Fuel Process. Technol. – 2017. – № 165. – С. 19–26.

References

1. Karyakina, Ye.D. Osnovnyye aspekty teplogidravlicheskogo rascheta tekhnologicheskoy linii SPG / Ye.D. Karyakina, I.A. Shamazov, A.V. Shalygin // IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci, 2021.
2. Mezhdunarodnoye gazovoye soobshchestvo. «Vsemirnyy doklad po SPG» [Electronic resource]. – Access mode : https://www.igu.org/resources/world-lng-report-2022.
3. Statisticheskiy obzor mirovoy energetiki. London 2020 [Electronic resource]. – Access mode : https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf.
4. GIIGNL. Spravochnik po kommercheskomu uchetu, 5-ye izdaniye; Mezhdunarodnaya gruppa importerov szhizhennogo prirodnogo gaza: Neyi-syur-Sen, Frantsiya, 2017 g. – C. 1–179 [Electronic resource]. – Access mode : https://giignl.org/system/files/giignl_cthb_5.0.web_.pdf.
5. Koo, B.A. Novyy neyavnyy metod opredeleniya kharakteristik s ispol'zovaniyem popravki na davleniye dlya perekhodnogo rezhima potoka v truboprovodakh prirodnogo gaza / B.A. Koo, 2022. – S. 104.
6. Titts, K. Usovershenstvovaniye utochnennogo metoda Kloseka i Mak-Kinli dlya rascheta plotnosti szhizhennogo prirodnogo gaza (SPG) v diapazone temperatur ot (100 do 135) K pri davleniyakh do 10 MPa / K. Titts, M. Rikhter, R. Klyaynram, R. Span // Fuel Process. Technol. – 2017. – № 165. – S. 19–26.

© К.А. Чураев, А.А. Дыда, Е.В. Панкратов, 2024

УДК 532.5

Р.В. ШАМИН, А.В. ЮДИН
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российского технологического университета», г. Москва

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ

Ключевые слова: волны-убийцы; гидродинамика идеальной жидкости; марковские цепи; математическое моделирование.

Аннотация. Морская поверхность является случайным полем, описываемым нестационарными уравнениями гидродинамики идеальной жидкости с открытой поверхностью. Несмотря на то, что уравнения гидродинамики являются детерминированными, их решения обычно неустойчивы. Кроме того, на динамику морской поверхности влияют различные факторы, рассматриваемые как случайные, такие как воздействие ветра, неоднородность и неидеальность жидкости, а также характер дна. Следовательно, динамику морской поверхности можно рассматривать как случайное двухмерное поле. Целью исследования является разработка новых подходов к моделированию морской поверхности. Для этого в исследовании решается задача построения математической модели, основанная на марковских цепях. Гипотезой исследования является предположение о том, что такая модель может быть использована для оценки вероятности различных режимов волнового поля. В работе предложен метод построения линейной марковской цепи и дано физическое обоснование этого метода. Показано, что, используя аппарат марковских цепей, можно строить эффективные модели для изучения динамики поверхностных волн идеальной жидкости. Этот подход особенно актуален для моделирования условий возникновения экстремально больших волн, так называемых волн-убийц.

Введение

Морская поверхность представляет собой случайное поле, которое описывается нестационарными уравнениями гидродинамики идеальной жидкости со свободной поверхностью [1]. Хотя уравнения гидродинамики являются детерминированными уравнениями, но их решения, как правило, являются неустойчивыми [2]. Кроме того, на динамику морской поверхности оказывают влияние различные факторы, которые можно рассматривать как случайные. К числу таких факторов можно отнести ветровое воздействие, неоднородность и неидеальность рассматриваемой жидкости, а также влияние неоднородности дна [3].

Таким образом, динамику морской поверхности можно рассматривать как случайное двухмерное поле. Случайный процесс, который описывает динамику морской поверхности, является очень сложным, поэтому в океанологии принято описывать это случайное поле с помощью различных моделей.

В настоящей статье мы рассматриваем математическую модель на основе марковских цепей, что позволяет оценивать вероятность возникновения различных режимов волнового поля. Особенно этот подход актуален для моделирования условий возникновения экстремально больших волн – волн-убийц [4–6].

Постановка задачи

Будем описывать морскую поверхность с помощью функции трех переменных – времени и двух пространственных координат:

$$z = z(t, x, y),$$

где

$$x \in [0, 2\pi],$$
$$y \in [0, 2\pi].$$

Мы будем рассматривать 2π-периодические функции по пространственным координатам.

При моделировании морских поверхностей обычно используют либо условия на бесконечности, либо периодические условия по пространственным координатам. Мы будем использовать периодические условия, которые являются более удобными для численного моделирования.

Рассматриваем динамику морской поверхности, поэтому будем считать, что существует оператор эволюции:

$$z(t,x,y)=\Phi\left[t,z_0(x,y)\right],t>0.$$

Функция $z_0(x,y)$ представляет собой начальную поверхность. Оператор эволюции может быть реализован с помощью численного решения динамических уравнений гидродинамики идеальной жидкости со свободной поверхностью.

Как мы уже отмечали, реальная динамика морской поверхности описывается случайным полем, поэтому оператор эволюции должен быть случайным процессом. Следовательно, нужно рассматривать вероятностное пространство, которое будет описывать случайные явления, которые влияют на динамику морской поверхности.

Пусть $\langle\Omega,A,P\rangle$ – некоторое вероятностное пространство, которое будет описывать все случайные факторы, влияющие на динамику морской поверхности. Таким образом, мы модифицируем оператор эволюции для вероятностного случая:

$$z(t,x,y)=\Phi\left[\omega,t,z_0(x,y)\right],t>0,$$

где $\omega\in\Omega$ описывает случайный исход в рассматриваемом вероятностном пространстве.

В этой постановке задачи мы имеем случайную реализацию динамики морского поля, которая описывается функцией $z(t,x,y)$. В реальности, конечно, функция z зависит от начального условия и случайного фактора ω.

Согласно современному подходу в математической физике функция состояния должна принадлежать функциональному классу корректности (функциональному пространству, в котором рассматриваются решения динамических уравнений в частных производных). Рассмотрим класс корректности для решений на всем промежутке времени:

$$z\in W\left(0,\infty;H(Q)\right),$$

где $H(Q),Q=[0,2\pi]\times[0,2\pi]$ – класс корректности в каждый момент времени. Таким образом, в каждый момент времени t^* решение принадлежит множеству $H(Q)$:

$$z\left(t^*,x,y\right)\in H(Q).$$

Пространство $H(Q)$ описывает все возможные состояния морской поверхности, которые могут возникнуть в процессе динамического изменения морской поверхности.

Множество возможных состояний можно разбить на несколько различных состояний:

$$H(Q)=\bigcup_{k=1}^{N}S_k,$$

где S_k – это различные состояния морской поверхности. Переход к изучению состояний позволяет значительно упростить моделирование динамики морской поверхности.

Таким образом, вместо функции многих переменных $z(t,x,y)$ мы приходим к дискретной цепи:

$$S_{k_0}\to S_{k_1}\to\ldots\to S_{k_n}\to\ldots,$$
$$k_0\to k_1\to\ldots\to k_n\to\ldots$$

Переход $k_i\to k_j$ происходит в момент времени t_{ij}, когда решение $z(t,x,y)$ переходит из множества S_i в множество S_j:

$$\begin{cases}z(t,x,y)\in S_i,t<t_{ij},\\ z(t,x,y)\in S_j,t>t_{ij}.\end{cases}$$

Среди выделенных состояний могут быть состояния, которые имеют важное значение для изучения морской поверхности, например, состояния, в которых наблюдаются экстремально большие волны – волны-убийцы.

Марковская цепь

Марковской цепью называется случайный процесс с дискретным временем и дискретны-

ми состояниями, который имеет функцию перехода (переходная функция), задающую вероятности перехода из одного состояния в другое. При этом вероятность этого перехода зависит только от текущего состояния. Если переходная функция не зависит от времени, то марковская цепь называется однородной.

Формально марковская цепь задается следующим образом. Множество состояний:

$$S = \{S_1, S_2, ..., S_N\},$$

переходная функция задается вероятностной матрицей

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1N} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{N1} & p_{N2} & \cdots & p_{NN} \end{bmatrix},$$

где числа p_{ij} определяют вероятность перехода из состояния i в состояние j:

$$P(s_j | s_i) = p_{ij}.$$

Эти числа должны удовлетворять следующим условиям:

$$p_{ij} \geq 0, i, j = 1, 2, ..., N,$$
$$p_{i1} + p_{i2} + ... + p_{iN} = 1, 1, 2, ..., N.$$

Использование марковских цепей при моделировании морской поверхности оправдывается тем, что, с одной стороны, динамические процессы являются детерминированными и описываются дифференциальными уравнениями в частных производных, а, с другой стороны, случайные факторы, которые воздействуют на динамику морской поверхности, также можно рассматривать как независимые случайные процессы.

Математические модели динамики морской поверхности

При построении математических моделей динамики морской поверхности мы будем использовать марковские цепи. Рассмотрим возможные варианты для построения марковских цепей.

Естественной моделью для динамики морской поверхности является марковская цепь, где возможны переходы только в соседние состояния. Такую марковскую цепь будем называть линейной марковской цепью. Схема этого марковского процесса может быть представлена на рис. 1.

Линейная схема марковской цепи имеет следующие условия на матрицу переходов:

$$\begin{cases} p_{ij} \geq 0, |i - j| \leq 1, \\ p_{ij} = 0, |i - j| \geq 1. \end{cases}$$

При моделировании морской поверхности использование линейных марковских цепей обосновано следующими обстоятельствами.

1. Разбиение класса корректности $H(Q)$ на множество состояний часто осуществляется с помощью шкалирования скалярной величины, которая описывает состояние морской поверхности. К таким величинам относят энергию (полную или кинетическую), импульс, максимальную высоту волн, значительную высоту волн и другие [6–7].

Изменение скалярных величин при изменении динамики поверхностных волн является непрерывной функцией, поэтому возможны только переходы в соседние состояния.

Приведем схему разбиения класса корректности $H(Q)$ на последовательные состояния. Пусть для каждого значения решения $z(t^*, x, y)$ в каждый момент времени t^* определен некоторый функционал, который мы будем называть оценочным, представляющий собой числовую функцию, определенную на каждом элементе пространства $H(Q)$:

$$F : H(Q) \to R_+.$$

Через R_+ мы обозначили множество неотрицательных чисел.

Далее мы выбираем уровни значений оценочного функционала:

$$0 < U_1 < U_2 < ... < U_{N-1}.$$

Используя выбранные уровни оценочного функционала, мы определим состояния для марковской цепи:

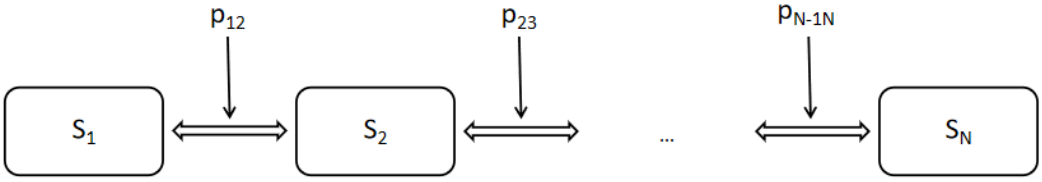

Рис. 1. Линейная схема марковской цепи

$$S_1 = \left\{ z\left(t^*, x, y\right) : F\left(z\left(t^*, x, y\right)\right) \le U_1 \right\},$$

$$S_1 = \left\{ z\left(t^*, x, y\right) : U_1 < F\left(z\left(t^*, x, y\right)\right) \le U_2 \right\},$$

...

$$S_N = \left\{ z\left(t^*, x, y\right) : F\left(z\left(t^*, x, y\right)\right) \ge U_{N-1} \right\}.$$

Учитывая непрерывность оценочного функционала и непрерывность функции $z(t, x, y)$ по переменной t в пространстве $H(Q)$, мы получаем линейную марковскую цепь, с помощью которой можно моделировать динамику морской поверхности относительно значений оценочного функционала.

Заключение

В статье рассмотрены вопросы моделирования морской поверхности на основе марковских цепей. Приведен метод построения линейной марковской цепи и дано физическое обоснование этого метода.

Показано, что, используя аппарат марковских цепей, можно строить эффективные модели для изучения динамики поверхностных волн идеальной жидкости.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 23-17-00189).

Список литературы

1. Литвенко, К.В. Численные стохастические модели поверхности морского волнения и гигантских океанических волн / К.В. Литвенко, С.М. Пригарин // Сибирский журнал вычислительной математики. – 2014. – Т. 17. – № 4. – С. 349–361.
2. Шамин, Р.В. Вопросы устойчивости волн-убийц / Р.В. Шамин, А.В. Горленко, А.И. Смирнова // Вычислительные технологии. – 2013. – Т. 18. – № 1. – С. 96–105.
3. Россовский, Л.Е. О влиянии нерегулярности границы области на решение краевой задачи для уравнения Лапласа / Л.Е. Россовский, Р.В. Шамин // Дифференциальные уравнения. – 2023. – Т. 59. – № 5. – С. 652–657.
4. Шамин, Р.В. Математические вопросы волн-убийц. – М. : URSS, 2016.
5. Захаров, В.Е. О вероятности возникновения волн-убийц / В.Е. Захаров, Р.В. Шамин // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2010. – Т. 91. – № 2. – С. 67–72.
6. Захаров, В.Е. Энергетический портрет волн-убийц / В.Е. Захаров, Р.В. Шамин, А.В. Юдин // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2014. – Т. 99. – № 9-10. – С. 597–600.
7. Шамин, Р.В. Процессы концентрации энергии при образовании волн-убийц / Р.В. Шамин, А.В. Юдин // Нелинейная динамика. – 2014. – Т. 10. – № 1. – С. 49–58.

References

1. Litvenko, K.V. Chislennyye stokhasticheskiye modeli poverkhnosti morskogo volneniya i gigantskikh okeanicheskikh voln / K.V. Litvenko, S.M. Prigarin // Sibirskiy zhurnal vychislitel'noy

matematiki. – 2014. – T. 17. – № 4. – S. 349–361.

2. Shamin, R.V. Voprosy ustoychivosti voln-ubiyts / R.V. Shamin, A.V. Gorlenko, A.I. Smirnova // Vychislitel'nyye tekhnologii. – 2013. – T. 18. – № 1. – S. 96–105.

3. Rossovskiy, L.Ye. O vliyanii neregulyarnosti granitsy oblasti na resheniye krayevoy zadachi dlya uravneniya Laplasa / L.Ye. Rossovskiy, R.V. Shamin // Differentsial'nyye uravneniya. – 2023. – T. 59. – № 5. – S. 652–657.

4. Shamin, R.V. Matematicheskiye voprosy voln-ubiyts. – M. : URSS, 2016.

5. Zakharov, V.Ye. O veroyatnosti vozniknoveniya voln-ubiyts / V.Ye. Zakharov, R.V. Shamin // Pis'ma v Zhurnal eksperimental'noy i teoreticheskoy fiziki. – 2010. – T. 91. – № 2. – S. 67–72.

6. Zakharov, V.Ye. Energeticheskiy portret voln-ubiyts / V.Ye. Zakharov, R.V. Shamin, A.V. Yudin // Pis'ma v Zhurnal eksperimental'noy i teoreticheskoy fiziki. – 2014. – T. 99. – № 9-10. – S. 597–600.

7. Shamin, R.V. Protsessy kontsentratsii energii pri obrazovanii voln-ubiyts / R.V. Shamin, A.V. Yudin // Nelineynaya dinamika. – 2014. – T. 10. – № 1. – S. 49–58.

© Р.В. Шамин, А.В. Юдин, 2024

УДК 338.012

А.В. ЩЕГОЛЕВ
ФГБОУ ВО «Университет «Дубна», г. Дубна

СОЗДАНИЕ СРЕДЫ В MS EXCEL ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОСТРОЕНИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ IS-LM В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИКИ РОССИИ НА ИНТЕРВАЛЕ 2011–2022 ГГ. (I КВАРТАЛ)

Ключевые слова: макроэкономика; макроэкономическая модель; фискальная политика; экономика России; *MS Excel*.

Аннотация. Статья посвящена решению проблем создания среды в *MS Excel* для автоматизации процесса построения макроэкономической модели *IS-LM* в условиях экономики России на интервале 2011–2022 гг. (I квартал). Цели: исследовать математические аспекты модели *IS-LM* и особенности ее применения для анализа воздействия монетарной и фискальной политики на экономику, а также для изучения экономических кризисов и нестабильности. Представить результаты исследования в структурированной форме. В качестве методологии используется сравнительный анализ, применяется построение модели *IS-LM* в программе *Excel*, метод Монте-Карло. Были исследованы математические аспекты модели *IS-LM* и показано, что она позволяет ускорить процесс анализа и упростить работу с моделью за счет создания среды для автоматического расчета параметров уравнений декомпозиции модели. Симуляции различных сценариев могут быть полезны для прогнозирования возможных изменений в экономике при различных условиях. Результаты, полученные в области изучения автоматизации расчетов параметров модели *IS-LM*, позволят специалистам в области макроэкономики значительно ускорить процесс анализа экономических данных и повысить точность прогнозирования. В сочетании с анализом чувствительности и симуляциями различных сценариев это может быть полезным инструментом для исследователей и практиков в процессе принятия обоснованных решений в области экономики.

Введение

В данной работе исследуется модель *IS-LM*, которая является основной концепцией макроэкономики и служит важным инструментом для принятия экономических решений и формулирования макроэкономической политики. В статье подробно рассматриваются математические аспекты модели и ее применение для анализа воздействия монетарной и фискальной политики на экономику, а также для изучения экономических кризисов и нестабильности.

Кроме того, в работе описывается алгоритм автоматизации для практической реализации модели *IS-LM* в программе *Excel*. Предложенный алгоритм позволяет ускорить процесс анализа и упростить работу с моделью за счет создания среды для автоматического расчета параметров уравнений декомпозиции модели.

Представленный алгоритм является полным руководством по работе с моделью *IS-LM*, а также демонстрирует возможности ее автоматизации с помощью программного кода на языке *Python*.

Материалы и методы исследования

В современной макроэкономике используется множество моделей анализа, причем в условиях институциональных трансформаций их

количество возрастает.

Однако одной из наиболее распространенных продолжает оставаться модель *IS-LM*, предложенная Джоном Хиксом в 1937 г. Эта модель была разработана для объяснения равновесного состояния экономики при определенных уровнях дохода и процентной ставки [9]. Несмотря на то, что экономические идеи, лежащие в основе модели *IS-LM*, были предложены ранее другими экономистами, такими как Артур Пигу [6] и Джон Мейнард Кейнс [8], Дж. Хикс [9] использовал графический подход, чтобы более ясно проиллюстрировать взаимосвязь между рынком товаров и рынком денег.

С момента создания модели *IS-LM* она получила широкое распространение в макроэкономических исследованиях. Модель была дополнена другими идеями (в частности, имитационного моделирования [2]) и используется до сих пор для анализа макроэкономических явлений [7]. Тем не менее модель имеет свои ограничения и недостатки, такие как невозможность учета влияния международной торговли и изменений цен на инфляцию. Она не подходит для анализа долгосрочных экономических явлений [1].

В настоящее время модель *IS-LM* остается актуальной и востребованной, так как является важным инструментом для принятия экономических решений и формулирования макроэкономической политики. Она может быть использована для анализа воздействия монетарной и фискальной политики на экономику в условиях глобализации и свободного движения капитала, когда государства сталкиваются с ограничениями в своей экономической политике. Однако для более точного анализа макроэкономических явлений требуются более сложные модели, учитывающие множество факторов и взаимосвязей между ними [10].

Модель *IS-LM* может быть использована для анализа экономических кризисов и нестабильности, таких как финансовые кризисы и рецессии, и для формулирования стратегий выхода из них. Например, модель *IS-LM* может быть использована для определения оптимального объема денежного предложения и процентной ставки для достижения максимального уровня занятости и экономического роста.

Кроме того, модель *IS-LM* может быть использована для анализа воздействия экономических событий на различные секторы экономики, такие как промышленность, сельское хозяйство и услуги, что позволяет более эффективно планировать и принимать решения в этих областях. В состав товарного рынка, помимо рынка потребительских товаров и услуг, входит рынок инвестиционных товаров [11].

Кривая *IS* отражает взаимосвязь между уровнем инвестиций и процентными ставками. Кривая *LM* (*liquidity preference – money supply*), в свою очередь, отображает взаимосвязь между спросом на деньги и предложением денег, зависящую от процентных ставок. Обе кривые являются ключевыми компонентами модели и могут сдвигаться в зависимости от изменений в экономике.

Кривая *IS* является одной из главных компонент модели *IS-LM* и представляет собой график, который показывает все возможные комбинации уровней процентной ставки и доходов, при которых на рынке товаров сохраняется равновесие.

Ее построение производится на основе теории, что уровень инвестиций зависит от уровня процентной ставки. В частности, чем ниже процентные ставки, тем более выгодными становятся инвестиции, поскольку заемные средства становятся более доступными и дешевыми. В результате при низких уровнях процентной ставки инвесторы будут склонны инвестировать больше, что приведет к увеличению уровня инвестиций и уровня дохода.

Следует отметить, что кривая *IS* может сдвигаться вправо или влево в зависимости от изменений в экономике. Например, если правительство проводит экспансивную денежно-кредитную политику, что приводит к снижению процентных ставок, то кривая *IS* сдвинется вправо, это увеличит уровень доходов и инвестиций.

В рамках данного исследования следует более подробно рассмотреть денежные агрегаты. Денежные агрегаты отражают различные уровни ликвидности денежных активов, которые используются в качестве средств обмена или хранения стоимости. Каждый агрегат включает в себя различные виды денежных активов, такие как наличные деньги, депозиты в банках, краткосрочные кредиты и другие.

Агрегат M0 представляет собой самую ликвидную форму денег, включающую наличные деньги и депозиты центрального банка. Он обычно используется в качестве индикатора ры-

ночной ликвидности и спроса на деньги.

Агрегат M1 включает в себя наличные деньги, текущие счета в банках и другие краткосрочные депозиты. Он обычно используется для измерения спроса на средства платежа и охватывает наиболее ликвидные активы.

Агрегат M2 включает в себя все активы M1, а также депозиты на срок от одного года до двух лет, депозиты с уведомлением об открытии и другие срочные депозиты. Он широко используется для измерения денежной массы в экономике и отражает средства, которые могут быть использованы в качестве средства платежа и хранения стоимости.

Агрегат M3 включает в себя все активы M2, а также другие долгосрочные депозиты, такие как депозиты на срок от двух лет, облигации и другие финансовые инструменты. Он используется для измерения расширенной денежной массы и отражает наиболее широкий спектр денежных активов [3].

Понимание денежных агрегатов является важным для макроэкономического анализа и принятия решений в области денежной политики. Они позволяют оценить уровень ликвидности и спроса на деньги в экономике, а также прогнозировать изменения в денежной массе и процентных ставках.

Кривая *LM* демонстрирует комбинации соотношения процентных ставок и доходов, при которых спрос на деньги уравновешивается предложением. То есть на графике точки, которые находятся выше кривой *LM*, указывают на избыток предложения денег, в то время как точки ниже кривой *LM* указывают на дефицит предложения денег. Деньгами в данном случае являются агрегаты M2Ш, которые включают в себя агрегат M2. Следует отметить, что кривая *LM* имеет восходящую тенденцию.

Также заметим, что кривая *LM* может сдвигаться вправо или влево в зависимости от изменений в экономике. Например, если центральный банк увеличивает денежную массу, что приводит к снижению процентных ставок, то кривая *LM* сдвинется вправо, это увеличит уровень доходов и спрос на товары.

Кейнсианская теория предпочтения ликвидности подчеркивает важность ставки процента, которая является основой для построения кривой *LM*. Реальные запасы – это скорректированные номинальные запасы на изменение уровня цен.

Соединение графиков *IS*, *LM* в точке их пересечения показывает соотношение совокупного дохода и процентной ставки (Y_0, i_0), которое выражает собой равновесие на денежном и товарном рынках.

При улучшении экономических перспектив инвестиций и неизменной норме процента бизнес увеличивает инвестиции в производство. В результате проявляется мультипликационный эффект увеличения национального дохода и возникновения на рынке нехватки финансовых ресурсов. В случае роста спроса на финансовые ресурсы происходит нарушение рыночного равновесия, что приводит к увеличению нормы процента. Высокая норма процента препятствует запуску новых инвестиционных проектов, что снижает национальный доход [4].

Модель *IS-LM* дает возможность провести оценку совместного влияния кривых *IS*, *LM* и на макроэкономику, так как монетарная политика находит свое отражение в кривой *LM* в силу своей связи с денежным предложением, изменения в фискальной политике в кривой *IS* [5].

Сначала более детально в модели рассмотрим баланс товаров (*IS*), который можно на математическом языке описать в виде уравнения (1):

$$Y = C(Y) + I(i) + G + X(e) - eV(Y, e), \quad (1)$$

где Y – валовой национальный продукт; i – процентная ставка; I – инвестиции; e – валютный курс (соотношение между некоторым количеством национальной валюты и одной единицей иностранной); C – личные расходы потребителей; X – экспорт; V – импорт (отражается в иностранной валюте); G – расходы правительства или государства.

Согласно модели *IS-LM* равновесие достигается, когда спрос равен предложению на обоих рынках.

Модель позволяет исследовать влияние изменений в экономике. Например, сдвиг кривой *IS* может быть вызван изменениями в государственных расходах или налогах, а сдвиг кривой *LM* – изменениями в денежном предложении или предпочтениях в отношении держания денег.

Модель *IS-LM* является инструментом для

анализа влияния государственной политики, такой как изменение налогов, расходов или денежной политики, уровень дохода, процентные ставки и другие макроэкономические переменные.

Теперь более подробному рассмотрению подлежит модель баланса денег (*LM*) (2).

Разделим переменные в уравнении:

$$m_s = L(Y) + L(i), \quad (2)$$

где $L(Y) = kY$ – наличные, которые требуются для транзакции, при этом k – постоянная величина или коэффициент; $1/k = Y/L(Y)$ – скорость обращения денег; $L(i) = m_0 + iL_i$ – спрос на наличность, который имплементируется, если хранить деньги в виде наличных дома; $m_0 = const$ – наличность, необходимая для экономики, даже если остановится производство и процентная ставка окажется нулевой;

$$L(Y) = m_s - L(i). \quad (3)$$

Если выразить Y как функцию i, то получится зависимость, называемая «кривой *LM*».

Графическое представление зависимости между процентной ставкой и уровнем дохода в экономике страны при неизменных остальных условиях показывает, что кривая *LM* может быть представлена в виде линии на графике, где по горизонтальной оси отложена процентная ставка, а по вертикальной оси – уровень дохода.

Кривая *LM* имеет восходящий характер, так как более высокий уровень дохода приводит к увеличению спроса на деньги и более высоким процентным ставкам. Обратная зависимость также верна: более низкий уровень дохода приводит к снижению спроса на деньги в экономике и более низким процентным ставкам.

Пересечение кривых *IS* и *LM* определяет уровень производства и процентную ставку, при которых спрос на товары и услуги равен предложению денежных средств в экономике. Это также является точкой равновесия в экономике.

Кривая *LM* может изменяться при изменении денежной политики центрального банка, например, при изменении уровня ставки рефинансирования или количества денег в обращении. Изменения в кривой *LM* могут привести к смещению кривой вправо или влево, а также к изменению ее наклона.

В целом кривые *IS* и *LM* взаимодействуют в экономике, определяя уровень производства и процентную ставку. Изменения в одной кривой могут привести к изменениям в другой кривой, и наоборот. Поэтому анализ кривых *IS* и *LM* является важным инструментом для понимания экономической ситуации в стране и принятия экономических решений.

Для получения модифицированной кривой *LM* использовались М1, М2, М2Ш, М3***. Было построено несколько вариантов кривой *LM* с целью выбора наиболее качественного из них.

1. Для описания общей денежной массы применялся агрегат (и его вариации) + Резервный фонд + Фонд национального благосостояния (**ФНБ**).

2. В качестве $L(i)$ бралась сумма показателя М1 и средств фондов России. В этом случае $L(Y)$ определялся по следующей формуле:

$L(Y)$ = М3***(М2Ш, М3*, М3**) – (М1 + Резервный фонд + ФНБ) (54).

3. В качестве $L(i)$ бралась сумма показателя М1 и Резервного фонда. Тогда $L(Y)$ определялся по следующей формуле:

$L(Y)$ = М3***(М2Ш, М3*, М3**) – (М1 + Резервный фонд) (55).

4. В качестве $L(i)$ бралась сумма показателя М1 и Фонда национального благосостояния. Тогда $L(Y)$ определялся по следующей формуле:

$L(Y)$ = М3***(М2Ш, М3*, М3**) – (М1 + ФНБ) (56).

Результаты

Алгоритм, позволяющий произвести поэтапную реализацию модели, представлен на рис. 1. Первый этап представляет сбор информации из официальных источников, которые на следующем этапе должны быть обработаны для проведения дальнейших расчетов. Далее производится корреляционно-регрессионный анализ, который позволит провести декомпозицию кри-

Рис. 1. Алгоритм работы по автоматизации расчетов

вых и построение модели макроэкономического равновесия.

В рамках практической реализации модели не учитывались параметры качества модели, так как их несовершенство находит объяснение в специфике нашей экономики. Главной задачей является совпадение теоретического описания модели с практическими результатами при использовании реальных данных.

Начнем с рассмотрения показателей кривых *IS* и *LM*. Наибольшие изменения на рассматриваемом интервале претерпел показатель процентной ставки (*i*). Наивысшего уровня данный показатель достигал во втором квартале 2015 г.

Снижение Банком России ставки было вызвано множеством экономических факторов.

1. Существенным снижением уровня потребительской инфляции.

2. Активной имплементацией программы повышения доступности кредитов и ипотеки для потребителей.

3. Существенным снижением количества кредитных организаций, поскольку уже с 2013 г. Банк России начал активно вычищать банковское пространство от сомнительных и ненадежных кредитных организаций.

Другие факторы экономического воздействия Центрального банка (**ЦБ**) используются одновременно с изменением ставки. В первую очередь речь идет о валютных интервенциях. Это операции Банка России по покупке или продаже иностранной валюты либо в целях пополнения золотовалютных резервов страны, либо в целях поддержания устойчивости национальной валюты.

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать выводы о том, что изменения ключевой процентной ставки ЦБ РФ на протяжении 2011–2022 гг. были неоднородными. В 2011–2013 гг. процентная ставка росла и достигала максимального уровня в 8,25 % в 2014 г. Затем ЦБ РФ начал снижать процентную ставку в связи с сокращением экономического роста. В 2020 г. произошло крутое снижение процентной ставки до 4,25 %, вызванное пандемией *COVID*-19 и снижением цен на нефть.

Валовой внутренний продукт (**ВВП**) России также неоднородно менялся на протяжении анализируемого периода. В 2011–2013 гг. экономика страны росла, но с 2014 г. началось сокращение ВВП, вызванное снижением цен на нефть и введением санкций. В 2020 г. экономика России столкнулась с новым кризисом, но в 2021 г. начала восстанавливаться.

Объем государственных облигаций и внешний долг России увеличивались в течение всего периода анализа, за исключением сокращения внешнего долга в 2017 г. Однако объем государственных облигаций вырос сильнее, чем внешний долг, что свидетельствует о том, что Россия финансирует свой долг в основном на внутреннем рынке.

Фонд национального благосостояния России рос в течение всего периода анализа, что говорит о сохранении финансовой стабильности страны. Резервный фонд России также неоднородно менялся, но в целом сокращался. Большое сокращение Резервного фонда в 2017 г. объясняется направлением средств на поддержку бюджета в условиях снижения доходов от нефтяных продаж.

В целом анализ изменений показывает, что экономическая ситуация в России была нестабильной на протяжении всего периода анализа. Однако устойчивость финансовой системы поддерживалась за счет роста фонда национального благосостояния и наличия Резервного фонда России, который использовался для компенсации снижения доходов от нефтяных продаж.

Изменения ключевой процентной ставки ЦБ РФ были связаны с изменением экономической ситуации и влияли на финансовую политику страны. Увеличение объема государственных облигаций и внешнего долга свидетельствует о росте потребности в финансировании государственного долга, что может оказывать давление на экономическую ситуацию в будущем.

В целом анализ изменений показывает, что для укрепления финансовой стабильности России необходимо развивать экономику, снижать зависимость от нефтяных продаж и улучшать инвестиционный климат. Кроме того, необходимо продолжать развивать фонд национального благосостояния и улучшать систему управления государственным долгом в рамках развития системы устойчивого инвестирования.

Остальные компоненты модели *IS* не претерпевали скачкообразных изменений на интервале исследования.

Данный алгоритм реализован при помощи *Excel* из пакета *Microsoft office*. Файл *Excel* состоит из 84 листов. Кривой *IS* посвящено четыре листа: три листа уравнения декомпозиции, один содержит в себе формулы для определения параметров кривой и визуальную реализацию. Остальные листы отражают расчетную часть вариаций кривой *LM* и ее декомпозиций: по аналогии с кривой *IS* три листа необходимы для рассмотрения уравнений декомпозиций, а четвертый лист – параметры кривой и визуальная часть.

Основным инструментом является корреляционно-регрессионный анализ, для его реализации используется следующее.

1. С целью построения регрессионного ряда применяется функция ТЕНДЕНЦИЯ().

Формула = =@ТЕНДЕНЦИЯ($*P*$18:$*P*$62; $*O*$18:$*O*$62;*O*18).

Может применяться при определении параметров уравнения m_s от двух независимых переменных *Y* и *i*.

2. Определение качества параметров регрессии. Коэффициент детерминации.

В *MS EXCEL* коэффициент детерминации вычисляется следующим образом: =КВПИРСОН(*P*18:*P*62;*O*18:*O*62).

Стандартная ошибка регрессии вычисляется следующим образом: =ИНДЕКС(ЛИНЕЙН(*P*18:*P*62;*O*18:*O*62;ИСТИНА;ИСТИНА);3;2).

Данная процедура анализа проводится с каждым уравнением декомпозиции.

Алгоритм автоматизации расчетов параметров уравнений декомпозиции модели *IS-LM* можно разбить на несколько этапов.

1. Сбор данных. Нужно собрать данные, необходимые для расчета параметров модели, такие как ВВП, уровень инфляции, ставки процента и т.д.

2. Расчет коэффициентов уравнений модели. С помощью метода наименьших квадратов необходимо рассчитать коэффициенты уравнений модели.

3. Проверка адекватности модели. После расчета коэффициентов необходимо проверить адекватность модели. Для этого можно использовать различные статистические критерии, такие как коэффициент детерми-

нации.

4. Автоматизация расчетов. Для автоматизации расчетов можно использовать функции и формулы *Excel*.

5. Тестирование и отладка. После создания таблицы необходимо провести тестирование и отладку, чтобы убедиться в правильности расчетов и отсутствии ошибок.

Кроме перечисленных этапов автоматизация расчетов параметров модели *IS-LM* может включать дополнительные шаги, такие как анализ чувствительности модели к изменению параметров или проведение симуляций различных сценариев.

Анализ чувствительности позволяет оценить, как изменение значений отдельных параметров модели влияет на ее выводы. Для этого можно использовать метод Монте-Карло, который заключается в создании случайных вариаций параметров модели и в оценке их влияния на результаты.

Симуляции различных сценариев могут быть полезны для прогнозирования возможных изменений в экономике при различных условиях. Например, можно провести симуляцию влияния изменения ставки налога на прибыль на инвестиции или влияние изменения курса валют на объем импорта и экспорта. Это помогает принимать более обоснованные решения на основе моделирования возможных вариантов развития экономики и анализа их долгосрочных структурных последствий.

Таким образом, автоматизация расчетов параметров модели *IS-LM* позволяет значительно ускорить процесс анализа экономических данных и повысить точность дифференциальной диагностики и макромодельного прогнозирования. В сочетании с анализом чувствительности и симуляциями различных сценариев это может быть полезным инструментом для принятия обоснованных решений в области экономики.

Список литературы

1. Андреев, М.Ю. Тенденции развития макроэкономических моделей / М.Ю. Андреев, А.В. Полбин // Управленческое консультирование. – 2019. – № 2(122). – С. 24–33.

2. Барбашин, М.Ю. Имитационное моделирование и институциональные исследования / М.Ю. Барбашин // Журнал институциональных исследований. – 2017. – № 9(3). – С. 81–96.

3. Бекетова, А.А. Макроэкономические проблемы российской экономики / А.А. Бекетова, С.Ю. Глазьев. – М. : Дело, 2016. – 656 с.

4. Ковалев, А.В. Денежные агрегаты: сущность и роль в монетарной политике / А.В. Ковалев // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2017. – № 7(3). – С. 32–37.

5. Михайлов, С.А. Механизмы формирования денежных агрегатов и их роль в монетарной политике / С.А. Михайлов // Наука и молодежь. – 2018. – № 6(1). – С. 18–22.

6. Пигу, А. Экономическая теория благосостояния / А. Пигу. – М. : Прогресс, 1985.

7. Blanchard, O. Lectures on Macroeconomics / O. Blanchard, S. Fischer. – Cambridge, MA : MIT Press, 1989.

8. Gali Jordi. The State of New Keynesian Economics: A Partial Assessment / Gali Jordi // Journal of Economic Perspectives. – 2018. – Vol. 32(3). – P. 87–112.

9. Hicks, J.R. Mr. Keynes and the 'Classics': A Suggested Interpretation / J.R. Hicks // Econometrica. – 1937. – Vol. 5. – No. 2. – P. 147–159.

10. Mankiw, N.G. Macroeconomics / N.G. Mankiw. – Worth Publishers, 2016.

11. Taylor, J.B. Principles of Macroeconomics / J.B. Taylor, A. Weerapana. – Cengage Learning, 2019.

References

1. Andreyev, M.YU. Tendentsii razvitiya makroekonomicheskikh modeley / M.YU. Andreyev, A.V. Polbin // Upravlencheskoye konsul'tirovaniye. – 2019. – № 2(122). – S. 24–33.

2. Barbashin, M.YU. Imitatsionnoye modelirovaniye i institutsional'nyye issledovaniya / M.YU. Barbashin // Zhurnal institutsional'nykh issledovaniy. – 2017. – № 9(3). – S. 81–96.

3. Beketova, A.A. Makroekonomicheskiye problemy rossiyskoy ekonomiki / A.A. Beketova, S.YU. Glaz'yev. – M. : Delo, 2016. – 656 s.
4. Kovalev, A.V. Denezhnyye agregaty: sushchnost' i rol' v monetarnoy politike / A.V. Kovalev // Zhurnal nauchnykh publikatsiy aspirantov i doktorantov. – 2017. – № 7(3). – S. 32–37.
5. Mikhaylov, S.A. Mekhanizmy formirovaniya denezhnykh agregatov i ikh rol' v monetarnoy politike / S.A. Mikhaylov // Nauka i molodezh'. – 2018. – № 6(1). – C. 18–22.
6. Pigu, A. Ekonomicheskaya teoriya blagosostoyaniya / A. Pigu. – M. : Progress, 1985.

© А.В. Щеголев, 2024

УДК 004.056

Ш.Д. КЯРИМОВА, Р.В. ГЛАДКОВ
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Ключевые слова: защита данных; утечка информации.

Аннотация. В данном исследовании рассматривается проблема утечки информации и предлагаются эффективные методы предотвращения этой проблемы. Предполагалось, что использование современных технических средств и надежной системы кибербезопасности может успешно предотвратить утечку информации. Целью работы было изучение таких технических средств и определение эффективных методов предотвращения утечки информации. Для достижения поставленной цели были использованы методы анализа научных статей, а также обзор отчетов и статистик об утечках информации. Результаты исследования могут быть применены для разработки систем безопасности и защиты данных от несанкционированного доступа и утечки.

Современные компании сталкиваются с серьезной проблемой утечки информации, вызванной тем, что преступники хотят получить доступ к чужим файлам, а также неосторожностью сотрудников. Злоумышленники стремятся нанести вред организации, компании или целой стране, а также получить преимущество над конкурентами. Чтобы это предотвратить, необходимо использовать современные технические средства и создать надежную систему кибербезопасности. Важно понимать, какие каналы могут быть использованы для утечки и как их блокировать, а также знать требования к современным системам безопасности [1].

Некоторые рекомендуют использовать программное обеспечение, включающее различные решения для предотвращения утечки данных. Они также предлагают разработать план защиты данных, тщательно отслеживать сетевой трафик и использовать решения для наблюдения за активностью данных с целью обнаружения несанкционированных действий [2].

Важно уметь различать утечку информации и ее перехват. Перехват – это метод захвата данных с помощью технических средств, а утечка информации – это потеря данных при их передаче как физически, так и по каналам связи по разным причинам. Сознательная утечка информации через технические каналы предполагает установку устройств на пути передачи для перехвата данных [3].

В отношении конфиденциальности данных в качестве угрозы можно упомянуть два типа атак: это отслеживание и анализ трафика. Несанкционированный доступ или перехват конфиденциальных данных известен как отслеживание. Отслеживание несанкционированного перехвата информации – это форма раскрытия. Она пассивная, предполагающая, что какой-либо субъект прослушивает сообщения или просматривает файлы, либо системную информацию. Например, файл, передаваемый через Интернет, может содержать конфиденциальную информацию. А анализ сетевого трафика – это процесс перехвата, записи и анализа шаблонов передачи сетевого трафика с целью выявления угроз безопасности и реагирования на них.

Согласно статье Рэйчел Сэдлер «Утечки данных компаний в реальном времени и статистика за 2024 год», в 2023 г. от киберпреступников пострадало более 509 миллионов человек [2].

Согласно исследованию, проведенному «Лабораторией Касперского», в 2023 г. наблюдалось увеличение объема утекших данных на 33 % по сравнению с предыдущим годом. В 2022 г. был зафиксирован 141 факт утечки данных, в то время как в 2023 г. этот показатель

снизился до 133. Что касается пользовательских данных, в 2022 г. было утрачено более 230 миллионов записей, в то время как в 2023 г. этот показатель увеличился до более чем 310 миллионов. Что касается записей с паролями, в 2022 г. было утрачено более 33 миллионов записей, в то время как в 2023 г. этот показатель увеличился до более 47 миллионов [3].

Сегодня во многих организациях созданы большие команды, состоящие из штатных сотрудников и подрядчиков, работающих полный рабочий день как на местах, так и удаленно. Увеличивается количество всех возможных точек атак, где злоумышленники или неавторизованные пользователи могут получить доступ к системе и украсть данные. Например, работая из дома, 47 % сотрудников подвергаются уловкам, что увеличивает риски и предоставляет больше возможностей злоумышленникам [3].

Большие и многонациональные команды разработчиков представляют проблемы для управления доступом и идентификацией. Хотя хорошо спланированная программа информационной безопасности может значительно снизить риск утечки технических данных, ничто не исключает возможности утечки информации. Даже одно неверно настроенное облачное разрешение от разработчика может привести к открытию доступа к большим объемам данных в Сети.

Рекомендации по пресечению утечки конфиденциальных данных следующие.

Для предотвращения утечки или кражи информации необходимо использовать различные технические меры. Существуют четыре основные группы современных технических средств, которые применяются для этой цели: инженерные, аппаратные, программные и криптографические средства.

Инженерные средства – это специальные устройства, которые помогают обнаружить и предотвратить получение доступа к файлам и данным. Эти системы предназначены для обнаружения, оповещения и предотвращения несанкционированного доступа.

Аппаратные средства включают приборы и устройства для обнаружения скрытого оборудования и определения активных каналов утечки информации. Они помогают оценить эффективность данных средств и определить их роль в ситуациях, связанных с утечкой информации. К таким средствам относятся индикаторы магнитных полей, высокочастотные измерители, нелинейные локаторы и оборудование для проверки аналоговых телефонных линий. Детекторы случайного электромагнитного излучения используются для обнаружения диктофонов, а детекторы видеокамер работают по аналогичному принципу.

Программные средства – это наиболее важная группа, которая позволяет предотвратить несанкционированный доступ к информационным сетям, блокировать хакерские атаки и уничтожать утечку данных. К таким средствам относятся специальные программы для обеспечения системной безопасности. Например, системы предотвращения утечки данных (***DLP***) и системы управления информационной безопасностью и событиями (***SIEM***). *DLP* полностью предотвращают потерю конфиденциальной информации. Сегодня они настроены на защиту от внутренних угроз, а не от киберпреступников. Эти системы используют широкий спектр технологий для обнаружения потерь и трансформаций данных, а также автоматически проверяют все каналы их передачи, блокируя несанкционированные вторжения и передачу информации.

Системы *SIEM* (*Security Information and Event Management*) отвечают за контроль информационного потока и событий в сети. Событие – это любое событие, которое может оказать влияние на сеть и ее безопасность. Когда возникает событие, система автоматически предлагает решение для устранения угрозы.

Программные технологические средства имеют возможность как решать отдельные задачи, так и обеспечивать комплексную безопасность компьютерных сетей.

Криптографические инструменты включают в себя алгоритмы шифрования, которые защищают всю передаваемую по сети информацию или данные, хранящиеся на сервере. В случае утраты информации она остается недоступной для виртуальных конкурентов [1].

Следовательно, для обеспечения безопасности информации в конкретной компании требуется разработка собственного проекта, который будет оптимальным решением с точки зрения организации системы защиты данных.

Также необходимо обеспечить шифрование данных в режиме ожидания. Если использовать хранилища для хранения конфиденциальных данных, необходимо убедиться, что используется соответствующее шифрование для предотвращения несанкционированного доступа. Для

этого можно использовать уникальный ключ, который регулярно обновляется, или шифрование на стороне клиента.

Важна безопасность конечных точек. Конечные точки, которые подключаются к корпоративным сетям, могут стать уязвимостью в системе безопасности, что позволит злоумышленникам проникнуть в сеть. Конечная точка – это потенциальная точка входа, которую киберпреступники часто используют с помощью различных методов, например, вредоносного программного обеспечения, установленного на конечном устройстве для получения контроля над системой или извлечения данных.

Чтобы решить эту проблему, необходимо использовать специальное оборудование. Оно проверяет процессы, файлы и сетевой трафик на каждой конечной точке на наличие признаков вредоносной активности. Как только инструмент обнаруживает угрозу, он уведомляет соответствующих пользователей и может выполнять автоматические действия.

Создание культуры безопасности также является важным аспектом. Многие организации принимают меры для соблюдения правил информационной безопасности и демонстрируют свою серьезность в отношении безопасности данных. Однако, чтобы снизить реальный риск, необходимо активно развивать культуру безопасности. Это означает, что обсуждение безопасности разработки должно стать частью регулярных встреч, а также нужно проводить регулярное обучение разработчиков передовым методам обеспечения информационной безопасности.

В целом системы предотвращения утечки информации являются неотъемлемой частью современного бизнеса и организаций. Они позволяют защитить конфиденциальные данные, сохранить репутацию компании и избежать финансовых потерь. Однако для достижения максимальной эффективности необходимо учитывать не только технические аспекты, но и организационные и культурные особенности каждой компании.

Выбор наиболее подходящей системы предотвращения утечки информации должен основываться на анализе рисков и потребностей конкретной компании. Кроме того, необходимо проводить регулярные аудиты и обновлять системы в соответствии с новыми угрозами и технологиями. Только так можно обеспечить надежную защиту конфиденциальных данных и добиться успеха в современном бизнесе.

Список литературы/References

1. Ways to prevent information leakage [Electronic resource]. – Access mode : https://searchinform.ru/analitika-v-oblasti-ib/utechki-informatsii/sposoby-predotvrascheniya-utechki-informatsii.
2. Live company data breaches and stats for 2024 / Rachel Sadler [Electronic resource]. – Access mode : https://www.independent.co.uk/advisor/vpn/live-data-breaches-and-stats.
3. Information Leakage: What You Need to Know [Electronic resource]. – Access mode : https://flare.io/learn/resources/blog/information-leakage.
4. What Is Information Security? Goals, Types and Applications [Electronic resource]. – Access mode : https://www.exabeam.com/explainers/information-security/information-security-goals-types-and-applications.

© Ш.Д. Кяримова, Р.В. Гладков, 2024

УДК 004.056

Ш.Д. КЯРИМОВА, Д.В. РЯБОВА
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ: ТРЕНДЫ, УГРОЗЫ И ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Ключевые слова: защита персональной информации; информационная безопасность; кибератака; кибербезопасность.

Аннотация. С развитием технологий и цифровизации угрозы в области кибербезопасности становятся все более сложными и разнообразными, что требует постоянного совершенствования методов защиты. Данная статья направлена на изучение современных тенденций в кибербезопасности, определение основных угроз и оценку эффективных методов защиты данных от кибератак. Основные методы исследования включают анализ публикаций, статистический анализ данных и изучение существующих практик защиты от кибератак. Результаты исследования включают идентификацию трендов и статистики, оценку основных угроз и выявление эффективных методов кибербезопасности.

Кибербезопасность стала одной из ключевых проблем в современном цифровом мире. С ростом количества киберугроз и технологического развития становится все более важным обеспечение надежной защиты информации.

Кибербезопасность – это практика защиты сетей, данных (включая частные и конфиденциальные данные) и устройств от хакеров и киберпреступности путем принятия мер предосторожности.

Кибербезопасность важна, поскольку она помогает защитить организации и отдельные лица от киберугроз, таких как вредоносные программные обеспечения (**ПО**), программы-вымогатели и фишинговые атаки, которые могут скомпрометировать конфиденциальную информацию, нарушить работу критически важной инфраструктуры и нанести финансовый ущерб. Это также помогает обеспечить конфиденциальность, целостность и доступность информации и систем.

Существует множество различных аспектов кибербезопасности, включая сетевую безопасность, безопасность приложений, облачную безопасность и безопасность конечных точек. Организации и частные лица могут внедрять различные меры кибербезопасности для защиты от киберугроз, включая брандмауэры, антивирусное программное обеспечение, шифрование и аутентификацию пользователей [2].

Кибербезопасность является актуальной и важной проблемой в настоящее время, так как постоянно возникают новые угрозы и методы атак. Одним из наиболее распространенных видов проникновения в системы хранения информации является использование бэкдоров. Бэкдоры представляют собой методики взлома, которые позволяют злоумышленникам получить доступ к информации, хранящейся в базах данных операционной системы. Существуют различные способы проникновения, такие как внедрение вредоносного кода или вируса в обычную программу или аппаратную часть устройства, которая предоставляет выход в сеть. Злоумышленники также активно используют бэкдоры, созданные производителями устройств для удаленной поддержки или сброса настроек, выдавая себя за сотрудников службы техподдержки и запрашивая пароль для подтверждения доступа к системе удаленного доступа. Пользователи, не подозревая ничего, предоставляют им доступ к своим файлам.

Еще одним распространенным видом угрозы являются *dos*-атаки, которые осуществляются путем намеренного сбоя одного или нескольких корпоративных устройств. Они приводят к временным сбоям системы и могут вызвать поражение хранилищ данных. Блокировка аккаун-

тов на важных сайтах после нескольких неудачных попыток входа также является способом атаки с целью нанесения ущерба репутации и доброму имени конкурирующего предпринимателя.

Перехват сетевого трафика для получения доступа к информации также является одним из методов атаки. Злоумышленники создают фальшивые точки доступа в интернет, называя их так же, как привычные работникам, и сотрудники без подозрений подключаются к ним, открывая доступ мошенникам ко всей секретной информации.

Фишинг – вид угрозы, при котором злоумышленники обманывают людей, предлагая щедрое вознаграждение или выигрыш в лотерею. Через электронное письмо жертва попадает на сайт с формой для указания реквизитов карты, что позволяет мошенникам получить доступ к финансовым данным и лишить жертву денег.

Социальная инженерия – метод атаки, при котором злоумышленники используют доверие людей. Они притворяются сотрудниками банков и звонят клиентам, чтобы собрать персональные данные. Если жертва не верит, мошенники добавляют, что звонят для актуализации номера в базе.

Также распространен спуфинг – метод, при котором мошенники заходят в социальные сети под разными *IP*-адресами и получают полезную для себя информацию от других пользователей. Они подменяют свой *IP/MAC*-адрес, чтобы войти в сеть, где есть фаервол с фильтрацией *IP/MAC*-адресов, и фальсифицируют электронные письма, указывая адрес, который заслужил доверие у жертвы.

Тайпсквоттинг, или киберсквоттинг основывается на регистрации поддельных доменных имен, которые очень похожи на настоящие. Мошенники надеются, что пользователи, не обращая внимания на детали, сделают ошибку при вводе адреса и попадут на поддельный сайт. На таком сайте пользователи вводят свои личные данные или информацию о платежных картах, которая затем попадает в руки злоумышленников.

Важно быть внимательным и осмотрительным в интернете, чтобы избежать попадания на уловки мошенников. Необходимо проверять адреса сайтов, не открывать подозрительные письма и быть осторожными при передаче личной информации или данных платежных карт.

Все эти виды угроз являются серьезными проблемами в кибербезопасности. Поэтому необходимо быть внимательным и принимать соответствующие меры для защиты своей информации от кибератак.

В соответствии с отчетами, опубликованными на сайтах «Информационные технологии, кибербезопасность, искусственный интеллект» и *«Website Rating»*, можно сделать следующие выводы о статистике и трендах в области кибербезопасности к 2024 г. [1; 3]:

– в 2023 г. количество кибератак составило 1,6 миллиона, что на 10 % больше, чем в предыдущем году;

– финансовые организации столкнулись с высоким уровнем уязвимости и длительным временем выявления утечек данных;

– программы-вымогатели атакуют образовательные учреждения и другие отрасли, что приводит к значительным потерям и компрометации личных данных;

– 85 % экспертов в области кибербезопасности связывают рост кибератак с использованием злоумышленниками генеративного искусственного интеллекта (**ИИ**);

– общий регламент по защите данных (***GDPR***) в 2023 г. наложил рекордные штрафы;

– мировой рынок кибербезопасности оценивается в 153,65 миллиарда долларов и растет в связи с необходимостью защиты от киберпреступности;

– среди пяти крупнейших зарегистрированных преступлений в области кибербезопасности – вымогательство, кража личных данных, утечка личных данных, невыполнение обязательств или неправильная доставка и фишинг;

– взлом корпоративных электронных почтовых ящиков привел к 19,954 жалобам в 2021 г., с общими потерями близко к 2,4 миллиардам долларов;

– 24,299 человек стали жертвами мошенничества, связанного с доверием или романтическими отношениями, с общим ущербом более 956 миллионов долларов;

– *Twitter* остается ключевой целью хакеров после получения данных пользователей (так, в 2020 г. было взломано 130 известных аккаунтов *Twitter*, включая аккаунт Илона Маска);

– организованная преступность несет от-

ветственность за 80 % всех нарушений безопасности и данных.

Есть и методы кибербезопасности для собственной защиты.

1. Для обеспечения собственной кибербезопасности можно применять различные методы. Один из них – создание и регулярное изменение надежных паролей. Надежный пароль включает специальные символы и состоит из 16 или более символов согласно Агентству кибербезопасности и инфраструктурной безопасности США.

Важно также регулярно менять пароли с помощью менеджера паролей. Стандартная практика, которой могут следовать корпорации и потребители, – менять пароль каждые 60–90 дней для всех ваших учетных записей.

Использование менеджера паролей для удобного хранения информации об учетных записях. В Интернете доступно множество менеджеров паролей, которые позволят легко хранить всю информацию учетной записи. *Google Chrome* предоставляет бесплатный менеджер паролей, который также предупредит, если регистрационная информация была найдена в темном Интернете.

2. Настройка двухфакторной аутентификации (2*FA*) для обеспечения дополнительного уровня безопасности при входе в онлайн-аккаунты. Двухфакторная аутентификация, или 2*FA*, означает, что одно из устройств должно находиться в физическом распоряжении, чтобы получить доступ к онлайн-учетной записи. Настройка 2*FA* гарантирует, что понадобятся и компьютер, и телефон, например, для доступа к учетной записи, тем самым предотвращая взломы, получая доступ только к личному имени пользователя и паролю.

3. Включение брандмауэра для защиты сети от вредоносного трафика.

4. Регулярный запуск антивирусной проверки. Антивирусное сканирование поможет определить, заражено ли устройство вредоносным ПО. Антивирусное сканирование обнаружит вредоносное и шпионское ПО, установленное на компьютере.

5. Регулярное обновление программного обеспечения для исправления известных уязвимостей и защиты от атак. Злоумышленники используют известные уязвимости программного обеспечения, которые исправлены в обновленных версиях программного обеспечения. Операционные системы часто предоставляют пользователям возможность автоматического обновления программного обеспечения, что упрощает работу [4].

В современном цифровом мире защита информации является приоритетной задачей для компаний, государственных учреждений и частных лиц. С учетом постоянных угроз необходимо развивать и совершенствовать методы обеспечения кибербезопасности, а также расширять знания и компетенции в этой области. Только совместными усилиями можно справиться с вызовами кибербезопасности и обеспечить надежную защиту цифрового мира.

Список литературы

1. Информационные технологии, кибербезопасность, искусственный интеллект [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://newsletter.radensa.ru/archives/4840.

2. Cybersecurity in 2023: Threats, Technologies, and Best Practices [Electronic resource]. – Access mode : https://perception-point.io/guides/cybersecurity/cybersecurity-threats-technologies-best-practices.

3. Website Rating [Electronic resource]. – Access mode : https://www.websiterating.com/ru/research/cybersecurity-statistics-facts.

4. What Is Cybersecurity? Definition & Best Practices [Electronic resource]. – Access mode : https://www.forbes.com/advisor/business/software/what-is-cybersecurity/#7_cybersecurity_methods_to_protect_yourself_section.

References

1. Informatsionnyye tekhnologii, kiberbezopasnost', iskusstvennyy intellekt [Electronic resource]. – Access mode : https://newsletter.radensa.ru/archives/4840.

© Ш.Д. Кяримова, Д.В. Рябова, 2024

УДК 004.451.88; 004.451.87

С.А. СЕМИКОЛЕННОВ, А.И. ВИНОКУРОВ, С.В. МАЛАХОВ, Д.О. ЯКУПОВ
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Самара

ТРОИЧНЫЕ ПРОЦЕССОРЫ

Ключевые слова: логическая матрица; производительность; троичная система исчисления; троичный код; троичный процессор; *Analog Devices*.

Аннотация. Данная статья рассматривает новую технологию процессоров, основанную на троичной системе счисления. В таких процессорах используются три состояния вместо привычных двух в бинарной системе, что позволяет значительно увеличивать производительность и энергоэффективность, а также создавать многоуровневые системы, ускоряя обработку информации и снижая вероятность ошибок. Троичные коды позволяют эффективнее использовать ресурсы и сокращать энергопотребление. Запись переменных с использованием значений 0, 1 и –1 является простейшей формой троичной логики. В области разработки процессоров используются троичные логические матрицы, которые могут быть исследованы с помощью программных комплексов, таких как *Og3FFT*. Такая технология кодирования сигналов фурье-преобразования эффективно упрощает операции умножения. Один из примеров таких процессоров – это *ADSP*-2192. Из-за своих характеристик, таких как энергоэффективность и быстродействие, *ADSP*-2192 является хорошим выбором для мобильных устройств. Процессор способен обрабатывать до 13 прерываний одновременно и имеет наборы регистров для управления прерываниями. Он также предлагает различные возможности для обмена данными и связи с внешними устройствами, а разработка программ для него возможна с использованием средств *VisualDSP* и *VisualDSP++*.

В последнее время троичные коды вызывают все больший интерес в области цифровых систем. Это вызвано наличием их потенциальных преимуществ по производительности, функциональности и надежности по сравнению с традиционными двоичными кодами [1]. Одним из таких преимуществ является возможность более эффективного использования ресурсов и сокращения энергопотребления. Троичные коды позволяют создавать многоуровневые системы, что ускоряет обработку информации и уменьшает вероятность ошибки.

Запись переменных с помощью значений 0, 1 и –1 – это самая простая форма троичной логики (кодовые символы –0, 1, '1) [2]. Троичные логические матрицы представляют большой интерес при разработке процессоров [3].

ЗАО «НПО РТК» разработал комплекс программ *OG3FFT* с целью изучения характеристик троичных матриц. Он эмулирует троичные преобразования Фурье с помощью программируемой логической интегральной схемы (**ПЛИС**) и позволяет строить графики сигналов, находящихся в обработке (рис. 1). Программный комплекс позволяет выполнять Быстрое преобразование Фурье (**БПФ**) для трех, девяти и 27 точек преобразования, что позволяет исследовать различные аспекты троичных систем.

Технология троичного кодирования сигналов Фурье-преобразования является эффективным решением для уменьшения количества сложных операций умножения [4]. Здесь применяется троичная матрица, а использование симметрии индексов вектора входных переменных позволяет проводить преобразование быстро и сократить количество базовых операций комплексного умножения. Управление процессом осуществляется через *USB*, который эмулирует работу параллельного порта персонального компьютера (**ПК**) в режиме *EPP*. Это обеспечивает удобство взаимодействия с цифровым процессором.

Существуют модули, специально разработанные для данной архитектуры. Их функциональность включает в себя сумматоры и умножители для работы с комплексными переменными. Комплекс программ *OG3FFT*, осно-

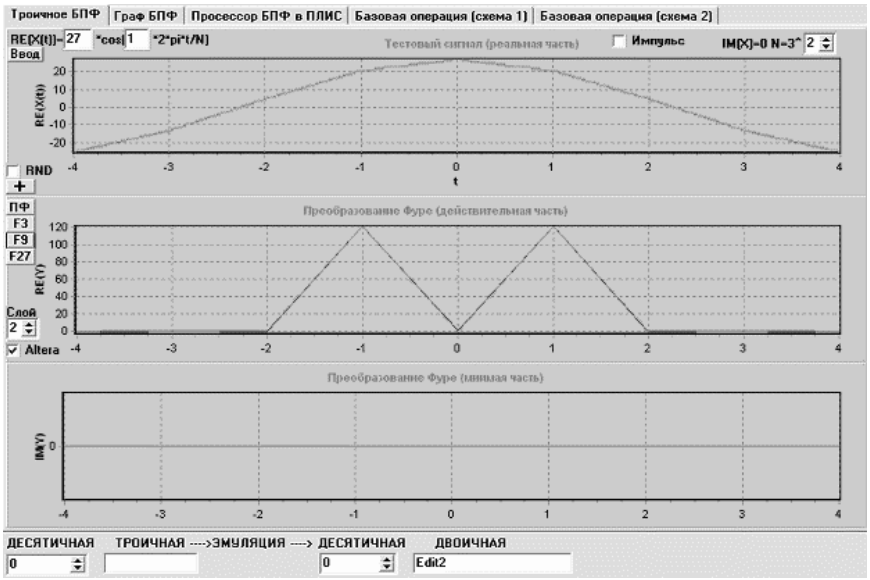

Рис. 1. Пример Фурье-преобразования в программном комплексе при девяти точках

ванный на ОСЦИГЕН-3, позволяет настраивать программируемую логическую интегральную схему осциллографа-генератора Осциген и выполнять процессорные преобразования Фурье с использованием троичной логической матрицы [11].

Особенность программного комплекса *OG3FFT* заключается в наличии встроенного калькулятора, позволяющего выполнить преобразование десятичных чисел в троичное и бинарно-кодированное представление, а также обратные преобразования [7]. Линейка процессоров *ADSP*-219*x* и ADSP-2116*x*, представленная компанией *Analog Devices*, продолжает развивать функциональность и снижать стоимость предшествующих моделей *ADSP*-218*X* и *ADSP*-2106*X*. *ADSP*-2192 является процессором обработки сигналов с фиксированной точкой и представляет собой четвертое поколение семейства *DSP*, а также первое такое устройство на рынке.

ADSP-2192 имеет обширные возможности в области обработки сложных сигналов благодаря своей производительности на уровне 320 *Mips*. Он отличается тем, что объединяет два ядра процессора на базе архитектуры *ADSP*-219*x*. Благодаря этому процессору удается эффективно распараллеливать вычисления и одновременно выполнять несколько задач.

ADSP-2192 также обладает множеством интерфейсов обмена информацией и контроллеров, что позволяет без проблем интегрировать этот процессор с другими устройствами и системами.

Архитектура *ADSP*-2192 является развитием архитектуры *ADSP*-218x и имеет ряд схожих черт, но также имеет улучшения, которые делают его удобным для использования. Одна из важных проблем, с которыми сталкивались пользователи процессоров *ADSP*-218x, связана с привязкой внутренних регистров к конкретным устройствам.

Кэш-память имеет размер 64 слова по 24 бита каждое. Для одновременной выборки операндов из памяти используются два генератора адресов выборки данных. Каждый из них имеет управление двумя наборами из четырех 16-разрядных указателей адреса. Это позволяет эффективно работать с памятью и ускоряет выполнение операций. *ADSP*-2192 также добавляет и увеличивает количество режимов косвенной адресации, которые позволяют предварительно или последующе модифицировать содержимое регистров. Это расширяет возможности адресации и делает процессор еще более гибким. В целом *ADSP*-2192 – это развитие архитектуры *ADSP*-218*x* с улучшенной гибкостью и производительностью. Он предоставляет различные возможности для эффективного обмена данными, ускорения выполнения операций и оптимизации использования памяти. Этот процессор является надежным инструментом для решения сложных задач в области сигнальной обработки.

Процессор *ADSP*-2192 имеет внутреннюю память объемом 140 к слов, которая разделена на память программ (**ПП**) и память данных (**ПД**), что обеспечивает эффективное выполнение задач. Первое ядро процессора имеет доступ к 64 к словам данных и 16 к словам памяти программ, в то время как второе ядро имеет доступ к 32 к и 16 к соответственно.

Контроллер прерываний способен обрабатывать до 13 прерываний одновременно, то есть сразу несколько событий, происходящих одновременно, и управлять ими соответственно приоритетам. В системе есть несколько типов прерываний. Некоторые нельзя замаскировать или отключить программно. Они должны быть обработаны независимо от текущего состояния системы. Остальные прерывания можно.

Для управления прерываниями используются наборы регистров со стековым доступом. Они позволяют сохранять состояние системы и переключаться между различными прерываниями. Контроллер также имеет «теневые» регистры, которые позволяют быстро переключаться между наборами регистров при обработке прерываний.

Внутренние и внешние устройства обмениваются информацией с помощью контроллера прямого доступа к памяти (**ПДП**) (контроллер прямого доступа к памяти), он имеет 14 каналов обмена, которые обеспечивают быстрый и эффективный обмен данными. Информация к процессору передается без потери времени.

Для создания программ для процессоров *ADSP*-219*x* доступны среды разработки *VisualDSP* и *VisualDSP*++. Они содержат в себе компилятор, отладчик и другие инструменты для создания и отладки программ для этих процессоров. Для аппаратной отладки используется встроенный эмулятор через *JTAG*-интерфейс, который упрощает процесс отладки.

В общем, процессоры *ADSP*-219*x* – это передовые цифровые процессоры, специально разработанные для обработки сигналов. Они имеют различные аппаратные особенности и поддерживают различные интерфейсы для подключения периферии.

Список литературы

1. Brian Hayes. – Third Base. American Scientist. – November-December 2001. – Vol. 89. – No. 6. – P. 490–494.
2. Брусенцов, Н.П. Опыт разработки троичной вычислительной машины / Н.П. Брусенцов // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. I, Математика, механика. – 1965. – № 2. – С. 39–48.
3. Брусенцов, Н.П. Начала информатики / Н.П. Брусенцов. – М. : Фонд «Новое тысячелетие», 1994. – 176 с.
4. Авторское свидетельство № 1095409 СССР, МПК H03K 19/094, H03K 3/29. Многоустойчивый полупроводниковый прибор : № 3503218 : заявл. 14.10.1982 : опубл. 30.05.1984 / А.Т. Корабельников.
5. Пат. 3060330 США. Three-level inverter circuit (Схема трехуровневого инвертора) / K.M. Trampel. Заявл. 02.02.1961, опубл. 23.10.1962.
6. А.с. 813792 СССР. Элемент трехзначной логики / В.В. Бугаенко, В.И. Корнейчук, О.В. Масленников, В.П. Тарасенко и Я.И. Торошанко. Заявл. 23.04.1979, опубл. 15.03.1981.
7. Пат. 1563821 Великобритания. Ternary logic circuits with CMOS Devices (Троичные логические схемы с КМОП-приборами) / Hussein Talaat Mouftah.Заявл. 19.03.1976, опубл. 02.04.1980.
8. А.с. 1707757 СССР. Троичный дизъюнктор на МОП-транзисторах / А.Н. Кушниренко // Заявл. 27.07.1987, опубл. 23.01.1992.
9. Пат. 2281605 Российская Федерация. Логическое устройство «И» / Н.Д. Попов, В.А. Лукашенко // Заявл. 01.11.2004, опубл. 10.08.2006.
10. Сетевой комбинированный прибор ОСЦИГЕН. Руководство по эксплуатации 54323649.40 1850 9 РЭ. ЗАО «Научно-производственное объединение РТК». – СПб, 2008.
11. Сетевой комбинированный прибор ОСЦИГЕН. Паспорт 54323649.40 1850 9 ПС. ЗАО «Научно-производственное объединение РТК». – СПб, 2008.

References

2. Brusentsov, N.P. Opyt razrabotki troichnoy vychislitel'noy mashiny / N.P. Brusentsov // Vestn. Mosk. Un-ta. Ser. I, Matematika, mekhanika. – 1965. – № 2. – S. 39–48.

3. Brusentsov, N.P. Nachala informatiki / N.P. Brusentsov. – M. : Fond «Novoye tysyacheletiye», 1994. – 176 s.

4. Avtorskoye svidetel'stvo № 1095409 SSSR, MPK H03K 19/094, H03K 3/29. Mnogoustoychivyy poluprovodnikovyy pribor : № 3503218 : zayavl. 14.10.1982 : opubl. 30.05.1984 / A.T. Korabel'nikov.

5. Pat. 3060330 SSHA. Three-level inverter circuit (Skhema trekhurovnevogo invertora) / K.M. Trampel. Zayavl. 02.02.1961, opubl. 23.10.1962.

6. A.s. 813792 SSSR. Element trekhznachnoy logiki / V.V. Bugayenko, V.I. Korneychuk, O.V. Maslennikov, V.P. Tarasenko i YA.I. Toroshanko. Zayavl. 23.04.1979, opubl. 15.03.1981.

7. Pat. 1563821 Velikobritaniya. Ternary logic circuits with CMOS Devices (Troichnyye logicheskiye skhemy s KMOP-priborami) / Hussein Talaat Mouftah.Zayavl. 19.03.1976, opubl. 02.04.1980.

8. A.s. 1707757 SSSR. Troichnyy diz"yunktor na MOP-tranzistorakh / A.N. Kushnirenko // Zayavl. 27.07.1987, opubl. 23.01.1992.

9. Pat. 2281605 Rossiyskaya Federatsiya. Logicheskoye ustroystvo «I» / N.D. Popov, V.A. Lukashenko // Zayavl. 01.11.2004, opubl. 10.08.2006.

10. Setevoy kombinirovannyy pribor OSTSIGEN. Rukovodstvo po ekspluatatsii 54323649.40 1850 9 RE. ZAO «Nauchno-proizvodstvennoye ob"yedineniye RTK». – SPb, 2008.

11. Setevoy kombinirovannyy pribor OSTSIGEN. Pasport 54323649.40 1850 9 PS. ZAO «Nauchno-proizvodstvennoye ob"yedineniye RTK». – SPb, 2008.

© С.А. Семиколеннов, А.И. Винокуров, С.В. Малахов, Д.О. Якупов, 2024

УДК 621.785

Ю.Н. ВОЛОШИН, И.А. НОГЕРОВ
ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный Университет имени Х.М. Бербекова», г. Нальчик

РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ЗАКАЛКЕ

Ключевые слова: водные растворы солей; закалка; мартенситное превращение; охлаждающая среда; перлитная область; скорость охлаждения; твердость; ультразвук.

Аннотация. Изучен вопрос регулирования скорости охлаждения при закалке введением ультразвука в охлаждающую среду. Показана возможность повышения скорости охлаждения в перлитной области при использовании закалочных сред с повышенным содержанием солевых компонентов при сохранении низкой скорости охлаждения в области мартенситного превращения.

Введение

Большинство металлов и сплавов подвергается термической обработке и, в частности, термическому упрочнению путем перевода структуры материала в метастабильное состояние [1]. Упрочнение материалов с привлечением понятия метастабильного состояния проводится по двухстадийной схеме. На первой стадии материал переводится в предельно технологически обеспечиваемое метастабильное состояние и в последующем путем снижения уровня метастабильности обеспечивается требуемый уровень свойств. Данная схема может быть реализована для сплавов, имеющих переменную по температуре растворимость компонентов или испытывающих полиморфное превращение. Технология с полиморфным превращением реализуется для сталей, основным фазовым превращением которых является превращение аустенита в мартенсит. На рис. 1 представлены кривые превращения аустенита в изотермических условиях и при непрерывном охлаждении в координатах температура (t) – время (τ).

В общем случае основными требованиями к закаливающей среде являются быстрый переход от пленочного к пузырьковому кипению и отсутствие в закаленном материале структур перлитной области. При пузырьковом кипении происходит быстрое прохождение области минимальной устойчивости переохлажденного аустенита при температуре t_1 и медленное конвективное охлаждение в области мартенситного превращения (*МН-МК*) для предотвращения коробления или растрескивания деталей за счет термических и структурных внутренних напряжений.

Вышеизложенные требования реализуются для теоретической кривой охлаждения 1–2–3. Фактически крайними случаями охлаждения являются закалка в воде и закалка в масле. Закалка в масле приемлема для легированных сталей, обладающих достаточной устойчивостью переохлажденного аустенита. Приближение к идеальной кривой охлаждения может быть достигнуто по технологической схеме закалки в двух средах вода-масло (линии 2–3) или с использованием специальных закалочных полимерных сред. Основные свойства и области применения классических закалочных сред приведены в литературном источнике [2]. В качестве закалочных сред используются водные растворы солей и щелочей, горячие соляные ванны, бишофит, серебристый графит, полимерные среды и др. [3–9]. Кроме изменения состава закалочной среды, для регулирования скорости охлаждения осуществляется физическое воздействие на закалочную среду или закаливаемый материал [10–15].

Постановка задачи

Для высокоуглеродистых инструментальных сталей в зависимости от размера сечения детали используется закалка в воде, водных растворах солей или щелочей, масле. Закалка в воде или водных растворах солей (с концен-

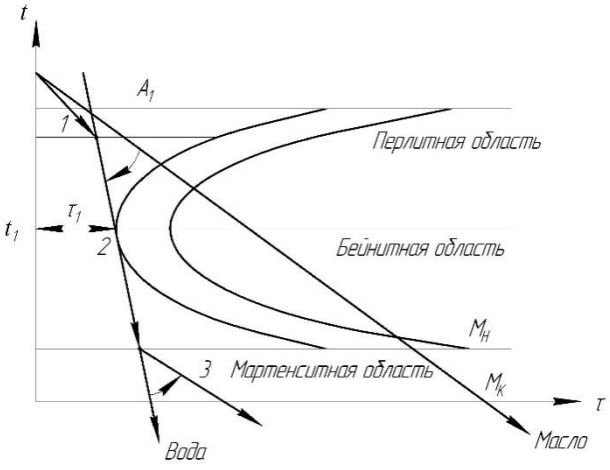

Рис. 1. Превращение аустенита в изотермических условиях и при непрерывном охлаждении:
1 – пленочное кипение; 2 – пузырьковое кипение; 3 – конвективное охлаждение;
t_1 – температура минимальной устойчивости переохлажденного аустенита;
1 – минимальное время существования переохлажденного аустенита

траций компонента 6–15 %) обеспечивает высокие скорости охлаждения в перлитной области и области мартенситного превращения. Масло обеспечивает низкую скорость охлаждения в области *МН-МК*, но одновременно для материалов с малой устойчивостью аустенита скорость охлаждения в перлитной области недостаточна. Кроме того, масло достаточно пожароопасно, при его использовании необходимы последовательная очистка деталей и регенерация масла. Поэтому целесообразно рассмотреть возможность использования водных растворов солей или щелочей с повышенным содержанием компонентов. Повышенная концентрация солей и щелочей обеспечивает низкие скорости охлаждения в области мартенситного превращения, но также снижается скорость охлаждения в перлитной области. Для повышения скорости охлаждения в таких закалочных средах можно использовать методы физического воздействия на закалочные среды с целью разрушения паровой рубашки и сокращения времени пленочного кипения. Одним из таких методов является ультразвуковая обработка закалочной среды в процессе закалки [10]. Предполагается, что кавитационное воздействие и интенсивная гидродинамическая обстановка у поверхности материала будут способствовать деструкции паровой рубашки и повышению скорости охлаждения в перлитной области, а также образованию более мелкодисперсной мартенситной структуры, что снижает уровень закалочных напряжений.

Методы и материалы исследования

На основании вышеизложенных соображений в данной работе исследовалась возможность сокращения стадии пленочного кипения в средах с повышенным содержанием солевых компонентов с одновременным уменьшением скорости охлаждения в области *МН-МК*. В качестве модельного материала использовалась сталь У10, обладающая низкой прокаливаемостью вследствие малой устойчивости переохлажденного аустенита, охлаждающей среды – водный раствор *NaCl* с содержанием соли от 10 до 35 %. Ультразвуковая обработка закалочной среды осуществлялась в течение 5–10 с и ее влияние на скорость охлаждения в области *МН-МК* предполагалось незначительным. Одним из критериев оценки влияния среды и режима охлаждения на материал являлась твердость по шкале *HRC*. Закалка осуществлялась в разработанной ультразвуковой ванне емкостью 1,5 л от температуры 780 ^{o}C и выдержке образца в печи в течение 20 мин. Введение ультразвука в закалочную среду осуществлялось пьезокерамическим излучателем, вмонтированным в дно ванны от модульного генератора частотой 44 кГц. Интенсивность излучения в жидкую среду составляла 4 * 104 Вт/м^2, расчетный критический радиус кавитационного пузырька – порядка 2,7 мкм.

Рис. 2. Аппаратурное обеспечение процесса

Аппаратурное обеспечение процесса представлено на рис. 2.

Фактическое распределение звукового давления в ванне определялось измерителем звукового давления, а фактическая концентрация содержания солей в растворе – рефрактометром.

Полученные результаты

Результаты проведенных экспериментов показывают, что без наложения ультразвука и с наложением ультразвука твердость образцов, закаленных в чистой воде и 10 % водном растворе *NaCl* практически одинакова и составляет (60–62) *HRC*. Увеличение содержания *NaCl* до 25 и 35 % приводит к снижению твердости до значений (46–40) *HRC*, что может свидетельствовать о снижении скорости охлаждения и наличии перлитных и промежуточных структур в материале. Наложение ультразвука привело к повышению твердости образцов в закалочных средах с содержанием 25 и 35 % *NaCl* до значений твердости 58 и 54 *HRC* соответственно. Растрескивание образцов в экспериментах с наложением и без наложения ультразвука не наблюдалось. Влияния времени наложения ультразвука в диапазоне 5–10 с на твердость не обнаружено.

Выводы

На основании проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что использование закалочных сред с повышенным содержанием солей позволяет приблизить их по охлаждающей способности к минеральным маслам в области *МН-МК*, а наложение ультразвука – к низкоконцентрированным солевым растворам в перлитной области. Кроме того, использование закалочных сред на основе водных растворов солей пожаробезопасно и уменьшает выделение газов в атмосферу цеха.

Список литературы

1. Солнцев, Ю.П. Материаловедение / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. – СПб : Издательство «Химиздат», 2007. – 784 с.
2. Петраш, Л.В. Закалочные среды / Л.В. Петраш. – М.-Л. : Издательство «Машгиз», 1959. – 112 с.
3. Закамалдина, А.А. Новые закалочные среды / А.А. Закамалдина, Ю.И. Кочуркина, Г.И. Тихонов // МиТОМ. – 1983. – № 1. – С. 9–12.
4. Ворошилов, В.А. Особенности охлаждения в водных растворах сульфитных щелоков и полимеров / В.А. Ворошилов, В.Г. Журавлев, Г.И. Тихонов // МиТОМ. – 1988.– № 2.– С. 2–5.

5. Рассизадегани, Й. Сравнение закаливающих способностей горячей соляной и масляной ванн / Й. Рассизадегани, Ш. Рейган, М. Аскари // МиТОМ. – 2006. – № 5.– С. 8–11.

6. Чумаков, С.А. Новые закалочные масла «Волтес М3» / С.А. Чумаков // МиТОМ. – 2006. – № 12(618). – С. 41.

7. Горюшин, В.В. Применение охлаждающей среды УЗСП-1 при спрейерной закалке зубчатых колес / В.В. Горюшин, С.Ю. Шевченко, С.А. Ковалев // МиТОМ. – 2007. – № 4(624). – С. 33–36.

8. Забалоцкий, В.К. Энергосберегающая термическая обработка сталей с использованием тепла структурно-фазовых превращений / В.К. Забалоцкий, В.И. Шимко, А.И. Шимко // МиТОМ. – 2014. – № 2(704). – С. 11–15.

9. Майсурадзе, М.В. Охлаждающая способность современных промышленных полимерных закалочных сред / М.В. Майсурадзе, Е.В. Антаков, В.В. Назарова // Сталь. – 2021. – № 8. – С. 50–59.

10. Биронт, В.С. Теория термической обработки металлов / В.С. Биронт. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 539 с.

11. Берштейн, Л.И. Регулирование скорости охлаждения при закалке стали / Л.И. Берштейн, А.С. Сипер, Ю.Л. Берштейн // МиТОМ. – 1990. – № 6.– С. 16–18.

12. Кривоглаз, М.А. Закалка стали в магнитном поле / М.А. Кривоглаз, В.Д. Садовский, Л.В. Смирнов, Е.А. Фокина – М. : «Наука», 1977. – 119 с.

13. Задоян, Д.Н. Применение мощных ультразвуковых волн (УЗВ) в процессе закалки сталей / Д.Н. Задоян, Л.А. Азизбекян // Вестн. Самарского. гос. техн. ун-та. Сер. физ.- мат. науки. – 2004. – № 27. – С. 38–41.

14. Ковалько, М.С. Формирование структуры и свойств в высокопрочном чугуне при его изотермической закалке с использованием ультразвука / М.С. Ковалько, А.Т. Волочко, А.В. Зизико, В.В. Рубаник // Литье и металлургия. – 2020. – № 4. – С. 118–124.

15. Влияние режимов термоультразвуковой обработки на механические свойства образцов из стали 40Х / А.М. Бадамшин, Д.А. Седых, З.Ю. Руппель [и др.]. // Материалы IX Международной научно-технической конференции. «Техника и технология машиностроения». Омск, 8-10 июня 2020 г.– Омск: Издательство ОмГТУ. – 2020. – С. 3–7.

References

1. Solntsev, YU.P. Materialovedeniye / YU.P. Solntsev, Ye.I. Pryakhin. – SPb : Izdatel'stvo «Khimizdat», 2007. – 784 s.

2. Petrash, L.V. Zakalochnyye sredy / L.V. Petrash. – M.-L. : Izdatel'stvo «Mashgiz», 1959. – 112 s.

3. Zakamaldina, A.A. Novyye zakalochnyye sredy / A.A. Zakamaldina, YU.I. Kochurkina, G.I. Tikhonov // MiTOM. – 1983. – № 1. – S. 9–12.

4. Voroshilov, V.A. Osobennosti okhlazhdeniya v vodnykh rastvorakh sul'fitnykh shchelokov i polimerov / V.A. Voroshilov, V.G. Zhuravlev, G.I. Tikhonov // MiTOM. – 1988.– № 2.– S. 2–5.

5. Rassizadegani, Y. Sravneniye zakalivayushchikh sposobnostey goryachey solyanoy i maslyanoy vann / Y. Rassizadegani, SH. Reygan, M. Askari // MiTOM. – 2006. – № 5.– S. 8–11.

6. Chumakov, S.A. Novyye zakalochnyye masla «Voltes M3» / S.A. Chumakov // MiTOM. – 2006. – № 12(618). – S. 41.

7. Goryushin, V.V. Primeneniye okhlazhdayushchey sredy UZSP-1 pri spreyyernoy zakalke zubchatykh koles / V.V. Goryushin, S.YU. Shevchenko, S.A. Kovalev // MiTOM. – 2007. – № 4(624). – S. 33–36.

8. Zabalotskiy, V.K. Energosberegayushchaya termicheskaya obrabotka staley s ispol'zovaniyem tepla strukturno-fazovykh prevrashcheniy / V.K. Zabalotskiy, V.I. Shimko, A.I. Shimko // MiTOM. – 2014. – № 2(704). – S. 11–15.

9. Maysuradze, M.V. Okhlazhdayushchaya sposobnost' sovremennykh promyshlennykh polimernykh zakalochnykh sred / M.V. Maysuradze, Ye.V. Antakov, V.V. Nazarova // Stal'. – 2021. – № 8. – S. 50–59.

10. Biront, V.S. Teoriya termicheskoy obrabotki metallov / V.S. Biront. – Krasnoyarsk : IPK SFU,

2009. – 539 s.

11. Bershteyn, L.I. Regulirovaniye skorosti okhlazhdeniya pri zakalke stali / L.I. Bershteyn, A.S. Siper, YU.L. Bershteyn // MiTOM. – 1990. – № 6.– S. 16–18.

12. Krivoglaz, M.A. Zakalka stali v magnitnom pole / M.A. Krivoglaz, V.D. Sadovskiy, L.V. Smirnov, Ye.A. Fokina – M. : «Nauka», 1977. – 119 s.

13. Zadoyan, D.N. Primeneniye moshchnykh ul'trazvukovykh voln (UZV) v protsesse zakalki staley / D.N. Zadoyan, L.A. Azizbekyan // Vestn. Samarskogo. gos. tekhn. un-ta. Ser. fiz.- mat. nauki. – 2004. – № 27. – S. 38–41.

14. Koval'ko, M.S. Formirovaniye struktury i svoystv v vysokoprochnom chugune pri yego izotermicheskoy zakalke s ispol'zovaniyem ul'trazvuka / M.S. Koval'ko, A.T. Volochko, A.V. Ziziko, V.V. Rubanik // Lit'ye i metallurgiya. – 2020. – № 4. – S. 118–124.

15. Vliyaniye rezhimov termoul'trazvukovoy obrabotki na mekhanicheskiye svoystva obraztsov iz stali 40KH / A.M. Badamshin, D.A. Sedykh, Z.YU. Ruppel' [i dr.]. // Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. «Tekhnika i tekhnologiya mashinostroyeniya». Omsk, 8-10 iyunya 2020 g.– Omsk: Izdatel'stvo OmGTU. – 2020. – S. 3–7.

© Ю.Н. Волошин, И.А. Ногеров, 2024

УДК 004.896

КАРРАР ЖАВУШ САХИБ НАССРУЛЛА, ХАЙДЕР ЧАВУШ САХИБ НАСРАЛЛА, ФЛОРЕС МЕНДЕС НЕДЕР ХАИР
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва

НОВЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИМВОЛИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТОВ

Ключевые слова: машинное обучение; переобучение; робототехника; символьная регрессия; управление движением.

Аннотация. Это исследование бросает свет на проблему переобучения в контексте управления движением роботов с использованием символической регрессии. Цель исследования заключается в разработке нового метода, способного значительно снизить переобучение и улучшить обобщающую способность символической регрессии в задачах робототехники. Мы предлагаем комплексный подход, который включает интеграцию дополнительных этапов обработки данных и внимательную настройку параметров с целью оптимизации процесса обучения.

Методология, используемая в данной работе, включает в себя более глубокую предобработку данных, включая систематический выбор признаков и увеличение функций, чтобы эффективно улучшить обобщающую способность модели. Осуществляется оптимизация параметров для символической регрессии, включая выбор функций потерь и регуляризации, чтобы достичь хорошего баланса между точностью и предотвращением переобучения.

Полученные результаты демонстрируют значительное улучшение производительности и обобщающей способности предложенного метода по сравнению с традиционной символьной регрессией. Полученные выводы подчеркивают перспективы нового метода в контексте управления движением роботов и предоставляют плодотворную основу для его дальнейшего развития и интеграции в реальные робототехнические системы.

Введение

Символическая регрессия, занимающая центральное место в области машинного обучения, представляет собой инновационный подход к обнаружению аналитических выражений, описывающих сложные взаимосвязи между входными данными и выходами системы. Этот метод, развивающийся на протяжении последних десятилетий, привлекает все большее внимание благодаря своим успешным применениям в различных областях, включая робототехнику.

Исторический обзор символической регрессии является ключевым элементом при построении понимания эволюции этого метода и выявлении значимых этапов его развития. Начиная с первоначальных исследований в области символической регрессии, этот метод активно развивался, проходя существенные изменения благодаря введению новых математических концепций и вычислительных подходов.

Первоначальные исследования в этой области, проведенные в середине XX века, были направлены на поиск аналитических выражений, описывающих сложные зависимости в данных (*Visbeek Samantha et al.*, 2023). С появлением вычислительной мощности, особенно в последние десятилетия, символическая регрессия стала более доступной для более сложных и объемных вычислений (*Hong*, *Hoon and Chee Yap*, 2014). Важным этапом в развитии метода стал переход от традиционных статических моделей к более динамичным и адаптивным подходам (*Žegklitz Jan and Petr Pošík*, 2019). Применение символической регрессии в робототехнике стало особенно заметным из-за растущей потреб-

Обозначения

$\dot{x}_1$	Линейная скорость по оси X
$\dot{x}_2$	Линейная скорость по оси Y
$\dot{x}_3$	Угловая скорость
x	Вектор состояния
u	Вектор контроля
x_0	Начальные условия
x^f	Терминальные условия
j_{syn}	Критерий качества
$t_{f,\,i}$	Время завершения (необходимое время для перехода из начального состояния в конечное состояние)
g_i	Общая функция
$\tilde{u}_i$	Управляющая функция для управления синтезом

ности в эффективных решениях для управления и моделирования движений роботов в разнообразных средах.

Успешные примеры применения символической регрессии в робототехнике подчеркивают ее потенциал в создании интеллектуальных систем, способных решать сложные задачи. Этот метод становится ключевым инструментом для разработки алгоритмов управления, способных адаптироваться к изменяющимся условиям и требованиям реального времени. Однако, несмотря на обширное использование и значительные успехи, символическая регрессия сталкивается с врожденной проблемой переобучения, что заметно ограничивает обобщающую способность обнаруженных аналитических выражений (*Bomarito G. F. And et al*, 2022), (*Arai Kohei*, 2022). Эта проблема становится ключевым ограничением эффективности метода в реальных сценариях, где высокая адаптивность и способность к обобщению являются существенными.

Проблема переобучения в символической регрессии проявляется в том, что модель излишне подстраивается под обучающие данные, не способна выявлять общие закономерности и лишена способности должным образом обобщать полученные знания на новые, ранее не встреченные данные. Это особенно критично в реальных сценариях робототехники, где условия могут динамически изменяться и требуется устойчивость к различным внешним воздействиям. Таким образом, необходимость разработки методов по снижению переобучения в символической регрессии становится насущной задачей. Это может включать в себя разработку эффективных стратегий регуляризации, оптимизацию параметров модели и использование дополнительных данных для более точного отражения разнообразия окружающей среды.

Решение проблемы переобучения в символической регрессии не только улучшает ее применимость в реальных условиях, но также способствует более успешной интеграции этого метода в различные области, где точность и стабильность играют ключевую роль.

В этом контексте обновление методов символической регрессии и исследование новых подходов к решению проблемы переобучения выступают в качестве ключевых направлений исследований. Понимание ограничений текущих методов и разработка новых стратегий необходимы для преодоления вызванных эффективностью символической регрессии трудностей в динамичных и переменных средах, включая робототехнику.

Метод

Для эффективного решения проблемы переобучения в символьной регрессии, используемой в контексте управления движением роботов, предлагается новый подход. Методология этого подхода включает интеграцию дополни-

тельных этапов обработки данных, способствующих улучшению обобщающей способности модели и повышению ее эффективности в различных сценариях.

Прежде всего предлагается внедрение этапа выбора характеристик, направленного на выявление наиболее значимых и информативных черт входных данных. Этот этап помогает уменьшить размерность данных и сосредоточить модель на наиболее важных аспектах задач управления движением.

Кроме того, методология включает этап аугментации функций, направленный на создание различных вариаций входных данных для обогащения процесса подгонки. Это способствует улучшению обобщающей способности модели, делая ее более устойчивой к различным условиям и внешним воздействиям.

Уточнение критериев оценки модели также является важной частью предлагаемой методологии. Это включает более глубокий анализ метрик оценки производительности, помогающий выявить сильные и слабые стороны модели. Такой анализ позволяет лучше соотнести модель с требованиями задач управления движением роботов.

Определение хороших параметров обучения – неотъемлемая часть предлагаемого подхода. Тщательная настройка параметров модели позволяет достичь баланса между точностью и предотвращением переобучения, в конечном итоге приводя к значительному улучшению обобщающей способности разработанного метода символьной регрессии в контексте управления движением роботов.

Результаты и обсуждение

Математическая модель объекта управления (Š*uster Peter and Anna Jadlovská*, 2011) имеет следующую форму:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= 0,5(u_1+u_2)\cos(x_3); \\ \dot{x}_2 &= 0,5(u_1+u_2)\sin(x_3); \\ \dot{x}_3 &= 0,5(u_1+u_2), \end{aligned} \tag{1}$$

где $x=[x_1 x_2 x_3]^T$ – вектор состояния, $u=[u_1 u_2]^T$ является вектором управления.

Управление имеет ограничения:

$$u^- = -10 \le u_i \le 10 = u^+, i=1,2. \tag{2}$$

Данный набор начальных условий включал восемь элементов:

$$x_0 = \left\{ \begin{aligned} & x^{0,1} = \left[33,5\frac{4\pi}{13}\right]^T, x^{0,2} = \left[33,5\frac{4\pi}{13}\right]^T, \\ & x^{0,3} = \left[3-3,5\frac{4\pi}{13}\right]^T, x^{0,4} = \left[3-3,5\frac{4\pi}{13}\right]^T, \\ & x^{0,5} = \left[33,5\frac{4\pi}{13}\right]^T, x^{0,6} = \left[-33,5\frac{4\pi}{13}\right]^T, \\ & x^{0,7} = \left[3-3,5\frac{4\pi}{13}\right]^T, x^{0,8} = \left[-3-3,5\frac{4\pi}{13}\right]^T. \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

Терминальные условия были заданы как одна точка:

$$x^f = [00\,0]^T. \tag{4}$$

Необходимо найти функцию управления в виде:

$$\begin{aligned} & u_i = g_i(x_1, x_2, x_3), u^- \le \\ & g_i(x_1, x_2, x_3) \le u^+, i=1,2. \end{aligned} \tag{5}$$

Для минимизации критерия:

$$j_{syn} = \sum_{i=1}^{8}\left(t_{f,i} + \sqrt{\sum_{i=1}^{3} x^2\left(t_{f,i}, x^{0,i}\right)}\right), \tag{6}$$

где

$$t_{f,i} = \begin{cases} t, if \sqrt{\sum_{i=1}^{3} x_i^2\left(t, x^{0,i}\right)} < \varepsilon \\ t^+, otherwise \end{cases}. \tag{7}$$

Задача была решена методом вариационного синтезированного генетического программирования. Было получено следующее решение:

$$g_i(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} u^-, if\ \tilde{u}_i < u^-; \\ u^+, if\ \tilde{u}_i > u^+, i=1,2; \\ \tilde{u}_i, otherwise. \end{cases} \tag{8}$$

Найденный закон управления с помо-

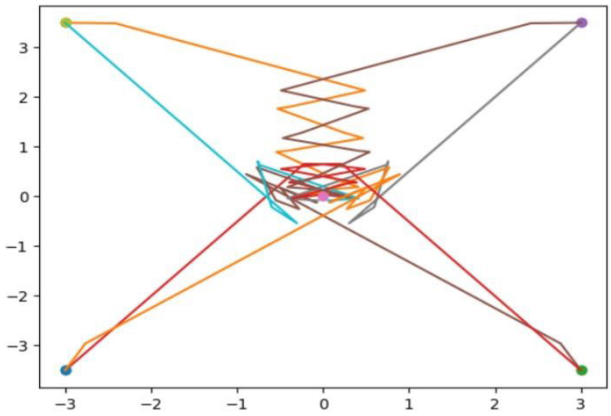

Рис. 1. Траектории робота с проблемой переобучения

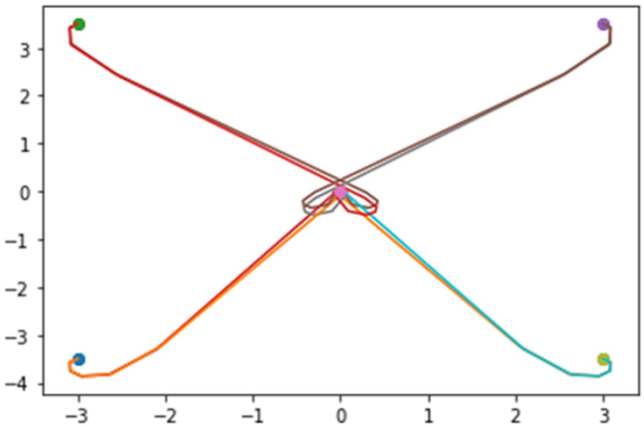

Рис. 2. Траектории робота после применения разработанного метода

щью вариационного синтезированного генетического программирования по формуле (8) имеет вид:

$$\tilde{u}_i = q_1\left(x_1^* - x_1\right) + \left(x_1^* - x_1\right) \times \left(x_2^* - x_2\right)^2 + q_2\left(x_3^* - x_3\right); \quad (9)$$

$$\tilde{u}_2 = 2q_1q_3\left(x_1^* - x_1\right), \quad (10)$$

где q_1 = 0,95691, q_2 = 4,56499, q_3 = 9,95429. Значение критерия качества (6) для решения J_{syn} = 2,17901.

Траектории движения робота из начальных состояний [(–3, 3,5), (3, 3,5), (–3, –3,5), (3, –3,5)], где каждая точка имеет два разных пути, где начальный угол робота меняется, а путь заканчивается в конечной позиции (0, 0) показаны на рис. 1–2.

Проявление более высокой точности и стабильности в разработанной модели, основанной на новом методе, во время тестирования в различных сценариях управления движением робота может быть объяснено несколькими факторами. Введение дополнительных этапов, таких как выбор признаков и увеличение функций, позволяет модели лучше выявлять ключевые зависимости в данных. Выбор признаков помогает сосредоточить внимание на наиболее информативных аспектах, в то время как увеличение функций обогащает процесс подгонки, позволяя модели учиться на более разнообразных примерах. Оптимизация параметров обучения, включая параметры модели, способствует лучшей сходимости модели. Это может включать в себя настройку гиперпараметров, выбор

хороших функций потерь и регуляризацию, в конечном итоге приводя к более эффективному обучению.

Заслуживает внимания то, что уточнение критериев оценки модели позволяет более точно оценивать ее производительность в различных задачах управления движением. Это включает в себя выбор подходящих метрик оценки и проведение более глубокого анализа, обеспечивая более точную оценку адаптивности модели к конкретным условиям.

Кроме того, в результате увеличения функций модель учится на более разнообразных примерах, что делает ее способной к более общему обобщению для различных сценариев управления движением робота. Это особенно важно в реальных условиях, где среды могут быть переменными и динамичными. Существенное снижение уровня переобучения указывает на успешную реализацию предложенных в методологии шагов обработки данных, таких как выбор признаков и увеличение функций. Это позволяет модели более эффективно обобщать отношения между входными данными и управлением движением робота, что особенно важно в динамичных и переменных средах. Большая точность и стабильность новой модели во время тестирования свидетельствуют о ее способности успешно адаптироваться к различным условиям и изменениям во входных данных. Эти характеристики делают предложенный метод более привлекательным для применения в реальных сценариях управления движением робота, где высокая производительность и надежность являются ключевыми требованиями.

Заключение

В данной статье был предложен и реализован новый метод, направленный на решение проблемы переобучения в символической регрессии для управления движением роботов. Экспериментальные результаты подтверждают его эффективность и потенциал для применения в робототехнике. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение метода для более широкого спектра задач и оптимизации его вычислительной эффективности.

Список литературы

1. Араи Кохеи. Интеллектуальные вычисления: материалы компьютерной конференции 2022 года / Араи Кохеи // Springer Nature, 2022. – 905 с.
2. Бомарито, Г.Ф. Выбор байесовской модели для уменьшения раздувания и переобучения в генетическом программировании для символической регрессии / Г.Ф. Бомарито, П.Э. Лезер, Н.К.М. Штраус, К.М. Гарбрехт, Дж.Д. Хоххальтер // В материалах конференции по генетическим и эволюционным вычислениям Companion, 2022. – С. 526–529.
3. Хонг Хун. Математическое программное обеспечение / Хонг Хун, Чи Яп // ICMS 2014: 4-я международная конференция, Сеул, Южная Корея, 5–9 августа 2014 г., Материалы. Прыгун, 2014. – 735 с.
4. Шустер, П. Отслеживание траектории мобильного робота Khepera II с использованием подходов искусственного интеллекта / П. Шустер, А. Ядловска // Acta Electrotechnica et Informatica 11. – 2011. – №. 1. – С. 38–43.
5. Висбек, С. Объяснимое обнаружение мошенничества с помощью глубокой символической классификации / С. Висбек, А. Эрман, Ф. ден Хенгст // Препринт arXiv, 2023. – 586 с.
6. Жегклиц, Я. Символическая регрессия в динамических сценариях с постепенно меняющимися целями / Я. Жегклиц, П. Пошик // Прикладные программные вычисления. – 2019. – Т. 83. – С. 105621.

References

1. Arai Kokhei. Intellektual'nyye vychisleniya: materialy komp'yuternoy konferentsii 2022 goda / Arai Kokhei // Springer Nature, 2022. – 905 c.
2. Bomarito, G.F. Vybor bayyesovskoy modeli dlya umen'sheniya razduvaniya i pereobucheniya v geneticheskom programmirovanii dlya simvolicheskoy regressii / G.F. Bomarito, P.E. Lezer, N.K.M. Shtraus, K.M. Garbrekht, Dzh.D. Khokhkhal'ter // V materialakh konferentsii po geneticheskim i evolyutsionnym vychisleniyam Companion, 2022. – S. 526–529.

3. Khong Khun. Matematicheskoye programmnoye obespecheniye / Khong Khun, Chi Yap // ICMS 2014: 4-ya mezhdunarodnaya konferentsiya, Seul, Yuzhnaya Koreya, 5–9 avgusta 2014 g., Materialy. Prygun, 2014. – 735 c.

4. Shuster, P. Otslezhivaniye trayektorii mobil'nogo robota Khepera II s ispol'zovaniyem podkhodov iskusstvennogo intellekta / P. Shuster, A. Yadlovska // Acta Electrotechnica et Informatica 11. – 2011. – №. 1. – S. 38–43.

5. Visbek, S. Ob"yasnimoye obnaruzheniye moshennichestva s pomoshch'yu glubokoy simvolicheskoy klassifikatsii / S. Visbek, A. Erman, F. den Khengst // Preprint arXiv, 2023. – 586 s.

6. Zhegklits, YA. Simvolicheskaya regressiya v dinamicheskikh stsenariyakh s postepenno menyayushchimisya tselyami / YA. Zhegklits, P. Poshik // Prikladnyye programmnyye vychisleniya. – 2019. – T. 83. – S. 105621.

© Каррар Жавуш Сахиб Нассрулла, Хайдер Чавуш Сахиб Насралла,
Флорес Мендес Недер Хаир, 2024

УДК 377

Н.С. КУЛАКОВА, О.В. ЖУКОВА, О.Ю. МАРТЫНОВА
ООО «Академия «СЭТ», г. Москва

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ И ПРОГРАММ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ КАДРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ БАС

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы (**БАС**); методическое обеспечение; повышение квалификации; профессиональное обучение; экспертиза; экспертиза дополнительных профессиональных программ.

Аннотация. Целью данной статьи является актуализация вопроса качественного методического обеспечения процесса проведения экспертизы дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров для разработки и эксплуатации БАС как востребованных систем на современном этапе развития России. Для проведения исследования были использованы методы анализа научной и методической литературы по теме исследования, экспертные опросы специалистов в области БАС, методы анализа документов организаций, занимающихся разработкой и проведением экспертизы программ обучения, сравнительный анализ методических материалов различных организаций. Представлены особенности, проблемы и недостатки методического обеспечения проведения экспертизы дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС. Разработаны рекомендации по обеспечению качества данного процесса.

В настоящее время развитию и использованию технологий БАС уделяется большое внимание. Они стали важным, активно развивающимся направлением авиационной индустрии в России. БАС представляют собой автоматизированные системы, которые могут выполнять задачи в воздушном пространстве без прямого участия пилота.

Актуальность БАС обусловлена во многом тем, что они способны выполнять сложные задачи, которые могут быть недоступны для пилотируемых авиасистем. Так, они могут использоваться для разведки, поиска и спасения, контроля границ, патрулирования территорий, борьбы с лесными пожарами и т.д. Кроме того, БАС имеют потенциал, позволяющий уменьшить риски в авиационной деятельности, поскольку они не требуют присутствия пилота на борту, могут быть более гибкими в отношении ошибок, которые мог бы совершить пилот. А это особенно важно в случае миссий в опасных и неблагоприятных условиях.

БАС могут быть экономически более выгодными. Они могут значительно снизить затраты на обучение и содержание пилотов, на обслуживание и эксплуатацию летательных аппаратов. Кроме того, БАС могут быть более эффективными в использовании топлива, что может привести к снижению экологических последствий от использования авиации.

Сегодня БАС являются новыми «точками роста» научно-исследовательских разработок и практик внедрения успешных решений в производственные процессы и системы. Сфера практического применения БАС постоянно расширяется и становится все более востребованной в различных отраслях, включая транспорт, сельское хозяйство [1], географическую съемку, экологический мониторинг окружающей среды и т.д. [2].

Приведем несколько примеров использования таких систем. Например, технология беспилотных автомобилей, которая в настоящее

время активно развивается. Всем известны такие компании, как *Tesla*, *Waymo* и *Uber*. Автономные автомобили позволяют пассажирам передвигаться без участия водителя, что исключает человеческий фактор (невнимательность, ошибки вождения, влияние состояния здоровья и т.д.) и, таким образом, позволяет повысить безопасность и эффективность дорожного движения.

Другим примером могут быть беспилотные дроны. Они используются в различных отраслях: доставка товаров, агрокультур, аэрофотосъемка, поисково-спасательные операции и прочее. Они могут в автоматизированном режиме выполнять такие задачи, как транспортировка грузов или мониторинг заданного пространства.

Промышленность также не стала исключением. Автоматизация коснулась и этой отрасли. БАС могут быть использованы для выполнения различных задач в промышленности: манипуляция грузами, контроль качества и мониторинг процессов производства. Все это позволяет повысить эффективность и безопасность рабочих процессов в производстве и обслуживании.

БАС в сельском хозяйстве применяются для автоматизации сельскохозяйственных работ: посадка семян, полив и сбор урожая. Они могут повысить эффективность сельскохозяйственного производства и снизить трудозатраты.

БАС могут быть использованы в медицине. Например, для доставки медицинской помощи в труднодоступные места. Они также могут быть использованы для мониторинга состояния пациентов и анализа медицинских данных [3].

Следствием всего вышесказанного является актуализация вопросов обучения в области БАС. Можно выделить несколько причин, в соответствии с которыми обучение в сфере беспилотных авиационных систем является актуальным и востребованным [4].

1. Самолеты без пилотов стали более надежными, автономными и функциональными.
2. БАС часто используются для выполнения опасных или сложных задач, которые могут нести риски для людей.
3. Развитие БАС имеет большой экономический потенциал. Использование БАС позволяет сократить операционные затраты в различных областях, повысить производительность и эффективность выполняемых работ.

Таким образом, стремительное развитие технологий БАС, запрос на их разработку влекут за собой необходимость подготовки квалифицированных специалистов, способных эффективно управлять и качественно обслуживать такие системы.

Качество обучения в области беспилотной авиации имеет важное значение, т.к. результатом является ответственность подготовленного специалиста за выполнение определенных задач и безопасность [5]. Эффективность обучения сотрудников, работающих с БАС, повышает производительность и результативность работы этих систем. В условиях быстрого развития технологий БАС предприятия-производители БАС должны быть конкурентоспособными и иметь в своем распоряжении специалистов, которые могут качественно разрабатывать, производить и обслуживать данные системы.

Качество обучения в сфере БАС является критически важным фактором обеспечения безопасности, эффективности и дальнейшего развития данной отрасли. Качественная работа квалифицированного специалиста позволит влиять на различные аспекты эксплуатации беспилотных систем. Поэтому разработка и реализация качественных дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров в сфере БАС является актуальным вопросом, стоящим на повестке дня образовательных организаций России.

Обучение должно включать в себя основные технические науки: информатику, электронику, механику, автоматику. Специалисты должны освоить программирование, основы работы с датчиками и системами визуального восприятия, ознакомиться с основными принципами конструирования БАС.

Программы обучения кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС должны включать в себя основы их проектирования, вопросы разработки программного обеспечения для автономного функционирования системы. Специалисты должны изучить основные алгоритмы и методы машинного обучения, принципы работы с геоданными и картированием. Обучение также должно включать в себя получение компетенций по тестированию и отладке БАС, компетенций по обслуживанию и эксплуатации системы. Специалисты должны знать и владеть методами тестирования, диагностики и настройки системы, а также уметь оценивать качество работы и производительность БАС.

В разрабатываемых программах также должно быть уделено внимание вопросам без-

опасности в работе с БАС: основам кибербезопасности, принципам работы с системами безопасности и защиты данных.

Не менее важным аспектом является практикоориентированность программ, которые должны предусматривать практические задания по работе с реальными или виртуальными прототипами БАС. Специалисты должны иметь возможность применять полученные знания и навыки на практике, чтобы овладеть реальным опытом работы с БАС.

Обучение кадров для разработки производства и эксплуатации БАС требует комплексного подхода, т.е. сочетания теоретического обучения и практической работы. Особое внимание следует уделить применению новейших технологий и методик обучения, в частности виртуальной и дополненной реальности.

Обучение в сфере БАС позволяет стать востребованным специалистом-профессионалом, способным проектировать, программировать и управлять беспилотными системами. Кроме того, обучение по дополнительным профессиональным программам и программам профессионального обучения кадров в сфере БАС способствует обобщению знаний обучающегося в вопросах нормативно-правового обеспечения и правил, регулирующих безопасность, что является важным аспектом использования БАС в различных сферах.

Сегодня отмечается растущая потребность в специалистах данной области, способных осуществлять разработку, производство и эксплуатацию БАС. Как следствие, дополнительные программы профессиональной подготовки и дополнительные программы профессиональной переподготовки должны быть качественными, проходить экспертизу в соответствии с методологией и разработанными критериями экспертизы. Очень важно, чтобы содержание программ было практикоориентированным.

К экспертизе дополнительных программ профессиональной подготовки и дополнительных программ профессиональной переподготовки должны привлекаться высококвалифицированные эксперты, отвечающие, например, таким требованиям: иметь опыт участия в проведении экспертиз, знать нормативно-правовое обеспечение процесса профессионального обучения и подготовки, иметь практический опыт разработки дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров, а также желателен практический опыт в отрасли БАС.

Важная роль при проведении экспертизы отводится структуре дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения, которая должна содержать:

– цель программы;
– планируемые результаты обучения;
– функции и (или) уровни квалификации;
– характеристику компетенций, подлежащих совершенствованию, и (или) перечень новых компетенций, формирующихся в результате освоения программы;
– учебный план (перечень, трудоемкость, последовательность и распределение учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), иных видов учебной деятельности обучающихся и формы аттестации);
– календарный учебный график;
– рабочие программы учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей);
– организационно-педагогические условия;
– формы аттестации;
– оценочные материалы и иные компоненты.

Основные недостатки, которые могут быть выявлены при проведении экспертизы дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров для разработки и эксплуатации беспилотных авиационных систем:

– нарушение действующей нормативной правовой базы;
– нечетко сформулированные цели и задачи;
– разработчики не учли современные тенденции и отраслевой контекст при планируемых результатах обучения;
– структура и содержание программы не соответствуют требованиям (например, отсутствует список образовательных компонентов, их последовательность нелогична, количество модулей, необходимых для выполнения программы, а также ожидаемые результаты обучения, которыми должен овладеть обучающийся, не соответствуют профилю программы – цели);
– объем программы и отдельных ее компонентов не отвечает регламентированной нагрузке, достижению целей и результатов обучения;
– формы контрольных мероприятий и критерии оценки обучающихся не являются четкими и понятными.

Подводя итоги, можно отметить, что обучение в области БАС дает возможность получить востребованные компетенции. Повышение качества дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров в области БАС требует комплексного системного подхода и экспертного анализа.

Методическое обеспечение процесса проведения экспертизы дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС должно предусматривать реализацию следующего алгоритма.

1. Первый этап – создание экспертной группы. Формирование команды экспертов, которые будут заниматься оценкой программ. Эксперты должны обладать достаточной квалификацией, знаниями в области БАС и обучения кадров. Желательно, чтобы эксперты обладали опытом работы в этой сфере.

2. Второй этап – определение критериев оценки. Это может быть соответствие программы потребностям рынка, актуальность содержания, применение инновационных методик обучения и т.д. Также необходимо разработать методики оценки для каждого критерия.

3. Третий этап – проведение экспертизы и систематизация информации по результатам проведения анализа исследуемых программ, изучения учебных планов, программных материалов, результатов обучения, а также сбор отзывов и мнений обучающихся и преподавателей (если программа уже реализуется). Возможно использование различных методов оценки.

4. Четвертый этап – анализ и оценка. На основе собранных данных проводится анализ и выставляется экспертная оценка по заранее определенным критериям оценки.

5. Пятый этап – формирование выводов и рекомендаций с указанием на сильные и слабые стороны программ.

6. Шестой этап – проведение презентации результатов экспертизы (при необходимости): подготовка презентации с выводами и рекомендациями для представителей образовательных организаций или потенциальных работодателей.

7. Седьмой этап – доработка программы. При необходимости разработчики программы могут внести корректировки с учетом полученных рекомендаций экспертной группы.

8. Восьмой этап – контроль и оценка эффективности внесенных изменений. После внесения изменений программа подвергается повторной оценке для проверки эффективности внесенных изменений.

Вышеперечисленные этапы обеспечивают проведение экспертизы дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров для разработки производства и эксплуатации БАС с точки зрения системного подхода и способствуют достижению наиболее объективных результатов экспертизы.

Таким образом, можно резюмировать, что специалисты в области БАС должны иметь качественную профессиональную подготовку и соответствующие подтверждающие данный факт документы (дипломы, сертификаты, удостоверения). Экспертиза дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения кадров для разработки производства и эксплуатации БАС играет ключевую роль в обеспечении качества специалистов и, как результат, в обеспечении безопасной и надежной работы БАС.

В целом развитие и использование БАС предлагают новые перспективы в различных отраслях деятельности социума. Они выполняют определенные операции более эффективно, экономически выгодно. Однако для полной реализации их потенциала необходимо продолжать исследования и развитие, создание соответствующих условий и нормативной базы.

Список литературы

1. Зимин, Р.В. Применение беспилотных авиационных систем в сельском хозяйстве / Р.В. Зимин // Современные проблемы и направления развития агроинженерии в России : сборник научных статей Международной научно-технической конференции, Курск, 30 октября 2021 года. – Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова, 2021. – С. 39–42.

2. Майоров, Н.Н. Автоматизация процесса идентификации объектов при выполнении автономных полетных заданий беспилотной авиационной системой / Н.Н. Майоров, А.С. Костин // Из-

вестия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 2. – С. 640–646.

3. Просвирина, Н.В. Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов / Н.В. Просвирина // Московский экономический журнал. – 2021. – № 10.

4. Борисов, В.Е. Разработка квалификационных требований к операторам беспилотных авиационных систем / В.Е. Борисов, С.М. Степанов, В.П. Козлов // Научный альманах. – 2017. – № 5-3(31). – С. 49–52.

5. Хурсевич, С.Н. О стратегии развития и безопасного применения российской беспилотной авиации / С.Н. Хурсевич, 2023.

References

1. Zimin, R.V. Primeneniye bespilotnykh aviatsionnykh sistem v sel'skom khozyaystve / R.V. Zimin // Sovremennyye problemy i napravleniya razvitiya agroinzhenerii v Rossii : sbornik nauchnykh statey Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Kursk, 30 oktyabrya 2021 goda. – Kursk : Kurskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya imeni I.I. Ivanova, 2021. – S. 39–42.

2. Mayorov, N.N. Avtomatizatsiya protsessa identifikatsii ob"yektov pri vypolnenii avtonomnykh poletnykh zadaniy bespilotnoy aviatsionnoy sistemoy / N.N. Mayorov, A.S. Kostin // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki. – 2022. – № 2. – S. 640–646.

3. Prosvirina, N.V. Analiz i perspektivy razvitiya bespilotnykh letatel'nykh apparatov / N.V. Prosvirina // Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal. – 2021. – № 10.

4. Borisov, V.Ye. Razrabotka kvalifikatsionnykh trebovaniy k operatoram bespilotnykh aviatsionnykh sistem / V.Ye. Borisov, S.M. Stepanov, V.P. Kozlov // Nauchnyy al'manakh. – 2017. – № 5-3(31). – S. 49–52.

5. Khursevich, S.N. O strategii razvitiya i bezopasnogo primeneniya rossiyskoy bespilotnoy aviatsii / S.N. Khursevich, 2023.

© Н.С. Кулакова, О.В. Жукова, О.Ю. Мартынова, 2024

УДК 512.6

ЛЯО ДУЧЖЭШЭН, С.А. ЧЕПИНСКИЙ, ВАН ЦЗЯНЬ
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОВЕДЕНИЯ РОБОТОВ, ОСНОВАННЫЙ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ КОМФОРТЕ

Ключевые слова: движение; комфорт; модель; робот; среда; человек.

Аннотация. Цель статьи – рассмотреть подходы к моделированию поведения роботов, основанных на психологическом комфорте. Задачи: 1) описать модель комфорта человека, основанную на примитивном вознаграждении за комфорт и комбинированном вознаграждении за комфорт; 2) рассмотреть применимость подхода *SFM* к моделированию поведения робота. Методы: сравнение, абстракция, анализ. Результаты: в процессе исследования обозначены особенности построения модели прогнозирования комфорта человека, работающего в одном окружении с роботом. Выделены возможности использования модели социальных сил для моделирования поведения робота в неизвестных средах, населенных людьми. Выводы: для разработки сценариев сотрудничества человека и робота целесообразно применять расширения и улучшения традиционной модели социальных сил.

Роботы постепенно занимают значимое место в повседневной жизни человека. Технологический прогресс и Четвертая промышленная революция все чаще предполагают использование роботов, взаимодействующих с людьми в многочисленных областях применения, таких как гибкие производственные сценарии, вспомогательная робототехника, социальные компаньоны. Совместная работа человека и робота – это подход, который изучает взаимодействие между ними в процессе выполнения общей задачи на когнитивном и физическом уровнях [1]. Это междисциплинарная область исследований и разработок, которая фокусируется на взаимодействии людей и роботов в процессе достижения общих целей.

Несмотря на огромные усилия, прилагаемые как научными, так и промышленными кругами, доля рынка и область применения совместных с человеком роботов на промышленном уровне все еще ограничены и имеют огромные возможности для совершенствования. Одним из основных значимых факторов является комфорт людей в этой системе взаимодействия, которому обычно уделяется меньше внимания, но который имеет решающее значение для принятия пользователями общей рабочей среды с роботами.

В данном контексте вопросы, связанные с разработкой подходов, формализацией моделей, позволяющих обеспечить качество сотрудничества между человеком и роботом, являются актуальными, научно и практически значимыми, что и обуславливает выбор темы данной статьи.

Результаты симуляционных исследований, посвященных роботам, проезжающим мимо и обгоняющим людей, рассматриваются О.Ю. Тятюшкиной, С.В. Ульяновым, В.И. Игнатьевым, Д. Аарно, С. Эквалл, Д. Крагич, Х. Адмони.

Моделированию поведения робота, которое учитывает потребности человека в комфорте, с использованием полной навигационной модели посвятили свои труды Р.Р. Галин, В.В. Серебренный, Г.К. Тевяшов, *Yizhi Liu*.

Однако, несмотря на имеющиеся труды и наработки, по причине новизны данной предметной области, существует еще много нераскрытых вопросов, которые требуют более детальной проработки. Так, особого внимания заслуживает четкая классификация общих факторов, влияющих на комфорт человека при взаимодействии с роботом. Кроме того, в более детальной проработке нуждается методология создания планировщика движения для робота, который явно учитывает партнера-человека,

рассуждая о его доступности, поле зрения и возможных совместных движениях.

Таким образом, цель статьи заключается в рассмотрении подходов к моделированию поведения роботов, основанных на психологическом комфорте человека.

Роботы, размещаемые в человеческой среде, должны иметь понятное поведение, чтобы люди могли осознать или предсказать их движение и соответствующим образом скорректировать свои перемещения [2].

Алгоритмы Дейкстры, *A* и *RRT* являются наиболее широко используемыми планировщиками пути, решающими задачу планирования движения в статических средах. Однако в силу природы динамических сред невозможно ожидать, что начальный план движения всегда будет оставаться актуальным. В некоторых случаях перепланировать весь путь робота для каждого непредвиденного препятствия или изменения среды может быть нецелесообразно с точки зрения затрат, времени, нечитаемого и неестественного поведения робота. Поэтому данный подход с точки зрения комфорта человека не всегда является приемлемым.

Другая методология моделирования поведения роботов – обращение к картам затрат, основанным на теории проксемики. Данная методология позволяет определить, где находятся люди, и изменяет карту затрат, добавляя гауссовы затраты вокруг обнаруженного динамичного или статичного человека, чтобы робот ориентировался среди людей без столкновений, уважая их личные или социальные зоны (проксемические заботы) [3]. Однако такой подход становится дорогостоящим при увеличении количества людей в окружении или размера карты из-за больших требований к памяти. Более того, если карты затрат одного или нескольких динамичных/статичных людей вокруг робота блокируют его возможные пути, он может «застыть» и не двигаться, хотя свободное пространство для действий есть.

По мнению авторов, для моделирования поведения роботов, основанного на психологическом комфорте человека, целесообразно использовать *SFM*-подход к описанию движения пешеходов. На сегодняшний день разработано множество расширений этой модели для моделирования различных социальных взаимодействий, например, анализ позы тела человека, ориентации лица и социальных сигналов проксемики. В то же время необходимо отметить, что в общем случае *SFM* не учитывает стохастическое движение человека с точки зрения потенциальных столкновений, которые могут вызвать дискомфорт. Этот недостаток решается путем включения в *SFM* подходов, основанных на предсказании столкновений, или подходов, базирующихся на скорости.

Итак, рассмотрим более подробно особенности использования *SFM*-подхода. Прежде всего необходимо описать модель комфорта человека. Предложенная авторами аналитическая модель основана на новой теории, согласно которой общий комфорт человека во время выполнения задач в общей среде с роботами может быть описан с помощью примитивного вознаграждения за комфорт и комбинированного вознаграждения за комфорт.

Награда за примитивный комфорт обозначается r и определяется как нормализованная оценка, которую человек выставляет за примитивный фактор, влияющий на его комфорт при действиях робота. В рамках данной статьи примитивное вознаграждение за комфорт представляет собой ощущения человека от различных уровней скорости робота или расстояния, на котором он находится. Комбинированная награда за комфорт обозначается R и определяется как нормализованный общий балл, который человек выставляет за набор примитивных факторов, влияющих на его комфорт при действиях робота.

Комбинированные вознаграждения за комфорт, которые показывают общее ощущение комфорта человека, представим в форме линейной регрессии с набором примитивных вознаграждений. Для набора независимых факторов $f_1, f_2, ..., f_N$, влияющих на комфорт человека, один набор примитивных вознаграждений за комфорт может быть описан как $r_i = [r_{i1}, r_{i2}, ..., r_{iN}]$. Если выполняется M задач в общей среде или сообщается M наборов субъективных оценок, то совокупное примитивное вознаграждение за комфорт равно $r = [r_1, r_2, ..., r_M]^T$; комбинированное вознаграждение за комфорт равно $R = [R_1, R_2, ..., R_M]^T$. Для каждой задачи и оценки комфорта соответствующая комбинированная награда определяется следующим уравнением:

$$R(r_i) = \sum_{j=1}^{N} \alpha_j r_{ij} + \alpha_0,$$

где $R \in [0,1], r \in [0,1], i \in [1, M]$; N – коли-

чество независимых факторов, α_j – вес соответствующего фактора f_j; α_0 – смещение, равное единице.

Процесс построения данной модели прогнозирования комфорта заключается в решении оптимизационной задачи и получении оптимального набора весовых коэффициентов и примитивного набора вознаграждений за комфорт. При заданном наборе факторов формат модели человеческого комфорта определяется как:

$$C(r_i) = R(r_i) + z_i;$$
$$S.T.: \begin{cases} C(r_i) = 1, \text{если } C(r_i) > 1; \\ C(r_i) = 0, \text{если } C(r_i) < 0, \end{cases}$$

где r_i – примитивное вознаграждение за комфорт; $R(r_i)$ – комбинированное вознаграждение за комфорт; $C(r_i)$ – комфорт человека; $z_i \sim N(\mu_i, \delta^2)$ – шум комфорта. Функция потерь имеет следующий вид:

$$L(\alpha) = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\left(R_i - \alpha^T \tilde{r}_i\right)^2,$$

где $\tilde{r}_i$, $\tilde{r}_i = [1, r_{i1}, r_{i2}, ..., r_{iN}]$, $\alpha = [1, \alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_N]$, R_i – самооценка субъектом комфортности для выборки i. Цель оптимизации – получить минимум функции потерь при заданных ограничениях. Ограничения имеют следующий вид:

$$0 \le \alpha_i \le 1,$$

где α_i – веса факторов.

Итак, принимая во внимание модель комфорта человека, рассмотрим использование *SFM*-подхода для моделирования поведения роботов. Идея этого метода схожа с подходами потенциального поля: робот притягивается к цели, а во время движения отталкивается от статических или динамических препятствий. В конечном итоге *SFM* выдает вектор ускорения, чтобы определить следующее необходимое действие на основе входных векторов притягивающих и отталкивающих сил для каждого времени t.

Сила, которая мотивирует или направляет робота к навигационной цели, называется силой притяжения. Во время движения желаемое ускорение w^0 умножается на желаемое направление $\hat{e}$ и желаемую скорость v^0. Таким образом, сила притяжения определяется как:

$$f^{att}(t) = m\frac{1}{\tau}\left(w^0(t) - v(t)\right),$$

где m – масса робота.

Отталкивающая сила, которая предполагается круговой формы, формулируется как функция относительного расстояния между роботом и препятствием. Она экспоненциально убывает с евклидовым вектором расстояния $d_{ij} = p_j - p_i$, направленного от положения p_i, до положения p_j, как показано в уравнении:

$$f_{ij}^{rep}(t) = \sum_{j \in Q_0}^{Q_0} A_0 e^{-d_{ij}/B_0}\,\hat{d}_{ij},$$

где A_0 – интенсивность или сила взаимодействия, а B_0 соответствует диапазону взаимодействия. Параметр диапазона определяет, насколько быстро сила уменьшается по отношению к расстоянию, Q – тип объекта (препятствие или человек).

Таким образом, подводя итоги, отметим, что разработка реальной навигационной системы в среде взаимодействия робот-человек является сложной задачей. Для ее решения в статье предложена модель комфорта человека, основанная на примитивном вознаграждении за комфорт и комбинированном вознаграждении за комфорт. Также рассмотрена применимость подхода *SFM* к моделированию поведения робота.

Список литературы

1. Mizanoor Rahman, S.M. Trust-Triggered Robot–Human Handovers Using Kinematic Redundancy for Collaborative Assembly in Flexible Manufacturing / S.M. Mizanoor Rahman // Cyber–Physical–Human Systems: Fundamentals and Applications. – 2023. – No. 67. – P. 14–19.

2. Tian-shu Kan Evaluation of a custom-designed human–robot collaboration control system for dental implant robot // The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery. – 2021. – Vol. 18. – Issue 1.

3. Взаимодействие человека с виртуальной моделью лунного мобильного робота в изоляционных экспериментах / Ю.А. Бубеев, В.М. Усов, С.Ф. Сергеев [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2020. – Т. 54. – № 2. – С. 52–59.

References

3. Vzaimodeystviye cheloveka s virtual'noy model'yu lunnogo mobil'nogo robota v izolyatsionnykh eksperimentakh / YU.A. Bubeyev, V.M. Usov, S.F. Sergeyev [i dr.] // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. – 2020. – T. 54. – № 2. – S. 52–59.

© Ляо Дучжэшэн, С.А. Чепинский, Ван Цзянь, 2024

УДК 377:62

Е.В. НЕЖДАНОВ, М.В. ИВАНЧЕНКО, Л.В. КОЛОБОВА
ООО «1Т», г. Москва

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ РАЗРАБОТКЕ, ПРОИЗВОДСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: беспилотная авиация; искусственный интеллект; обучение в сфере БАС; цифровизация образования.

Аннотация. Статья посвящена вопросам использования цифрового образовательного контента в образовательном процессе. Ее цель – обосновать эффективность применения ЦОК в процессе обучения разработке, производству и эксплуатации беспилотных авиационных систем (**БАС**). В статье определено понятие «цифровой образовательный контент» (**ЦОК**), выявлены преимущества использования ЦОК в образовательном процессе, в частности в обучении по образовательным программам (модулям), посвященным вопросам разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем. Обозначены перспективные инструменты ЦОК в обучении в сфере БАС, приведены примеры новейших российских разработок (ЦОК), связанных с управлением беспилотными воздушными судами.

Благодаря реализуемой с 2018 г. национальной программе «Цифровая экономика Российской Федерации» цифровые технологии прочно входят во все сферы человеческой жизни. Не является исключением и сфера образования, которая была вынуждена в период пандемии (2020–2021 гг.) срочно искать альтернативу очной форме обучения и апробировать использование дистанционного формата с применением различных видов информационных технологий.

В настоящий момент продолжается цифровизация образования: в образовательных организациях используются новые средства обучения (например, электронные учебники, компьютерные диагностические системы, виртуальные лаборатории, электронные ресурсы), управления и коммуникации (на уровне общего образования, например, комплексная программная информационная система «Сетевой город», цифровая образовательная платформа «Моя школа», на уровне общего и среднего профессионального образования – Портал дистанционного обучения обучающихся образовательных организаций Санкт-Петербурга).

Сегодня в нашей стране формируется новая отрасль экономики, связанная с разработкой, производством и использованием беспилотных авиационных систем. Беспилотная авиация решает многие проблемы и уже применяется в сельском хозяйстве, в сфере развлечений, в строительстве, в нефтяной и газовой промышленности. Беспилотное воздушное судно, или беспилотный летательный аппарат (**БПЛА**), может выполнять полеты на разных высотах, осуществлять видео- и фотосъемку, перевозить грузы, а в будущем, возможно, будет использоваться для транспортировки людей.

В июле 2023 г. утверждена Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. (далее по тексту – «Стратегия развития БАС»), которая обозначила специфику этой отрасли в мире и в России, указала ключевые направления и задачи развития, среди которых – стимулирование спроса на отечественные БАС, их разработка и серийное производство, развитие инфраструктуры, необходимой для их эксплуатации, обеспечение безопасности использования БАС, проведение исследований и создание новых технологий для использования в сфере БАС, разработка образовательных программ (модулей) и подготовка необходимых кадров [8].

С начала 2024 г. началась реализация феде-

ральных проектов, нацеленных на решение задач, определенных Стратегией развития БАС. Одним из них является проект «Кадры для беспилотных авиационных систем» (далее по тексту – «Кадры для БАС»). Его цель – создание системы непрерывной подготовки специалистов в сфере разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем [2]. Достижению поставленной цели будет способствовать:

– привлечение внимания, в первую очередь подрастающего поколения и молодежи (обучающихся общеобразовательных организаций, профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования), к сфере БАС путем проведения соревнований и просветительских мероприятий;

– создание образовательных модулей по обучению навыкам проектирования, разработки, производства и эксплуатации БАС и включение их в программы дополнительного образования детей, среднего профессионального образования, программы профессионального обучения и дополнительные профессиональные программы;

– организация процесса обучения по ним.

При этом сам процесс обучения может предполагать разные формы его проведения, включая использование электронного обучения и (или) дистанционных образовательных технологий. Одним из результатов федерального проекта «Кадры для БАС» по первой задаче является включение в образовательные модули программ ЦОК [11].

Официального определения ЦОК на данный момент нет. В издании «Информатизация образования: толковый словарь понятийного аппарата» дано следующее определение: «Цифровой образовательный контент (ЦОК) – совокупность учебно-методической информации, представленной в оцифрованном виде (текст, графика, анимация, аудио-, видео-, фото-информация и пр.), изучение которой основано на осуществлении информационной деятельности и информационного взаимодействия как между субъектами образовательного процесса, так и с изучаемыми объектами определенной предметной области, на базе реализации возможностей информационных и коммуникационных технологий (аналоговой или цифровой формы реализации)» [6]. Другими словами, под цифровым образовательным контентом понимают электронные материалы и ресурсы, которые используются в образовательном процессе. К электронным материалам относятся: электронные учебники, видеоуроки и видеофрагменты, интерактивные презентации и упражнения, практические и тестовые задания, оцифрованные фотографии, объекты виртуальной и дополненной реальности, трехмерные модели и другие материалы в электронном виде, которые направлены на решение поставленных учебных задач. Электронные ресурсы представляют собой сайты, порталы, платформы, библиотеки, базы данных, на которых хранятся электронные материалы.

Преимущества использования ЦОК в образовательном процессе.

1. ЦОК удобно использовать в разных форматах обучения. Он активно применяется и во время проведения очных занятий, и в дистанционном (заочном) обучении, при организации групповой или индивидуальной работы.

2. ЦОК не только знакомит обучающихся с учебной информацией, но и предоставляет возможность развития необходимых умений, осуществления контроля усвоения материала и формирования навыков, умений.

3. С помощью ЦОК удобно создавать индивидуальные или персонализированные образовательные программы, которые учитывают специфические потребности и скорость обучения каждого обучающегося. При наличии банка заданий (упражнений, задач) допустима организация индивидуального подхода к обучению, когда обучающимся выдаются персональные задания. Для педагога имеется возможность создания также базы собственных заданий. В сети Интернет на сегодняшний день присутствуют онлайн-доски, которые позволяют педагогу проводить совместную работу с обучающимися, в том числе в онлайн-формате (например, *Ziteboard* [3], Эсборд [12]).

4. Педагогу с помощью цифрового образовательного контента удобно организовывать проектную деятельность или исследовательскую работу обучающихся, проводить контроль их знаний и умений, поддерживать контакт с теми, кто учится дистанционно.

В дистанционном формате использование ЦОК возможно из любой точки, где есть интернет, и фактически в любое время при отсутствии проблем с электроснабжением. При использовании ЦОК обучающийся (в случае такой необходимости) может еще раз обратиться

к пройденному материалу для его повторения или углубления полученных знаний, выполнения задания, проверки качества его усвоения, получения обратной связи от преподавателя. При наличии в электронном виде схожих курсов у обучающегося появляется возможность прочитать лекции другого педагога, выполнить данные им задания и упражнения, рассмотреть иные приведенные примеры по изучаемой теме.

Использование ЦОК в организации обучения в сфере БАС. ЦОК в образовательных программах, посвященных разработке, производству и эксплуатации беспилотных авиационных систем, позволит облегчить процесс изучения теоретического материала, повысит мотивацию обучающихся за счет его наглядности, интересной формы преподнесения материала и интерактивности. Он может упростить задачу по организации практической работы обучающихся за счет наличия заданий, разработанных с использованием современных информационных технологий (например, технологий виртуальной и дополненной реальности), использования компьютерных программ, либо игровых элементов. ЦОК позволит автоматизировать процедуру текущего, промежуточного и итогового контроля знаний. ЦОК способен обеспечить сосредоточенность обучающегося в течение всего периода его работы с материалом, улучшить усвоение материала. Если занятие (урок, лекция) проводится в онлайн-формате, либо используется интересная форма подачи материала, к процессу обучения подключается персональный помощник (искусственный интеллект), который помогает с навигацией по курсу программы, по запросу предоставляет справочную информацию (в том числе из сети Интернет), отвечает на часто задаваемые вопросы.

Цифровые технологии, применяемые в образовательном процессе, способствуют формированию компьютерной грамотности, развитию критического мышления, учат совместной работе (при использовании в группах), умению налаживать коммуникацию.

Целесообразно наличие в структуре ЦОК тренажеров и симуляторов для отработки определенных образовательной программой практических навыков. Например, по управлению беспилотным воздушным судном (**БВС**), по его сборке (либо сборке его части), по осуществлению с помощью беспилотных воздушных средств фото- или видеосъемки. Полезны, в частности, симуляторы в отработке внештатных ситуаций, которые могут произойти во время полета БВС, либо управления им. Экономичнее и безопаснее сначала отработать навыки на тренажере или с помощью симулятора, а затем переходить к управлению, сборке в реальных условиях. К тому же в полевых условиях имеются риски не только порчи самого беспилотного летательного аппарата, но и нанесения ущерба местности, на которую он может обрушиться, вреда людям (животным), которые в этот момент окажутся на этой местности.

В образовательном процессе в последние годы активно используются специально созданные образовательные платформы. Например, на уровне общего образования это «Учи.ру» [10], «Я Класс» [13], «Фоксфорд» [7], которые отличаются от простого дистанционного обучения своей интерактивностью. Если это не онлайн-занятия с репетитором, то офлайн-занятия под контролем программы, когда после каждого выполненного задания или прохождения теста обучающийся получает обратную связь о своих результатах, о своей успешности, когда во время выполнения задания учащийся имеет возможность исправить свой ответ, когда программа отслеживает не только индивидуальные, но и групповые достижения обучающихся, ведет статистику по заданным критериям и знакомит с ней. На уровне дополнительного профессионального образования это *GeekBrains* [1], *Skillbox* [2], ЯндексПрактикум [14]. Количество активных пользователей этих платформ доказывает их эффективность, поэтому было бы целесообразно создать аналогичную платформу по тематике проектирования, производства, эксплуатации и обслуживания БАС, тем более что онлайн-обучение с использованием цифровых платформ, тренажеров и симуляторов популярно и привычно для обучающихся.

При обучении с применением ЦОК в сфере БАС перспективными являются:

– игровые программы, содержащие в себе эксперименты, задачи, задания, упражнения, игровые ситуации;

– программы с возможностями визуализации объектов, в том числе с использованием виртуальной, дополненной или смешанной реальности;

– программы с возможностями создания модели объекта или отдельного его узла (системы, блока);

– облачные программы для совместного использования;

– компьютерные тесты с мгновенной проверкой и пояснением ответа;

– банки заданий с возможностью автосборки теста для проверки знаний;

– короткие учебные видеоролики и интерактивные презентации, знакомящие с теоретическим материалом.

Примеры ЦОК в сфере БАС следующие.

Российская компания «Вискарус» создала тренажер «Виарус», который с помощью *VR*-очков помогает обучать будущих операторов БВС. При этом *VR*-очки выполняют функцию *FPV*-очков и помогают управлять дроном с земли, создавая эффект присутствия оператора на борту судна. Также тренажер помогает тренировать вестибулярный аппарат. Поскольку в *FPV*-очки оператор видит изображение с камеры летящего дрона, то часто это изображение колеблется, что вызывает нарушения в работе вестибулярного аппарата человека. Созданный тренажер постепенно приучает оператора к дрожанию закрепленной на дроне камеры [9].

Участник кружкового движения Национальной технологической инициативы (**НТИ**) Егор Сечинский при поддержке профессионального сообщества инструкторов разработал программно-аппаратный комплекс «Квадросим», который имитирует полет БВС. Комплекс может создавать разные условия полета, меняя модель летательного аппарата, его скорость, время суток, погоду, расстояние до источника получения сигнала. «Квадросим» способен разыгрывать разные сценарии, предлагая выбрать тип рельефа местности, что на ней будет расположено, отметить наличие/отсутствие электромагнитных помех [4].

Российская компания *UAVProf* создала цифровой полигон, на котором также можно отрабатывать навыки управления БВС. При этом одновременно на полигоне могут обучаться до ста тысяч пользователей, а сам он предназначен для работы с разными моделями дронов и наземными станциями управления. Разработчики предусмотрели возможность добавления на платформу новых моделей, которые предлагается размещать их производителям. При этом под управлением понимается не только пилотирование дрона, но и выполнение им поставленных перед ним задач (например, внесение сыпучих удобрений в почву) [5].

Целью реализации Стратегии развития беспилотной авиации является создание новой отрасли, сконцентрированной на разработке, производстве и эксплуатации беспилотных авиационных систем. Планируется, что БАС будут использоваться во многих сферах экономики, в частности для организации грузовых (в будущем, возможно, пассажирских) перевозок, оказания услуг по проведению фото- и видеосъемки с воздуха, сбора информации, проведения наблюдений и т.д. Документом предполагается массовое применение беспилотных летательных аппаратов (**БПЛА**), а для этого необходимо обеспечение должной безопасности полетов и наземной инфраструктуры; необходимы специалисты, которые владеют навыками управления, обслуживания, разработки, производства беспилотных авиационных систем, организации воздушных перевозок с использованием искусственного интеллекта, позволяющего проводить анализ больших данных и принимать верные решения. Профессиональная подготовка необходимых специалистов в сфере БАС с применением цифрового образовательного контента является более эффективной по сравнению с традиционными формами обучения, поскольку ЦОК преподносит учебный материал в более понятной (визуализация) и интересной (геймификация, видеоматериалы, интерактивные презентации, симуляция) форме, предоставляет безопасные и практичные инструменты отработки практических навыков (компьютерные программы по моделированию объектов и их частей, его визуализации, управлению БВС или БАС), совместной работы (облачные программы) и контроля успешности обучающихся (диагностические системы). Цифровой образовательный контент повышает мотивацию обучающихся. Он более качественно готовит их к предстоящей профессиональной деятельности за счет развития необходимых ИКТ-компетенций, в том числе цифровых компетенций [8].

Список литературы

1. GeekBrains [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://gb.ru.
2. Skillbox [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://skillbox.ru.
3. Ziteboard [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ziteboard.com.

4. В «Университете 2035» разработали симулятор для обучения пилотированию дронов, АКИД, новости от 27.09.2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://aiv.center/tpost/yri3axnm51-v-universitete-2035-razrabotali-simulyat.

5. В России создали тренажер для обучения управлению БПЛА, ТАСС, новости от 18.08.2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://nauka.tass.ru/nauka/18534991.

6. Информатизация образования: толковый словарь понятийного аппарата / Сост. И.В. Роберт, В.А. Касторнова – Москва: Издательство АЭО, 2023–182 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://robert-school.ru/iio/pages/fonds/dict2/%D1%EB%EE%E2%E0%F0%FC_2023.pdf.

7. Онлайн-школа Фоксфорд [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://foxford.ru.

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 года № 1630-р «Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/1301991491.

9. Российские разработчики создали тренажер для обучения операторов БПА, РИА Новости от 05.09.2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ria.ru/20230905/trenazher-1894218284.html.

10. Учи.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://uchi.ru.

11. Федеральный проект «Кадры для беспилотных авиационных систем» (2024–2030 гг.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://bpla.edu-sigma.ru/files/Passport.pdf.

12. Эсборд [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://sboard.online.

13. ЯКласс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.yaklass.ru.

14. ЯндексПрактикум [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://practicum.yandex.ru/?utm_source=edpartners&utm_medium=cpa&utm_campaign=affiliate&cl_uid=2c748e36f77c8a8c46ddc170aeaaa0f4.

15. Сурова, Н.Ю. Современные вызовы в подготовке будущих специалистов: возможности искусственного интеллекта и data science / Н.Ю. Сурова // Вестник Академии. – 2022. – № 1. – С. 7–13.

16. Сурова, Н.Ю. Реализация современных образовательных технологий: дата-центричный подход в образовании будущего / Н.Ю. Сурова, А.С. Каплевский // В сборнике: Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Чистова. Москва, 2022. – С. 287–289.

References

1. GeekBrains [Electronic resource]. – Access mode : https://gb.ru.

2. Skillbox [Electronic resource]. – Access mode : https://skillbox.ru.

3. Ziteboard [Electronic resource]. – Access mode : https://ziteboard.com.

4. V «Universitete 2035» razrabotali simulyator dlya obucheniya pilotirovaniyu dronov, AKID, novosti ot 27.09.2023 [Electronic resource]. – Access mode : https://aiv.center/tpost/yri3axnm51-v-universitete-2035-razrabotali-simulyat.

5. V Rossii sozdali trenazher dlya obucheniya upravleniyu BPLA, TASS, novosti ot 18.08.2023 [Electronic resource]. – Access mode : https://nauka.tass.ru/nauka/18534991.

6. Informatizatsiya obrazovaniya: tolkovyy slovar' ponyatiynogo apparata / Sost. I.V. Robert, V.A. Kastornova – Moskva: Izdatel'stvo AEO, 2023–182 s. [Electronic resource]. – Access mode : https://robert-school.ru/iio/pages/fonds/dict2/%D1%EB%EE%E2%E0%F0%FC_2023.pdf.

7. Onlayn-shkola Foksford [Electronic resource]. – Access mode : https://foxford.ru.

8. Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 21 iyunya 2023 goda № 1630-r «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya bespilotnoy aviatsii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2035 goda» [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/1301991491.

9. Rossiyskiye razrabotchiki sozdali trenazher dlya obucheniya operatorov BPA, RIA Novosti ot 05.09.2023 [Electronic resource]. – Access mode : https://ria.ru/20230905/trenazher-1894218284.html.

10. Uchi.ru [Electronic resource]. – Access mode : https://uchi.ru.

11. Federal'nyy proyekt «Kadry dlya bespilotnykh aviatsionnykh sistem» (2024–2030 gg.) [Electronic resource]. – Access mode : https://bpla.edu-sigma.ru/files/Passport.pdf.
12. Esbord [Electronic resource]. – Access mode : https://sboard.online.
13. YAKlass [Electronic resource]. – Access mode : https://www.yaklass.ru.
14. YandeksPraktikum [Electronic resource]. – Access mode : https://practicum.yandex.ru/?utm_source=edpartners&utm_medium=cpa&utm_campaign=affiliate&cl_uid=2c748e36f77c8a8c46ddc170aeaaa0f4.
15. Surova, N.YU. Sovremennyye vyzovy v podgotovke budushchikh spetsialistov: vozmozhnosti iskusstvennogo intellekta i data science / N.YU. Surova // Vestnik Akademii. – 2022. – № 1. – S. 7–13.
16. Surova, N.YU. Realizatsiya sovremennykh obrazovatel'nykh tekhnologiy: data-tsentrichnyy podkhod v obrazovanii budushchego / N.YU. Surova, A.S. Kaplevskiy // V sbornike: Novyye informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii. Sbornik nauchnykh trudov XXII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obshchey redaktsiyey D.V. Chistova. Moskva, 2022. – S. 287–289.

© Е.В. Нежданов, М.В. Иванченко, Л.В. Колобова, 2024

УДК 377:62:004

Е.В. НЕЖДАНОВ, Р.М. ЧУДИНСКИЙ, Д.О. ТРЕТЬЯКОВ, И.А. РУБАН
ООО «1Т», г. Москва

СИМУЛЯЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И VR В ЦИФРОВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ КОНТЕНТЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ РАЗРАБОТКЕ, ПРОИЗВОДСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БАС

Ключевые слова: базы данных; беспилотные авиационные системы (**БАС**); беспилотный летательный аппарат (**БПЛА**); большие данные; виртуальная реальность; искусственный интеллект; контент; обучение; симуляция; цифровые технологии; *VR*.

Аннотация. На сегодняшний день область применения беспилотных авиационных систем неуклонно расширяется, затрагивает самые разные сферы, требуя повышенного внимания к системе подготовки кадров для индустрии беспилотной авиации, в том числе на основе инновационных средств обучения. Цель исследования, проведенного в данной статье, – анализ возможностей технологий симуляции и виртуальной реальности и целесообразности их применения для формирования цифрового образовательного контента, направленного на обучение разработке, производству и эксплуатации беспилотных авиационных систем. Задачи исследования: рассмотрение различных подходов; выявление основных методов использования современных иммерсивных технологий для контента, направленного на освоение знаний в сфере инфраструктуры обеспечения функционирования беспилотных авиационных систем; изучение устройства беспилотных аппаратов, их разработки и проектирования, изготовления комплектующих; приобретение базовых практических навыков в данном контексте. Гипотеза исследования: применение симуляционных технологий и *VR* в цифровом образовательном контенте обеспечит повышение эффективности подготовки специалистов в сфере разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем. Методы исследования: анализ научных и практических публикаций, относящихся к теме использования симуляционных технологий и *VR* в сфере подготовки специалистов беспилотных систем. В статье обоснована значимость использования симуляционных технологий и *VR* в цифровом образовательном контенте для приобретения необходимых компетентностей будущих специалистов в области разработки, производства и эксплуатации беспилотных систем.

Введение

Тенденцией последнего десятилетия является устойчивое расширение сферы внедрения и применения БАС, о чем свидетельствуют взрывной рост их мирового рынка, качественные изменения как в области их разработки, промышленного обеспечения, так и в контексте масштабирования оказываемых на их основе услуг, далеко вышедших за пределы уже ставших традиционными сбора данных, аэрофотосъемки и картографирования, съемки и документирования дикой природы, общественных миссий, экологического мониторинга.

Согласно прогнозам специалистов объем мирового рынка БПЛА, который в 2017 г. составил около 4,0 млрд долларов, а в 2023 г. был оценен в 38,03 млрд долларов, продолжит дальнейший активный рост и ожидаемо достигнет 62,43 млрд долларов к 2028 г. при среднегодовом темпе роста 10,42 % [1; 2]. При этом ключевым трендом станет наращивание объемов мирового рынка БАС, комплексных решений и услуг на их основе, что к 2035 г. составит более 200 млрд долларов, являясь основным драйвером диверсификации множества отраслей экономики.

Научные исследования, разработки и серийное производство БПЛА в СССР активно проводились в 60–80-х гг. прошлого столетия

в рамках задач военного применения. В течение последних 20 лет в Российской Федерации проектированием БАС, применение которых не ограничивается исключительно военным применением (хотя в данном секторе отмечаются значительное увеличение объемов финансирования и включение подобного класса работ в государственный оборонный заказ), помимо традиционных строительных конструкторских бюро занимается целый ряд фирм, которые за это время разработали проекты относительно простых и недорогих в эксплуатации беспилотных систем [3–5].

Сегодня более 30 стран мира, включая Российскую Федерацию, занимаются разработкой, производством, использованием и экспортом БПЛА различного класса и назначения, что стало основой появления новой экосистемы, объединяющей производителей БАС и их комплектующих, разработчиков программного обеспечения, интеграторов, поставщиков услуг на основе применения БАС, страховые компании и торговые площадки. Безусловно, это характеризуется ускорением темпов разработки соответствующего программного обеспечения как на основе систем искусственного интеллекта, так и с помощью технологий обработки больших данных, требуя качественных изменений прежде всего в системе образования для подготовки будущих специалистов БАС, что чрезвычайно актуально сегодня и в полной мере отвечает национальным целям и стратегическим задачам развития Российской Федерации в условиях социально-экономической и геополитической турбулентности с целью обеспечения технологического суверенитета.

Материалы и методы исследования

В эпоху цифровых преобразований, характеризующихся стремительно нарастающими объемами информации, знаний и новых технологических решений значимая роль принадлежит образованию, которое становится ключевым фактором положительной динамики социально-экономического развития государства, поскольку направлено на формирование человеческого капитала, выступающего фундаментальным ресурсом опережающего развития различных секторов отечественной экономики.

Роль и характер работ в разных сферах экономики Российской Федерации продолжают претерпевать кардинальные реформации – появление новых компетенций и навыков применения инновационных инструментов стимулирует системность и последовательность в вопросах обеспечения непрерывного развития кадров в соответствии с глобальными трендами цифровизации, что предполагает широкое внедрение технологий искусственного интеллекта, анализа больших данных и машинного обучения, которые призваны стать элементом массового образования.

Одним из механизмов, направленных на формирование и развитие оптимальной модели управления системой образования Российской Федерации как весомым общественным институтом для достижения высоких качественных показателей, повышения социальной и экономической эффективности функционирования национальной системы образования, внедрения инновационных разработок по прорывным технологиям выступает реализация комплекса мероприятий государственной политики в форме государственных программ. В частности, на сегодняшний день реализуется множество мероприятий, посвященных вопросам профессиональной подготовки высококвалифицированных кадров для перспективных отраслей экономики Российской Федерации, в том числе с учетом цифровизации, в рамках таких государственных программ, как «Развитие образования» и «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» [6; 7] в контексте следующих направлений:

– развитие дополнительного образования и реализация мероприятий молодежной политики;

– переход к новым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

С указанными государственными программами в полной мере связан федеральный проект «Кадры для беспилотных авиационных систем», целью которого является создание системы непрерывной подготовки специалистов в сфере разработки, производства и эксплуатации БАС, который в совокупности с другими федеральными проектами аналогичной направленности является важным элементом в процессе достижения показателей, заложенных в Стратегии развития беспилотной авиации Российской

Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 г. № 1630-р) [8].

На сегодняшний день в Российской Федерации подготовка специалистов БАС осуществляется по образовательным программам в рамках разных направлений («мехатроника и робототехника», «системы управления летательными аппаратами», «двигатели летательных аппаратов», «электроэнергетика и электротехника», «математика и компьютерные науки», «программная инженерия», «конструирование и технология электронных средств», «геодезия и дистанционное зондирование») и профилей («оператор беспилотных летательных аппаратов (внешний пилот)», «космические и наземные радиотехнические системы», «системы искусственного интеллекта и суперкомпьютерные технологии», «конструкторская подготовка производства летательных аппаратов», «беспилотные летательные аппараты и бортовое оборудование») по всем уровням высшего образования.

Подготовкой кадров для БАС сегодня заняты самые различные организации, образовательная деятельность которых ориентирована как на школьников, так и на взрослых в рамках реализации программ дополнительного образования. Также функционируют компании, деятельность которых направлена на обучение пилотов БАС разных категорий – любителей и профессионалов. Каждая из организаций предлагает множество обучающих программ разных уровней сложности, используя различные цифровые технологии.

В вопросах разработки и производства БАС необходимо применение инновационных подходов для создания новых инженерных конструкций БПЛА, внедрения технологичных решений их взлета и посадки, разработки аккумуляторов значительной мощности и материалов нового поколения, что также подтверждает необходимость использования подходов цифрового инжиниринга.

Цифровизация сегодня, охватывая все новые и новые сферы жизни, диктует требование глубокой трансформации методов и средств обучения. При этом лидирующие позиции наряду с традиционными подходами в образовании завоевывают технологии симуляции и виртуальной реальности (*VR*), широкая интеграция которых обеспечивает функции взаимного усиления и дополнения применяемых парадигм для подготовки будущих специалистов.

Следует отметить, что для обучения разработке, производству и эксплуатации БАС необходима определенная теоретическая база. Однако значительная часть времени на подготовку специалистов в сфере БАС уделяется приобретению практических навыков, где особую актуальность приобретают иммерсивные технологии, реализующие моделирование альтернативного пространства для полного или частичного погружения в заданную среду, что сопряжено с изменением каналов взаимодействия с обучающимся.

Иммерсивный инструментарий обеспечивает интерактивность обучения, что является весьма конструктивистским и практико-ориентированным подходом, поскольку в данном случае обучающийся не столько применяет заготовленные средства обучения, сколько самостоятельно формирует представления о среде, в которой ему в дальнейшем предстоит реализовывать профессиональные действия, и о задачах, которые ему предстоит решить непосредственно в процессе обучения. При этом указанный инструментарий чрезвычайно актуален и для значительной части работ по моделированию и тестированию БАС, позволяя проверить различные проектные решения, осуществить моделирование закритических технологических гипотез.

К наиболее популярным средствам интерактивного обучения можно отнести симуляционные технологии, которые обеспечивают перенос обучающегося в воображаемую ситуацию, имитирующую реальность с высокой степенью достоверности для получения новых знаний, приобретения соответствующих навыков, что также оказывается необходимым в условиях, когда изучение некого явления или производственных обстоятельств невозможно традиционными методами.

Симуляционные технологии активно используются для обучения эксплуатации БАС на тренажерах, поддержания на должном уровне уже приобретенных навыков после длительного перерыва в полетах, отработки специфических навыков управления полетами. При этом данные возможности оказываются доступными благодаря разработке соответствующих сценариев современного цифрового образовательного контента (инсценировка внештатных или аварийных ситуаций, полетные задания, по-

летные условия (погодные, ветровые)).

Симуляционные технологии, используемые в рамках обучающих мероприятий, предполагают предварительную разработку программного обеспечения, которое идеально передает физику полета, поддерживает опции выбора типа БПЛА, настройку параметров пилотирования (режимы, скорости), выбор локаций для полета. Это в дальнейшем позволяет приобрести необходимые навыки управления на интуитивном уровне для буквально рефлекторного характера действий в реальности при одновременном сокращении временных затрат на последующую практическую подготовку и финансовых трат на запасные части и ремонт БПЛА.

Технологии виртуальной реальности также предоставляют широкие возможности для подготовки специалистов для управления БПЛА, что в большей мере касается совершенствования тренажеров для операторов БАС. Для реализации задач работы БПЛА в городской среде возникает необходимость разработки и отладки систем интеллектуального управления, а также повышения их надежности, что обеспечивается на основе технологий виртуальной реальности для автономных подвижных объектов на основе кроссплатформенных сред разработки для тестирования, отладки и обучения. В 2023 г. российские разработчики создали тренажер «Виарус» для обучения операторов БПЛА с помощью *VR*-очков, что согласно идее инженеров обеспечит не только возможность отработки навыков пилотирования БПЛА, но и укрепление вестибулярного аппарата. Российская компания «Аэронет» *UAVProf* на базе технологий виртуальной реальности разработала цифровой полигон для отработки навыков управления БПЛА, рассчитанный на одновременное обучение до 100 тыс. пользователей (для отработки навыков пилотирования задач широкого спектра в различных условиях). Ряд организаций работает над разработкой с применением *VR*-технологий систем, которые смогут объединить систему захвата движения, программу рендеринга изображений, бортовую электронику, включая инерциальный датчик и специально созданные платы с интегрированным компьютером.

Значительные шаги в применении прорывных технологических решений для совершенствования БАС сегодня в мире связаны с внедрением искусственного интеллекта. В Российской Федерации уже созданы БПЛА различного типа и назначения с искусственным интеллектом [9–11]. Однако дальнейшее широкое применение данного типа беспилотных комплексов требует соответствующей элементной базы, которая позволит решать широкий круг задач посредством применения технологий машинного обучения на основе нейросетей. Это связано с созданием вычислительных средств с нейропроцессорами в авиационном исполнении. Вместе с тем отработка новаторских решений на этапе проектных и испытательных работ для создания программно-аппаратных средств БАС нового поколения на основе искусственного интеллекта также требует применения симуляторов, поскольку предполагает обучение работе с БПЛА с помощью симуляционных тренажеров.

Результаты и обсуждение

Использование симуляционной технологии и *VR* позволяет детализировать для рассмотрения объекты и процессы, наблюдение которых невозможно или сложно в реальном мире. В виртуальной реальности обучающиеся могут в увлекательной и понятной игровой форме изучить теоретический материал, проследить траекторию движения, подробно изучить отклонения каждого органа управления БПЛА на разных этапах полета, на основе наглядного подхода оценить физику процесса. Это открывает новые возможности для использования инновационного материала в учебном процессе, позволяет без каких-либо рисков для обучающихся проводить обучение летного состава, оттачивать навыки управления БАС, экспериментировать при выполнении различных элементов пилотажа, невзирая на сложности сценария полета, без риска материальных потерь.

Также можно отметить еще один сегмент рынка, в котором стремительно наращивается участие индустрии БПЛА на фоне инновационных разработок в области искусственного интеллекта, специализированных сенсоров и анализа больших данных. Это геоинформационные сервисы. Аэрофотосъемка, лазерное сканирование, фотограмметрия, картографирование, оперативный видео- и тепловизионный мониторинг, геодезия и топография – это те сферы, где БПЛА является эффективным инструментом. Следовательно, задача последующей дешифровки полученных с помощью БПЛА данных требует соответствующей инфраструктуры БАС, предусматривающей постоянно функ-

ционирующие системы для обработки и анализа больших данных, которые являются основой для формирования баз данных, содержащих облака точек, цифровые, текстурированные и трехмерные модели местности и рельефа, ортофотопланы, что также сопряжено с использованием симуляционных и *VR*-технологий.

Использование симуляторов и технологий виртуальной реальности позволяет не только ускорить процесс формирования профессиональных умений, но и повысить мотивацию в изучении теории и практики летного дела, индивидуализировать процесс обучения, повысить качество обучения [12], что в то же время во многом зависит и от качества обучающих материалов. При этом необходима разработка обучающих материалов не только для уже занятых в сфере БАС с целью совершенствования их профессиональных компетентностей, а и для новичков в данной области для полноценного тематического погружения заинтересованных слушателей в отрасль беспилотных систем с целью повышения их мотивации к дальнейшему получению профессионального образования и развитию карьеры в данном направлении.

Стоит также отметить, что значительный объем существующего цифрового контента по вопросам БАС ориентирован в основном на эксплуатацию данных систем, что говорит о первоочередности задачи по разработке контента, направленного на освоение знаний в сфере инфраструктуры обеспечения функционирования БАС, изучение устройства БПЛА, их разработки и проектирования, изготовление комплектующих, а также приобретение базовых практических навыков в данном контексте. То есть необходима разработка контента и тренажеров, которые бы позволяли реализовать отработку этапов обслуживания БПЛА, обеспечивая приобретение навыков сборки и обслуживания БАС, то есть полный цикл подготовки до работы с реальным образцом беспилотной техники, включая сборку пусковой установки, БПЛА, его заправку, проверку канала радиосвязи и т.п. Подобного рода обучающие системы на базе нейронных сетей и технологий виртуальной реальности уже начинают появляться [13; 14]. Внимания заслуживают специализированные тренажеры, предназначенные для изучения состава комплекса, основных действий и операций по обслуживанию, развертыванию и применению БАС. Например, предлагается продукт, который на основе *VR*-технологий предоставляет возможность отработки на практике навыков по сборке БПЛА мультироторного или самолетного типа с поддержкой имитационных процедур его предполетной подготовки и запуска. Программное обеспечение позволяет пройти полный цикл работы с выбранным комплексом от развертывания до посадки БПЛА, ознакомиться с материальной частью комплексов и отточить навыки работы с наземным оборудованием. Также предлагаются программно-аппаратные комплексы, предназначенные для подготовки специалистов по сборке, программированию и эксплуатации БПЛА разных классов, ориентированные на подготовку специалистов в области разработки, конструирования, технического обслуживания, программирования БАС [14].

Однако, оценивая представленность и распространенность продуктов рассмотренного типа, можно констатировать, что это скорее единичные случаи, пример которых должен быть масштабирован и тиражирован, либо часть программно-аппаратных комплексов ориентирована исключительно на узкий круг конечных пользователей.

Заключение

Следует отметить, что модели БПЛА постоянно развиваются, и это выдвигает на первый план задачу актуализации соответствующего образовательного контента применительно к разным аспектам жизненного цикла БАС, которые на основе систем искусственного интеллекта станут частью будущего информационного и высокоинтеллектуального мира.

Следовательно, в контексте запросов государства на подготовку специалистов в сфере разработки, производства и эксплуатации БАС и образовательные организации, и компании, реализующие программы дополнительного образования, и крупные игроки на рынке БПЛА должны быть заинтересованы в разработке и популяризации цифрового контента для обучения разработке, производству и эксплуатации БАС. При этом данный контент должен быть разнонаправленным, доступным разным категориям обучающихся, что должно найти отражение в увеличении соответствующих профессиональных образовательных программ в области разработки и производства БАС, программ дополнительного образования и обучения, программ переподготовки, курсов для профессионального самоопределения граждан Российской Федера-

ции при синхронном повышении доступности образовательного контента.

В целом синергетический подход, предполагающий интеграцию БАС, технологий искусственного интеллекта, анализа больших данных, симуляционных технологических решений и виртуальной реальности, дает оптимальную комбинацию, которая при наращивании возможностей для обучения разработке, производству и эксплуатации БАС, позволит достичь в 2024 г. прогнозируемых экономических показателей на рынке БПЛА при одновременном росте кадрового потенциала Российской Федерации.

Список литературы

1. Анализ существующего состояния международного и отечественного рынка применений беспилотных авиационных систем гражданского назначения, оценка ключевых характеристик отечественного рынка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://russiandrone.ru/publications/analiz-sushchestvuyushchego-sostoyaniya-mezhdunarodnogo-i-otechestvennogo-rynka-primeneniy-bespilotn/https://russiandrone.ru/publications/analiz-sushchestvuyushchego-sostoyaniya-mezhdunarodnogo-i-otechestvennogo-rynka-primeneniy-bespilotn.

2. Анализ размера и доли рынка беспилотных летательных аппаратов – тенденции роста и прогнозы (2023–2028 гг.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/drones-market.

3. Куликов, Л. Беспилотные авиационные системы военного назначения: проблемы и перспективы развития / Л. Куликов, В. Ростопчин, Н. Бондаренко // Аэрокосмическое обозрение. – 2004. – № 1. – С. 20–23.

4. Семенов, С.С. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники / С.С. Семенов, В.Н. Харчев, А.И. Иоффин. – М. : Радио и связь, 2004. – 552 с.

5. Сурова, Н.Ю. Современные вызовы в подготовке будущих специалистов: возможности искусственного интеллекта и data science / Н.Ю. Сурова // Вестник Академии. – 2022. – № 1. – С. 7–13.

6. Сурова, Н.Ю. Реализация современных образовательных технологий: дата-центричный подход в образовании будущего / Н.Ю. Сурова, А.С. Каплевский // В сборнике: Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Чистова. Москва, 2022. – С. 287–289.

7. Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В.М. Ильюшко, М.М. Митрахович, А.В. Самков [и др.]. – Киев : Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, 2009. – 302 с.

8. Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 г. № 1642 (ред. от 08.12.2023) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» // Официальный сайт компании «Консультант Плюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286474.

9. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 года № 377 (с изменениями на 17 января 2024 года) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/554102822.

10. Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года // Официальный сайт правительства России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf.

11. В России представили беспилотники с элементами искусственного интеллекта. В чем их уникальность [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://rg.ru/2022/12/20/dron-s-intellektom.html.

12. Новейший российский беспилотник с гибридным двигателем получил искусственный интеллект [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.aex.ru/news/2021/4/15/226980/#:~:text=ZALA%20421-16E5G%20является%20первым,электромотора%20и%20двигателя%20внутренне-

го%20сгорания.

13. «Альтиус». Тяжелый российский беспилотник с искусственным интеллектом [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://topwar.ru/169438-altius-tjazhelyj-rossijskij-bespilotnik-s-iskusstvennym-intellektom.html.

14. Князев, А.С. Совместное использование авиасимулятора X-Plane и среды SimInTech для исследования работы авиационных систем / А.С. Князев // Труды МАИ. – 2021. – № 117.

15. В Воронежской академии ВВС разработали VR-тренажер для работы с «Орланом-10» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://tass.ru/armiya-i-opk/18542729.

16. Изучение беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://pl-llc.ru/catalog/aviatsiya-i-kosmonavtika/bpla.

References

1. Analiz sushchestvuyushchego sostoyaniya mezhdunarodnogo i otechestvennogo rynka primeneniy bespilotnykh aviatsionnykh sistem grazhdanskogo naznacheniya, otsenka klyuchevykh kharakteristik otechestvennogo rynka [Electronic resource]. – Access mode : https://russiandrone.ru/publications/analiz-sushchestvuyushchego-sostoyaniya-mezhdunarodnogo-i-otechestvennogo-rynka-primeneniy-bespilotn/https://russiandrone.ru/publications/analiz-sushchestvuyushchego-sostoyaniya-mezhdunarodnogo-i-otechestvennogo-rynka-primeneniy-bespilotn.

2. Analiz razmera i doli rynka bespilotnykh letatel'nykh apparatov – tendentsii rosta i prognozy (2023–2028 gg.) [Electronic resource]. – Access mode : https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/drones-market.

3. Kulikov, L. Bespilotnyye aviatsionnyye sistemy voyennogo naznacheniya: problemy i perspektivy razvitiya / L. Kulikov, V. Rostopchin, N. Bondarenko // Aerokosmicheskoye obozreniye. – 2004. – № 1. – S. 20–23.

4. Semenov, S.S. Otsenka tekhnicheskogo urovnya obraztsov vooruzheniya i voyennoy tekhniki / S.S. Semenov, V.N. Kharchev, A.I. Ioffin. – M. : Radio i svyaz', 2004. – 552 s.

5. Surova, N.YU. Sovremennyye vyzovy v podgotovke budushchikh spetsialistov: vozmozhnosti iskusstvennogo intellekta i data science / N.YU. Surova // Vestnik Akademii. – 2022. – № 1. – S. 7–13.

6. Surova, N.YU. Realizatsiya sovremennykh obrazovatel'nykh tekhnologiy: data-tsentrichnyy podkhod v obrazovanii budushchego / N.YU. Surova, A.S. Kaplevskiy // V sbornike: Novyye informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii. Sbornik nauchnykh trudov XXII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obshchey redaktsiyey D.V. Chistova. Moskva, 2022. – S. 287–289.

7. Bespilotnyye letatel'nyye apparaty: Metodiki priblizhennykh raschetov osnovnykh parametrov i kharakteristik / V.M. Il'yushko, M.M. Mitrakhovich, A.V. Samkov [i dr.]. – Kiyev : Tsentral'nyy nauchno-issledovatel'skiy institut vooruzheniya i voyennoy tekhniki Vooruzhennykh Sil Ukrainy, 2009. – 302 s.

8. Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 26.12.2017 g. № 1642 (red. ot 08.12.2023) «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye obrazovaniya» // Ofitsial'nyy sayt kompanii «Konsul'tant Plyus» [Electronic resource]. – Access mode : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286474.

9. Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 29 marta 2019 goda № 377 (s izmeneniyami na 17 yanvarya 2024 goda) «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Nauchno-tekhnologicheskoye razvitiye Rossiyskoy Federatsii» // Elektronnyy fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/554102822.

10. Strategiya razvitiya bespilotnoy aviatsii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2035 goda // Ofitsial'nyy sayt pravitel'stva Rossii [Electronic resource]. – Access mode : http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf.

11. V Rossii predstavili bespilotniki s elementami iskusstvennogo intellekta. V chem ikh unikal'nost' [Electronic resource]. – Access mode : https://rg.ru/2022/12/20/dron-s-intellektom.html.

12. Noveyshiy rossiyskiy bespilotnik s gibridnym dvigatelem poluchil iskusstvennyy intellekt [Electronic resource]. – Access mode : https://www.aex.ru/news/2021/4/15/226980/#:~:text=ZALA%20

421-16E5G%20yavlyayetsya%20pervym,elektromotora%20i%20dvigatelya%20vnutrennego%20sgoraniya.

13. «Al'tius». Tyazhelyy rossiyskiy bespilotnik s iskusstvennym intellektom [Electronic resource]. – Access mode : https://topwar.ru/169438-altius-tjazhelyj-rossijskij-bespilotnik-s-iskusstvennym-intellektom.html.

14. Knyazev, A.S. Sovmestnoye ispol'zovaniye aviasimulyatora X-Plane i sredy SimInTech dlya issledovaniya raboty aviatsionnykh sistem / A.S. Knyazev // Trudy MAI. – 2021. – № 117.

15. V Voronezhskoy akademii VVS razrabotali VR-trenazher dlya raboty s «Orlanom-10» [Electronic resource]. – Access mode : https://tass.ru/armiya-i-opk/18542729.

16. Izucheniye bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Electronic resource]. – Access mode : https://pl-llc.ru/catalog/aviatsiya-i-kosmonavtika/bpla.

© Е.В. Нежданов, Р.М. Чудинский, Д.О. Третьяков, И.А. Рубан, 2024

УДК 377

Н.Ю. СУРОВА, А.А. БЕЛОГЛАЗОВ, Н.А. БУЛАЕВА, Т.В. ЗАРАЙСКАЯ
ООО «Академия «СЭТ», г. Москва

КОМПЕТЕНЦИИ ЭКСПЕРТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы (**БАС**); беспилотные летательные аппараты (**БПЛА**); дополнительное профессиональное образование; кадры; подготовка кадров; программа; эксперт; экспертиза.

Аннотация. В условиях, когда беспилотные авиационные системы становятся все более популярными, а сфера их применения постоянно расширяется, открывая новые возможности, особую актуальность приобретает необходимость наращивания кадрового потенциала отрасли беспилотной авиации. Целью данной статьи является определение компетенций эксперта по оценке актуальности, качества, содержательности и достаточности дополнительных профессиональных программ подготовки квалифицированных кадров для разных категорий обучающихся (педагогов, специалистов смежных отраслей промышленности). Задача статьи – выделить качественные характеристики, которые позволят однозначно определить компетенции эксперта. Гипотеза: эксперт дополнительных профессиональных программ подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем должен иметь теоретическую подготовку в области информационных технологий, авиационной робототехники и беспилотных авиационных систем, обладать опытом экспертной деятельности и практической работы в сфере гражданской (военной) или беспилотной авиации. В процессе подготовки материалов статьи были использованы современные методы проведения научных исследований: анализ, систематизация, сравнительное исследование и другие общелогические методы. Сформирован перечень индикаторов и показателей, набор которых определяет компетенции эксперта дополнительных профессиональных программ подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем.

Введение

В современных условиях глобализации мировой экономической системы, модернистского мировоззрения и мироощущения проблемы, связанные с интеграцией различных отраслей науки и техники, обеспечивающих синергетический эффект, стали первоочередными, выносящ на первый план задачи, характер и выбор направлений решения которых непосредственно определяется ускоряющимися процессами глубокой цифровизации. Это становится отправной точкой появления креативных подходов к применению уже существующих технологий, в том числе и БАС.

Исторически применение БПЛА связано с военными целями, однако в начале XXI века сфера их использования значительно расширилась, будучи перенесенной в гражданскую сферу. В последнее время возросла актуальность оперативного получения достоверной оценки о состоянии объектов различной природы посредством применения БАС как наиболее безопасного и достоверного источника информирования, способных мгновенно передавать соответствующим органам управления информацию о мониторинге любых наземных объектов для принятия адекватных мер в случае угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций, выполнять задачи, связанные с риском для человеческой жизни. Таким образом, БПЛА ста-

ли широко применяться в сельском хозяйстве, логистике, строительстве, электроэнергетике, нефтегазовой промышленности, экологическом мониторинге, системах обеспечения безопасности, кинематографе, деятельности служб по чрезвычайным ситуациям. При этом сфера и возможности применения БАС постоянно расширяются.

Несомненно, тенденцией сегодняшнего этапа развития БАС является появление высокоинтеллектуальных систем, функционирующих на основе постоянно совершенствуемого аппаратно-программного комплекса. При этом простые модификации БПЛА, разнообразие которых определяется взлетной массой, дальностью, высотой и продолжительностью полета, типом конструкции и силовой установки, становятся доступными широкому кругу пользователей вследствие удешевления их производства, использования прогрессивных материалов и технологий в бюджетных радиоуправляемых моделях, что способствует популяризации данного направления авиации.

Беспилотная авиация на сегодняшний день является одной из приоритетных сфер развития национальной экономики Российской Федерации, чему во многом способствовала, начиная с 2014 г., реализация мероприятий государственной программы «Развитие авиационной промышленности» [1]. А с учетом необходимости внедрения прорывных технологий, способных обеспечить трансформационные процессы технологического развития наукоемких отраслей российской промышленности, к которым относится и авиационная отрасль, решение приоритетных задач в сфере разработки, проектирования и эксплуатации БАС в условиях сложной геополитической обстановки и необходимости обеспечения технологического суверенитета становится направлением первоочередной значимости.

Одним из ключевых направлений в контексте формирования промышленной базы и программного обеспечения для развития БАС на основе технологий искусственного интеллекта с применением инструментария обработки больших объемов данных является подготовка инженерных и конструкторских кадров. Данный вопрос нашел отражение в Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. [2]. Также в федеральной программе «Кадры для беспилотных авиационных систем» [3], согласно которой планируется увеличение количества образовательных организаций, в которых реализуются практико-ориентированные образовательные программы среднего профессионального образования и соответствующие дополнительные профессиональные программы с модулями по БАС, планируется обучить около 1,2 млн человек с последующим их включением в цифровой реестр кадров БАС как специалистов в области разработки, производства и эксплуатации беспилотных систем.

Уже сегодня наметился тренд опережения темпов внедрения технологий беспилотной авиации возможностей системы образования по подготовке кадров в данной сфере, что, в свою очередь, характеризуется открытием новых образовательных возможностей, в рамках которых многочисленные организации и компании предлагают заинтересованным категориям населения пройти обучение для приобретения знаний и навыков разработки, проектирования и эксплуатации БАС по дополнительным профессиональным программам. Это актуализирует вопрос привлечения авторитетных и высококвалифицированных специалистов, которые обладают соответствующими компетенциями для проведения качественной экспертизы разработанных программ с целью их последующего тиражирования.

Материалы и методы исследования

Введение в практику профессионально-общественной экспертизы дополнительных профессиональных программ в сфере БАС как механизма обеспечения совершенствования их качества обусловлено необходимостью широкого привлечения представителей профессиональных сообществ, работодателей, общественности к определению содержания обучения и образовательных результатов для подготовки востребованных на рынке труда квалифицированных специалистов [4; 5].

Эксперт, осуществляющий оценку дополнительных профессиональных программ подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС, безусловно, должен иметь необходимую квалификацию для выполнения данного вида работ, следовательно, необходимы индикаторы, которые позволят однозначно

определить его компетенции – совокупность знаний, навыков, личностных качеств и мотивов человека, проявляющаяся в виде его рабочего поведения. В частности, можно обозначить следующие общие требования к экспертам в сфере образования и науки:

– высокий уровень профессиональной компетентности;
– опыт проведения экспертиз;
– научная объективность;
– личная эффективность;
– прогностичность;
– креативность и аналитические способности;
– новаторство и творческий подход к решению задач;
– способность анализировать проблемные ситуации и находить оптимальный путь разрешения противоречий;
– независимость;
– широта и конструктивность мышления;
– положительное отношение к инновациям.

К основополагающим индикаторам компетенций специалиста также можно отнести уровень компетентности и грамотности в области разработки, проектирования и эксплуатации БАС, что предполагает анализ следующих сведений:

– профиль и уровень образования;
– область деятельности и опыт работы по профилю (стаж работы непосредственно в данной области и общий стаж работы);
– соответствие занимаемой должности уровню и характеру решаемых задач;
– качество проводимых ранее специалистом экспертных работ.

Конкретизируя указанные индикаторы, можно отметить, что будущий эксперт должен обладать фундаментальными знаниями в области естественных или технических наук, при этом положительным также является знание иностранного языка. Специалист должен иметь опыт применения инженерных знаний и навыков на практике, обладать навыками эффективной коммуникации и работы в команде, что в совокупности можно отнести к универсальным компетентностям. Кроме того, эксперт должен иметь теоретическую подготовку в области информационных технологий и авиационной робототехники, беспилотных авиационных систем.

Для эксперта важна регулярность подтверждения квалификации специалиста (ученая степень/звание, наличие актуальных публикаций, участие в конференциях, семинарах, мастер-классах, прохождение курсов повышения квалификации), знание и понимание тенденций в сфере наук об образовании. При этом стоит отдельно выделить результативность научной и практической деятельности эксперта.

Следует отметить, что сфера БАС характеризуется динамичностью с точки зрения используемых технологий. То есть специалист данной области может быть представителем высшей школы, который участвует в процессе обучения кадров для разработки, проектирования и эксплуатации беспилотных систем согласно федеральным государственным образовательным стандартам, при этом он в профессиональном контексте отвечает целому ряду ранее упомянутых индикаторов, свидетельствующих о регулярности подтверждения квалификации. В то же время специалистом-экспертом может быть представитель компании, которая занимается созданием и проектированием беспилотных летательных систем и, как следствие, владеет навыками алгоритмизации программных процессов и структурирования данных, знает методы изготовления опытных образцов и прототипирования, знаком с системами автоматизированного проектирования, инструментами 3*D*-моделирования, с государственными стандартами и правилами в области авиации, занимая соответствующую должность и имея стаж работы в сфере проектирования и разработки авиационной техники. Например, группа компаний «Беспилотные системы», один из мощных игроков на рынке БАС в Российской Федерации, разработчик и производитель беспилотных авиационных комплексов [6], среди прочих услуг (аэрофотосъемка, лазерное сканирование, оперативный видео- и тепловизионный мониторинг, газоанализ) имея современнейшую материально-техническую базу (испытательные полигоны, лаборатории, специализированные классы) и лицензию на осуществление образовательной деятельности, проводит обучение операторов БПЛА по программам профессионального обучения и повышения квалификации, а также по общеобразовательной общеразвивающей программе. Образовательный процесс обеспечивают педагогические (научно-педагогические) работники, специалисты, ин-

женерно-технические работники предприятия, в том числе имеющие ученую степень кандидата технических наук, которые непосредственно заняты на разных этапах производства БАС, что является одним из наиболее удачных сочетаний компетенций эксперта по оценке образовательных программ по беспилотным системам.

Важными принципами проведения экспертизы, которые также определяют требования к кандидату в эксперты, являются:

– независимость и правовая защищенность участников экспертного процесса, их компетентности и заинтересованности в получении объективных результатов;

– научно-техническая обоснованность экспертных оценок;

– объективность принимаемых заключений по результатам анализа;

– соблюдение конфиденциальности, исключение возможности использования и передачи третьим лицам персональной информации юридических лиц.

Предлагается также выделить ряд основополагающих признаков, позволяющих отнести рассматриваемую кандидатуру специалиста к категории эксперта для проведения экспертизы дополнительных профессиональных программ подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС:

– стаж профессиональной деятельности;

– уровень сложности, разносторонность и успешность профессиональной деятельности;

– оптимальное сочетание узкой специализации и общего кругозора эксперта;

– индивидуальные характеристики личности, отражающие ее мотивации и потребности (уровень административной и экономической независимости);

– адаптивность к внешней среде;

– характеристика эмоционального и интеллектуального потенциала.

Экспертами образовательных программ могут быть представители профессионального сообщества, которые должны иметь высшее профессиональное образование, стаж работы, например, не менее пяти лет, по профилю, соответствующему предмету экспертизы, а также знания, умения и навыки, необходимые для оценки актуальности, качества, практико-ориентированной направленности программ. То есть экспертом может выступить сотрудник компании по производству беспилотных комплексов, который имеет опыт экспертной деятельности и/или обладает удостоверением или сертификатом, подтверждающим факт прохождения обучения для экспертов дополнительных профессиональных программ.

Стоит акцентировать внимание на том, что эксперт образовательных программ, будучи связанным в той или иной степени с индустрией БАС, должен знать составляющие нормативно-правого обеспечения дополнительного профессионального образования, требования к структуре дополнительной профессиональной программы, методику проведения профессионально-общественной экспертизы дополнительной профессиональной программы, а значит, уметь проводить профессионально-общественную экспертизу дополнительной профессиональной программы в соответствии с методикой экспертизы и с учетом нормативных требований к дополнительной профессиональной программе повышения квалификации, оформлять экспертное заключение по результатам проведения профессионально-общественной экспертизы дополнительной профессиональной программы.

Результаты и обсуждение

Безусловно, для реализации экспертной деятельности для специалиста желателен опыт практической работы в организациях и на предприятиях, занятых проектированием и выпуском БПЛА, разработкой симуляционных тренажеров, лабораторного оборудования, задействованного в проектировании БАС. При этом приветствуется непосредственный опыт (большое количество часов налета) пилотирования, что может быть присуще как работнику гражданской авиации или специалисту военной авиации, так и практикующему оператору БПЛА.

Совокупности данных характеристик может соответствовать преподаватель находящейся в ведении Министерства обороны Российской Федерации федеральной государственной организации, военной образовательной организации высшего образования или федеральной государственной военной профессиональной образовательной организации, которые осуществляют подготовку кадров разных уровней высшего образования, а также специалистов среднего звена по соответствующим образова-

тельным программам (основные профессиональные образовательные программы; программы бакалавриата, специалитета, магистратуры, подготовки научных и научно-педагогических кадров в адъюнктуре, а также программы ординатуры; образовательные программы среднего профессионального образования) согласно федеральным государственным образовательным стандартам.

Компетентными в вопросах экспертизы образовательных программ также могут быть сертифицированные инструкторы и преподаватели авиационных учебных центров, которые заняты обучением авиационного персонала, имеют за плечами ценный опыт трудовой деятельности по профессии пилота, штурмана, инженера или бортрадиста, теоретическую и практическую подготовку в сфере БАС, знакомы с законодательством авиации общего назначения.

Следует также акцентировать внимание на том, что непосредственно дополнительные профессиональные программы подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации беспилотных систем могут быть ориентированы на разные категории слушателей. Так, расширение работы по развитию системы подготовки квалифицированных кадров в сфере БАС требует повышения квалификации педагогических работников для усиления компетенций в преподавании специальных дисциплин в сфере БАС, действующих работников транспортной отрасли, а также переподготовки специалистов, уже обладающих прикладным опытом деятельности в иных отраслях (строительство, сельское хозяйство, геодезия, маркшейдерство, нефтедобыча).

Специалистом по вопросам экспертизы дополнительных профессиональных программ подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных систем может выступать сертифицированный эксперт Всероссийского чемпионатного движения или Ворлдскиллс по одной из компетенций «Внешнее пилотирование и эксплуатация беспилотных воздушных судов», «Ремонт беспилотных летательных аппаратов», «Эксплуатация беспилотных авиационных систем», который обладает рядом важных компетенций (знание профессии, участие в составлении тестового задания и в определении критериев оценки), позволяющих оценить актуальность и содержательность программы дополнительного образования.

Заключение

Дополнительное профессиональное образование на сегодняшний день является одной из наиболее гибких систем российского образования, поскольку в условиях стремительности цифровизации и необходимости развития перспективных отраслей промышленности отмечается ежегодное повышение потребности в ее развитии и совершенствовании для удовлетворения запросов обучающихся, общества и государства. Однако тенденция к увеличению объемов дополнительного образования, разнообразию содержания и форм его реализации сопровождается рядом проблемных вопросов, что требует оценки качества предлагаемых для внедрения программ дополнительного профессионального образования.

Ключевым аспектом является то, что программы дополнительного профессионального образования во многом призваны устранить зоны «разрыва компетенций», характеризующиеся тем, что квалификация персонала не соответствует изменившимся условиям и требует повышения, что критически важно для кадрового сопровождения разностороннего применения БАС. В этом контексте для того, чтобы оценить соответствие программы дополнительного профессионального образования в сфере БАС насущным вызовам в вопросах подготовки кадров, эксперт должен не просто обладать необходимыми теоретическими знаниями в данной и смежных областях (аэродинамика, приборостроение, информатика, управление автоматизированными системами, конструкция и проектирование летательных аппаратов), разбираться в используемом оборудовании, его устройстве и связях между составными элементами БАС, владеть перспективными технологиями (современные процессорные архитектуры, механизмы работы нейронных сетей, методы разработки программного обеспечения), но и быть активно вовлеченным в процесс создания, тестирования, изготовления и эксплуатации беспилотных систем различного типа и назначения.

Специалист в области БАС, который способен выполнить экспертизу дополнительных профессиональных программ подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации беспилотных авиационных си-

стем, должен постоянно обновлять свои знания и совершенствовать практические навыки, учитывая развитие технологий и изменения в законодательстве.

В целом успешное решение задачи однозначности определения компетенций эксперта при проведении экспертизы дополнительных профессиональных программ подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС позволит в дальнейшем формировать по заявкам заказчиков экспертизы экспертные пулы (списки), вести статистику, анализ и контроль результатов профессиональной деятельности экспертов, создавать и актуализировать их реестр, вырабатывать предложения и реализовывать меры по повышению эффективности экспертной деятельности в сфере подготовки кадров для БАС.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 303 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности» (с изменениями на 22 ноября 2022 года) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/499091776.
2. Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года. // Официальный сайт правительства России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf.
3. Федеральный проект «Кадры для беспилотных авиационных систем» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://bpla.edu-sigma.ru/files/Passport.pdf.
4. Аналитический доклад по функционированию системы дополнительного профессионального образования в Российской Федерации в 2013 году / А.Г. Абрамов [и др.]. – М. : ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика», 2013. – 90 с.
5. Российский рынок труда : тенденции, институты, структурные изменения // Доклад Центра трудовых исследований и Лаборатории исследований рынка труда НИУ ВШЭ под ред. В. Гимпельсона, Р. Капелюшникова и С. Рощина. – М. : Центр стратегических разработок, 2017. – 148 с.
6. Реализация современных образовательных технологий с использованием возможностей искусственного интеллекта: data центричный подход в образовании будущего / Н.О. Яныкина, Н.Ю. Сурова // В сборнике: Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Чистова. – М., 2022. – С. 287–289.
7. ГК «Беспилотные системы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://supercam.aero.

References

1. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 15 aprelya 2014 goda № 303 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye aviatsionnoy promyshlennosti» (s izmeneniyami na 22 noyabrya 2022 goda) // Elektronnyy fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/499091776.
2. Strategiya razvitiya bespilotnoy aviatsii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2035 goda. // Ofitsial'nyy sayt pravitel'stva Rossii [Electronic resource]. – Access mode : http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf.
3. Federal'nyy proyekt «Kadry dlya bespilotnykh aviatsionnykh sistem» [Electronic resource]. – Access mode : https://bpla.edu-sigma.ru/files/Passport.pdf.
4. Analiticheskiy doklad po funktsionirovaniyu sistemy dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya v Rossiyskoy Federatsii v 2013 godu / A.G. Abramov [i dr.]. – M. : FGAU GNII ITT «Informika», 2013. – 90 s.
5. Rossiyskiy rynok truda : tendentsii, instituty, strukturnyye izmeneniya // Doklad Tsentra

trudovykh issledovaniy i Laboratorii issledovaniy rynka truda NIU VSHE pod red. V. Gimpel'sona, R. Kapelyushnikova i S. Roshchina. – M. : Tsentr strategicheskikh razrabotok, 2017. – 148 s.

6. Realizatsiya sovremennykh obrazovatel'nykh tekhnologiy s ispol'zovaniyem vozmozhnostey iskusstvennogo intellekta: data tsentrichnyy podkhod v obrazovanii budushchego / N.O. Yanykina, N.YU. Surova // V sbornike: Novyye informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii. Sbornik nauchnykh trudov XXII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obshchey redaktsiyey D.V. Chistova. – M., 2022. – S. 287–289.

7. GK «Bespilotnyye sistemy» [Electronic resource]. – Access mode : https://supercam.aero.

© Н.Ю. Сурова, А.А. Белоглазов, Н.А. Булаева, Т.В. Зарайская, 2024

УДК 377:62

Н.Ю. СУРОВА, Н.М. ШАДРИНА, Н.В. ИВАНОВА, О.Н. КРОЕР
ООО «Академия «СЭТ», г. Москва

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ И ПРОГРАММ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ БАС

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы (**БАС**); дополнительная профессиональная программа; кадры для БАС; программа профессиональной подготовки; экспертная оценка.

Аннотация. Целью статьи является обоснование актуальности проведения экспертизы разрабатываемых в рамках федерального проекта «Кадры для беспилотных авиационных систем» дополнительных профессиональных программ и программ профессиональной подготовки кадров для разработки, производства и эксплуатации БАС. В работе обоснована необходимость экспертной оценки разрабатываемых и используемых дополнительных профессиональных программ и программ подготовки кадров для сферы БАС. Методами анализа, синтеза определено, каким требованиям должны соответствовать данные образовательные программы (модули).

Развитию беспилотной авиации как новой отрасли экономики и ее применению в последние годы уделяется много внимания в России. Данная отрасль получает синергетический эффект от деятельности многих организаций, занимающихся изготовлением и эксплуатацией БАС. Это и отраслевые научные, общественные организации, и компании-разработчики, и изготовители, эксплуатанты БАС и ее инфраструктуры, и образовательные организации в части профессиональной подготовки кадров для БАС [17].

С 1 января 2024 г. в России начата реализация федерального проекта «Кадры для беспилотных авиационных систем», направленного на создание системы непрерывной подготовки специалистов в сфере разработки, производства и эксплуатации БАС [20]. В рамках проекта в период с 2024 по 2030 гг. на разных уровнях образования будут разработаны образовательные программы или образовательные модули, которые познакомят обучающихся общеобразовательных организаций, профессиональных образовательных организаций, образовательных организаций высшего образования с формирующейся в России отраслью БАС, подготовят к работе в ней, создадут условия для формирования и развития необходимых профессиональных компетенций. Также запланированы повышение квалификации и профессиональная подготовка педагогических кадров, которые будут в дальнейшем проводить обучение по разработанным образовательным программам и модулям. От качества содержания данных программ (модулей) зависит качество образования слушателей, успех реализации Стратегии развития беспилотной авиации в Российской Федерации [17].

Под беспилотными авиационными системами понимается «комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно беспилотное воздушное судно или несколько таких судов, средства обеспечения взлета и посадки, средства управления полетом одного беспилотного воздушного судна или нескольких таких судов и контроля за их полетом» [17].

Беспилотное воздушное судно или беспилотный летательный аппарат – это «летательный аппарат, способный взлетать и поддерживать контролируемый полет и аэронавигацию без какого-либо присутствия человека на борту» [7]. Другими словами, таким воздушным судном управляет «внешний пилот» [2].

Беспилотные летательные аппараты (**БПЛА**) используются в разных сферах человеческой деятельности. В России их применяют

в сельском хозяйстве для защиты растений от вредителей, для мониторинга состояния энергосетей и газопроводов, для проведения кадастровых или геологоразведочных работ, для осуществления контроля ведения строительства объектов, во время проведения культурных массовых мероприятий. Имеются перспективы использования БАС также для проведения мониторинга состояния лесных угодий, железных и автомобильных дорог, в аэромагнитной разведке, для перевозки грузов.

Беспилотная авиация имеет ряд преимуществ перед использованием пилотируемых воздушных судов:

– возможность управления несколькими БПЛА с помощью одного летного экипажа;

– более широкая сфера использования (например, в условиях устранения последствий чрезвычайных ситуаций на протяженных маршрутах следования в любое время суток, при любых погодных и экологических условиях);

– отсутствие опасности для жизни экипажа, когда полет БПЛА проходит в неблагоприятных внешних условиях;

– «относительная простота в освоении управления и технологий применения БАС» [17].

Кроме того, отрасль беспилотной авиации представлена большим разнообразием БПЛА, которые различаются по размерам и способам применения, по пропорции максимальной взлетной массы и массы полезной нагрузки при имеющихся габаритах и массе, по соотношению мобильности и маневренности [17].

Масштаб применения и запланированные объемы использования БАС требуют наличия достаточного количества подготовленных квалифицированных специалистов. Согласно Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. (далее Стратегия развития БАС) в настоящий момент наблюдается разрыв между скоростью внедрения в производство технологий беспилотной авиации и системой обучения новым технологиям в сфере образования [17]. Следовательно, необходимо предпринимать меры для устранения этого разрыва путем выстраивания системы непрерывного образования специалистов сферы БАС, вовлечения в эту сферу новых кадров, обновления образовательных программ в системе профессионального обучения, среднего, высшего и дополнительного профессионального образования, создания образовательных программ по новым профессиям и специальностям, модернизации или создании необходимой материально-технической базы и инфраструктуры для качественного ведения профессиональной подготовки. Кроме того, в Стратегии развития БАС предлагается начинать знакомство с новой отраслью уже со школьной скамьи, в рамках дополнительных общеобразовательных программ технической направленности [17].

Система непрерывного образования специалистов сферы БАС подразумевает повышение квалификации работников транспортной отрасли, профессиональную переподготовку сотрудников различных отраслей, в которых применяются БПЛА или возможно их применение (например, геодезисты, маркшейдеры, агрономы, строители), а также повышение квалификации или профессиональную подготовку педагогических работников, которые и обеспечат ведение образовательного процесса по программам (или их отдельным модулям), посвященным разработке, производству, эксплуатации беспилотных авиационных систем.

В федеральном проекте «Кадры для беспилотных авиационных систем» имеется показатель «Количество образовательных организаций, в которых реализуются образовательные программы общего образования, дополнительного образования детей, практико-ориентированные образовательные программы среднего профессионального образования и соответствующие дополнительные профессиональные программы, основные программы профессионального обучения в сфере БАС, в том числе с использованием электронного обучения и (или) дистанционных образовательных технологий (нарастающим итогом)» [3]. Проектом предполагается, что к 2030 г. таких организаций будет 42 800, а количество обученных в них возрастет со 126 000 человек в 2024 г. до 1 194 500 человек. В 200 программ, среди которых разные образовательные программы (программы профессионального обучения, программы дополнительного образования детей, программы среднего профессионального образования, дополнительные профессиональные программы), будут включены модули по обучению навыкам проектирования, разработки, производства и эксплуатации БАС. Модули при этом будут основаны на использовании цифрового образовательного контента (**ЦОК**).

Таблица 1. Специалисты, востребованные в сфере БАС

Сфера деятельности	Востребованные специалисты
Программирование БАС	Профильные программисты, в том числе программисты систем автоматизированного управления
Разработка БАС	Проектировщики интерфейсов беспилотной авиации, инфраструктуры для воздухоплавания, проектировщики наземной инфраструктуры для эксплуатации БАС [17], специалисты по разработке беспилотных воздушных судов космического назначения, разработчики систем автоматической навигации беспилотных воздушных судов, интеллектуальных робототехнических систем, материалов, комплектующих для БПЛА (электрических силовых установок, источников их питания, двигателей внутреннего сгорания, гибридных установок, крыла, секций и элементов механизации крыла, бортовые системы и др.) [17]
Производство БАС	Инженер производства малой авиации, технолог рециклинга летательных аппаратов, технолог аддитивного производства беспилотных воздушных судов
Эксплуатация и обслуживание БАС	Аналитик эксплуатационных данных, техник по эксплуатации БАС, операторы БАС, в том числе оператор беспилотных авиационных систем (с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее), внешний пилот, механик авиационный по технической эксплуатации беспилотных авиационных систем, специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее

На уровне высшего образования к 2030 г. будет разработано и внесено в созданный цифровой реестр кадров БАС 250 дополнительных профессиональных программ, а в 140 образовательных программ высшего образования будут включены модули по обучению навыкам проектирования, разработки, производства и эксплуатации БАС.

Такое количество и разнообразие программ, которые запланировано разработать, предполагает наличие их экспертной оценки на соответствие в том числе цели создания, действующему законодательству, профессиональным и образовательным стандартам, потребностям отрасли либо рынка труда, либо конкретных предприятий, работающих в сфере разработки, производства и эксплуатации беспилотной авиации, возрастным особенностям обучающихся и уровню их начальной подготовки, а также на соответствие требуемым компетенциям преподавательского состава программ.

Целью разработки дополнительных профессиональных программ, программ профессиональной подготовки в сфере БАС должна быть подготовка востребованных специалистов, а их содержание должно позволить формировать, совершенствовать или развивать профессиональные компетенции специалистов. В период 2024–2030 гг. к числу востребованных кадров в сфере БАС предлагается отнести специалистов, указанных в табл. 1 [17], среди которых присутствуют также профессии и специальности, включенные в Перечень профессий рабочих, должностей служащих, по которым осуществляется профессиональное обучение [10].

В разрабатываемых программах (дополнительные профессиональные программы и программы профессиональной подготовки) должны учитываться отраслевая специализация и интересы конкретных работодателей. Программы должны готовить специалистов под запрос, при этом опираясь на профессиональные стандарты и/или федеральные государственные образовательные стандарты при их наличии, актуальную нормативную базу. На текущий момент в сфере БАС внесены изменения и дополнения в ряд нормативных документов [2; 8; 9; 13; 14], подготовлены новые нормативные акты [3; 11; 12], разработаны два профессиональных стандарта:

– специалиста по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее [16];

– специалиста по летной эксплуатации беспилотных авиационных систем (внешний

пилот) в составе с одним или несколькими беспилотными воздушными судами максимальной взлетной массой более 30 кг [15].

В интервью средствам массовой информации 22 июля 2023 г. представитель Министерства образования и науки Российской Федерации отметил, что в настоящее время уже создано «единое учебно-образовательное пространство подготовки специалистов» в сфере БАС, а в рамках федерального проекта «Кадры для беспилотных авиационных систем» запланирована ежегодная актуализация разрабатываемых образовательными организациями модулей по тематике БАС силами привлеченных экспертов образовательных организаций высшего образования и федеральных учебно-методических объединений [1]. Кроме того, видится необходимым проведение экспертизы разрабатываемых образовательных программ в части наличия требуемой материально-технической базы и обеспечения кадровых условий реализации программ. По информации из открытых источников Министерство образования и науки Российской Федерации совместно с Министерством просвещения Российской Федерации запланировало потратить на производство 4 000 БПЛА для нужд образовательных организаций высшего образования и 406 000 БПЛА для образовательных организаций общего образования и профессиональных образовательных организаций больше 88 миллиардов рублей. В ходе реализации федерального проекта «Кадры для беспилотных авиационных систем» запланировано повышение квалификации педагогических работников профессиональных образовательных организаций по дополнительным профессиональным программам технической направленности в сфере БАС [6].

Важно, чтобы разрабатываемые программы учитывали международный опыт, стандарты, рекомендации Международной организации гражданской авиации, требования к подготовке специалистов в области БАС [4; 5], что позволит повысить качество подготовки специалистов, сделает образовательную организацию в будущем привлекательной для иностранных абитуриентов.

Таким образом, чтобы насытить рынок БАС нужными специалистами, необходимо учитывать интересы государства (внутренние и внешние), отрасли, отдельных работодателей и самих обучающихся. Для их подготовки необходимы образовательные программы и модули, качество которых, а также их соответствие предъявляемым к ним требованиям (нормативной базы, образовательных и профессиональных стандартов, потребностей конкретных отраслей, организаций, предприятий и производств) подтверждено экспертами.

Список литературы

1. В России в 2025 году планируют обучать 40 тысяч студентов в сфере БАС, РИА Новости от 22.07.2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ria.ru/20230722/bas-1885650049.html.

2. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 г. (с изменениями на 30 января 2024 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/9040995?marker=7D20K3.

3. ГОСТ Р 59751-2021 Национальный стандарт Российской Федерации «Беспилотные авиационные системы с беспилотными воздушными судами самолетного типа» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/1200181192.

4. ИКАО 10019. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС).

5. Конвенция о международной гражданской авиации (с изменениями на 26 октября 1990 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/1902240#64U0IK.

6. На подготовку кадров для сферы беспилотников потратят почти 60 млрд рублей, газета «Ведомости» за 14.05.2023, электронная версия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2023/05/15/974969-na-podgotovku-kadrov-dlya-sferi-bespilotnikov-potratyat-60-mlrd-rublei.

7. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 июля 2022 г. № 1299 «Об утверждении списка товаров и технологий двойного назначения, которые могут быть использованы при создании вооружений и военной техники и в отношении которых осуществляется экспортный

контроль» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207220041?index=414.

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 февраля 2022 года № 193 «Об утверждении Правил проведения проверки соответствия лиц, претендующих на получение свидетельств, позволяющих выполнять функции членов экипажа и функции специалистов по техническому обслуживанию гражданского воздушного судна, за исключением сверхлегкого пилотируемого гражданского воздушного судна с массой конструкции 115 килограммов и менее и беспилотной авиационной системы в составе с беспилотным гражданским воздушным судном с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, функции сотрудников по обеспечению полетов гражданской авиации, диспетчерскому обслуживанию воздушного движения, а также выдачи, приостановления действия и аннулирования указанных свидетельств и об изменении и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» (с изменениями на 4 мая 2023 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/728250565#64S0IJ.

9. Постановление Правительства Российской Федерации от 11 марта 2010 года № 138 «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» (с изменениями на основании постановления Правительства РФ от 21.06.2023 №1016) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/902207152?marker=UHG9C8.

10. Приказ Министерства просвещения от 14 июля 2023 г. № 634 «Об утверждении Перечня профессий рабочих, должностей служащих, по которым осуществляется профессиональное обучение» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/1302339887?marker=6520IM.

11. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 28 февраля 2023 года № 61 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Форма и порядок оформления сертификата летной годности беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлетной массой более 30 килограммов на основании акта оценки беспилотного гражданского воздушного судна на его соответствие применимым требованиям к летной годности и требованиям в области охраны окружающей среды от воздействия деятельности в области авиации. Порядок приостановления действия и аннулирования сертификата летной годности беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлетной массой более 30 килограммов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/1301122704.

12. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 12 января 2022 года № 10 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Требования к юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, осуществляющим коммерческие воздушные перевозки. Форма и порядок выдачи документа, подтверждающего соответствие юридического лица, индивидуального предпринимателя требованиям федеральных авиационных правил. Порядок приостановления действия, введения ограничений в действие и аннулирования документа, подтверждающего соответствие юридического лица, индивидуального предпринимателя требованиям федеральных авиационных правил» (с изменениями на 19 октября 2022 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/728111174.

13. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 29 сентября 2015 года № 289 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Требования к образовательным организациям и организациям, осуществляющим обучение специалистов соответствующего уровня согласно перечням специалистов авиационного персонала. Форма и порядок выдачи документа, подтверждающего соответствие образовательных организаций и организаций, осуществляющих обучение специалистов соответствующего уровня согласно перечням специалистов авиационного персонала, требованиям федеральных авиационных правил» (с изменениями на 12 августа 2020 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/420307483.

14. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 31 июля 2009 года № 128 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации» (с изменениями на 29 мая 2023 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/902172421?marker=7D20K3.

15. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 27.04.2023

№ 358н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по летной эксплуатации беспилотных авиационных систем (внешний пилот) в составе с одним или несколькими беспилотными воздушными судами максимальной взлетной массой более 30 кг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT_ID=121361.

16. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14 сентября 2022 г. № 526н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/352000920.

17. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 июня 2023 года № 1630-р «Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.cntd.ru/document/1301991491, http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202306280006.

18. Сурова, Н.Ю. Бизнес акселерационные программы подготовки квалифицированных кадров для реализации приоритетных программ и проектов социально-экономического, инновационного и научно-технологического развития / Н.Ю. Сурова, А.А. Карабанов // Россия: Тенденции и перспективы развития : Ежегодник. Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Курск, 03–04 июня 2022 года / Отв. редактор В.И. Герасимов. Том Выпуск 17. Часть 2. – М. : Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2022. – С. 571–573.

19. Сурова, Н.Ю. Реализация современных образовательных технологий: дата-центричный подход в образовании будущего / Н.Ю. Сурова // В сборнике: Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Чистова. Москва, 2022. – С. 287–289.

20. Федеральный проект «Кадры для беспилотных авиационных систем» (2024–2030 годы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://bpla.edu-sigma.ru/files/Passport.pdf.

References

1. V Rossii v 2025 godu planiruyut obuchat' 40 tysyach studentov v sfere BAS, RIA Novosti ot 22.07.2023 [Electronic resource]. – Access mode : https://ria.ru/20230722/bas-1885650049.html.

2. Vozdushnyy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 19.03.1997 g. (s izmeneniyami na 30 yanvarya 2024 goda) [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/9040995?marker=7D20K3.

3. GOST R 59751-2021 Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii «Bespilotnyye aviatsionnyye sistemy s bespilotnymi vozdushnymi sudami samoletnogo tipa» [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/1200181192.

4. IKAO 10019. Rukovodstvo po distantsionno pilotiruyemym aviatsionnym sistemam (DPAS).

5. Konventsiya o mezhdunarodnoy grazhdanskoy aviatsii (s izmeneniyami na 26 oktyabrya 1990 goda) [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/1902240#64U0IK.

6. Na podgotovku kadrov dlya sfery bespilotnikov potratyat pochti 60 mlrd rubley, gazeta «Vedomosti» za 14.05.2023, elektronnaya versiya [Electronic resource]. – Access mode : https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2023/05/15/974969-na-podgotovku-kadrov-dlya-sferi-bespilotnikov-potratyat-60-mlrd-rublei.

7. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 19 iyulya 2022 g. № 1299 «Ob utverzhdenii spiska tovarov i tekhnologiy dvoynogo naznacheniya, kotoryye mogut byt' ispol'zovany pri sozdanii vooruzheniy i voyennoy tekhniki i v otnoshenii kotorykh osushchestvlyayetsya eksportnyy kontrol'» [Electronic resource]. – Access mode : http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207220041?index=414.

8. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17 fevralya 2022 goda № 193 «Ob utverzhdenii Pravil provedeniya proverki sootvetstviya lits, pretenduyushchikh na polucheniye svidetel'stv, pozvolyayushchikh vypolnyat' funktsii chlenov ekipazha i funktsii spetsialistov po

tekhnicheskomu obsluzhivaniyu grazhdanskogo vozdushnogo sudna, za isklyucheniyem sverkhlegkogo pilotiruyemogo grazhdanskogo vozdushnogo sudna s massoy konstruktsii 115 kilogrammov i meneye i bespilotnoy aviatsionnoy sistemy v sostave s bespilotnym grazhdanskim vozdushnym sudnom s maksimal'noy vzletnoy massoy 30 kilogrammov i meneye, funktsii sotrudnikov po obespecheniyu poletov grazhdanskoy aviatsii, dispetcherskomu obsluzhivaniyu vozdushnogo dvizheniya, a takzhe vydachi, priostanovleniya deystviya i annulirovaniya ukazannykh svidetel'stv i ob izmenenii i priznanii utrativshimi silu nekotorykh aktov Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii» (s izmeneniyami na 4 maya 2023 goda) [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/728250565#64S0IJ.

9. Postanovleniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 11 marta 2010 goda № 138 «Ob utverzhdenii Federal'nykh pravil ispol'zovaniya vozdushnogo prostranstva Rossiyskoy Federatsii» (s izmeneniyami na osnovanii postanovleniya Pravitel'stva RF ot 21.06.2023 №1016) [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/902207152?marker=UHG9C8.

10. Prikaz Ministerstva prosveshcheniya ot 14 iyulya 2023 g. № 634 «Ob utverzhdenii Perechnya professiy rabochikh, dolzhnostey sluzhashchikh, po kotorym osushchestvlyayetsya professional'noye obucheniye» [Electronic resource]. – Access mode :https://docs.cntd.ru/document/1302339887?marker=6520IM.

11. Prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 28 fevralya 2023 goda № 61 «Ob utverzhdenii Federal'nykh aviatsionnykh pravil «Forma i poryadok oformleniya sertifikata letnoy godnosti bespilotnykh grazhdanskikh vozdushnykh sudov s maksimal'noy vzletnoy massoy boleye 30 kilogrammov na osnovanii akta otsenki bespilotnogo grazhdanskogo vozdushnogo sudna na yego sootvetstviye primenimym trebovaniyam k letnoy godnosti i trebovaniyam v oblasti okhrany okruzhayushchey sredy ot vozdeystviya deyatel'nosti v oblasti aviatsii. Poryadok priostanovleniya deystviya i annulirovaniya sertifikata letnoy godnosti bespilotnykh grazhdanskikh vozdushnykh sudov s maksimal'noy vzletnoy massoy boleye 30 kilogrammov» [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/1301122704.

12. Prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 12 yanvarya 2022 goda № 10 «Ob utverzhdenii Federal'nykh aviatsionnykh pravil «Trebovaniya k yuridicheskim litsam, individual'nym predprinimatelyam, osushchestvlyayushchim kommercheskiye vozdushnyye perevozki. Forma i poryadok vydachi dokumenta, podtverzhdayushchego sootvetstviye yuridicheskogo litsa, individual'nogo predprinimatelya trebovaniyam federal'nykh aviatsionnykh pravil. Poryadok priostanovleniya deystviya, vvedeniya ogranicheniy v deystviye i annulirovaniya dokumenta, podtverzhdayushchego sootvetstviye yuridicheskogo litsa, individual'nogo predprinimatelya trebovaniyam federal'nykh aviatsionnykh pravil» (s izmeneniyami na 19 oktyabrya 2022 goda) [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/728111174.

13. Prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 29 sentyabrya 2015 goda № 289 «Ob utverzhdenii Federal'nykh aviatsionnykh pravil «Trebovaniya k obrazovatel'nym organizatsiyam i organizatsiyam, osushchestvlyayushchim obucheniye spetsialistov sootvetstvuyushchego urovnya soglasno perechnyam spetsialistov aviatsionnogo personala. Forma i poryadok vydachi dokumenta, podtverzhdayushchego sootvetstviye obrazovatel'nykh organizatsiy i organizatsiy, osushchestvlyayushchikh obucheniye spetsialistov sootvetstvuyushchego urovnya soglasno perechnyam spetsialistov aviatsionnogo personala, trebovaniyam federal'nykh aviatsionnykh pravil» (s izmeneniyami na 12 avgusta 2020 goda) [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/420307483.

14. Prikaz Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii ot 31 iyulya 2009 goda № 128 «Ob utverzhdenii Federal'nykh aviatsionnykh pravil «Podgotovka i vypolneniye poletov v grazhdanskoy aviatsii Rossiyskoy Federatsii» (s izmeneniyami na 29 maya 2023 goda) [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/902172421?marker=7D20K3.

15. Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 27.04.2023 № 358n «Ob utverzhdenii professional'nogo standarta «Spetsialist po letnoy ekspluatatsii bespilotnykh aviatsionnykh sistem (vneshniy pilot) v sostave s odnim ili neskol'kimi bespilotnymi vozdushnymi sudami maksimal'noy vzletnoy massoy boleye 30 kg» [Electronic resource]. – Access mode : https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT_ID=121361.

16. Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii ot 14 sentyabrya 2022 g. № 526n «Ob utverzhdenii professional'nogo standarta «Spetsialist po ekspluatatsii bespilotnykh aviatsionnykh sistem, vklyuchayushchikh v sebya odno ili neskol'ko bespilotnykh vozdushnykh sudov s maksimal'noy vzletnoy massoy 30 kg i meneye» [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/352000920.

17. Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 21 iyunya 2023 goda № 1630-r «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya bespilotnoy aviatsii Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2035 goda» [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.cntd.ru/document/1301991491, http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202306280006.

18. Surova, N.YU. Biznes akseleratsionnyye programmy podgotovki kvalifitsirovannykh kadrov dlya realizatsii prioritetnykh programm i proyektov sotsial'no-ekonomicheskogo, innovatsionnogo i nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya / N.YU. Surova, A.A. Karabanov // Rossiya: Tendentsii i perspektivy razvitiya : Yezhegodnik. Materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kursk, 03–04 iyunya 2022 goda / Otv. redaktor V.I. Gerasimov. Tom Vypusk 17. Chast' 2. – M. : Institut nauchnoy informatsii po obshchestvennym naukam RAN, 2022. – S. 571–573.

19. Surova, N.YU. Realizatsiya sovremennykh obrazovatel'nykh tekhnologiy: data-tsentrichnyy podkhod v obrazovanii budushchego / N.YU. Surova // V sbornike: Novyye informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii. Sbornik nauchnykh trudov XXII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod obshchey redaktsiyey D.V. Chistova. Moskva, 2022. – S. 287–289.

20. Federal'nyy proyekt «Kadry dlya bespilotnykh aviatsionnykh sistem» (2024–2030 gody) [Electronic resource]. – Access mode : https://bpla.edu-sigma.ru/files/Passport.pdf.

© Н.Ю. Сурова, Н.М. Шадрина, Н.В. Иванова, О.Н. Кроер, 2024

УДК 624

Г.Ф. БАБЮК
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень

ПРЕОДОЛЕНИЕ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ГИДРОРАЗРЫВЕ ПЛАСТА АО «РОСНЕФТЬ» В САНКЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Ключевые слова: гидроразрыв пласта; новые технологии; оборудование; развитие; санкционные условия; эффективность.

Аннотация. Основная цель работы – внедрение новых технологий, оборудования, методик для дальнейшей качественной работы в гидравлическом разрыва пласта (**ГРП**) нефтегазовой промышленности в период беспрецинтедных санкций. Задачи: исследовать нефтяную отрасль РФ в период санкций с новыми поставщиками и их цепочки; проанализировать модернизацию российских методов и методик ГРП (гидроразрыва пласта); сделать выводы о наших факторах успеха. Применяемые методы: анализ, моделирование и проектирование. В статье рассматриваются применение новейших технологий и разработок в области проведения гидроразрывов пласта, примеры конкретных применений в АО «Роснефть» в санкционных условиях. Возникающие проблемы с внедрением инноваций и перспективами развития нефтегазовой отрасли, поиск и пути их решений в «новых условиях».

Российская нефтяная промышленность находится под жестким и сильным давлением. Комплекс действий, предпринятых западными странами, США, а также их союзниками в Азиатском и Тихоокеанском регионах имеет целью провокацию экономической войны с Россией, направленную на подрыв ее позиций: продажи внешних экспортных рынков, производственной способности предприятий и поставщиков, их технологическое состояние, финансовой стабильности. По итогам 2022 г. объемы добычи нефти выросли на 2 %. Россия с марта 2023 г. до конца 2024 г. добровольно снизила добычу нефти. Это было не экономическое, а политическое решение.

Существует масштабный разрыв поставок с контрагентами Северной Америки, азиатских стран и Европы, что приводит к «вторичным санкциям», налагаемым на комплектующие третьих лиц и на интеллектуальные имущества.

Применение ГРП-технологии, и прежде всего многостадийной технологии МГРП (многостадийный гидроразрыв пласта), – основное и обязательное технико-экономические условие рентабельного развития низкопроницаемого и трудноизвлекаемого запаса полезных ископаемых. В ближайшее время роль их ресурсной базы и нефтяной добычи в России станет определяющей. Все больше в Российской Федерации остается трудноизвлекаемых запасов нефти. В 2021 г. трудноизвлекаемый запас (**ТрИЗ**) составляет 38 % от общего объема, для разработки которых требуются инновационные и новые технологии. По прогнозу министерства к 2030 г. в РФ данный показатель превысит 70 %. Среди низкопроницаемых запасов свиты тюменской и ачимовской – ключевые факторы роста производства: их общий объем извлекаемых запасов оценивается более чем на 5 млрд т. Разработка на труднодоступных территориях приобретает важное значение, и здесь применение ГРП имеет огромную роль.

Эффективность ГРП прежде всего зависит от технологий, аппаратуры, материалов, комплектующих, связанных со всеми этапами проектирования и логистики, а также от всех составляющих цикла эксплуатации скважин, в том числе бурения, эксплуатации и завершения. Последствия разрыва цепочек поставок будут неравномерно проявляться в процессе времени и технологического процесса. Поэтому удар идет на всю единую систему связанных элементов, а также на всю их целостность. Российские нефтяные компании борются с санкциями за внешние рынки сбыта. Все эти меры скажутся на услуге ГРП любой нефтяной компании и

будут зависеть от многочисленных факторов, таких как стратегии компании по разведке и добыче, роли ГРП в сохранении добычи в зрелых месторождениях, степени удовлетворения потребностей в ГРП отечественными нефтесервисными компаниями и структурами.

До 2030 г. в Ханты-Мансийском автономном округе среднегодовой темп по ГРП будет расти. В 2020–2021 гг. было сокращение общей численности ГРП-флотов. Объявленная западными нефтеперерабатывающими компаниями приостановка деятельности в России – это снижение в краткосрочном периоде, оно не скажется на рынке ГРП в парках, главные последствия будут проявляться в долгосрочном периоде.

Российские производители с 2026 г. обещают выпускать по десять флотов ГРП в год, что позволит компенсировать естественное истощение мощностей, связанных с износами. Также на рынке может быть рассмотрена поставка оборудования ГРП из Белоруссии и Китая. Установка ГРП производства «Фидмаш» Белоруссии играет огромную роль в российском сегменте, производящем высокотехнологическое нефтепромысловое оборудование. Среди производителей китайского производства можно назвать компанию «*Jereh*», это поставщик нефтяного оборудования в Россию.

Российские научно-исследовательские компании играют также большую роль в поиске и разработке новых технологий и оборудования. Сотрудники «БашНИПИнефть» разработали промышленный симулятор гидравлического разрыва пласта «РН-ГРИД». Такая новейшая разработка, первая в Евразии, позволяет обеспечивать полную независимость нефтяных компаний в области компьютерного моделирования технологии ГРП. Эта разработка позволяет очень четко строить геометрическую составляющую трещины, возникающую при ГРП. Технология, в отличие от западных, более объемная и высокопроизводительная. При этом цена программного комплекса гораздо ниже зарубежных аналогов. Данный симулятор ГРП применяет в АО «Роснефть» на месторождениях Западной Сибири.

На уровне компонентов ситуация сложнее и неоднороднее. В ближайшее время отечественные поставщики смогут замещать не все свои позиции. В числе болевых точек – химия гидроразрыва скважины, оборудование по заканчиванию скважины. Химические добавки имеют короткие жизненные циклы, и их мы импортируем. Сегодня ущерб от сбоев в логистике сырья может оказаться более тяжелым, чем готовая продукция. Например, российская нефтедобыча выполняет около 80 % всех ГРП операций на технологической жидкости с использованием гуаровых систем. При этом импортируется гуар (природный полимер) полностью. В условиях недостатка выход состоит в том, чтобы заменить поставщиков полимера, а также тестировать альтернативы, хотя они, наверное, тоже будут зависеть от импортного. Российские поставщики на рынке имеются, однако многие относительно мелкие, и для их масштабирования производства, улучшения качества и удовлетворения спроса потребуется время. По всей видимости, в данном сегменте ожидается потеря части уровня технологического развития на неопределенное время.

Принципы «удержания» ГРП-технологий связаны с тем, что позволяет увеличить площадь охвата пласта для дренирования и обеспечить качественный приток. В области ГРП такое снижение можно достичь благодаря таким факторам, как повышение длины горизонтальных стволов (**ГС**), увеличение числа стадий ГРП, увеличение притока при помощи высокотехнологичной химии, проппанта и гибридных технологических решений. Эффективность ГРП-операции зависит от условий, которые обеспечивают другие технологические операции, в том числе бурение. В этой связи актуален вопрос о том, насколько буровые компании могут обеспечивать бурение требуемой степенью качества бурения и заданной протяженностью.

Гидравлические разрывы пласта будут чаще служить отправным пунктом для того, чтобы планировать рентабельность скважинного строительства. Таким образом, важно выбирать оптимальные технические и технологические решения на базе моделирования. Среди ключевых направлений выделяются высокотехнологичные аппараты для МГРП и другие внутренние агрегаты, технологическая жидкость, обеспечивающая эффективность выполнения таких работ, как повторные ГРП в горизонтальной скважине, заканчивая многозабойными скважинами ТАМЛ-3, импортный раствор, многостадийная ГРП без дорогостоящего сопутствующего обслуживания ГНКТ, высокоэффективный проппант, ПАВ и отклонитель, функциональная добавка к ГРП-жидкостям.

В каждом компоненте процесса производства ГРП присутствует потенциал повышения

эффективности снижения затрат. Как пример из международных практик: известный нефтегазовый производитель предложил на рынке технические решения, позволяющие упрощенно настроить систему подачи жидкости. Наконец, не нужно забывать об альтернативных решениях ГРП, которые позволяют максимально увеличить приток на базе существующих ресурсов.

Российской нефтяной промышленности необходимо соблюдать определенные правила.

1. Основой создания новой эффективной цепочки поставки и цепочки по созданию стоимости будет внутренняя уверенность в трансформации лидеров, которую поддерживает команда единомышленников, создающая новые эффективные цепочки поставки и цепочки по созданию стоимости.

2. Внутреннее трансформирование приводит к непрерывному росту значимости горизонтальных и вертикальных сотрудников.

3. Идеология включает в себя развитие отношений с заинтересованными лицами. Клиентоориентированность предназначена для того, чтобы отношения клиента и поставщика были полностью двойными.

4. Стратегия на основе системного подхода оптимизирует баланс импортного потребления, импортозамещение. Прогнозы и планы дадут ощутимый эффект.

5. Нужно объединиться малым российским предприятиям и эффективно продолжать разрабатывать новые методики, оборудование, программные документы, материалы по ГРП. Пусть у нас будет свое. В этом мы не прогадаем, ведь у нас огромное количество трудноизвлекаемой нефти.

Список литературы

1. Технологии нефтегазового инжиниринга / В.Я. Мауль, Н.Р. Кривова, Н.Н. Савельева [и др.]. Том Часть 1. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – 167 с.

2. Шедь, С.Н. Бурение горизонтальных скважин на палеозойский фундамент и КВ на месторождениях Томской области в 2021 году / С.Н. Шедь, Н.Н. Савельева // Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазового комплекса : материалы XI Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и ученых, Нижневартовск, 22 апреля 2021 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 335–341.

3. Савельева, Н.Н. Увеличение срока службы муфтовых соединений центробежных насосных агрегатов посредством модернизации муфтового соединения / Н.Н. Савельева // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 8(110). – С. 14–19.

References

1. Tekhnologii neftegazovogo inzhiniringa / V.YA. Maul', N.R. Krivova, N.N. Savel'yeva [i dr.]. Tom Chast' 1. – Tyumen' : Tyumenskiy industrial'nyy universitet, 2023. – 167 s.

2. Shed', S.N. Bureniye gorizontal'nykh skvazhin na paleozoyskiy fundament i KV na mestorozhdeniyakh Tomskoy oblasti v 2021 godu / S.N. Shed', N.N. Savel'yeva // Opyt, aktual'nyye problemy i perspektivy razvitiya neftegazovogo kompleksa : materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii obuchayushchikhsya, aspirantov i uchenykh, Nizhnevartovsk, 22 aprelya 2021 goda. – Tyumen': Tyumenskiy industrial'nyy universitet, 2021. – S. 335–341.

3. Savel'yeva, N.N. Uvelicheniye sroka sluzhby muftovykh soyedineniy tsentrobezhnykh nasosnykh agregatov posredstvom modernizatsii muftovogo soyedineniya / N.N. Savel'yeva // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2020. – № 8(110). – S. 14–19.

© Г.Ф. Бабюк, 2024

УДК 621-7-5

А.В. ЛУТЬЯНОВ
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва

ЯВЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КЛИНА В РАБОТЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ С АЭРОСТАТИЧЕСКИМИ ОПОРАМИ

Ключевые слова: газовая смазка; гидродинамический клин; моделирование процесса растачивания; сжимаемость; смазочный слой; приспособления с аэростатическими опорами.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы моделирования перемещения сжатого воздуха в смазочном зазоре, что позволило установить границы перепадов диаметров борштанги приспособления с аэростатическими опорами и доказать, что такие перепады нежелательны, поскольку перепады давления приводят к сбою в режиме работы. Задачей статьи стало выявление того, насколько теория гидродинамического клина с большей долей вероятности может быть использована для моделирования работы газовой смазки в узких зазорах при высоком давлении. Проведенные исследования подтвердили, что газодинамический клин соответствует основам работы сжатого воздуха в опорах.

Газовая смазка широко применяется во многих отраслях промышленности, и особенно в исследованиях прецизионных улов качения. В свою очередь, она представляет собой достижение теории и практики обычной гидродинамической смазки, которая использует в качестве смазочного материала капельную жидкость. Широко известная теория гидродинамического клина применяется не только в жидкостной смазке, но и в условиях газовых подшипников.

Идеи классической теории смазки были разработаны в первую очередь Н.П. Петровым, О. Рейнольдсом, Н.Е. Жуковским и др., основывались на понятиях вязкости и гипотезе прилипания (как эффект полного совпадения скоростей частиц смазки, касающихся твердых стенок, со скоростями точек самих стенок в пунктах касания). Основываясь на теориях газовой смазки, мы разработали приспособления с аэростатическими опорами трех наименований, которые применяются в промышленности. Особенностью этих устройств стало использование тонкого смазочного слоя сжатого воздуха (при давлении 4–6 атм.) в опорах. Распределение потоков воздуха позволило сделать предположение о влиянии гидродинамического клина в рабочей зоне на устойчивость работы приспособления.

Определение важности теории клиновидного зазора стало основой проведения исследований. Интересно заметить, что также исходными пренебрежениями в математических зависимостях теории смазочного слоя учитывалось, что силы тяжести и инерции пропорциональны объему расхода и их влияния в сравнении с силами вязкости в тонких слоях, они не могут быть значительными из-за малости объема смазочного слоя.

Большую практику применения приспособлений с аэростатическими опорами мы реализовали для чистовой операции растачивания основных отверстий корпусных деталей станков. Использовать при этом технологии обработки на основе теории газовой смазки было оправдано высокими требованиями к точности отверстий (6–7 квалитет), когда размеры могли достигать 320 мм при шероховатости порядка *Ra* 1,25 мкм [1]. Следует отметить, что применяемые способы обработки отверстий до нашего варианта (растачивание с поворотом на 180°, растачивание борштангой в угольниках или двумя консольными инструментами) не позволяли достигать заданные параметры точности в условиях серийного производства.

Для проведения экспериментальных исследований в условиях производства (на основе законов распределения сжатого воздуха в смазочном зазоре) нами были приняты следующие исходные данные (что полностью совпадало с

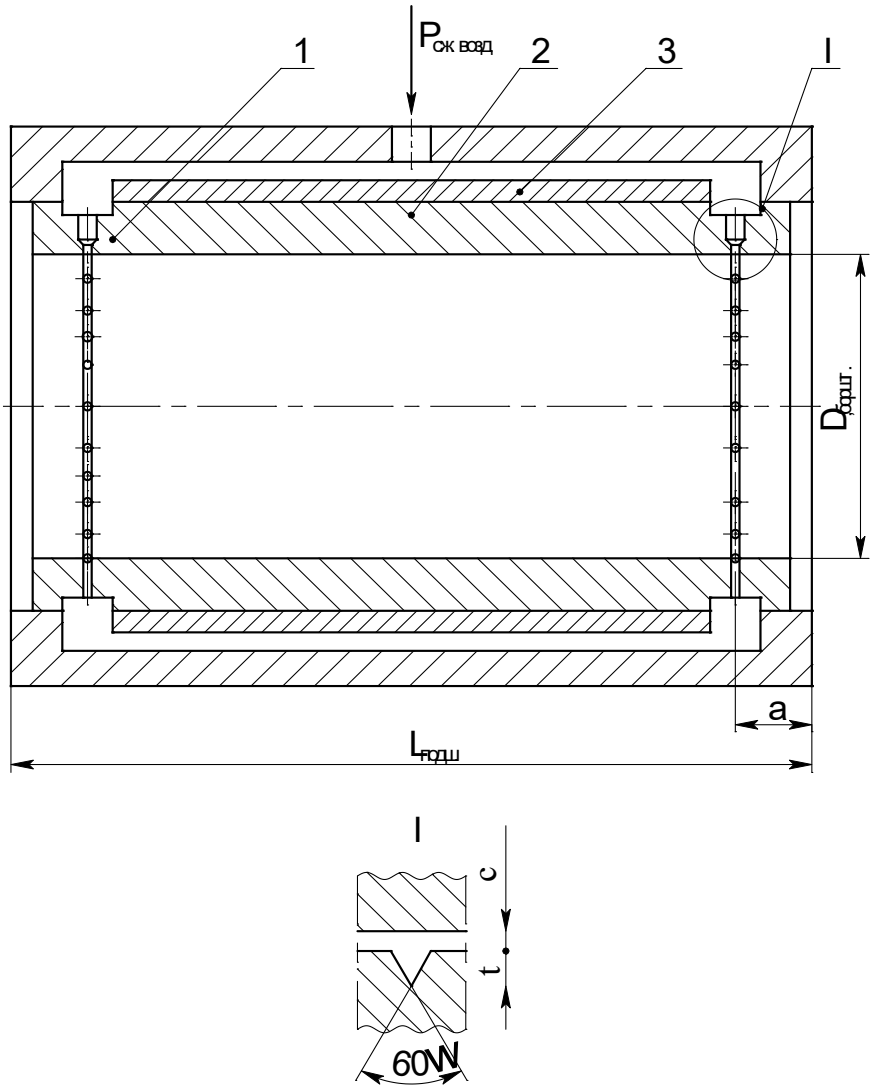

Рис. 1. Типовая цилиндрическая опора: 1 – вкладыш; 2 – борштанга; 3 – опора

конструкцией и работой приспособлений): смазочный зазор колебался в пределах от 0,1 до 0,5 мм, что не сказывалось на работе оборудования и режиме подачи сжатого воздуха, давление колебалось в пределах 1 атм., при том что это один из основных показателей работы приспособления. Приведенные ниже графики и зависимости построены после анализа большого количества параметров точности обработанных деталей (контроля соосности обработанных отверстий) в пределах 2 000 шт.

Еще одной особенностью приспособлений с аэростатическими опорами является их использование на финишных и чистовых способах обработки поверхностей, и на этих результатах строится методика оценки надежности не только технологического перехода, но и всего технологического процесса [5–7]. Используемая принципиальная схема цилиндрической аэростатической опоры представлена на рис. 1. Согласно методике подачи воздуха в смазочный зазор в конструкцию опоры были включены дроссели диаметром 0,4–0,6 мм и воздухоотводящие каналы при зазоре до 0,2 мм.

Вопросы возникновения несущей способности у тонкого смазочного слоя, благодаря которой твердые стенки не касаются при движении ни в одной точке, а разделены тонким зазором, заполненным смазочным материалом, что нашло отражение в работах Н. Жуковского и С. Чаплыгина, обоснованы были гидродинамическим клином (рис. 1). Большая работа в исследовании математических моделей была проведена как отечественными, так и зарубежными

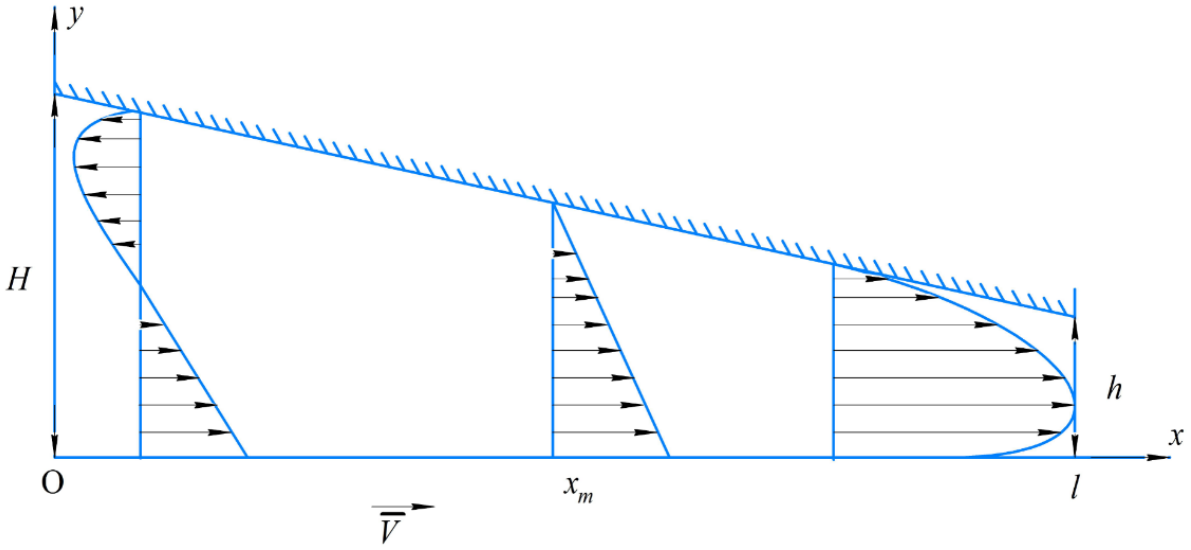

Рис. 2. Распределение скоростей в тонком вязком слое между наклонной пластиной и движущейся плоскостью

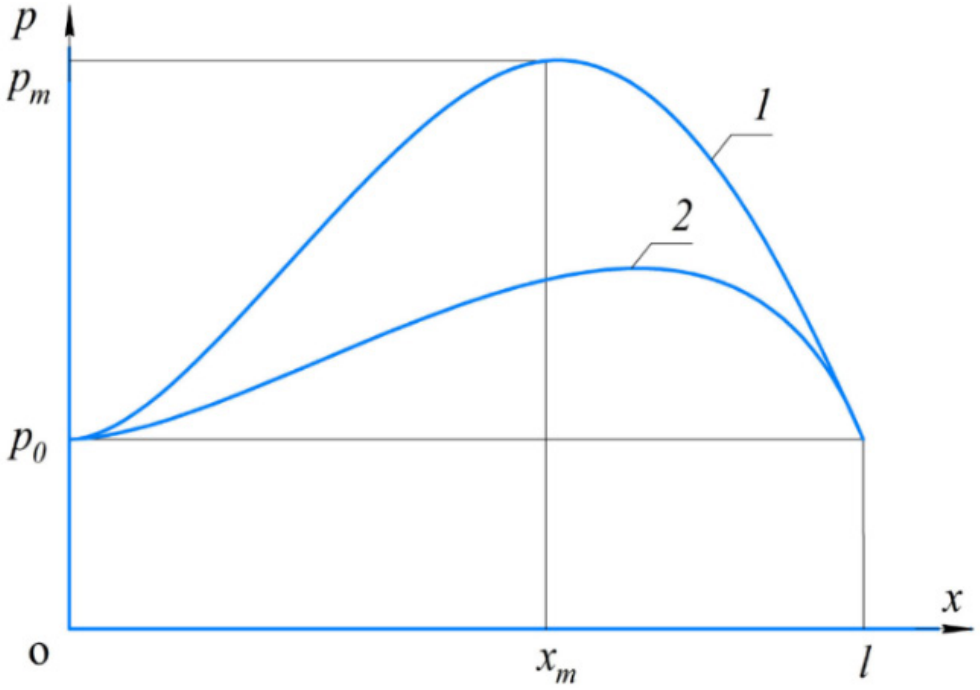

Рис. 3. Распределение давления в клиновидном смазочном слое: 1 – для сжимаемой смазки; 2 – для несжимаемой (газовой) смазки

учеными [2–4]. Замечено, что слои смазки вблизи с движущимися поверхностями принудительно смещаются в сторону сужения зазора. Если бы давление во всех точках было одинаковым и постоянным, то скорости частиц смазки по толщине слоя менялись бы по линейному закону. Тогда следует понимать, что и расход материала будет различным по сечению. Поэтому линейный закон распределения скоростей возможен только в одном сечении ($x = x_m$), где производная давления по протяженности слоя dP/dx обращается в нуль. Согласно методикам

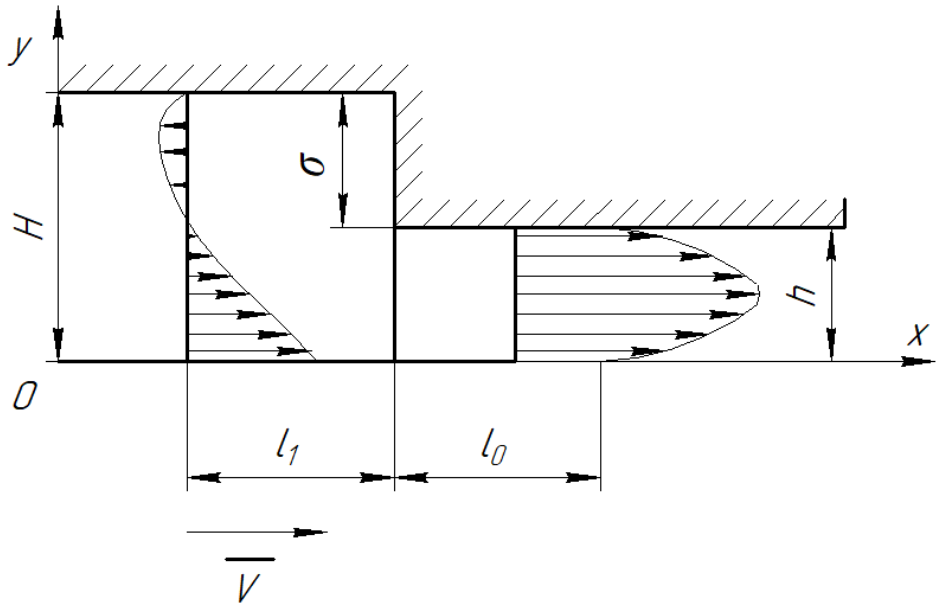

Рис. 4. Распределение скоростей в тонком вязком слое между ступенчатой деталью и плоскостью

проектирования аэростатических опор количество дросселей по периметру опоры расположено симметрично и не ограничивает несущую способность подшипника.

Предложенные эпюры в полной степени соответствуют проведенным замерам на опорах диаметром 210 и 320 мм. По методике полного факторного эксперимента нами удалось установить кривые изменения давления по всей площади цилиндрического подшипника с газовой смазкой в опорах и построить эпюры распределения скоростей на длине аэростатической опоры. При этом погрешность моделирования и расчета не превышала 5 %.

На рис. 3 представлены характерные кривые изменения давления по распределению клиновидного смазочного слоя для несжимаемой смазки (кривая 1) и для сжимаемой (газовой) смазки (кривая 2). Предполагается, что коэффициент вязкости в том и другом случае одинаков. В реальных условиях у жидкостей и газов вязкость отличается на 3–5 порядков. Однако даже при одинаковой вязкости газовый слой из-за своей сжимаемости ведет себя совсем не так, как слой несжимаемой смазки. Сжимаемость смазочного слоя уменьшает производную давления по протяженности dP/dx и приводит к падению давления в нем.

Клиновидность или плавное сужение рабочего зазора не стала оптимальным вариантом при формировании гидродинамического клина. Еще в 1918 г. Лорд Релей обнаружил, что при ступенчатом зазоре (рис. 3) происходит более энергичный рост давления в смазочном слое. У сжимаемой смазки кривая $P(x)$ вогнута в глубоком слое и выпукла в тонком, причем производная dP/dx всегда терпит разрыв при прохождении границы скачкообразного изменения толщины смазочного зазора.

У сжимаемого смазочного слоя подъемная сила достигает максимума при некотором значении скорости V_n, затем начинает уменьшаться и плавно переходит в кривую, асимптотически приближающуюся к некоторому предельному значению F_∞, величина которого всегда меньше F_n. Область значений V, где подъемная сила F практически не отличается от своего асимптотического значения F_∞, станет оптимальным асимптотическим режимом работы.

На рис. 5 представлены графики изменения подъемной силы F смазочного слоя для несжимаемой (прямая (1)) и сжимаемой (кривая (2)) смазки по мере роста скорости скольжения V. В условиях постоянства давления в системе следует учесть, что при однонаправленном градиенте по поверхности опоры перепады значений подъемной силы незначительны и несущая способность не падает резко, тем более инструмент (борштанга) подается в опору уже при включенном давлении.

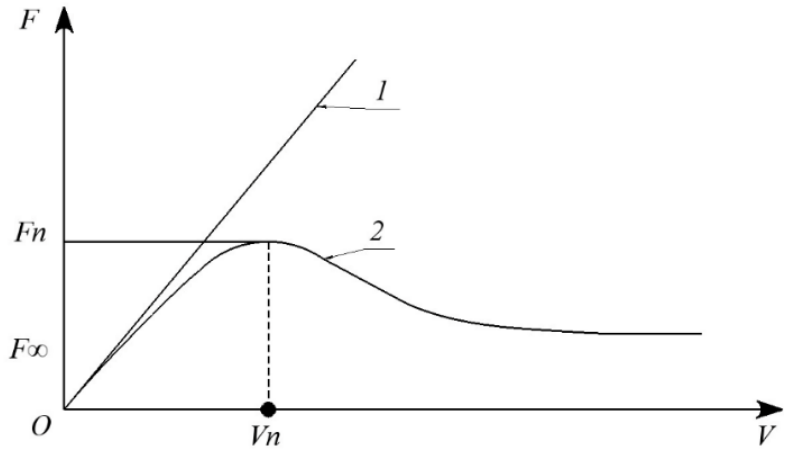

Рис. 5. Зависимость подъемной силы смазочного слоя от скорости скольжения:
1 – для несжимаемой смазки; 2 – для сжимаемой (газовой) смазки

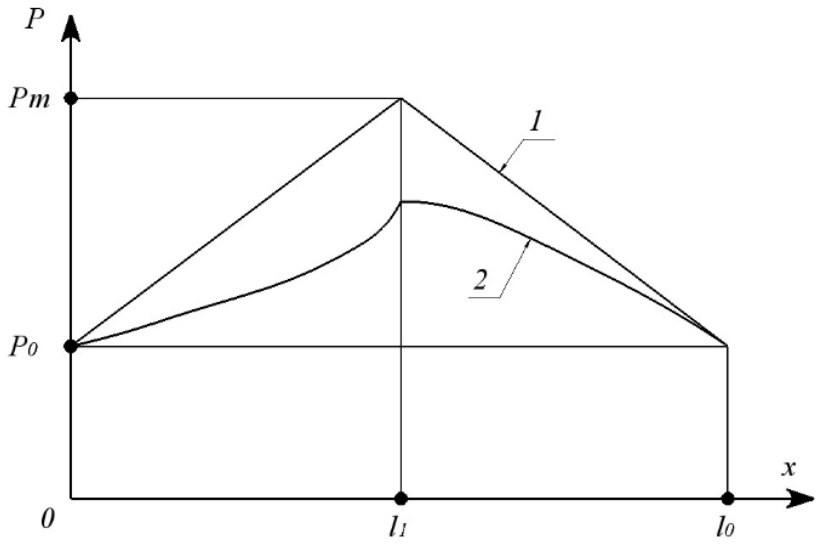

Рис. 6. Распределение давления в ступенчатом смазочном слое:
1 – для несжимаемой смазки; 2 – для сжимаемой (газовой) смазки

Когда в опорах приспособления существует ступень, то давление имеет перепад на границе, сравнимый с увеличением объема расхода смазочного материала.

На рис. 6 вверху представлен график изменения давления вдоль смазочного слоя газа при ступенчатой форме рабочего зазора перед выходом на асимптотический режим.

В неидеальных условиях в области глубокого смазочного слоя давление (а следовательно, и плотность) практически постоянное. Вблизи ступени давление и плотность резко возрастают до некоторого значения p_1, которое потом сохраняется по всей длине слоя. Только вблизи выходной кромки давление резко падает до значения p_0, что отражено на рис. 6. В обоих смазочных слоях скорость меняется по линейному закону. Из-за этого объемный расход смазки становится разным по выходным сечениям, но массовый расход остается одинаковым за счет разной плотности. Движение газа с таким законом распределения скоростей называется течением Куэтта.

Кроме всего приведенного в теории следует заметить, что в период эксплуатации приспособлений с газовой смазкой отсутствовали случаи перепадов давления в смазочном зазоре до предела остановки работы приспособления.

Это обусловлено тем, что твердые стенки экранируют внутренний слой от внешнего давления в нормальном направлении к слою.

Нами подтверждена теория рассмотренных схем механизма гидродинамического клина, который работает за счет роста давления в направлении скорости скольжения. Установлено, что теория гидродинамического клина с большей долей вероятности может быть использована для моделирования работы газовой смазки в узких зазорах при высоком давлении. Приведенные графические зависимости могут стать основой для дальнейших исследований теории смазочного слоя в спиральных канавках, в тонких слоях меду изделиями из разных материалов.

Список литературы

1. Cutting Characteristics of Flexible Joint Key Structure Based on Finite Element Method / J. Guo, X. Jin, R. Gao [и др.] // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Т. 2044.
2. Динамическое поведение балок моделей Бернулли-Эйлера, Рэлея и Тимошенко, лежащих на упругом основании (сравнительный анализ) / В.И. Ерофеев, В.В. Кажаев, Е.Е. Лисенкова, Н.П. Семерикова // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2011. – № 5-3. – С. 274–278.
3. Durán, J. What is a Simulation Model? / J. Durán // Minds and Machines. – 2020. – V. 30.2.
4. Иванов В.В. Компьютерное имитационное моделирование процесса гидроабразивного резания / В.В. Иванов, М.К. Решетников // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 2. – № 1(79). – С. 46–49.
5. Moetakef-Imani, B. Dynamic simulation of boring process / B. Moetakef-Imani, N.Z. Yussefian // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2009. – Vol. 49. – No. 14. – P. 1096–1103.
6. Smirnova, T. Modeling of an Active Boring Bar / T. Smirnova, H. Åkesson, L. Håkansson // Blekinge Tekniska Högskola Forskningsrapport, 2007.
7. Тюкина, Н.В. Особенности растачивания глубоких отверстий / Н.В. Тюкина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2014. – № 11-1. – С. 189–193.

References

2. Dinamicheskoye povedeniye balok modeley Bernulli-Eylera, Releya i Timoshenko, lezhashchikh na uprugom osnovanii (sravnitel'nyy analiz) / V.I. Yerofeyev, V.V. Kazhayev, Ye.Ye. Lisenkova, N.P. Semerikova // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. – 2011. – № 5-3. – S. 274–278.
4. Ivanov V.V. Komp'yuternoye imitatsionnoye modelirovaniye protsessa gidroabrazivnogo rezaniya / V.V. Ivanov, M.K. Reshetnikov // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2015. – T. 2. – № 1(79). – S. 46–49.
7. Tyukina, N.V. Osobennosti rastachivaniya glubokikh otverstiy / N.V. Tyukina // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki. – 2014. – № 11-1. – S. 189–193.

© А.В. Лутьянов, 2024

УДК 621

Т.Г. ОРЕШЕНКО, И.В. НАЗАРОВ, С.А. КРИВОЛУЦКИЙ, С.И. КУЛАГИНА
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРЕДОТКАЗНОГО СОСТОЯНИЯ С МОДУЛЕМ GPRS

Ключевые слова: алгоритмы обработки данных и выдачи предупреждений; беспроводная передача данных; модуль *GPRS*; мониторинг предотказного состояния; цифровая сенсорная система.

Аннотация. В настоящее время актуальной задачей является повышение надежности и безопасности различных технических объектов, таких как промышленное оборудование, транспортные средства. Для этого необходимо своевременно обнаруживать и предотвращать возможные неисправности и аварии, которые могут привести к серьезным последствиям. Одним из способов решения этой задачи являются создание и использование цифровых сенсорных систем, которые способны собирать, передавать и анализировать данные о состоянии объектов, а также выдавать предупреждения о потенциальных проблемах.

Цель исследования заключается в разработке и исследовании цифровой сенсорной системы для мониторинга предотказного состояния с модулем *GPRS*. Такая система позволяет осуществлять удаленный контроль за объектами, расположенными в разных местах, и передавать данные по беспроводному каналу связи с помощью технологии *GPRS*. Кроме того, система способна определять предотказное состояние объектов на основе алгоритмов обработки данных и выдавать соответствующие сигналы и рекомендации.

Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи.

1. Разработка структуры и принципа работы предлагаемой системы, включая выбор датчиков, способы передачи и обработки данных, алгоритмы определения предотказного состояния и выдачи предупреждений.
2. Экспериментальная проверка эффективности и надежности системы на различных объектах и условиях.
3. Анализ полученных результатов, обсуждение возможных проблем и ограничений системы, предложение путей их решения и улучшения.

Цифровая сенсорная система для мониторинга предотказного состояния с модулем *GPRS* обеспечивает более высокую эффективность и надежность контроля за техническими объектами, чем другие существующие системы.

На крупных предприятиях важной задачей является обеспечение надежности и безопасности для технологических объектов, которые могут столкнуться с различными рисками и неисправностями [1]. Для этого нужно своевременно диагностировать и предупреждать потенциальные проблемы, которые могут привести к серьезным последствиям. Одно из решений этой проблемы – это применение цифровых сенсорных систем, которые могут собирать, передавать и анализировать данные о состоянии объектов и выдавать предупреждения о возможных неполадках.

Цель данной работы заключается в разработке и исследовании цифровой сенсорной системы мониторинга предотказного состояния. Система позволяет осуществлять удаленный контроль за объектами, расположенными в разных местах, и передавать данные по беспроводному каналу связи. Также система способна определять предотказное состояние объектов на основе алгоритмов обработки данных и выдавать соответствующие сигналы и рекомендации [2].

Чтобы обеспечить выполнение данных процессов, необходимо разбить их на операции, которые представлены на рис. 1.

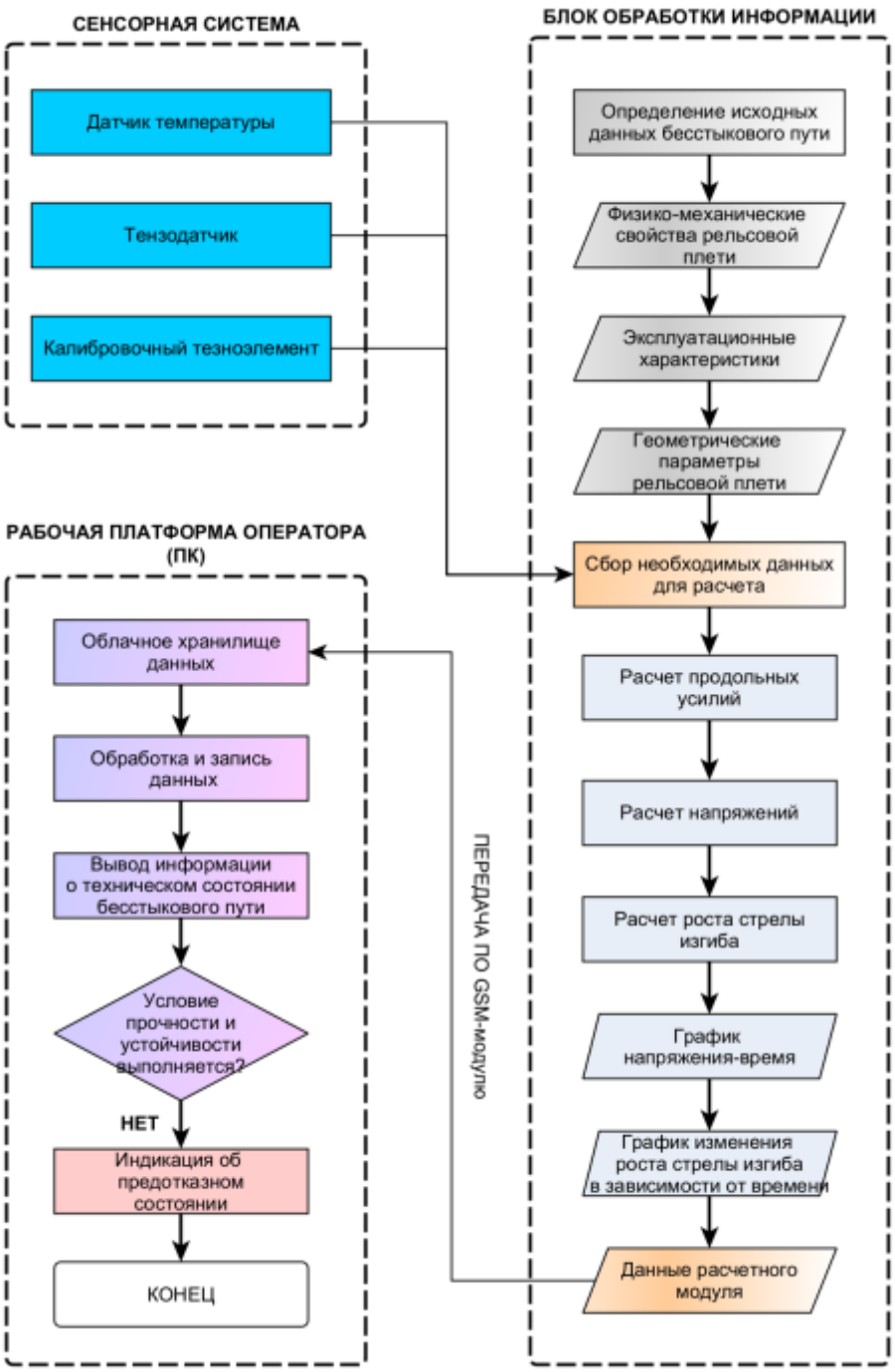

Рис. 1. Блок-схема разработанного подхода

Объектом натурных испытаний является прототип цифровой сенсорной системы для мониторинга предотказного состояния рельсовых плетей, созданный на основе блок-схемы с использованием наномодифицированных композиционных материалов (рис. 2). Сенсорная система включает в себя датчик температуры, тензодатчик и калибровочный тензоэлемент. Полученные данные в режиме реального времени отправляются в блок обработки информации для дальнейших расчетов [3].

Система работает следующим образом: тензодатчики, установленные на рельсовых плетях, реагируют на механическое напряже-

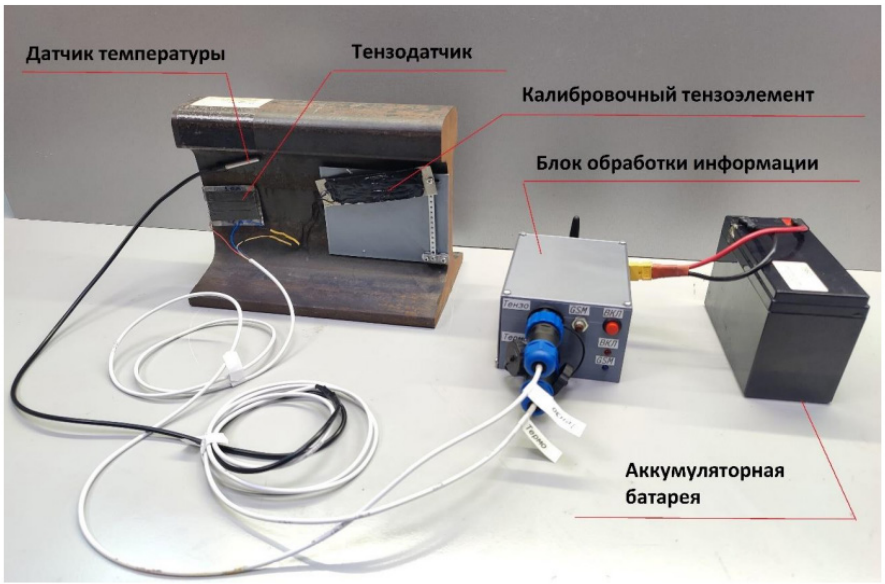

Рис. 2. Цифровая сенсорная система для мониторинга предотказного состояния с модулем *GPRS*

ние при прохождении поездов. Это напряжение передается на термодатчики, которые отслеживают изменения температуры материалов плетей. Полученные данные обрабатываются цифровой сенсорной системой, которая анализирует уровень деформации путей и определяет их предотказное состояние. В случае обнаружения опасной деформации система автоматически по каналу *GSM* передает данные, позволяя операторам принять меры по предотвращению аварийных ситуаций [4].

Данные, полученные в процессе мониторинга технического состояния бесстыкового пути, передавались на рабочую платформу оператора и хранились в облачном хранилище информации [5]. В разработанном программном обеспечении с удобным и интуитивно понятным интерфейсом представлены графики и индикаторы (с ранжированием) состояния бесстыкового пути (рис. 3).

В течение четырех дней осуществлялся сбор данных в реальном времени по следующим показаниям: температура (°C); напряжение (МПа); перемещения тензодатчика и калибровочного тензодатчика; рост стрелы изгиба (соответствующие потери устойчивости бесстыкового пути). Сравнение экспериментальных, аналитических и численных данных сведено в таблице на рис. 4.

Для валидации было выбрано несколько фактических температур относительно температуры закрепления рельс согласно проведенным натурным испытаниям.

Исходя из проведенного расчета было установлено, что уровень напряжений качественно и количественно согласуется с аналитическими и численными расчетами.

Расхождение результатов численного и аналитического расчетов имеют расхождение не более 3,2 %. Поскольку калибровочный датчик имеет высокую чувствительность к воздействиям внешних факторов, то это приводит к искажению данных роста стрелы изгиба в виде локальных скачков на графике.

Сравнительный анализ между экспериментальными данными и расчетами указывает на удовлетворительное соответствие, при этом максимальная разница между данными составляет 6,18 %. Данные обстоятельства указывают на проведение дополнительных исследований и улучшение составляющих компонентов цифровой сенсорной системы, которые позволят увеличить точность и эффективность прогнозирования роста стрелы изгиба в плане в течение длительного времени мониторинга технического состояния бесстыковых путей [8].

Система обладает рядом преимуществ, таких как возможность удаленного контроля за объектами, расположенными в разных местах, экономия ресурсов и энергии, уменьшение рисков и потерь от неисправностей и аварий.

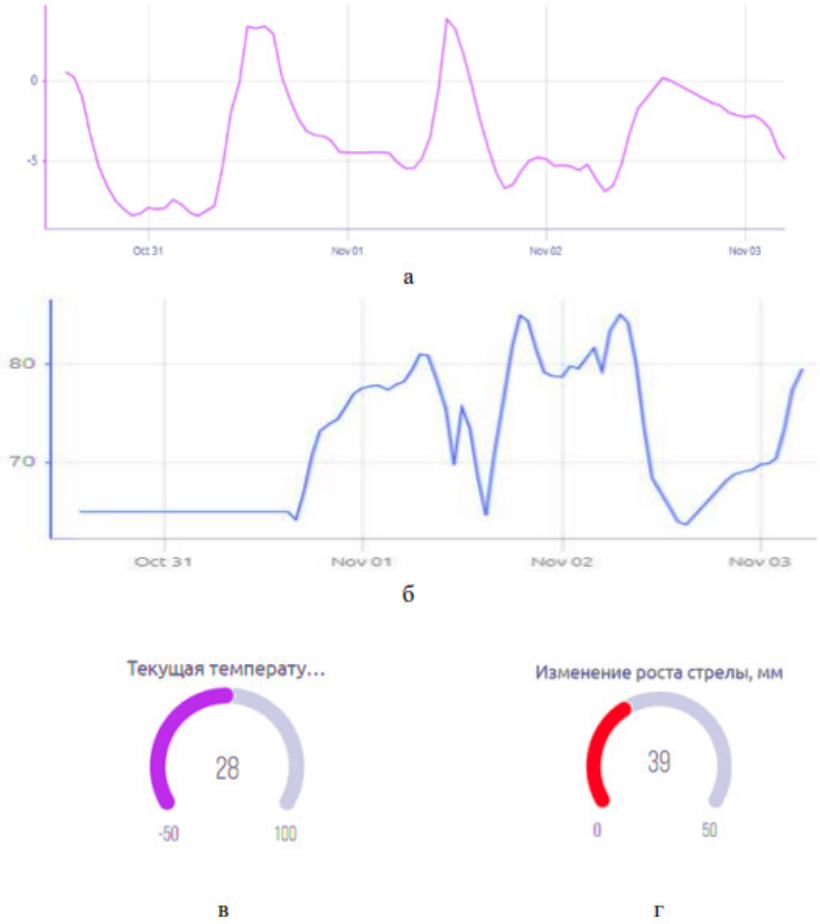

Рис. 3. Основные окна графического интерфейса разработанного программного обеспечения (**ПО**): а – график изменения напряжений и температуры в течение эксперимента; б – график изменения калибровочного датчика; в – диаграмма текущей температуры рельсы; г – диаграмма изменения роста стрелы

Фактическая температура, °С	Эксперимент		Аналитическая модель		Численная модель	
	Напряжения, МПа	Рост стрелы, мм	Напряжения, МПа	Рост стрелы, мм	Напряжения, МПа	Рост стрелы, мм
27,5	64,82	2,0047	66,96	2,007	66,96	2,02
30	71,96	2,0068	74,34	2,092	74,34	2,022
32,5	76,75	2,009	79,29	2,1	79,29	2,024
35	83,95	2,01	86,73	2,126	86,73	2,025
37,5	88,75	2,02	91,68	2,145	91,68	2,027
Разница с экспериментом, %			3,2	6,18	3,2	0,76

Рис. 4. Сравнительный анализ эксперимента и расчетов бесстыкового пути

Система также имеет некоторые ограничения и проблемы, такие как зависимость от качества сигнала *GPRS*, необходимость калибровки и настройки сенсоров, сложность обработки больших объемов данных, а также требуется постоянное питание, в случае использования литий-ионного аккумулятора появляются осложнения в виде быстрой разрядки в холодной среде [9].

Дальнейшими направлениями совершенствования могут являться: использование альтернативных источников питания, увеличение точности и чувствительности сенсоров. В перспективе система может быть применена для различных целей и сфер, связанных с контролем за техническими объектами, и способствовать повышению их надежности и безопасности.

Список литературы

1. Иванов, И.И. Разработка цифровых датчиков для систем мониторинга / И.И. Иванов. – М. : Наука, 2020. – 210 с.
2. Петрова, М.М. Применение технологии GPRS в системах телеметрии / М.М. Петрова, В.В. Сидоров. – СПб : Политехника, 2022. – 185 с.
3. Смирнов, А.А. Предотказные состояния оборудования: методы диагностики и прогнозирования / А.А. Смирнов. – М. : Машиностроение, 2021. – 350 с.
4. Соловьев, Н.Н. Современные средства связи для передачи телеметрической информации / Н.Н. Соловьев, А.П. Михайлов. – СПб: Лань, 2023. – 320 с.
5. Жуков, Ю.П. Диагностика предотказных состояний подшипников / Ю.П. Жуков. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2021. – 110 с.
6. Сидоренко, А.А. Методы обработки и анализа данных в системах мониторинга / А.А. Сидоренко. – М. : Горячая линия-Телеком, 2022. – 260 с.
7. Краснов, М.С. Технология GPRS. Протоколы и стек / М.С. Краснов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2021. – 340 с.
8. Лукин, Д.В. Сенсорные устройства в системах прогнозной диагностики / Д.В. Лукин. – СПб : Лань, 2020. – 128 с.

References

1. Ivanov, I.I. Razrabotka tsifrovykh datchikov dlya sistem monitoringa / I.I. Ivanov. – M. : Nauka, 2020. – 210 s.
2. Petrova, M.M. Primeneniye tekhnologii GPRS v sistemakh telemetrii / M.M. Petrova, V.V. Sidorov. – SPb : Politekhnika, 2022. – 185 s.
3. Smirnov, A.A. Predotkaznyye sostoyaniya oborudovaniya: metody diagnostiki i prognozirovaniya / A.A. Smirnov. – M. : Mashinostroyeniye, 2021. – 350 s.
4. Solov'yev, N.N. Sovremennyye sredstva svyazi dlya peredachi telemetricheskoy informatsii / N.N. Solov'yev, A.P. Mikhaylov. – SPb: Lan', 2023. – 320 s.
5. Zhukov, YU.P. Diagnostika predotkaznykh sostoyaniy podshipnikov / YU.P. Zhukov. – Yekaterinburg : UGTU-UPI, 2021. – 110 s.
6. Sidorenko, A.A. Metody obrabotki i analiza dannykh v sistemakh monitoringa / A.A. Sidorenko. – M. : Goryachaya liniya-Telekom, 2022. – 260 s.
7. Krasnov, M.S. Tekhnologiya GPRS. Protokoly i stek / M.S. Krasnov. – M. : Goryachaya liniya-Telekom, 2021. – 340 s.
8. Lukin, D.V. Sensornyye ustroystva v sistemakh prognoznoy diagnostiki / D.V. Lukin. – SPb : Lan', 2020. – 128 s.

© Т.Г. Орешенко, И.В. Назаров, С.А. Криволуцкий, С.И. Кулагина, 2024

УДК 621

Т.Г. ОРЕШЕНКО, И.В. НАЗАРОВ, С.А. КРИВОЛУЦКИЙ, С.И. КУЛАГИНА
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИСПЫТАНИЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА С ПЕРЕМЕННЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Ключевые слова: испытания; композитные материалы; нанотрубки; переменное сопротивление.

Аннотация. В данной статье рассматриваются разработка и исследование композитного материала (**КМ**), который может изменять свое сопротивление в зависимости от растяжения (сжатия). Такой материал может использоваться для создания сенсоров, переключателей, памяти и других устройств. Один из способов получения материала с переменным сопротивлением – это добавление нанотрубок в полимерную матрицу, например, силикон. Комбинация нанотрубок и силикона позволяет получать композиты с различными свойствами, в зависимости от типа, количества и распределения нанотрубок в матрице. Целью является разработка технологии изготовления и контроля композитного материала с переменным сопротивлением. В статье приведены результаты экспериментов по изготовлению и контролю композитного материала, а также анализируются его преимущества и недостатки.

Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи:

1) разработка технологии изготовления КМ;

2) проведение экспериментальных исследований свойств и характеристик КМ, оценка его эффективности и надежности;

3) анализ полученных результатов и подведение итогов.

КМ можно применять в качестве датчика измерения деформации в агрессивных средах, таких как космическое пространство. С помощью такого датчика можно фиксировать открытие и закрытие модулей космического аппарата. Из-за свойств КМ к сопротивлению коррозии и низкому влиянию ультрафиолетовых излучений такой датчик можно использовать на спутниках для различных физических деформаций.

Композитный материал – многокомпонентный материал, изготовленный из двух или более компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами, которые в сочетании приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик отдельных компонентов и не являющимися простой их суперпозицией. В составе композита принято выделять матрицу/матрицы и наполнитель/наполнители, последние выполняют функцию армирования (по аналогии с арматурой в таком композиционном строительном материале, как железобетон) [1]. В качестве наполнителей композитов, как правило, выступают углеродные или стеклянные волокна, а роль матрицы играет полимер. Сочетание разных компонентов позволяет улучшить характеристики материала и делает его одновременно легким и прочным. При этом отдельные компоненты остаются таковыми в структуре композитов, что отличает их от смесей и затвердевших растворов. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение и ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств.

Разработанный композитный материал должен изменять свое сопротивление при растяжении и сжатии, с его помощью можно отслеживать различные деформации в труднодоступных местах [2]. Данный вид композита может использоваться в качестве чувствительного элемента тензометра, датчиков давления, концевых выключателей.

КМ обладает следующими преимуществами по сравнению с тензодатчиком:

1) способность корректировать механи-

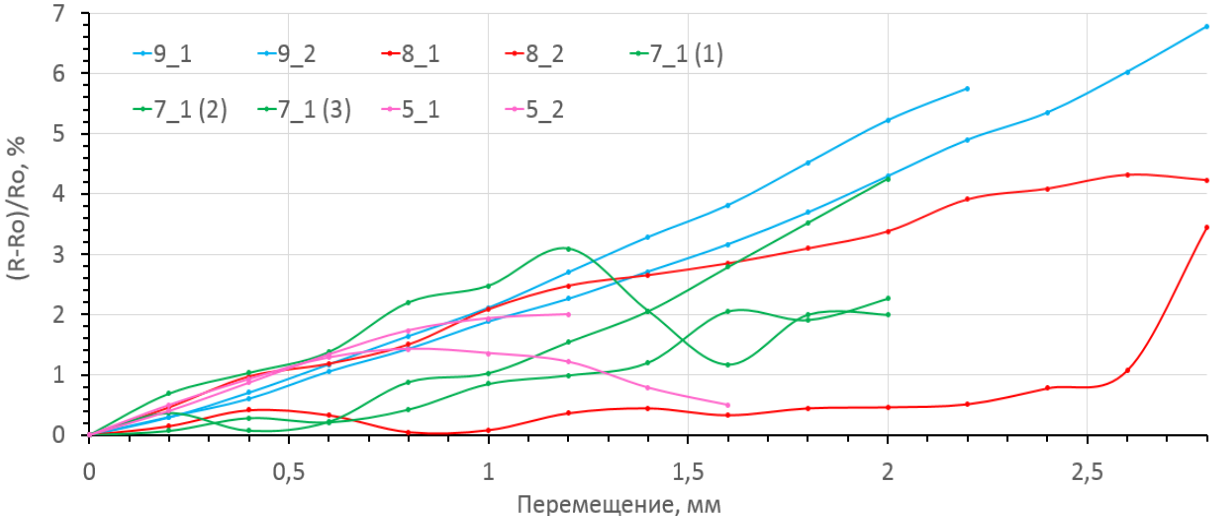

Рис. 1. Результаты испытаний образцов

ческие свойства путем введения примесей;

2) устойчивость к коррозии;

3) гибкость в производстве: КМ можно легко формировать и настраивать под конкретные требования проекта;

4) длительный срок службы;

5) большой диапазон изменения сопротивления: КМ может изменять свое сопротивление в большем диапазоне, чем обычный тензодатчик.

Для получения композитного материала с переменным сопротивлением смешаны силикон и нанотрубки. В качестве нанотрубок использован материал *TUBALL™ MATRIX* 601 – это концентраты нанотрубок (10 %), предназначенные для придания каучукам электропроводящих свойств и значительного улучшения их механических свойств. После смешивания компонента «А» и «Б» силикона «Пентэласт-750» марки «А» получен готовый силикон [3].

Чтобы получить необходимый композитный материал с содержанием 0,5 % нанотрубок использовано по 20 г компонента «А» и «Б» и 0,1 г нанотрубок для каждого из компонентов.

Технология получения КМ:

1) отмерено необходимое количество компонента «А» и «Б» (с запасом ~0,1 г) и добавлены нанотрубки;

2) с помощью механического диспергатора разбиты внутренние микронесплошности;

3) с помощью ультразвукового диспергатора достигнута равномерность структуры материала;

4) получившиеся материалы до однородной массы смешаны в механическом диспергаторе;

5) произведена вакуумная дегазация;

6) произведены формовка и прессование материала с последующей температурной полимеризацией и остыванием до комнатной температуры.

Для измерения изменения электрического сопротивления при деформации образцов использовались цифровой мультиметр *UT*61*E* и разрывная машина *EurotestT*-50. Мультиметр подключался к образцам с помощью зажимов к медным контактам, интегрированным в образцы при формовании [5].

Для проведения более качественного сравнительного анализа взяли несколько образцов КМ с разным содержанием примесей и нанотрубок.

Зависимости изменения сопротивления от растяжения представлены на рис. 1.

Также был определен один из наиболее важных параметров тензорезистивного эффекта – коэффициент тензочувствительности, который представляет собой отношение относительного изменения электросопротивления образца к деформации, вызвавшей это изменение [6].

В ходе испытаний был выявлен лучший образец под номером 9. Образец демонстрирует линейную зависимость коэффициента изменения сопротивления от растяжения, высокий отклик и хорошие динамические свойства при испытаниях на растяжение и сжатие [7].

Для оценки свойств образцов тензочувствительных элементов были разработаны испыта-

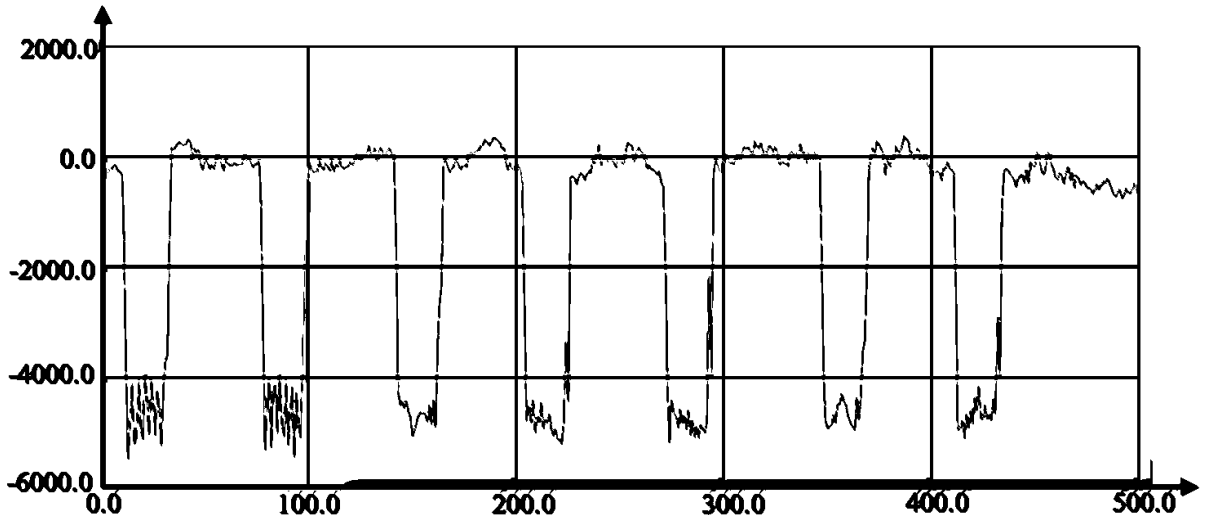

Рис. 2. График результата испытания образца после двух сжатий и пяти последующих растяжений на 0,5 мм

тельный стенд и методика проведения испытаний образцов.

Результаты испытаний представлены на рис. 2.

По итогам испытаний наилучшим образом показал себя образец, обладающий линейной зависимостью коэффициента изменения сопротивления от растяжения, высоким откликом при испытании на растяжение и сжатие. Представленный образец демонстрирует допустимое значение колебаний амплитуды сигнала относительно общего уровня сигнала на выходе при последовательных сжатиях и растяжениях. Исходя из рис. 2, полученного при динамических испытаниях, следует, что уровень сигнала легко различим на фоне шумов.

Список литературы

1. Белоусов, А.В. Исследование влияния технологических факторов на свойства композитных материалов с переменным сопротивлением: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.В. Белоусов. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – 156 с.

2. Кузнецов, А.С. Разработка и исследование композиционного материала для изготовления деталей узлов трения различных машин и механизмов, работающих в условиях ограниченной смазки / А.С. Кузнецов, Ю.А. Пахалин // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 1. – С. 69–741.

3. Паустовский, А.В. Материалы для электроискрового упрочнения и восстановления изношенных металлических поверхностей / А.В. Паустовский, Ю.Г. Ткаченко, В.Г. Христов [и др.] // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». – 2016. – № 12. – С. 5–11.

4. Рябинина, О.Н. Физико-механические свойства композитов, полученных электроразрядным спеканием: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / О.Н. Рябинина. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 128 с.

5. Акимов, В.В. Исследование микротвердости безвольфрамовых твердых сплавов на основе карбида титана / В.В. Акимов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2005. – № 3-1(23). – С. 121–124.

6. Фарафонов, Д.П. Исследование экспериментальных композиций износостойких сплавов на основе кобальта для ремонта и упрочнения рабочих лопаток турбин высокого давления методом лазерной наплавки / Д.П. Фарафонов, М.Л. Деговец, А.М. Рогалев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. – 2017. – № 4. – С. 3–12.

7. Зайцев, А.И. Композитные материалы с переменным сопротивлением для изготовления де-

талей машин / А.И. Зайцев, В.А. Коротков, А.В. Лебедев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – № 5. – С. 15–22.

References

1. Belousov, A.V. Issledovaniye vliyaniya tekhnologicheskikh faktorov na svoystva kompozitnykh materialov s peremennym soprotivleniyem: dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / A.V. Belousov. – M. : MGTU im. N.E. Baumana, 2019. – 156 s.
2. Kuznetsov, A.S. Razrabotka i issledovaniye kompozitsionnogo materiala dlya izgotovleniya detaley uzlov treniya razlichnykh mashin i mekhanizmov, rabotayushchikh v usloviyakh ogranichennoy smazki / A.S. Kuznetsov, YU.A. Pakhalin // Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2017. – № 1. – S. 69–741.
3. Paustovskiy, A.V. Materialy dlya elektroiskrovogo uprochneniya i vosstanovleniya iznoshennykh metallicheskikh poverkhnostey / A.V. Paustovskiy, YU.G. Tkachenko, V.G. Khristov [i dr.] // Vestnik Natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta «Khar'kovskiy politekhnicheskiy institut». – 2016. – № 12. – S. 5–11.
4. Ryabinina, O.N. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva kompozitov, poluchennykh elektrorazryadnym spekaniyem: dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / O.N. Ryabinina. – M. : MGTU im. N.E. Baumana, 2005. – 128 s.
5. Akimov, V.V. Issledovaniye mikrotverdosti bezvol'framovykh tverdykh splavov na osnove karbida titana / V.V. Akimov // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2005. – № 3-1(23). – S. 121–124.
6. Farafonov, D.P. Issledovaniye eksperimental'nykh kompozitsiy iznosostoykikh splavov na osnove kobal'ta dlya remonta i uprochneniya rabochikh lopatok turbin vysokogo davleniya metodom lazernoy naplavki / D.P. Farafonov, M.L. Degovets, A.M. Rogalev // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Seriya: Mashinostroyeniye. – 2017. – № 4. – S. 3–12.
7. Zaytsev, A.I. Kompozitnyye materialy s peremennym soprotivleniyem dlya izgotovleniya detaley mashin / A.I. Zaytsev, V.A. Korotkov, A.V. Lebedev [i dr.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroyeniye. – 2018. – № 5. – S. 15–22.

© Т.Г. Орешенко, И.В. Назаров, С.А. Криволуцкий, С.И. Кулагина, 2024

УДК 330.46

А.А. САРАЕВ, И.Д. СИДЕЛЬНИКОВ, А.Е. БРОМ, Л.Г. АМИРХАНЯН
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Ключевые слова: выбор наилучшей альтернативы; контракты сервисного обслуживания; морфологический анализ; сервисное обслуживание; сложная техника.

Аннотация. В современных условиях интенсивной эксплуатации сложной техники становится актуальным переход на новые альтернативные модели сервисного обслуживания, отвечающие вызовам современности. Проблемы в данной сфере указывают на актуальность и необходимость создания универсального инструмента поиска альтернативных решений организации сервиса, который мог бы помочь оперативно менять параметры сервисных контрактов, чтобы отвечать вызовам современности. В статье предлагается создание нового подхода к формированию моделей сервисного обслуживания сложной техники на основе метода морфологического анализа. Для оценки и выбора наилучшей модели, соответствующей специфике эксплуатации и назначению объекта техники, авторы предлагают проведение двухуровневой линейной свертки критериев. Предложенный подход был апробирован для формирования альтернативных вариантов организации сервиса большого парка локомотивов.

Актуальность

Изменения в экономико-политической ситуации оказали значительное влияние на отрасли, использующие сложные технические системы. В сложившихся условиях с целью сохранения надежности и безотказности техники, а также снижения стоимости ее обслуживания эксплуатанты сталкиваются с целым рядом новых вызовов.

Для многих эксплуатантов крупного парка техники и высокотехнологичного оборудования ситуация близка к критической: затраты на обслуживание при текущих сервисных контрактах стали неимоверно высокими, некоторые положения контрактов в условиях санкций невыполнимы, а многие иностранные сервисные компании и вовсе расторгли долгосрочные контракты. В результате это привело к целому ряду серьезных проблем: компании-эксплуатанты столкнулись со снижением коэффициента готовности к эксплуатации и повышением стоимости обслуживания.

В частности, руководство крупнейшего перевозчика и владельца инфраструктуры железных дорог холдинга «РЖД» заявило о невыполнении показателей технической готовности техники, в результате чего холдинг потерял 7 млрд рублей в 2022 г. [1]. Теперь перед руководством встал актуальный вопрос пересмотра контракта на сервисное обслуживание и поиска новых альтернативных моделей организации сервиса.

Эксплуатанты авиационной техники столкнулись с невозможностью выполнений соглашений по сервисному обслуживанию. Были разорваны наработанные за многие годы связи. На первый план вышли поддержание летной годности существующего авиапарка и поиск альтернативных вариантов сервисных контрактов. Так, группа «Аэрофлот» в середине 2023 г. впервые отправила свои самолеты на техническое обслуживание в Иран в связи с расторжением долгосрочного контракта на сервисное обслуживание и капитальный ремонт компонентов самолетов [2].

Различные отрасли (от авиа и железнодорожных перевозок до строительства и сель-

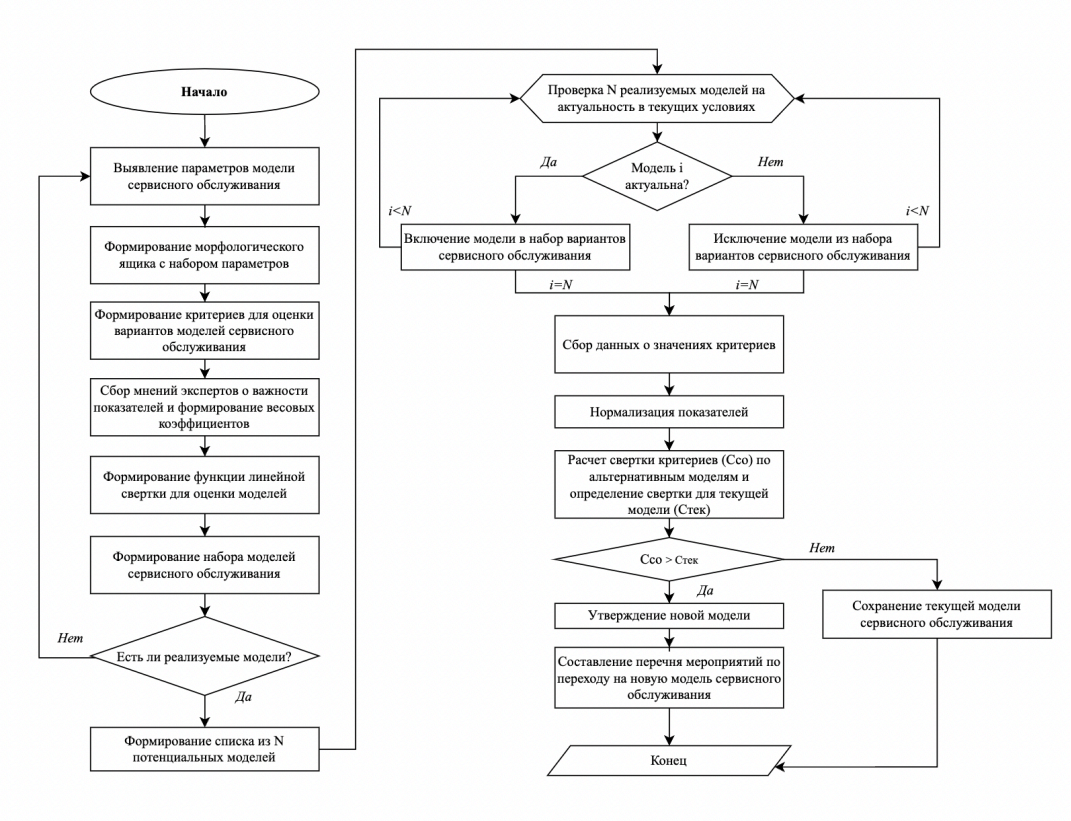

Рис. 1. Алгоритм формирования и оценки альтернативных моделей сервисного обслуживания

ского хозяйства) испытывают проблемы при эксплуатации и обслуживании техники в связи с изменившимися условиями. Компании должны научиться принимать оперативные решения по модернизации контрактов на сервис, адаптировать их к изменяющейся экономико-политической ситуации и учитывать специфику техники.

Такая проблематика в сфере партнерского взаимодействия эксплуатантов и сервисных организаций указывает на актуальность и необходимость создания универсального инструмента, обеспечивающего формирование набора альтернативных моделей организации сервисного обслуживания сложной техники для различных отраслей. Такой инструмент должен учитывать различные финансовые и юридические аспекты контрактов сервисного обслуживания, нюансы взаимодействия заказчика и исполнителя, специфику процессов эксплуатации и поставок.

В данной статье предлагается для формирования и поиска новой модели организации сервисного обслуживания сложной техники использовать морфологический анализ. Предложенный инструмент на основе построения морфологического ящика будет апробирован на примере компании «РЖД», являющейся заказчиком сервисного обслуживания для своей железнодорожной техники. Новые варианты моделей сервисного обслуживания полезны для анализа существующих контрактов сервисного обслуживания или заключения принципиально новых контрактов.

Материалы и методы

Для формирования альтернативных вариантов в области поддержки принятия решений существуют различные методы. Многие задачи по поиску решений в практике управления невозможно решить формализированным путем, и в таких ситуациях прибегают к иным методам формирования альтернатив: метод декомпозиции, метод морфологического анализа, метод имитационного моделирования, метод анализа вероятностей [3].

Модель в данном случае – описание и пред-

ставление реального процесса осуществления сервисного обслуживания сложной техники. В таком случае можно декомпозировать деятельность на составляющие параметры, влияющие на модель организации сервисного обслуживания. При этом можно выделить различные составляющие каждого параметра [4].

Удобным способом описания и генерации альтернатив является метод морфологического анализа, при котором выделяются всевозможные параметры, описывающие модель. Затем перечисляются возможные значения этих параметров, после чего наступает процесс генерирования альтернатив путем перебора всех возможных сочетаний этих значений.

Для генерации альтернативных моделей можно сформировать морфологический «ящик» с набором параметров для выявления и создания набора альтернативных моделей. Для формирования «ящика» поэтапно исследуются мировой опыт и лучшие практики по организации сервисного обслуживания в данной отрасли, в результате чего формируется набор параметров, из которых в дальнейшем состоит сам морфологический «ящик».

Следующий шаг – формирование самих моделей. На этом этапе можно исключить ряд моделей с помощью исключения значений ряда параметров, которые могут быть нереализуемы в текущих условиях. В том случае, если есть несколько реализуемых моделей (к примеру, в количестве *N*-моделей), то следует рассмотреть данный список на актуальность, что осуществляется экспертным методом. В результате этого формируется финальный список моделей для рассмотрения. В общем виде алгоритм представлен на рис. 2.

После генерации альтернативных моделей и формирования списка моделей для дальнейшего рассмотрения необходимо выбрать альтернативу. Для этого существует ряд математических методов по оценке альтернатив. Для апробации предлагается использовать двухуровневую линейную свертку критериев с весами важности категорий и показателей.

Данный метод широко применяется для исследования наилучшей управленческой альтернативы [5]. Линейная свертка основана на неявном постулате того, что низкая оценка по одному критерию может быть компенсирована высокой оценкой по другому. С одной стороны, это можно трактовать как недостаток, но с точки зрения организации сервисного обслуживания такой подход отразит прямую взаимосвязь экономических и организационных показателей с показателями надежности техники в эксплуатации (например, коэффициент готовности к эксплуатации, рост этого критерия зависит и от затрат в поддержку эксплуатации и от уровня/качества организации ремонтных работ).

Наилучшую альтернативу следует рассмотреть с целью изменения контракта на сервисное обслуживание или заключения нового.

Апробация

Для апробации инструмента была выбрана компания «РЖД». В процессе составления морфологического «ящика» для генерации альтернативных вариантов сервиса локомотивов был проведен анализ мирового и российского опыта.

Так, в разных странах сложились различные практики в рамках взаимодействия эксплуатанта и исполнителя контракта. Во Франции сервисным обслуживанием занимается централизованная дирекция (*SNCF*) и приписка локомотивов к депо не практикуется. В Германии перевозчик и владелец инфраструктуры *Deutsche Bahn* самостоятельно занимается сервисным обслуживанием и не имеет права передавать работы по ремонту локомотивов сторонним организациям. А в США ввиду наличия различных владельцев инфраструктуры в разных регионах страны техническое состояние локомотивов на должном уровне поддерживается самостоятельно железными дорогами, которые имеют контракты с производителями техники. В разных странах исполнители также осуществляют различные виды ремонта, поставок комплектующих и запасных частей.

Оплата услуг также может производиться по-разному. Традиционно оплата происходит по расчету затрат на сервисное обслуживание: калькуляция по трудозатратам, количеству посещений и иным количественным показателям. Однако во многих случаях традиционная модель неэффективна ввиду отсутствия ключевых показателей эффективности. Сейчас большинство контрактов подразумевает прописанные результаты (например, общая эффективность оборудования, время простоя и т.д.). Также набирает популярность такая модель оплаты, как «*Equipment as a Service*», в которой эксплуатант платит за использование техники с показателями, прописанными в контракте, и несет толь-

Таблица 1. Морфологический «ящик» для генерации альтернативных моделей сервисного обслуживания локомотивов (составлено на основе источников: [6–11])

№	Параметры	Варианты параметров		
		1	2	3
A	Исполнитель сервисного обслуживания	Компания-производитель	Сторонняя организация	–
B	Срок контракта сервисного обслуживания	Разовые (единичные) работы по сервисному обслуживанию	Долгосрочный контракт	Контракт Жизненного Цикла
C	Основные фонды, используемые при обслуживании	Основные фонды заказчика	Основные фонды исполнителя	Основные фонды арендуемые
D	Использование инструментов и товарно-материальных ценностей (**ТМЦ**) для обслуживания	Инструменты и ТМЦ заказчика	Инструменты и ТМЦ исполнителя	–
E	Виды ремонтов, включенных в сервис	Текущий	Средний	Текущий и средний
F	Материально-техническое обеспечение сервисного обслуживания	Материально-техническое обеспечение осуществляется заказчиком	Материально-техническое обеспечение осуществляется исполнителем	–
G	Стратегия эксплуатации	По фактическому состоянию	По регламенту	Комбинированный тип
H	Оплата услуг сервисного обслуживания	Традиционная модель	Модель оплаты на основе результатов	*EaaS* (*Equipment as a Service*)

ко лишь операционные затраты, исключая при этом капитальные затраты.

В России сервисное обслуживание для холдинга «РЖД» осуществляют две частные сервисные компании, входящие в состав компаний производителей и поставщиков локомотивной техники: ООО «Локотех-Сервис», входящий в группу «Трансмашхолдинг», и компания ООО «СТМ-Сервис», входящая в группу «Синара». В 2022 г. холдинг «РЖД» был обеспокоен невыполнением показателей технического обслуживания, что ставит актуальным вопрос изменения текущего контракта и поиска альтернативных вариантов организации сервиса.

Исходя из проанализированных практик по организации сервиса был составлен морфологический «ящик» (табл. 1), в котором есть параметры модели сервиса и варианты параметров. Среди параметров описаны различные составляющие сервисных контрактов на обслуживание локомотивов, которые затрагивают как общие параметры (исполнитель контракта, срок контракта, стратегия эксплуатации, оплата услуг, виды ремонтов), так и более специализированные, характерные для данной отрасли.

Для выбора наилучшей модели для организации сервиса с парком локомотивов были разработаны показатели для оценки (табл. 2), которые были разделены на три группы: экономические, организационные и показатели надежности. За основу показателей был взят ГОСТ Р 57330-2016, который устанавливает стандарт по ключевым показателям эффективности технического обслуживания и ремонта. Показатели были выбраны исходя из мнения экспертов организации и стратегических целей. Выбранным показателям экспертным методом были выставлены веса важности для категорий показателей и самих показателей.

В результате была сформирована двухуровневая свертка критериев, которая учитывает веса важности категорий и показателей:

$$C(x) = 0{,}4(0{,}5E1x + 0{,}5 + E2x) + 0{,}2 * (0{,}6 * O1x + 0{,}2 * O2x + 0{,}2 * O3x) + 0{,}2 * (0{,}6 * O1x + 0{,}2 * O2x + 0{,}2 * O3x).$$

Таблица 2. Показатели свертки критериев для оценки альтернативных моделей

№	Категория показателей	Показатель	Обозначение	Вес важности
1	Экономические показатели	Доля затрат на сервисное обслуживание единицы техники на километр пробега	*E*1	0,5
2		Отношение расходов на сервисное обслуживание единицы техники к восстановительной стоимости техники	*E*2	0,5
			Итог:	1
1	Показатели надежности	Достигнутое время работоспособности в течение требуемой продолжительности работоспособности	*R*1	0,2
2		Безотказность работы локомотивной техники	*R*2	0,2
3		Коэффициент готовности к эксплуатации	*R*3	0,6
			Итог:	1
1	Организационные показатели	Отношение рабочих часов, затраченных на сервисное обслуживание, запланированные и проведенные	*O*1	0,6
2		Число случаев причинения вреда персоналу, занимающемуся техническим обслуживанием и ремонтом	*O*2	0,2
3		Число персонала, непосредственно осуществляющего сервисное обслуживание, на единицу локомотивной техники	*O*3	0,2
			Итог:	1

Таблица 3. Результаты свертки критериев для различных моделей

№	Код модели	Свертка по экономическим показателям	Свертка по показателям Надежности	Свертка по Организационным показателям	Свертка критериев
1	$\underline{A}_1\underline{B}_3\underline{C}_1\underline{D}_1\underline{E}_3\underline{F}_2\underline{G}_2\underline{H}_2$	0,000	0,080	0,200	0,072
2	$\underline{A}_1\underline{B}_3\underline{C}_1\underline{D}_2\underline{E}_3\underline{F}_2\underline{G}_2\underline{H}_2$	0,500	0,080	0,200	0,272
3	$\underline{A}_1\underline{B}_3\underline{C}_1\underline{D}_1\underline{E}_3\underline{F}_2\underline{G}_3\underline{H}_2$	0,688	0,840	0,725	0,756
4	$\underline{A}_1\underline{B}_3\underline{C}_1\underline{D}_2\underline{E}_3\underline{F}_2\underline{G}_3\underline{H}_1$	0,875	0,840	0,725	0,831
5	$\underline{A}_1\underline{B}_3\underline{C}_1\underline{D}_2\underline{E}_3\underline{F}_3\underline{G}_3\underline{H}_1$	0,563	0,240	0,454	0,412
6	$\underline{A}_2\underline{B}_1\underline{C}_1\underline{D}_2\underline{E}_3\underline{F}_3\underline{G}_2\underline{H}_2$	0,525	0,440	0,462	0,478
7	$\underline{A}_1\underline{B}_3\underline{C}_1\underline{D}_2\underline{E}_3\underline{F}_2\underline{G}_3\underline{H}_2$	0,938	1,000	1,000	0,975

Рис. 2. Лепестковая диаграмма оценки альтернативных моделей по выбранным показателям

По данной свертке в конкретном случае можно будет выявить наилучшую модель, свертка которой будет максимальна относительно других моделей (табл. 3).

По полученным результатам видно, что наилучшей моделью среди представленных является модель под номером 7. Результаты также удобно отражать в виде лепестковой диаграммы. На ней визуально видны причины несостоятельности отдельных моделей, в чем именно они проигрывают другим. Диаграмма представлена на рис. 2.

Построенная диаграмма демонстрирует состоятельность и преимущества отдельной модели перед остальными почти по всем показателям (за исключением показателя «Отношение расходов на сервисное обслуживание единицы техники к восстановительной стоимости техники»). Полученные данные можно использовать для дальнейшей модернизации и улучшения существующих контрактов или заключения новых.

Выводы

В современной динамичной экономической среде компании сталкиваются с необходимостью постоянного обновления и модернизации контрактных отношений на сервисное обслуживание сложной техники. Для эксплуатантов большого парка такой техники изменения могут кардинально улучшить надежность и безотказность, а также снизить стоимость затрат на сервис.

Предложенный в статье инструмент позволяет строить множество различных моделей исходя из различных параметров процесса сервисного обслуживания. Данный инструмент был апробирован для отрасли железнодорожных перевозок, но также может быть применен для любой другой отрасли, в которой используется сложная техника. Анализ полученных альтернативных моделей взаимодействия заказчика сервиса и исполнителя станет необходимым этапом для дальнейшего обсуждения условий сервисных контрактов и совместного выбора наилучшего варианта организации обслуживания, что позволит эксплуатантам оперативно реагировать на изменяющиеся обстоятельства, снизить риски, повысить эффективность и обеспечить более устойчивые условия для процессов обслуживания сложной техники.

Список литературы

1. РЖД обеспокоились коэффициентом технической готовности локомотива // Информационное агентство «РЖД партнер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/rzhd-obespokoilis-koeffitsientom-tekhnicheskoy-gotovnosti-lokomotiva-3te25k2m.
2. «Аэрофлот» впервые отправил самолет для ремонта в Иран // РБК [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rbc.ru/business/10/04/2023/6433e50f9a794734270374a3.
3. Трофимова, Л.А. Методы принятия управленческих решений – 1-е изд. / Л.А. Трофимова, В.В. Трофимов. – СПб : СПбГУЭФ, 2012. – 101 с.
4. Балашов, О.В. Подход к формированию начального множества альтернатив в системах поддержки принятия решений / О.В. Балашов, Н.В. Кондратова // Информатика, математическое моделирование, экономика : сборник научных статей по итогам второй международной научно-практической конференции : в 3 т., Смоленск, 20 апреля 2012 года. Том 1. – Смоленск : АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ЦЕНТРОСОЮЗА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ «РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КООПЕРАЦИИ» СМОЛЕНСКИЙ ФИЛИАЛ, 2012. – С. 188–193.
5. Ногин, В.Д. Линейная свертка критериев в многокритериальной оптимизации / В.Д. Ногин // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2014. – № 4. – С. 73–82.
6. Добротулина, М.А. Зарубежный опыт сервисного обслуживания тягового подвижного состава / М.А. Добротулина // Современная экономика: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей XVI Международной научно-практической конференции : в 2 ч., Пенза, 25 апреля 2018 года. Том Часть 2. – Пенза : «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2018. – С. 203–206.
7. Осяев, А.Т. О системе обслуживания локомотивов за рубежом / А.Т. Осяев, В.А. Никифоров // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2012. – № 5. – С. 56–62.
8. Рачек, С.В. Зарубежный опыт реформирования железных дорог / С.В. Рачек // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2013. – № 6(50). – С. 62–66.
9. Бром, А.Е. Сравнительный анализ стратегий эксплуатации и технического обслуживания сложных технических систем / А.Е. Бром // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2009. – № 2. – С. 71.
10. Пыжьянов, Н.И. На пути к качественному сервисному обслуживанию локомотивного парка (отечественный и зарубежный опыт) / Н.И. Пыжьянов // Интернет-журнал «Науковедение», 2016. – № 3.
11. Любченко, А.А. Анализ процессов технического обслуживания элементов сложных технических систем / А.А. Любченко // Известия Транссиба. – 2011. – № 1. – С. 88–93.

References

1. RZHD obespokoilis' koeffitsiyentom tekhnicheskoy gotovnosti lokomotiva // Informatsionnoye agentstvo «RZHD partner» [Electronic resource]. – Access mode : https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/rzhd-obespokoilis-koeffitsientom-tekhnicheskoy-gotovnosti-lokomotiva-3te25k2m.
2. «Aeroflot» vpervyye otpravil samolet dlya remonta v Iran // RBK [Electronic resource]. – Access mode : https://www.rbc.ru/business/10/04/2023/6433e50f9a794734270374a3.
3. Trofimova, L.A. Metody prinyatiya upravlencheskikh resheniy – 1-ye izd. / L.A. Trofimova, V.V. Trofimov. – SPb : SPbGUEF, 2012. – 101 s.
4. Balashov, O.V. Podkhod k formirovaniyu nachal'nogo mnozhestva al'ternativ v sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy / O.V. Balashov, N.V. Kondratova // Informatika, matematicheskoye modelirovaniye, ekonomika : sbornik nauchnykh statey po itogam vtoroy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii : v 3 t., Smolensk, 20 aprelya 2012 goda. Tom 1. – Smolensk : AVTONOMNAYA NEKOMMERCHESKAYA OBRAZOVATEL'NAYA ORGANIZATSIYA VYSSHEGO OBRAZOVANIYA TSENTROSOYUZA ROSSIYSKOY FEDERATSII «ROSSIYSKIY UNIVERSITET KOOPERATSII» SMOLENSKIY FILIAL, 2012. – S. 188–193.

5. Nogin, V.D. Lineynaya svertka kriteriyev v mnogokriterial'noy optimizatsii / V.D. Nogin // Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy. – 2014. – № 4. – S. 73–82.

6. Dobrotulina, M.A. Zarubezhnyy opyt servisnogo obsluzhivaniya tyagovogo podvizhnogo sostava / M.A. Dobrotulina // Sovremennaya ekonomika: aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii : sbornik statey XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii : v 2 ch., Penza, 25 aprelya 2018 goda. Tom Chast' 2. – Penza : «Nauka i Prosveshcheniye» (IP Gulyayev G.YU.), 2018. – S. 203–206.

7. Osyayev, A.T. O sisteme obsluzhivaniya lokomotivov za rubezhom / A.T. Osyayev, V.A. Nikiforov // Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta. – 2012. – № 5. – S. 56–62.

8. Rachek, S.V. Zarubezhnyy opyt reformirovaniya zheleznykh dorog / S.V. Rachek // Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. – 2013. – № 6(50). – S. 62–66.

9. Brom, A.Ye. Sravnitel'nyy analiz strategiy ekspluatatsii i tekhnicheskogo obsluzhivaniya slozhnykh tekhnicheskikh sistem / A.Ye. Brom // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroyeniye. – 2009. – № 2. – S. 71.

10. Pyzh'yanov, N.I. Na puti k kachestvennomu servisnomu obsluzhivaniyu lokomotivnogo parka (otechestvennyy i zarubezhnyy opyt) / N.I. Pyzh'yanov // Internet-zhurnal «Naukovedeniye», 2016. – № 3.

11. Lyubchenko, A.A. Analiz protsessov tekhnicheskogo obsluzhivaniya elementov slozhnykh tekhnicheskikh sistem / A.A. Lyubchenko // Izvestiya Transsiba. – 2011. – № 1. – S. 88–93.

© А.А. Сараев, И.Д. Сидельников, А.Е. Бром, Л.Г. Амирханян, 2024

УДК 005.6

Т.А. БУРГАНОВА[1], Д.Р. ФАХРЕЕВА[2], Н.Н. ФАХРЕЕВ[1]
[1]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;
[2]ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

ФУНКЦИИ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ КАК ЭЛЕМЕНТ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ключевые слова: биометрический документ; качество управленческой деятельности; функции биометрического документа.

Аннотация. Цель данной статьи – проведение функционального анализа биометрических документов. Задачи данной статьи: исследование классификации документов; выявление функций, присущих биометрическим документам; определение влияния функций биометрических документов на качество управленческой деятельности. Гипотеза исследования заключается в том, что функции биометрического документа оказывают влияние на качество управленческой деятельности. Для проведения функционального анализа биометрических документов были использованы сравнительный анализ и метод контент-анализа. В результате данного исследования были выделены и разработаны функции биометрического документа. Был сделан вывод о том, что правильное использование функций биометрических документов позволит повысить качество управленческой деятельности.

Согласно национальному проекту «Цифровая экономика» (распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1 632-р) одним из приоритетных направлений развития в области информационной безопасности является обеспечение контроля применения и развития перспективных технологий идентификации участников информационного взаимодействия, включая технологии биометрической идентификации. Биометрическая идентификация – это способ идентификации человека с помощью биометрических данных. К биометрическим данным относятся отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза, динамика подписи и другие. Для проведения биометрической идентификации используется такой вид документа, как биометрический документ. Биометрический документ – это документ, содержащий биометрические данные и позволяющий проводить идентификацию человека. К биометрическим документам можно отнести: биометрический паспорт, дактилоскопическую карту, удостоверение личности моряка и другие. Биометрические документы, как и все другие документы, выполняют определенные функции. Однако в связи с тем, что данный вид документов содержит в себе биометрические данные и обладает определенной спецификой использования, возникает необходимость их функционального анализа. Поэтому цель данной работы – провести функциональный анализ биометрических документов. Для достижения цели необходимо решение следующих задач: 1) исследовать общие функции биометрического документа; 2) выявить специальные функции биометрического документа; 3) определить влияние функций биометрических документов на повышение качества управленческой деятельности.

Такими исследователями, как М.В. Ларин [1], Н.С. Ларьков [2], Е.А. Плешкевич [3], были выделены общие функции документа, которые присущи всем документам. Функции документа, зависящие от задач, решаемых в профессиональной деятельности, данные авторы называют специальными. Функции биометрических документов также можно разделить на общие и специальные.

М.В. Ларин к общим функциям документа относит: информационную, коммуникативную, культурную, социальную и коммуникативную функции. В качестве основной функции данный автор выделял информационную функцию документа. В документе фиксируется информа-

ция, которую можно использовать для принятия управленческих решений в качестве доказательства и в качестве материалов для справочно-поисковой работы. С информационной функцией тесно связана коммуникационная функция. Именно с помощью этой функции происходит передача информации, содержащейся в документе. То есть в этом случае документ является средством передачи информации. Социальная функция выполняется в результате фиксации и передачи социальной информации. В каждом документе запечатлены конкретные социальные условия, которые проявляются через внешние признаки (способы, средства документирования информации, форма документа и др.) и внутренние признаки – содержание документированной информации. Социальная функция пересекается с культурной функцией. Культурная функция заключается в том, что документ фиксирует и передает культурные традиции.

Н.С. Ларьков считает, что количество общих функций документа, присущих всем документам, невелико. К таким функциям он относит коммуникационную и регулятивные функции. Коммуникация позволяет организовать информационные связи в обществе. Документ в этом случае используется как инструмент коммуникации. Таким образом, выполняется коммуникационная функция. А упорядочивать и регулировать данные информационные связи позволяет регулятивная функция.

Е.А. Плешкевич исследует функции документа в качестве его внешних свойств. При этом все функции документа он разделяет на общие и системные. К общим функциям Е.А. Плешкевич относит коммуникативную, историческую, культурную. Первоочередной среди общих функций он считает коммуникативную функцию. В результате выполнения данной функции создается два вида документа: оперативный документ и диахронный документ-книга. Оперативный документ возникает в результате коммуникации, где основная цель – это передача константной информации. Диахронный документ-книга формируется при передаче структурной информации. В результате того, что в документе содержится информация, которая служит для изучения прошлого, может выполняться историческая функция. Наравне с исторической функцией Е.А. Плешкевич исследует культурную функцию. Культурная функция достигается в результате того, что информация, содержащаяся в документе, несет материальные и духовные ценности.

Основываясь на исследованиях вышеуказанных авторов, были выявлены общие функции, присущие биометрическим документам: информационная, коммуникационная, социальная и культурная.

Информационная функция документа заключается в том, что информацию, содержащуюся в документе, можно использовать в различных целях. Биометрические документы содержат в себе биометрическую информацию. Биометрическая информация – информация, необходимая для компонентов биометрической системы, отвечающих за извлечение свойств и формирование шаблонов для создания данных биометрической верификации или идентификации. Биометрическая информация, зафиксированная в биометрических документах, позволяет осуществлять идентификацию людей (при пересечении границ, при пересечении пропускных объектов), может служить в качестве доказательства (в судебных разбирательствах), может быть использована в справочно-информационных работах (для поиска людей).

Коммуникационная функция биометрического документа заключается в том, что с помощью данного вида документа происходит передача биометрической информации. Таким образом, осуществляется информационная связь, позволяющая обеспечивать паспортно-визовую деятельность (биометрический паспорт, удостоверение личности моряка, проездной документ беженца), деятельность следственных органов (дактилоскопическая карта), безопасность (карта болельщика, пропускная карта) и другие.

При выявлении социальной функции биометрического документа авторы опирались на исследования М.В. Ларина. Социальная функция формируется на основе внешних и внутренних признаков. Одним из внешних признаков является способ документирования информации. Способ документирования – это способ фиксации информации на материальном носителе. Одним из таких способов является биометрическое документирование информации. Это способ, при котором биометрическая информация (отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза, динамика подписи) фиксируется на материальном носителе. Данная информация фиксируется специальным образом (нанесение отпечатков пальцев, внесение данных в специализированный чип, кодирование информации).

В данном случае биометрическая информация является социальной и, соответственно, биометрические документы выполняют социальную функцию.

Биометрический документ также выполняет и культурную функцию. Данный документ сообщает нам о том, какие средства документирования биометрической информации использовались в определенный период времени. Например, по дактилоскопическим картам можно выявить, что отпечатки пальцев наносились с помощью специального порошка и кисточки. В биометрическом паспорте вся биометрическая информация вшита в чип. В удостоверении личности моряка отпечатки пальцев представлены в виде биометрического шаблона (штрих-код). Благодаря этому мы можем исследовать биометрический документ как культурный образец. Биометрические данные, содержащиеся в биометрическом документе, представляют определенную систему ценностей людей и их культуру.

Наряду с общими функциями биометрический документ выполняет специальные функции. К ним относятся: идентификационная, защитная, юридическая, историческая.

Идентификационная функция биометрического документа является одной из наиболее важных среди специальных функций. Данная функция позволяет обеспечить идентификацию человека на основе биометрических данных. Идентификация может быть осуществлена по отпечаткам пальцев, радужной оболочке глаза, динамике подписи и другим видам биометрических данных. Идентификация, проведенная с помощью биометрических документов, позволяет осуществлять различные виды деятельности (паспортно-визовую, пропускную и другие). Идентификационная функция выделена и описана впервые.

Защитная функция биометрического документа позволяет обеспечить защиту информации, находящейся в документе или в базах данных, доступ к которым осуществляется через биометрические данные. Защитная функция документа была исследована Н.С. Ларьковым. Однако не у всех других исследователей она находила понимание. Например, Е.А. Плешкевич указывал, что целью документирования не является засекречивание информации, и, соответственно, не понимал, в чем заключается смысл защитной функции. Биометрический документ с помощью идентификации человека позволяет обеспечить доступ к определенной информации, тем самым защищая данную информацию от несанкционированного доступа к ней. Например, пропускная карта с биометрическими данными позволяет обеспечить доступ к определенной информации в организации.

Юридическая функция документов была рассмотрена многими авторами. Данную функцию авторы также называют правовой. Е.А. Плешкевич правовую функцию разделяет на два вида. Первый вид функции заключается в фиксации правовых норм, а второй вид в качестве доказательства. Юридическая функция биометрического документа заключается в том, что данный документ может выступать в качестве доказательства. Например, дактилоскопическая карта доказывает, что отпечатки пальцев принадлежат определенному человеку.

Историческая функция биметрического документа заключается в том, что информация, зафиксированная в этих документах, может нести ретроспективный характер, т.е. быть исторически ценной. Историческую функцию, например, выполняет антропометрическая карта. Антропометрия – это описательная и сравнительная наука, предметом которой является описание характеристик человека По данному виду документов, создаваемых в конце XIX и начале XX веков, можно отследить преступления, совершенные в данные периоды времени. По антропометрическим данным, представленным в этих картах, можно составить портреты людей данного времени.

Таким образом, биометрические документы могут улучшить качество управленческой деятельности за счет повышения эффективности процессов идентификации, авторизации и контроля доступа. Они также могут повысить уровень безопасности, уменьшая вероятность несанкционированного доступа к конфиденциальной информации. Кроме того, биометрические технологии могут упростить процессы управления, сокращая время и усилия, необходимые для выполнения задач управленческой деятельности.

Список литературы

1. Ларин, М.В. Управление документацией в организациях / М.В. Ларин. – М. : Научная кни-

га, 2002. – 288 с.

2. Ларьков, Н.С. Функциональный анализ документа / Н.С. Ларьков // Документ: история, теория, практика: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2012. – С. 64–69.

3. Плешкевич, Е.А. Определение функций документа / Е.А. Плешкевич // Научно-технические библиотеки. – 2006. – № 6. – С. 46–57.

References

1. Larin, M.V. Upravleniye dokumentatsiyey v organizatsiyakh / M.V. Larin. – M. : Nauchnaya kniga, 2002. – 288 s.

2. Lar'kov, N.S. Funktsional'nyy analiz dokumenta / N.S. Lar'kov // Dokument: istoriya, teoriya, praktika: Materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 2012. – S. 64–69.

3. Pleshkevich, Ye.A. Opredeleniye funktsiy dokumenta / Ye.A. Pleshkevich // Nauchno-tekhnicheskiye biblioteki. – 2006. – № 6. – S. 46–57.

© Т.А. Бурганова, Д.Р. Фахреева, Н.Н. Фахреев, 2024

УДК 658.562

А.Д. ГЕОРГИЕВСКИЙ, Ю.Ю. ЧЕРЕМУХИНА
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», г. Москва

ФУНКЦИИ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В МЕНЕДЖМЕНТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Ключевые слова: маркетинг; ориентация на клиента; программное обеспечение; производство; руководство; управление; управление качеством.

Аннотация. Цель исследования – анализ основных функций и принципов управления качеством на этапах менеджмента информационной безопасности. Для достижения цели исследования изучены задачи по анализу работ, связанных с управлением качества, определены функциональные принципы. Выявлена проблематика, заключающаяся в том, что универсализм проявляется, между прочим, в несколько общем характере построения системы менеджмента качества и содержании его индивидуальных требований. Поэтому процессы внедрения должны учитывать специфику организации и сектора, в котором она работает, то есть необходимо использовать ситуационный подход, связанный со спецификой радиоэлектронного комплекса.

Методы исследования: анализ, сравнение, группировка, систематизация, обобщение, индукция и дедукция, прогнозирование. Результаты исследования: разработан комплекс мероприятий по повышению управления качеством на этапах менеджмента информационной безопасности.

Анализ основных функций и принципов управления качеством на этапах менеджмента информационной безопасности

Большинство стандартов, поддерживающих создание систем менеджмента качества, адресованы организациям, представляющим отдельные отрасли экономики или другие сферы деятельности. Однако самым популярным стандартом управления качеством на сегодняшний день является *ISO* 9001, который является универсальным. Он может быть использован любой организацией, которой удается определить внешнего клиента, независимо от того, какой сектор он представляет. Хотя стандарты семейства *ISO* 9000 не положили начало процессу стандартизации систем менеджмента, со временем они заняли ведущее место в этом процессе. Анализ данных стандартов и научной литературы позволил нам выделить принципы управления качеством и преимущества их применения (табл. 1).

Преимущества, указанные в табл. 1, потенциально распространяются на все организации, заинтересованные в использовании стандартов *ISO* 9000. В то же время стоит добавить, что руководство организаций выполняет различные функции при внедрении вышеуказанных стандартов. Их примеры приведены в табл. 2.

Дополнительным очень важным обоснованием внедрения систем менеджмента качества может быть их использование в процессах управления рисками. Классические пять этапов систем менеджмента качества, включая разработку политики, планирование, внедрение, мониторинг и обзор в значительной степени согласуются с «хронологией» процессов управления рисками. Системы управления качеством обогащают возможности управления рисками путем создания баз данных и полезных статистических данных, сосредоточения управления на ключевых процессах, а также управления организационными и культурными изменениями.

Помимо этого, нами были систематизированы возможные инструменты качества в организации радиоэлектронного комплекса. Они дополняются в общем управлении качеством организации смешанными и мягкими методами (табл. 3).

Таблица 1. Принципы управления качеством и преимущества их применения

Принцип управления	Основные преимущества	Детальная реализация
Ориентация на клиента	Увеличение дохода и доли рынка, быстро и гибко реагируя на возможности; повышение эффективности использования ресурсов для повышения удовлетворенности клиентов; повышение лояльности клиентов	Исследование и понимание потребностей и ожиданий клиентов; обеспечение того, чтобы цели организации коррелировали с потребностями и ожиданиями клиентов; информирование о требованиях клиентов внутри организации; измерение удовлетворенности клиентов и улучшение деятельности; систематическое управление взаимоотношениями с клиентами; обеспечение устойчивого подхода в удовлетворении требований клиентов и других заинтересованных сторон
Руководство	Мотивация людей через намерения и цели организации; организационная деятельность оценивается и направляется; упрощение внутренней коммуникации между иерархическими уровнями	Учет требований всех заинтересованных сторон в процессах управления; формирование четкого видения будущего организации; постановка задач с точки зрения целей и показателей; воспитание и поддержание организационных ценностей и моделей этического поведения; укрепление роли доверия и устранение страхов; обеспечение работников необходимыми ресурсами, обучением и свободой на рабочем месте; поощрение и мотивация человеческих заслуг
Вовлечение народа	Мотивация и вовлечение людей в организацию; инновации и креативность, сопровождающие создание целей акции; персонал, ответственный за достижение собственных целей; персонал, желающий участвовать в процессах непрерывного совершенствования	Осознание сотрудниками важности их вклада и роли в организации; выявление внутренних барьеров сотрудниками; принятие сотрудниками своей ответственности за проблемы с решениями; оценка людей путем выполнения задач и целей, адресованных им; активный поиск сотрудниками возможностей для повышения компетенций, знаний и опыта; готовность сотрудников делиться знаниями и опытом; открытость людей в обсуждении проблем и вопросов

Таблица 2. Примеры функций внедрения системы менеджмента качества для различных сфер деятельности предприятий радиоэлектронного комплекса, соответствующей стандарту *ISO* 9001

Организация	Основные предпосылки для внедрения системы
Производство	Демонстрация способности производить продукцию, отвечающую требованиям качества
Управление качеством	Повышение качества предоставляемых услуг
Управление	Намерение развивать организационную культуру, ориентированную на постоянное совершенствование и эффективный контроль производства
Ориентация на клиента	Выполнение формальных требований, установленных ключевыми клиентами
Маркетинг	Улучшение процессов управления взаимоотношениями с клиентами
Программное обеспечение	Совершенствование процедур разработки программного обеспечения и управления конфигурацией
Финансовый менеджмент	Формализация и совершенствование деятельности интернет-банкинга

Таблица 3. Классификация инструментов качества в организации

Жесткие методы	Смешанные методы	Мягкие методы
Стандарты системы качества (*ISO* 9000 и другие); статистические методы, используемые квалифицированным персоналом; управление на основе времени; управление на основе деятельности	Качественные методы; статистические методы, используемые в управлении процессами сотрудниками; групповые средства устранения неполадок	Участие сотрудников; образовательные программы по обучению персоналу и бенчмаркингу; организационные процессы обучения; награды за качество

Чрезвычайно интересное научное объяснение сущности современного менеджмента качества, в том числе систем менеджмента в данной сфере организационной деятельности, связано с объяснением концепции управления качеством с точки зрения парадигм наук об управлении. Основные выводы исследований представлены ниже:

– функция управления качеством имеет стратегическое значение в деятельности организации;

– основным атрибутом деятельности организации для качества должна быть комплексность;

– качество продукции и услуг также создается за пределами традиционно понимаемых границ организации, именно поэтому последовательность также присуща их поведению (это касается, например, сотрудничества с поставщиками).

Системы менеджмента качества должны полностью соответствовать вышеупомянутым постулатам. В то же время философия существования и применения этих систем сочетает в себе допущения, присущие ряду парадигм наук об управлении.

Проведенное исследование позволило нам сделать вывод о том, что процессы внедрения должны учитывать специфику организации и сектора, в котором она работает, то есть необходимо использовать ситуационный подход.

Список литературы

1. Шабанова, Д.Н. К вопросу о совершенствовании системы менеджмента качества предприятия при переходе к Индустрии 4.0 / Д.Н. Шабанова, М.Е. Баландов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2022. – № 3(207). – С. 52–56.

2. Ведмидь, П.А. Цифровизация процессов СМК и управление жизненным циклом изделия / П.А. Ведмидь // Методы менеджмента качества. – 2021. – № 5. – С. 44–49.

3. Шабанова, Д.Н. К вопросу об управлении рисками процессов СМК / Д.Н. Шабанова, Л.М. Малука // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 8(122). – С. 79–84.

4. Швайкин, Р.В. Внедрение информационных технологий для повышения эффективности управления интегрированной системы менеджмента / Р.В. Швайкин // Сфера. Нефть и Газ. – 2021. – № 3(82). – С. 96.

5. Георгиевский, А.Д. Искусственный интеллект в информационной безопасности / А.Д. Георгиевский, Ю.Ю. Черемухина // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 9(135). – С. 28–30.

References

1. Shabanova, D.N. K voprosu o sovershenstvovanii sistemy menedzhmenta kachestva predpriyatiya pri perekhode k Industrii 4.0 / D.N. Shabanova, M.Ye. Balandov // Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom. – 2022. – № 3(207). – S. 52–56.

2. Vedmid', P.A. Tsifrovizatsiya protsessov SMK i upravleniye zhiznennym tsiklom izdeliya / P.A. Vedmid' // Metody menedzhmenta kachestva. – 2021. – № 5. – S. 44–49.

3. Shabanova, D.N. K voprosu ob upravlenii riskami protsessov SMK / D.N. Shabanova,

L.M. Maluka // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2021. – № 8(122). – S. 79–84.

4. Shvaykin, R.V. Vnedreniye informatsionnykh tekhnologiy dlya povysheniya effektivnosti upravleniya integrirovannoy sistemy menedzhmenta / R.V. Shvaykin // Sfera. Neft' i Gaz. – 2021. – № 3(82). – S. 96.

5. Georgiyevskiy, A.D. Iskusstvennyy intellekt v informatsionnoy bezopasnosti / A.D. Georgiyevskiy, YU.YU. Cheremukhina // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2022. – № 9(135). – S. 28–30.

© А.Д. Георгиевский, Ю.Ю. Черемухина, 2024

УДК 65.011.56+658.5.012.2+519.685+658.524

П.С. ЗАЙЦЕВ
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург

МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА И ОБНОВЛЕНИЯ БД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОНИКИ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Ключевые слова: автоматизация; парсинг; технологическая подготовка; электронная компонентная база; *Python*.

Аннотация. Рассматриваются алгоритм и программная реализация автоматического поиска технологических параметров сети интернет при помощи парсинга мировых каталогов ЭКБ. Цель исследования – снижение времени и повышение качества анализа электронной компонентной базы изделия. Гипотеза исследования: применение автоматического поиска технологических параметров ЭКБ позволит снизить время анализа и повысить качество операции. Методы исследования: *DFM*-анализ, программирование на языке *Python*. Результаты исследования: снижение времени и повышение качества анализа ЭКБ проекта.

Введение

Ситуация на мировых рынках электронной компонентной базы (**ЭКБ**) постепенно налаживается после продолжительной аллокации. Однако на сегодняшний день сохраняются такие факторы, как спекулятивная цена на большую часть номенклатуры, а также длительные сроки поставки и производство ЭКБ. Другим важным фактором, требующим пересмотра применяемой в изделии ЭКБ, является необходимость импортозамещения в связи с возникающими трудностями с поставкой импортных комплектующих изделий. Поэтому производители электроники были вынуждены прибегнуть к пересмотру применяемых в изделиях компонентов как в процессе перспективных разработок, так и в момент комплектования изделия.

Стоит отметить, что в РФ преобладает схема производства изделий на контрактной основе, что приводит к тому, что в жизненном цикле (**ЖЦ**) электронного изделия зачастую участвуют несколько контрагентов, имеющих сегментированный доступ к информации о выпускаемой продукции.

Любое изделие электронной промышленности подразумевает под собой множество, имеющее разные взаимосвязи между собой. В ЖЦ изделия наиболее частые изменения претерпевает множество ЭКБ: изменение требований технического задания (**ТЗ**) в процессе конструкторских работ, актуализация доступной к закупке комплектации и т.д. Комплектование и поиск аналогов ЭКБ являются одним из самых трудоемких процессов, в котором все зависит исключительно от навыков специалистов. В ходе выполнения указанных действий высок риск возникновения несоответствия ввиду человеческого фактора из-за большого объема номенклатуры и выполнения операций вручную.

Для решения вышеуказанных проблем и повышения качества обработки информации в рамках динамично меняющейся обстановки с поставкой ЭКБ разработан алгоритм автоматического определения технологических параметров ЭКБ, который впоследствии реализован в виде программного обеспечения на языке *Python*.

Алгоритм поиска технологических параметров ЭКБ в сети интернет

Разработанный алгоритм в своей про-

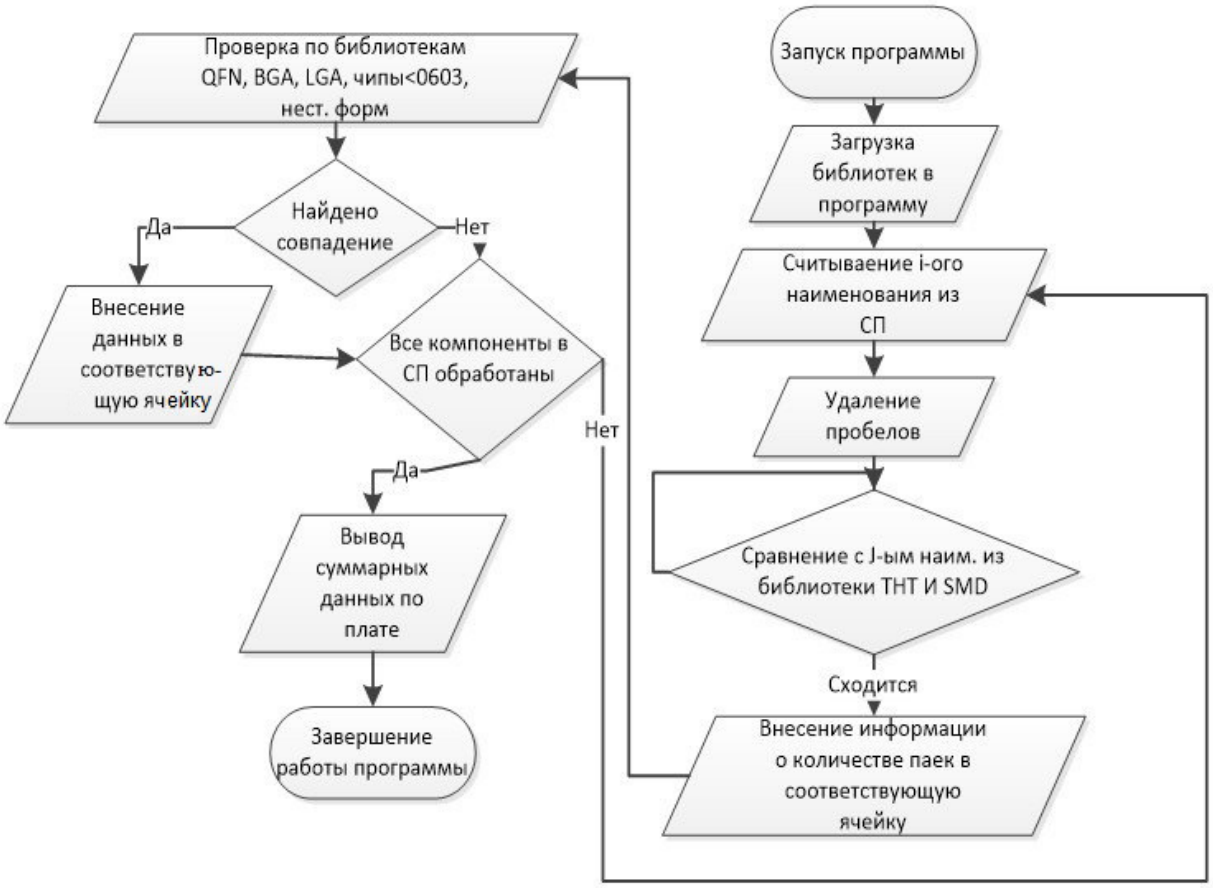

Рис. 1. Алгоритм подсчета параметров монтажа при помощи базы данных

граммной реализации осуществляет обработку информации в формате *.xlsx* при помощи библиотеки *openpyxl* [2]. Графический дизайн для конечного пользователя реализован при помощи библиотеки *tkinter* [3]. Программа позволяет анализировать каждый номинал в спецификации электронного изделия при помощи базы данных (**БД**) ЭКБ, что позволяет исключить рутинный подсчет параметров инженерами и оперативно получить необходимые данные.

1. Количество паяных соединений с разбивкой на *SMD* и *THT* монтаж.
2. Количество сложных корпусов (*BGA*, *LGA*, *QFN*) и количество их номиналов.
3. Количество компонентов миниатюрных типоразмеров пассивных компонентов (меньше 0603).
4. Количество нестандартных компонентов, которые влияют на технологический процесс, например, наличие переключателей.

Заполнив перечисленные данные, программа пересчитывает их и выводит сводную информацию по изделию. На основе полученной информации появляется возможность в минимальные сроки определить вид технологии монтажа радиоэлектронной аппаратуры (**РЭА**), определить ресурсы с учетом квалификации персонала, определить экономические показатели монтажных работ. Информация, предоставляемая программой, является точной, так как заполняется непосредственно по спецификации изделия, что является более предпочтительным вариантом расчета, нежели получение *report* данных из *CAD* программ.

При внедрении разработанного алгоритма время подсчета для материнских плат, которые являются многономенклатурными изделиями, сократилось с трех часов до 10–15 мин, в зависимости от количества компонентов, хранящихся в базе данных. Упрощенный алгоритм программы представлен на рис. 1.

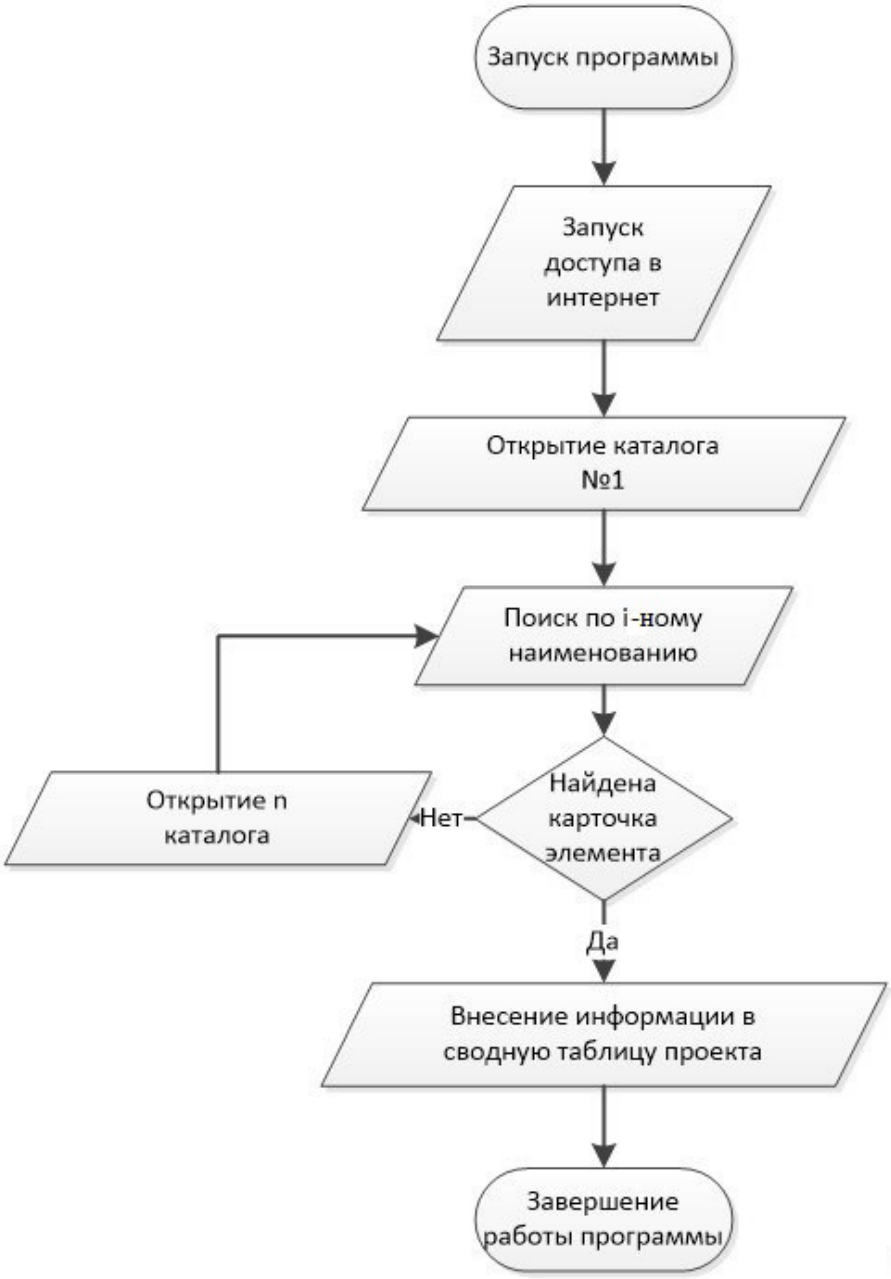

Рис. 2. Парсинг по каталогам мировых поставщиков комплектации

На текущий момент мировые библиотеки комплектующих изделий имеют большое количество наименований. В случае расчета параметров, похожих по применению изделий, разработанный алгоритм показывает хорошие результаты и способен определить 60–90 % комплектации. Однако в условиях контрактного среднесерийного и опытного производства номенклатура изделий сильно отличается друг от друга, что значительно снижает количество совпадений спецификации с базой данных.

Для повышения количества определяемых компонентов в алгоритме реализован парсинг каталогов мировых поставщиков комплектации посредством использования библиотеки *selenium* [4].

После сравнения с БД алгоритм прорабатывает неопределенные компоненты, запрашивая информацию на сайтах поставщиков комплектации и занося ее в специальные графы. После

Таблица 1. Детальная информация о проекте

Наименование	Количество	*THT*	*SMD*	*BGA*	*LGA*	*QFN*	Чип <0603
*MPL*3115*A*2	4		8		8		
*IIS*2*DHTR*	7		12		12		
*LSM*303*AGR*	6		12		12		
*LIS*2*DH*12*TR*	9		12		12		
*TLV*320*ADC*3101	3		25				
*BZX*55*C* 18*V*	1	2					
*BZX*55*C* 22*V*	1	2					
*ADS*8638*SRGE*	4		25				
SWT-4	1	4					
*MAXM*17546*ALY#*	2		29		29		

Таблица 2. Сводная информация о проекте

	THT	*SMD*	*BGA*	*LGA*	*QFN*	Чип <0603
Количество паек	8	529	0	354	0	0
Количество номиналов	3	7	0	5	0	0
Количество компонентов	3	35	0	28	0	0

получения необходимой информации алгоритм заносит параметры в БД. Упрощенный алгоритм поиска информации в сети интернет представлен на рис. 2.

Ниже приведен фрагмент кода на языке *Phyton*, отвечающий за поиск компонентов на сайте одного из мировых поставщиков ЭКБ:

```
parsValui = combo.get()
if parsValui == 'Да':
  driver=webdriver.Chrome(pathDrivChrome)
    i = 2
    namecomp = sheet['A2']
    while namecomp is not None :
      namecomp = sheet.cell(row=i, column=1).value
        THT_val = sheet.cell(row=i, column=6).value
        SMD_val = sheet.cell(row=i, column=7).value
        if namecomp is not None and THT_val is None and SMD_val is None:
            driver.get('Сайт поставщика ЭКБ')
            name_elem = driver.find_element_by_class_name("search-textbox")
            name_elem.click()
            name_elem.send_keys(namecomp)
              btn_elem = driver.find_element_by_class_name("search-button")
            btn_elem.click()
            requiredHtml = driver.page_source
              soup = BeautifulSoup(requiredHtml, 'html5lib')
                table = soup.find_all("td", class_="MuiTableCell-root")
            stroka = str('Package / Case')
            pars_i = 0
            while pars_i < len(table):
              if stroka == table[pars_i].text:
                pars_g = pars_i + 1
                sheet['E' + str(i)] = table[pars_g].text
                break
```

Таблица 3. Основные этапы анализа комплектации

Этап	Статистическая вероятность возникновения несоответствия
Унификация наименований	0,005
Занесение информации о новом компоненте в базу данных	0,01
Поиск информации в сети интернет	0,05
Проверка суммарных данных при помощи *report* данных из *CAD*/*CAM* систем	0,03

```
        else:
            pars_i += 1
    i += 1.
```

По результатам работы программа выводит детальную (табл. 1) и сводную (табл. 2) информацию о проекте.

Математическая модель

В работе [5] представлена рекуррентная формула оценки вероятности появления несоответствия на каждом этапе производства электронной продукции:

$$P_n = p_n(1 - p_{n-1} + p_{n-2}p_{n-1} - p_{n-3}\,p_{n-2}\,p_{n-1} + p_{n-4}p_{n-3}p_{n-2}p_{n-1} - p_{n-5}p_{n-4}p_{n-3}p_{n-2}p_{n-1} + p_{n-6}p_{n-5}p_{n-4}p_{n-3}p_{n-2}p_{n-1} - \ldots + p_{n-(n-1)}\cdots p_{n-1}),\ n = 2k+1. \quad (1)$$

В настоящей статье данная модель применена для этапов анализа комплектации. В табл. 3 приведены основные этапы анализа и вероятности возникновения несоответствий на них.

Согласно полученной статистике возникновения несоответствий можно рассчитать вероятность появления ошибок по формуле (1) для каждого из четырех этапов:

$$P4 = 0{,}03(1 - 0{,}05 + 0{,}01 * 0{,}05 - 0{,}005 * 0{,}01 * 0{,}05) = 0{,}0285;$$
$$P3 = 0{,}05(1 - 0{,}01 + 0{,}005 * 0{,}01) = 0{,}0495;$$
$$P2 = 0{,}01(1 - 0{,}05) = 0{,}0095;$$
$$P1 = 0{,}005.$$

Итоговая вероятность возникновения несоответствий, полученная путем использования алгоритма автоматического определения количественных показателей проекта, составляет 2,85 %, что является допустимым значением при анализе монтажа среднесерийного производства.

Выводы

На сегодняшний день сохраняется нестабильность на рынке ЭКБ, которая приводит к необходимости регулярно изменять номенклатуру изделий, подбирая доступную в текущий момент комплектацию. Ввиду преобладающей на рынке РФ структуры производства с участием большого количества контрагентов, а также необходимости снижения доли импортных комплектующих возникает необходимость в ускорении процессов анализа технологических параметров изделий и повышения качества обработки информации. Разработанный алгоритм позволяет устранить влияние человеческого фактора, снизить время анализа изделий и вероятность появления несоответствий, а также освободить кадровый ресурс для решения других задач. Оценка качества предложенного алгоритма определила, что процент вероятности возникновения ошибки находится в допустимых пределах для среднесерийного производства электроники.

Резюме

Предложенный алгоритм доказал свое преимущество в сравнении с ручным подсчетом параметров, снижая нагрузку на инженерный отдел и повышая качество анализа изделия ввиду снижения влияния человеческого фактора. Дальнейшим развитием предложенного подхода является создание сквозного инструментария

анализа и корректировки проектов электронных изделий в рамках участия большого количества контрагентов при производстве электронных изделий.

Список литературы

1. Черный Вадим «Засуха в Эдеме» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://russianelectronics.ru/drought.
2. Учебное пособие по openpyxl [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/tutorial.html.
3. Справочник Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://docs.python.org/3/library/tkinter.html.
4. Документация selenium [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.selenium.dev/documentation.
5. Коршунов, Г.И. Статистический контроль качества электронных изделий в цифровых производственных линиях с оптическими инспекциями / Г.И. Коршунов // Контроль качества продукции. – 2024. – № 1.

References

1. Chernyy Vadim «Zasukha v Edeme» [Electronic resource]. – Access mode : https://russianelectronics.ru/drought.
2. Uchebnoye posobiye po openpyxl [Electronic resource]. – Access mode : https://openpyxl.readthedocs.io/en/stable/tutorial.html.
3. 3.Spravochnik Python [Electronic resource]. – Access mode : https://docs.python.org/3/library/tkinter.html.
4. 4.Dokumentatsiya selenium [Electronic resource]. – Access mode : https://www.selenium.dev/documentation.
5. Korshunov, G.I. Statisticheskiy kontrol' kachestva elektronnykh izdeliy v tsifrovykh proizvodstvennykh liniyakh s opticheskimi inspektsiyami / G.I. Korshunov // Kontrol' kachestva produktsii. – 2024. – № 1.

© П.С. Зайцев, 2024

УДК 005

А.В. ОСКОЛЬЧЕНКО[1], А.Н. КУЗЯШЕВ[1], Ю.Я. РАХМАТУЛЛИН[2]
[1]АНО ВО «Российский новый университет»;
[2]НОЧУ ВО «Московский финансово-промышленный университет «Синергия», г. Москва;

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ФИНАНСИРОВАНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Ключевые слова: аренда; информационные технологии; муниципальная собственность; муниципальное образование; финансирование; эффективность.

Аннотация. Цель и задачи исследования заключаются в сравнении современных тенденций эффективного использования и финансирования, а также разработке направлений совершенствования системы управления муниципальной собственности. Получены следующие результаты: исследованы правовые и экономические основы управления и распоряжения муниципальной собственностью; выявлены тенденции эффективного использования и финансирования муниципальной собственности; изучен состав и особенности управления муниципальным имуществом. Методологической основой исследования являются общенаучные методы научного исследования.

В научной литературе при рассмотрении современных тенденций эффективного использования и финансирования муниципальной собственности определяются основные направления, обеспечивающие эффективность. К ним относят: разработка и внесение изменений в действующие программы социально-экономического улучшения муниципальных образований; реализация мер, обеспечивающих улучшение инвестиционного климата на территории муниципальных образований; сокращение расходов, направляемых на содержание муниципального имущества при обеспечении сохранения прежнего уровня его стоимости; реализация мероприятий, связанных с ведением реестра объектов муниципального имущества; разработка и реализация новых форм государственно-частного партнерства и др.

По данным Минфина России в бюджетах городских округов аккумулируется 64,6 % (568,1 млрд рублей) налоговых доходов, в бюджетах муниципальных районов – 26,3 % (209,6 млрд рублей) и лишь 9,1 % (70,0 млрд рублей) – в бюджетах поселений. Получается, что наибольшая доля налоговых доходов концентрируется в настоящее время в бюджетах крупных промышленно развитых муниципальных образований.

Одним из главных источников финансирования является местный бюджет. В частности, к местным налогам и сборам относятся: земельный налог; налог на имущество физических лиц; налог на рекламу; налог на наследование или дарение; местные лицензионные сборы. К собственным налоговым доходам местных бюджетов относятся также доли федеральных и региональных налогов, распределенные между бюджетами разных уровней и закрепленные за муниципальными образованиями на постоянной основе: часть налога с доходов физических лиц (в пределах не менее 50 % в среднем по субъекту РФ); часть налога на совокупный доход; часть акцизов на спирт, водку и ликероводочные изделия (в пределах не менее 5 % в среднем по субъекту РФ); часть акцизов на остальные виды подакцизных товаров (в пределах не менее 10 % в среднем по субъекту РФ).

На территории значительной части муниципальных образований сохраняется проблема, связанная с наличием большого числа недвижимого имущества, у которого не определены собственники. Так, достаточно большое число социальных и производственных объектов являются брошенными, что требует реализации мер, связанных с признанием их бесхозяйными и переводом в собственность муниципальных образований. В этом контексте значительную актуальность имеют проработка и регламен-

тация деятельности органов муниципального управления, связанных с выявлением объектов бесхозяйного имущества [1].

Большое внимание должно уделяться вопросам проведения проверок в отношении того, используется ли муниципальное имущество по назначению. В том случае, если объекты муниципальной собственности используются не по назначению, они должны быть изъяты и вовлечены в хозяйственный оборот в целях обеспечения их эффективного использования [2].

К числу современных тенденций эффективного использования и финансирования муниципальной собственности необходимо отнести то обстоятельство, что проведение различных мероприятий по управлению и финансированию муниципального имущества невозможно без применения современных информационных технологий. По мнению А.В. Антоненковой и А.А. Неделькина, важность применения информационных технологий обуславливается тем обстоятельством, что современные механизмы управления, в том числе и муниципальной собственностью, учетно-аналитические и управленческие процедуры глубоко связаны между собой [3].

В современных условиях значимым инструментом, способствующим эффективному управлению и финансированию муниципальной собственности, выступают интернет-сайты органов местного самоуправления, муниципальных учреждений и предприятий [1].

В научной литературе при рассмотрении современных тенденций эффективного использования и финансирования муниципальной собственности в муниципальном образовании указывается на значимость разработки и внедрения в муниципальных образованиях специальных нормативных актов, регламентирующих вопросы ведения реестров муниципальной собственности, учета объектов муниципальной собственности. Внедрение таких документов обеспечивает систематизацию отдельных вопросов управления и распоряжения объектами муниципальной собственности [5; 7].

К числу современных тенденций обеспечения эффективного использования и финансирования муниципальной собственности необходимо отнести повышение внимания к квалификации сотрудников органов местного самоуправления, задействованных в системе управления муниципальной собственностью. Данная тенденция обусловлена сохранением актуальности проблем, связанных с недостаточной квалификацией проблем, которые возникают из-за недостаточного уровня квалификации муниципальных служащих.

Следует отметить, что значимым направлением общей системы муниципального управления выступает управление муниципальной собственностью, важность которого обуславливается тем обстоятельством, что от эффективного управления муниципальной собственностью в муниципальных учреждениях в значительной степени зависят объемы поступающих доходов в местные бюджеты.

В результате анализа достоинств и недостатков, а также основных отличительных характеристик способов управления муниципальной собственностью было выяснено, что продажа муниципальной собственности выступает одним из наиболее часто применяющихся на практике способов управления муниципальной собственностью. Данный способ управления предполагает, что органы местного самоуправления осуществляют деятельность, связанную с передачей прав владения, пользования и распоряжения в пользу нового приобретателя собственности. К числу достоинств применения данного способа управления муниципальной собственностью можно отнести то, что он позволяет обеспечить достаточно быстрое поступление больших объемов финансовых средств в местный бюджет. К недостаткам рассматриваемого способа управления муниципальной собственностью можно отнести то, что поступление больших объемов финансовых средств при его применении носит единовременный характер.

Также к числу наиболее распространенных способов управления муниципальной собственностью относится передача собственности в аренду. В рамках данного способа управления у органов местного самоуправления сохраняются права распоряжения и владения над передаваемым в аренду имуществом. Передача муниципального имущества в аренду позволяет обеспечить стабильное и устойчивое поступление финансовых средств в бюджет муниципального образования.

При реализации собственности через механизмы малого предпринимательства происходит более размытое отчуждение работника от средств производства, что позволяет оптимально разрешать имеющееся противоречие между трудом и капиталом. В современном мире зна-

чительная доля предприятий малого бизнеса основывается на различных модификациях индивидуальной частной собственности [6].

Показатели социальной эффективности имеют огромное значение для проведения оценки эффективности деятельности органов местного самоуправления. Это обусловлено тем обстоятельством, что достижение высоких показателей социальной эффективности соответствует интересам населения, проживающего на территории муниципального образования.

На основе анализа существующих проблем управления муниципальной собственностью следует предложить органам местного самоуправления несколько направлений совершенствования системы управления муниципальным имуществом, связанных с внедрением новых информационных технологий и цифровизацией сферы жилищно-коммунального хозяйства (**ЖКХ**). Как известно, во многих предприятиях сферы ЖКХ отсутствует единая информационная система управления имуществом, позволяющая осуществлять управление отдельными объектами муниципальной собственности в режиме «одного окна», обеспечивать эффективное взаимодействие субъектов, осуществляющих управление муниципальным имуществом. В результате этого могут возникать проблемы взаимодействия между структурными подразделениями, осуществляющими управление имуществом, происходить дублирование действий. Для решения данной проблемы может быть применено типовое программное обеспечение со стандартным набором функций, обеспечивающее сведение всех процессов управления имуществом в учреждении в режиме «одного окна». Такие программные продукты не могут быть применены с одинаковой степенью эффективности одновременно ко всем процессам, реализуемым в учреждении, однако в отношении одного направления они могут иметь достаточную степень эффективности.

Представляется, что формирование системы управления муниципальным имуществом в муниципальных учреждениях возможно с помощью применения единой *BPM*-системы. *BPM*-система позволит обеспечить эффективное взаимодействие всех субъектов, задействованных в процессах управления и распоряжения муниципальным имуществом. Внедрение *BPM*-системы позволит взаимодействовать данным субъектам в «едином окне», осуществлять сквозную аналитику, эффективно использовать ресурсы.

В настоящее время в деятельности муниципальных учреждений и предприятий достаточно успешно показывает себя на практике информационная система «БАРС. Муниципалитет – Управление имуществом». Указанная автоматизированная информационная система предоставляет функционал, позволяющий органам местного самоуправления проводить не только учетную деятельность, но и деятельность, связанную с оценкой недвижимого имущества, а также инвентаризацию его объектов.

Список литературы

1. Ерофеев, И.С. Проблемы эффективного управления муниципальной собственностью / И.С. Ерофеев // Отечественная юриспруденция. – 2018. – № 7(32). – С. 43.
2. Новикова, И.И. К вопросу о повышении эффективности механизмов регионального развития в Краснодарском крае / И.И. Новикова, Л.В. Коваленко // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 5(118). – С. 339.
3. Ибрагимов, Л.Г. Система показателей оценки эффективности управления муниципальной недвижимостью / Л.Г. Ибрагимов // Ученые записки Казанского филиала «Российского государственного университета правосудия». – 2020. – № 16. – С. 278.
4. Нови, И.Н. Разработка web-сайта Комитета по управлению имуществом как инструмент совершенствования процессов управления муниципальным имуществом / И.Н. Нови, Е.С. Демичева // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2020. – № 2. – С. 28.
5. Белая, А.С. Направления повышения эффективности управления муниципальной собственностью / А.С. Белая, М.Н. Кох // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты, 2020. – С. 59.
6. Кузяшев, А.Н. Закономерности многообразия форм собственности в экономике / А.Н. Кузяшев, И.Р. Топунова // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Т. 6. – № 4(21). – С. 146–149.

7. Баянова, Л.Н. Оценка инвестиционной привлекательности Республики Башкортостан / Л.Н. Баянова, Ю.Р. Лутфуллин, Ю.Я. Рахматуллин // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 4(106). – С. 104–106.

References

1. Yerofeyev, I.S. Problemy effektivnogo upravleniya munitsipal'noy sobstvennost'yu / I.S. Yerofeyev // Otechestvennaya yurisprudentsiya. – 2018. – № 7(32). – S. 43.
2. Novikova, I.I. K voprosu o povyshenii effektivnosti mekhanizmov regional'nogo razvitiya v Krasnodarskom kraye / I.I. Novikova, L.V. Kovalenko // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2020. – № 5(118). – S. 339.
3. Ibragimov, L.G. Sistema pokazateley otsenki effektivnosti upravleniya munitsipal'noy nedvizhimost'yu / L.G. Ibragimov // Uchenyye zapiski Kazanskogo filiala «Rossiyskogo gosudarstvennogo universiteta pravosudiya». – 2020. – № 16. – S. 278.
4. Novi, I.N. Razrabotka web-sayta Komiteta po upravleniyu imushchestvom kak instrument sovershenstvovaniya protsessov upravleniya munitsipal'nym imushchestvom / I.N. Novi, Ye.S. Demicheva // Vestnik Taganrogskogo instituta upravleniya i ekonomiki. – 2020. – № 2. – S. 28.
5. Belaya, A.S. Napravleniya povysheniya effektivnosti upravleniya munitsipal'noy sobstvennost'yu / A.S. Belaya, M.N. Kokh // Trendy razvitiya sovremennogo obshchestva: upravlencheskiye, pravovyye, ekonomicheskiye i sotsial'nyye aspekty, 2020. – S. 59.
6. Kuzyashev, A.N. Zakonomernosti mnogoobraziya form sobstvennosti v ekonomike / A.N. Kuzyashev, I.R. Topunova // Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravleniye. – 2017. – T. 6. – № 4(21). – S. 146–149.
7. Bayanova, L.N. Otsenka investitsionnoy privlekatel'nosti Respubliki Bashkortostan / L.N. Bayanova, YU.R. Lutfullin, YU.YA. Rakhmatullin // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2020. – № 4(106). – S. 104–106.

© А.В. Оскольченко, А.Н. Кузяшев, Ю.Я. Рахматуллин, 2024

УДК 332.146.2

О.Е. ПИРОГОВА[1], М.С. ПИРОГОВ[2], Ю.А. ХОЗЯЙНОВА[1]
[1]ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;
[2]ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова», г. Санкт-Петербург

ВЫЯВЛЕНИЕ И МИНИМИЗАЦИЯ РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ СФЕРЫ УСЛУГ (НА ПРИМЕРЕ ИНДУСТРИИ ГОСТЕПРИИМСТВА)

Ключевые слова: гостиница; гостиничный бизнес; минимизация; риски; услуги; факторы.

Аннотация. Гостиничный бизнес играет важную роль в обеспечении развития туризма, а также в повышении занятости. Одной из наиболее популярных категорий гостиниц являются трехзвездочные гостиницы, которые оптимальны для большинства путешественников, обладая необходимым набором услуг для удовлетворения потребностей всех гостей. Вместе с тем следует учитывать внутренние и внешние риски в деятельности гостиниц и предпринимать меры для их минимизации. Цель исследования – выявить и идентифицировать риски трехзвездочных гостиниц Санкт-Петербурга с целью их минимизации. Методы исследования: анализ, описание, классификация. В результате исследования был сделан вывод о том, что трехзвездочным гостиницам всегда следует учитывать, выявлять риски и разрабатывать меры для минимизации факторов риска, чтобы иметь место на рынке индустрии гостеприимства.

На сегодняшний день невозможно сферу туризма представить без гостиничного бизнеса. Гостиничный бизнес – это одна из самых динамично развивающихся отраслей в экономике, предоставляющая услуги по временному проживанию и бытовому обслуживанию клиентов в гостиницах.

Гостиницы – это предприятия, предоставляющие услуги размещения, услуги питания, имеющие службу приема, а также оборудование для предоставления дополнительных гостиничных услуг [1]. Это коллективное средство размещения, состоящее из определенного количества номеров, имеющее единое руководство, предоставляющее набор услуг по размещению, питанию, уборке помещений и т.д. [2]. С другой стороны, гостиница – это имущественный комплекс, включающий в себя здание или часть здания, помещения и иное имущество, в которых предоставляются услуги размещения и, как правило, услуги питания, имеющие службу приема, а также оборудование для оказания дополнительных услуг [3; 4].

Все виды гостиниц классифицируются по системе звезд: «5 звезд», «4 звезды», «3 звезды», «2 звезды», «1 звезда», «без звезд». Высшей категорией являются гостиницы «5 звезд», низшей категорией являются гостиницы «без звезд». Распределение гостиниц в Санкт-Петербурге по категориям представлено на рис. 1.

В структуре предложений наибольшая доля среди гостиничных предприятий приходится на трехзвездочные гостиницы, в совокупности они занимают 15 % рынка. В любом крупном городе множество трехзвездочных гостиниц, предоставляющих широкий спектр разнообразных услуг и, самое главное, предоставляющих комфортное размещение для гостей по доступным ценам.

По данным рынка гостиничной недвижимости Санкт-Петербурга лидерами по количеству качественного номерного фонда в 2022 г. являются Центральный (30 %), Адмиралтейский (21 %) и Московский районы (12 %).

Гостиницы имеют отличный сервис, обученный персонал, а также включают в свою работу различные услуги и удобства. Трехзвездочные гостиницы, как и гостиницы других категорий, предоставляют своим гостям основные

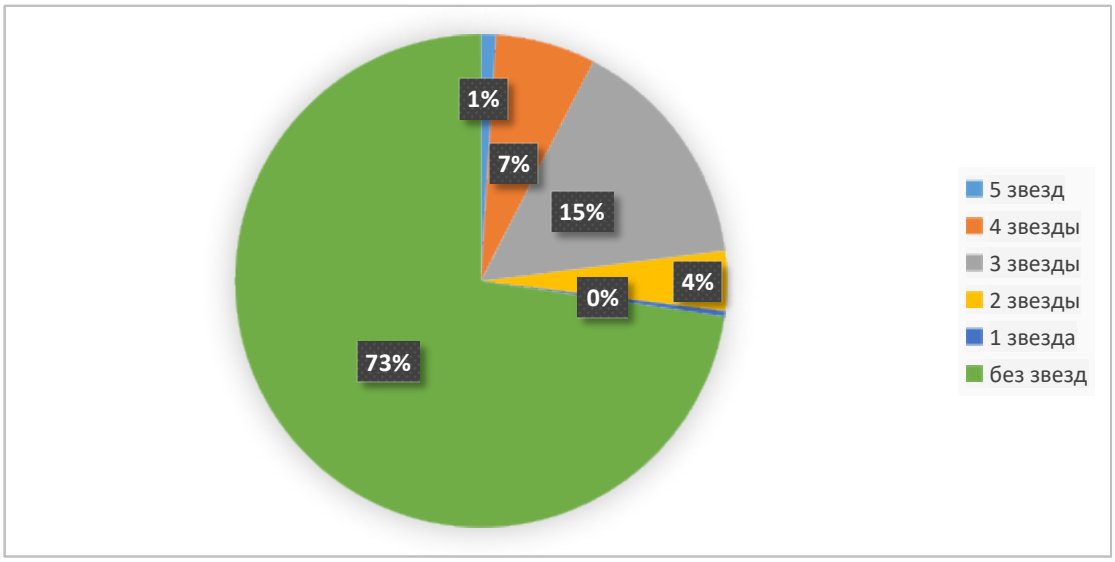

Рис. 1. Структура гостиничных предприятий г. Санкт-Петербург [5]

Таблица 1. Основные и дополнительные услуги трехзвездочных гостиниц

Основные	Дополнительные
Проживание (размещение)	Бассейн, фитнес-зал, СПА
Питание	Бизнес-центр, переговорные комнаты
	Услуги прачечной, химчистки
	Парковка, заказ такси
	Предоставление экскурсионных услуг и т.д.

и дополнительные услуги (табл. 1).

Конкуренция гостиниц – это процесс, когда гостиницы (отели) соревнуются друг с другом, чтобы привлечь большее количество клиентов и увеличить свою долю на рынке. Для трехзвездочных гостиниц существует множество факторов, которые могут влиять на конкуренцию. Факторы, оказывающие влияние на развитие конкуренции, представлены в табл. 2.

Гостиницы должны учитывать данные факторы, так как такой риск, как конкуренция, есть всегда на протяжении всей деятельности, поэтому необходимо разрабатывать стратегии, чтобы удерживать, привлекать клиентов и оставаться конкурентоспособными на гостиничном рынке.

Существует огромное количество факторов рисков, которые влияют на деятельность трехзвездочных гостиниц, в первую очередь эти риски связаны с внешней средой. В современном мире очень важно проводить анализ внешней среды, потому что это факторы и условия, на которые гостиницы не могут оказывать непосредственное влияние, но могут их учитывать и в случае возникновения того или иного фактора риска иметь представления о том, какие возможности можно извлечь и какие опасности могут возникнуть для гостиниц [6]. Для выявления рисков, связанных с внешней средой, используем модель Исикавы (рис. 2).

В ходе данного метода выявили группу факторов риска. Опасности и возможности, которые формируют риски для трехзвездочных гостиниц Санкт-Петербурга, представлены в табл. 3.

Для трехзвездочных гостиниц Санкт-Петербурга выявлены следующие группы фак-

Таблица 2. Факторы, которые влияют на конкуренцию, и их характеристика

Факторы	Характеристика
Местоположение	Местоположение гостиницы является одним из ключевых факторов, которые влияют на конкуренцию. Высокую конкуренцию имеют гостиницы, расположенные в центре города и вблизи достопримечательностей, а также те гостиницы, у которых удобная транспортная развязка
Качество обслуживания (сервиса)	Также конкурентоспособным фактором является сервис. Гостиницы, которые демонстрируют высокий уровень сервиса, удовлетворяют потребности гостей, могут привлечь намного больше клиентов, чем конкуренты
Ценовая политика	Предложение более выгодных цен для гостиниц будет являться преимуществом в конкурентной борьбе, так как это привлечет большее число гостей. Но цена должна быть сбалансирована с качеством предоставляемых услуг гостиницей, чтобы не создавалось впечатление о низком качестве предоставления услуг
Уровень комфорта и удобства	Предложение гостиницами комфортных, уютных, современных, дизайнерских номеров, хорошо оборудованные доп. услуги (конференц-залы, фитнес, СПА и т.д.) также ведут к привлечению большого числа гостей
Реклама/продвижение	Гостиницы, которые успешно внедряют такие маркетинговые инструменты, как реклама, система скидок и акций, продвижение через различные соц. сети, имеют огромное преимущество перед конкурентами

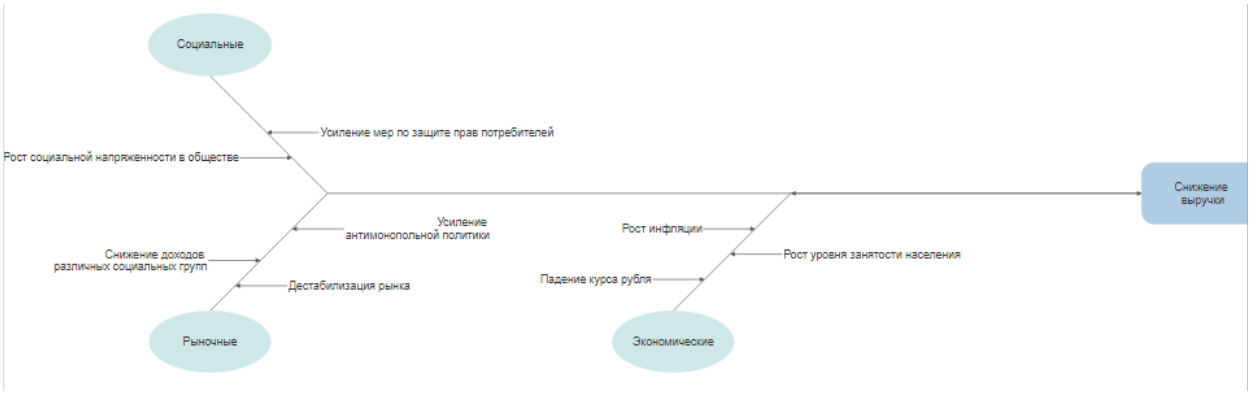

Рис. 2. Риски индустрии гостеприимства, выявленные с помощью модели Исикавы

торов риска: экономические (рост инфляции, рост уровня занятости населения, падение курса рубля), рыночные (усиление антимонопольной политики, снижение доходов различных социальных групп, дестабилизация рынка), социальные (усиление мер по защите прав потребителей, рост социальной напряженности в обществе). Данные группы факторов стоит обязательно учитывать, чтобы в случае возникновения риска знать, как действовать, какие возможности для гостиницы могут быть и какие опасности повлекут за собой эти факторы риска.

Таким образом, выявлены риски для трех-

Таблица 3. Факторы риска, опасности и возможности для трехзвездочных гостиниц Санкт-Петербурга

Группа факторов	Фактор	Опасности	Возможности
Экономические	Рост инфляции	Уменьшение спроса на гостиничные услуги; потеря конкурентоспобности	Снижение числа конкурентов
	Рост уровня занятости населения	Из-за чрезмерной занятости населения может упасть спрос на гостиничные услуги (нехватка времени)	Увеличение объема продаж, тем самым следует увеличение выручки
	Падение курса рубля	Снижение реальных доходов населения, снижение уровня жизни населения приведут к снижению спроса на гостиничные услуги, тем самым – к снижению объема продаж	–
Рыночные	Усиление антимонопольной политики	Ограничение ценообразования в гостинице (ограничение наценок в период наибольшего спроса (мероприятия, форум и т.д.)	Наибольший спрос на гостиничные услуги, так как не будет существенных повышений цен
	Снижение доходов различных социальных групп	Снижение доходов будет способствовать сокращению спроса	Предложение выгодных акций и спецпредложений
	Дестабилизация рынка	Снижение инвестиционной привлекательности гостиницы, увеличение процентной ставки по кредиту	
Социальные	Усиление мер по защите прав потребителей	Ответственность гостиницы за нарушение условий обслуживания и предоставления гостиничных услуг, рост требований к качеству предоставляемых услуг	Повышение лояльности гостей, рост качества обслуживания и предоставления гостиничных услуг
	Рост социальной напряженности в обществе	Снижение спроса на гостиничные услуги	–

звездочных гостиниц г. Санкт-Петербург. Для снижения негативного влияния данных факторов, чтобы оставаться конкурентоспособными, трехзвездочным гостиницам необходимо:

– четко определить свою целевую аудиторию и вести целенаправленную работу по удовлетворению их потребностей;

– использовать маркетинговые стратегии – активно продвигать свое гостиничное предприятие (реклама, продвижение сайта, социальных сетей и мессенджеров, проведение различных акций, предоставление спецпредложений, пакетов услуг);

– предоставлять широкий сбалансированный ассортимент гостиничных услуг и, самое главное, делать это качественно (гостей всегда привлекает не только разнообразие услуг, но и качество их предоставления).

Проведя анализ и получив данные о представляющих опасность или открывающих новые возможности факторах, руководству стоит оценить, обладает ли гостиница внутренними ресурсами, чтобы воспользоваться возможностями, и какие внутренние слабости могут осложнить будущее состояние. Значительное влияние на трехзвездочные гостиницы оказывает такой фактор риска, как конкуренция. Это тот фактор, который присутствует всегда, его следует учитывать, чтобы оставаться конкурентоспособными на рынке. И также выявили факторы риска внешней среды: экономические (рост инфляции, рост уровня занятости населения, падение курса рубля), рыночные (усиление антимонопольной политики, снижение доходов

различных социальных групп, дестабилизация рынка) и социальные (усиление мер по защите прав потребителей, рост социальной напряженности в обществе).

Список литературы

1. Гостиничная недвижимость Санкт-Петербург [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://cre.ru/content/upload/marker/report/16596887670017.pdf.
2. Пирогова, О.Е. Исследование направлений совершенствования деятельности предприятия гостиничного бизнеса / О.Е. Пирогова, А.Н. Рудакова // Наука и бизнес: пути развития. – 2018. – № 3(81). – С. 47–52.
3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://rosstat.gov.ru/storage/ mediabank/Opred_KSR(1).pdf.
4. Тамбовцев, В.Л. Стратегическая теория фирмы: состояние и возможное развитие / В.Л. Тамбовцев // Российский журнал менеджмента. – 2010. – Т. 8. – № 1. – С. 40.
5. Швец, И.Ю. Глобальное и локальное влияние Covid-19 на сферу туризма / И.Ю. Швец // Экономический вестник ИПУ РАН. – 2021. – Т. 2. – № 2. – С. 17–25.
6. Пирогова, О.Е. Веб-доступность в туристическом секторе: анализ туристического портала Санкт-Петербурга / О.Е. Пирогова, А.В. Мустафина // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 3(129). – С. 168–171.

References

1. Gostinichnaya nedvizhimost' Sankt-Peterburg [Electronic resource]. – Access mode : https://cre.ru/content/upload/marker/report/16596887670017.pdf.
2. Pirogova, O.Ye. Issledovaniye napravleniy sovershenstvovaniya deyatel'nosti predpriyatiya gostinichnogo biznesa / O.Ye. Pirogova, A.N. Rudakova // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2018. – № 3(81). – S. 47–52.
3. Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki [Electronic resource]. – Access mode : https://rosstat.gov.ru/storage/ mediabank/Opred_KSR(1).pdf.
4. Tambovtsev, V.L. Strategicheskaya teoriya firmy: sostoyaniye i vozmozhnoye razvitiye / V.L. Tambovtsev // Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta. – 2010. – T. 8. – № 1. – S. 40.
5. Shvets, I.YU. Global'noye i lokal'noye vliyaniye Covid-19 na sferu turizma / I.YU. Shvets // Ekonomicheskiy vestnik IPU RAN. – 2021. – T. 2. – № 2. – S. 17–25.
6. Pirogova, O.Ye. Veb-dostupnost' v turisticheskom sektore: analiz turisticheskogo portala Sankt-Peterburga / O.Ye. Pirogova, A.V. Mustafina // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2022. – № 3(129). – S. 168–171.

© О.Е. Пирогова, М.С. Пирогов, Ю.А. Хозяйнова, 2024

УДК 341: 629.1

Н.Г. ТЯН
ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск

АНАЛИЗ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СПЕЦТЕХНИКИ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ

Ключевые слова: возможности; предприятие; санкционная политика; угрозы; экономические санкции; *SWOT*-анализ.

Аннотация. Целью исследования являются выявление и соотношение между собой ограничений и возможностей, сильных и слабых сторон предприятий по обслуживанию и ремонту спецтехники в Хабаровском крае в условиях экономических санкций. Основной возможностью в матрице *SWOT*-анализа для предприятий по ремонту и техническому обслуживанию спецтехники Хабаровского края является санкционная политика по отношению к РФ, которая способствует спросу на указанные услуги. В статье предложен *SWOT*-анализ, на основе которого предприятия могут внести изменения в стратегию с учетом санкционной политики по отношению к РФ.

Реалии сегодняшнего дня, основанные на экономических изменениях по всему миру и непрекращающейся санкционной политике в отношении нашего государства, демонстрируют необходимость последовательного развития промышленного комплекса, нацеленного на обеспечение промышленной безопасности страны.

В последнее время из-за кризиса и неблагоприятной экономической ситуации компаниям, использующим спецтехнику, приходится максимально экономить практически во всем, особенно в приобретении новых машин и обновлении технопарка. Приобретение спецтехники за рубежом стало невозможным из-за экономических санкций в отношении России, принятых Евросоюзом (**ЕС**). Благодаря этому значительно вырос спрос на машины, бывшие ранее в употреблении и, соответственно, возрос спрос на ремонт и техническое обслуживание машин.

Аналитики компании «ТендерПро» изучили, как изменился спрос на ремонт бывшей в употреблении техники и деталей в условиях запрета их экспорта из стран Азии и Европейского союза.

Таким образом, по подсчетам специалистов по сравнению с 2021 г. в 2022 г. спрос на восстановление запчастей со стороны бизнеса вырос на 23,7 %, а спецтехники – на 145 %.

«На фоне запрета экспорта спецтехники из стран ЕС и Японии бизнес стал чаще проводить тендеры на электронных торговых площадках не только на ее ремонт, но и на восстановление запчастей к ней. Подтверждает наметившийся тренд и инициатива депутатов Госдумы. В конце февраля они предложили создать индустрию восстановления и использования б/у запчастей, дабы в условиях жестких экономических санкций не допустить массового выхода из строя техники», – прокомментировал исполнительный директор ООО «ТендерПро» Ильдар Мухамедиев.

При анализе рынка услуг ремонта спецтехники в регионе необходимо учитывать не только фактическое количество мастерских на данный момент, но и уровень оснащенности предприятий спецтехникой.

На Дальнем Востоке имеются крупные предприятия по добыче природных ресурсов, где задействовано большое количество горной техники и которые в настоящий момент нуждаются в ремонте данной техники.

Положительным фактором является выгодное географическое местоположение предприятий Хабаровского края к странам Азиатско-Тихоокеанского региона, осуществляющих ремонт и техническое обслуживание спецтехники, следовательно, возможность приобретения запасных частей для спецтехники гораздо дешевле и быстрее, чем в регионах Центральной России.

Таблица 1. *SWOT*-анализ

Сильные стороны	Качество и надежность технического обслуживания спецтехники; высококвалифицированный штат сотрудников; гибкая ценовая политика; географическое расположение региона; санкции в отношении РФ
Слабые стороны	Недостаточный управленческий опыт; отсутствие клиентской базы и отзывов клиентов; недооснащенность спецоборудованием ремонтного цеха
Возможности	Постоянные клиенты; получение стабильной прибыли; создание известного «имени» компании; закрепление на рынке услуг по ремонту и техобслуживанию спецтехники и оборудования с перспективой регионального охвата; отсутствие сезонности; растущий спрос на ремонт и обслуживание спецтехники вследствие санкционной политики в отношении РФ
Угрозы	Появление больших сервис-центров в регионе; неудачное позиционирование; неблагоприятное общественное мнение; форс-мажорные обстоятельства; политическая ситуация в стране

Таблица 2. Матрица *SWOT*-анализа

	Возможности	Угрозы и риски
Сильные стороны	Использовать сильные стороны, чтобы воспользоваться возможностями: формирование постоянных клиентов и отзывов достигается за счет качества, гибкой ценовой политики, уникальности работы и удобства для клиентов. Закрепление на рынке услуг по ремонту и техобслуживанию спецтехники и оборудования с перспективой регионального охвата. Санкционная политика по отношению к РФ способствует спросу на ремонт и обслуживание спецтехники	Использовать сильные стороны для нейтрализации угроз и рисков: обеспечение конкурентоспособности за счет качества, мастерства, рекламы
Слабые стороны	Воспользоваться возможностью для минимизации слабых сторон: сформировать базу постоянных клиентов; получить отзывы и создать имидж компании; дооснастить ремонтный цех спецоборудованием	Избегать угроз, минимизировать слабые стороны: повышение квалификации кадров, формирование резервов для минимизации финансовых рисков, связанных с политикой государства

На основе анализа деятельности десяти предприятий, осуществляющих ремонт и техническое обслуживание спецтехники на территории Хабаровского края, в статье представлен *SWOT*-анализ.

Так как внешняя и внутренняя среда изменяются под воздействием деятельности предприятий, а также других факторов, то необходимо выявить ограничения, сильные и слабые стороны предприятий по техническому обслуживанию и ремонту спецтехники в изменяющейся среде. На основе полученных результатов предприятия могут внести изменения в выбранную стратегию. *SWOT*-анализ поможет выявить и соотнести между собой ограничения и возможности, сильные и слабые стороны предприятия (табл. 1, 2).

Слабые стороны являются сдерживающими внутренними факторами для любого предприятия, они преодолеваются за счет возможностей, в том числе хорошего маркетингового плана. Потенциальные внешние угрозы связаны в первую очередь с независящими от предприятия факторами. Их необходимо иметь в виду и на случай их возникновения постепенно формировать резервный фонд организации для покрытия возможных выпадающих доходов.

Таким образом, представленные в табл. 2 внешние угрозы свойственны предпринимательской деятельности, внутренние слабые стороны преодолимы за счет возможностей и сильных сторон. Основной возможностью в матрице

SWOT-анализа для предприятий по ремонту и техническому обслуживанию спецтехники Хабаровского края является санкционная политика по отношению к РФ, которая способствует спросу на указанные услуги.

Это и явилось одной из основных причин, по которой в настоящее время федеральные власти уделяют значительное внимание развитию научно-технологического потенциала нашего государства. Сегодня доступ к зарубежной технике ограничен, именно поэтому сейчас открылось окно возможностей, чтобы эту зависимость преодолеть и сделать так, чтобы наши собственные технологии развивались опережающими темпами, нашей стране необходим промышленный суверенитет. Санкционная политика явилась мощным толчком для развития отечественных предприятий, осуществляющих ремонт и техническое обслуживание спецтехники.

Список литературы

1. Инвестиции в России // rosstat.gov.ru, 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Invest_2021.pdf.
2. Исследование инвестиционной активности в России: динамика, ведущие отрасли, крупнейшие инвесторы // journal.open-broker.ru, 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://journal.open-broker.ru/research/snizhenie-inostrannyh-investiciy-v-rf.
3. Основные направления развития финансового рынка Российской федерации на 2022 год и период 2023 и 2024 годов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cbr.ru/Content/Document/File/131935/onrfr_2021-12-24.pdf.
4. Тян, Н.Г. Цифровое развитие сферы высшего образования / Н.Г. Тян, Ким Сун Не // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 2(104). – 148 с.

References

1. Investitsii v Rossii // rosstat.gov.ru, 2021 [Electronic resource]. – Access mode : https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Invest_2021.pdf.
2. Issledovaniye investitsionnoy aktivnosti v Rossii: dinamika, vedushchiye otrasli, krupneyshiye investory // journal.open-broker.ru, 2021 [Electronic resource]. – Access mode : https://journal.open-broker.ru/research/snizhenie-inostrannyh-investiciy-v-rf.
3. Osnovnyye napravleniya razvitiya finansovogo rynka Rossiyskoy federatsii na 2022 god i period 2023 i 2024 godov [Electronic resource]. – Access mode : http://www.cbr.ru/Content/Document/File/131935/onrfr_2021-12-24.pdf.
4. Tyan, N.G. Tsifrovoye razvitiye sfery vysshego obrazovaniya / N.G. Tyan, Kim Sun Ne // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2020. – № 2(104). – 148 s.

© Н.Г. Тян, 2024

УДК 658

Ф.В. МОТОРИН, Г.А. ГОНЧАРОВ
НОУ ВО «Санкт-Петербургский Гуманитарный университет профсоюзов», г. Санкт-Петербург

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА И ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОТНИКОВ КАК ВАЖНЫЙ КОМПОНЕНТ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Ключевые слова: квалификация; модель устойчивого развития; профессиональная подготовка; профессиональное образование; стратегические аспекты.

Аннотация. В современных условиях ведения бизнеса одной из основных проблем, с которыми сталкиваются предприятия любой отрасли (высокотехнологической, добывающей и пр.), является нехватка квалифицированного персонала.

Цель исследования – проанализировать влияние квалификации работников на стратегические решения предприятий.

Гипотеза исследования: определение количественных стратегических показателей компаний в результате инвестирования в квалификацию персонала.

Исследования основывались на официальных статистических данных, работах ученых с применением общенаучных методов.

Задачи исследования: проанализировать состояние рынка профессионального образования с определением влияния уровня квалификации на стратегические результаты производственной деятельности компаний и формированием выводов.

Достигнутые результаты: приведен обзор рынка дополнительного профессионального образования. Определены стратегические аспекты развития работников предприятий. Рассмотрены направления профессиональной подготовки и повышения квалификации.

На наш взгляд, актуально рассмотреть субъекты бизнеса в разрезе совершенствования механизма их устойчивого развития с опорой на более адекватные современным реалиям инструменты управления, а также на поиск и внедрение инноваций.

В соответствии с теориями Ю.А. Корчагина, Э. Альтмана, И.И. Витковского, О.В. Ростовой, а также исследованиями других ученых была предложена имитационная модель устойчивого развития предприятий и реализации заявленных стратегий в условиях кризиса, что является актуальным в наших реалиях ведения бизнеса [2]. В составленной ситуационной модели предприятия такой компонент, как квалификация занимает одно из важных мест, влияющих на устойчивость предприятия и вероятности получения убытков по окончании проекта.

В статье проводятся:

– анализ входящих компонентов и сравнение с компонентом квалификации;

– выявление влияния самых важных компонентов на конечный результат деятельности компаний и реализацию выбранной стратегии;

– определение степени устойчивости компании с учетом изменений внешней среды на конец заданного периода времени с определенными показателями.

В настоящий момент научная проблематика темы данной статьи имеет малую степень проработанности.

В соответствии со статьей 76 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» и профессиональными стандартами у предприятий есть возможность повышения квалификации и переподготовки своих работников без отрыва от производства (очно или дистанционно) через аутсорсинг, либо создание учебного центра в своих организационных структурах.

По оценкам экспертных компаний, в 2016–2019 гг. объем рынка дополнительного профес-

Таблица 1. Численность организаций отрасли, РФ, 2016–2022 гг.

Показатель	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Численность организаций	6 452	6 099	5 835	6 035	5 843	6 206	6 098
% к предыдущему году	–	–5,5	–4,3	3,4	–3,2	6,2	–1,7

Таблица 2. Численность программ дополнительного профессионального образования, РФ, 2016–2021 гг. (тыс.)

Показатель	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Численность организаций	178,7	192,6	244,7	285,7	288,1	302,7
% к предыдущему году	–	7,8	27,1	16,7	0,8	4,95

Таблица 3. Прогноз численности программ дополнительного профессионального образования, РФ, 2022–2025 гг. (тыс.)

Показатель	2022	2023	2024	2025
Численность организаций	316,9	331,5	345,5	359,2
% к предыдущему году	4,9	4,6	4,2	4,0

сионального образования в России вырос на 26,3 % с 579 до 731 млн академических часов. Увеличение доли людей старшего и среднего возраста, продолжающих трудовую деятельность, государственная поддержка непрерывного образования граждан способствовали росту числа программ и слушателей дополнительного профессионального образования.

В 2020–2022 гг. объем рынка дополнительного профессионального образования в России сократился на 13,4 % по сравнению с предыдущими годами и составил 634 млн академических часов. Из-за карантина и общего ухудшения экономической ситуации часть корпоративных клиентов временно отказалась от проведения обучения персонала.

В 2022 г. число учебных организаций снизилось на 1,7 % в результате оттока инвестиций на фоне нового экономического и геополитического кризиса.

В 2022–2025 гг. рынок дополнительного профессионального образования начнет восстановление на 1,2–3,1 % ежегодно. В 2025 г. объем услуг дополнительного профессионального образования в России составит 682 млн академических часов, что на 7,2 % выше уровня 2020 г. Дальнейший рост рынка будет связан с переходом значительной части программ дополнительного профессионального образования в онлайн-формат и увеличением доли краткосрочных программ обучения. Кроме того, ожидается перераспределение спроса с высшего образования на более короткие программы дополнительного образования, которые позволяют освоить новые профессиональные навыки с меньшими затратами.

Численность организаций, предоставляющих услуги дополнительного профессионального образования, является одним из основных государственных параметров учета в системе образования. Однако данные о численности организаций не характеризуют объем рынка дополнительного профессионального образования, так как не указывают объем оказанных об-

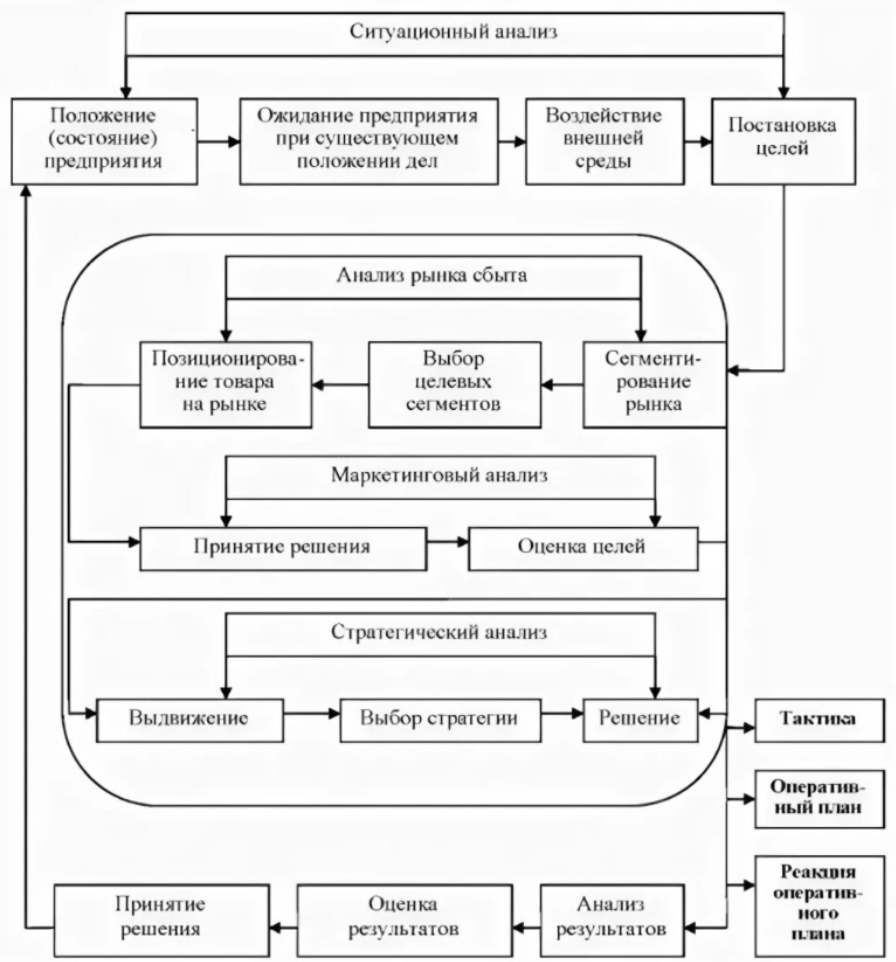

Рис. 1. Ситуационная модель предприятия

разовательных услуг и оборот рынка.

Ранее приведена численность организаций, которые, по данным Министерства науки и высшего образования РФ, осуществляли образовательную деятельность по программам дополнительного профессионального образования [1].

Актуальность профессиональной переподготовки и повышения квалификации в последние годы значительно возросла в связи с внедрением профессиональных стандартов, приведением в соответствие государством законодательства, а также обеспечением контроля за его соблюдением в некоторых отраслях промышленности, имеющих опасные факторы в производстве (в таких как нефтяная, горнодобывающая и пр.).

Важно, что инвестирование в развитие работников приносит предприятию большую прибыль, чем инвестирование в усовершенствование производственных мощностей, т.е. человеческий ресурс можно определить как ключевой фактор эффективности использования всех остальных ресурсов, имеющихся в распоряжении предприятия [8].

Опираясь на вышеуказанные возможности, организации могут достигать следующих преимуществ:

– увеличивается мотивация персонала (что связано с появлением интереса к новым знаниям, возможностям профессионального роста и пр.);

– отпадает необходимость в сверхбольших зарплатах высококвалифицированным работникам, чтобы «удерживать» их в организации (тем более в связи с исключительностью работника в организации их запросы со временем могут расти);

– появляется возможность в увеличении большего числа высококвалифицированных работников;

Рис. 2. Концепция развития

Рис. 3. Показатели для оценки устойчивости предприятия

– увеличивается гибкость в выборе стратегии предприятия.

Перечень преимуществ можно расширить и далее, тем более если стратегии организаций связаны с инновациями и постоянным ростом.

Стратегия развития компании разрабатывается на основе анализа конкурентов, внутренних процессов компании, целей, задач, исследования макросреды (состояние экономики в стране и мировые кризисы), микросреды (конкуренты, партнеры, покупатели, компетентность сотрудников) [6].

Перечень преимуществ расширяется и далее, при условии что стратегии организации связаны с инновациями и постоянным ростом. В условиях кризиса, в соответствии с теориями Ю.А. Корчагина, Э. Альтмана, И.И. Витковского, О.В. Ростовой, а также других ученых, была предложена модель устойчивого развития предприятия и реализации заявленных стратегий. Ситуационная модель предприятия представлена на рис. 1.

Реализация концепции устойчивого развития основывается на трех направлениях:

Показатель	Способ расчета	Рекомендуемое значение	Характеристика
Коэффициент автономии (финансовой независимости)	$К_а = \frac{СК}{ВБ}$, где СК - собственный капитал; ВБ - валюта баланса	0,6 и выше	Показывает, какая часть имущества организации профинансирована за счет собственных средств
Коэффициент финансовой устойчивости	$К_{фу} = \frac{СК + ДО}{ВБ}$	0,6 и выше	Показывает долю стабильных источников финансирования в общей стоимости имущества организации
Коэффициент соотношения заемных и собственных средств	$К_{зс} = \frac{ДО + КО}{СК}$	0,7 и выше	Показывает, сколько рублей заемных средств привлекла организация на 1 руб. собственного капитала
Коэффициент финансирования	$К_ф = \frac{СК}{ДО + КО}$	1,0-1,5	Показывает, сколько рублей собственных средств приходится на 1 руб. заемных средств

Рис. 4. Основные показатели устойчивости предприятия

экономическое, социальное и экологическое (рис. 2) [3].

Согласно рис. 2 входящие компоненты и квалификации работников связаны между собой. Различные инструменты, правила и устройства разрабатывают индивидуальный и социальный потенциал людей и сообществ, что в конечном итоге приводит к возможности двигаться в направлении устойчивого развития предприятия.

Наиболее важные компоненты устойчивости развития влияют на конечный результат деятельности компаний и реализацию выбранной стратегии [5]:

– увеличение экономического эффекта (рост массы и нормы прибыли, чистой прибыли, срок окупаемости инвестиций);

– социальный эффект (улучшение условий труда, повышение образования);

– технический эффект (повышение качества и конкурентоспособности продукции);

– экологический эффект (снижение степени загрязнения окружающей среды, комплексность использования природных ресурсов).

При влиянии факторов внешней среды (прямого и косвенного воздействия) на конец заданного периода времени с определенными входящими показателями необходимо провести анализ и скорректировать стратегию развития предприятия. Анализ проводится с учетом выбора показателей (рис. 3–4), выявляются резервы, которые способствовали повышению эффективности.

В ходе анализа используются абсолютные и относительные показатели, а вычисленные значения коэффициентов сравниваются с базовыми (усредненными или нормативными) величинами. Среди этих показателей выделяют: показатели финансовой устойчивости, показатели ликвидности, показатели деловой активности, показатели рентабельности [4]. Для анализа устойчивости устанавливаются цели, применяемые подходы.

Пример рейтинговой карты представлен в таблице на рис. 5.

Количественные показатели имеют числовое критическое значение. На основе данных условного или реального эталонного предприятия определяется теоретически достаточная величина качественных показателей. Характерным отличием рейтинговой методики является возможность включения в модель качественных характеристик, кроме количественных.

Далее по каждой группе коэффициентов рассчитывается групповой балл путем взвешивания балльных оценок показателей данной группы, причем сумма весов по каждой группе составляет 100 %. Итоговый балл рассчитывается по формуле (1):

Группа показателей	Вес группы	Показатель	Вес показателя	Фактическое значение	Критическое значение	Балл
Производство		Наличие новых основных средств				
		Высокая степень использования производственной мощности предприятия				
		Обеспеченность материальными ресурсами для производства				
Маркетинг		Ассортимент выпускаемой продукции				
		Активно реагирует на изменение конъюнктуры рынка				
		Равномерный выпуск продукции в соответствии с графиком в объеме и ассортименте				
Управление		Эффективное управление				
		Обеспеченность управленческими кадрами				
Финансы		Показатели рентабельности				
		Показатели деловой активности				
		Показатели ликвидности				
		Показатели финансовой устойчивости				

Рис. 5. Пример рейтинговой карты

$$K = \sum_{i=1}^{n} G_i \left(\sum_{j=1}^{mi} V_{ij} B_{ij} \right), \qquad (1)$$

где K – итоговый балл по оценке на дату анализа; G – вес балла по i-й группе коэффициентов или значимость отдельной группы коэффициентов в общей финансовой оценке; V – вес балла по j-му коэффициенту в i-й группе коэффициентов или значимость отдельного коэффициента в соответствующей группе коэффициентов; B – балльная оценка j-го коэффициента, входящего в i-ю группу коэффициентов; m – количество коэффициентов в i-й группе коэффициентов.

После проведения анализа устанавливаются причины, которые могут быть связаны с низким интеллектуальным потенциалом компании, несоответствием квалификации и профессионализма работников. В таком случае проводится профессиональная подготовка или повышение квалификации персонала.

При этом управление развитием персонала должно начинаться с разработки стратегии по вопросам формирования квалифицированного персонала, вписывающейся в общую стратегию развития организации в целом, определения потребностей в обучении работников, выбора форм и методов профессионального развития [8].

Профессиональная подготовка является основным путем получения профессионального образования.

К основным целям профессиональной подготовки можно отнести:

– быструю адаптацию работников и проведение качественных кадровых изменений в связи с внедрением новейших технологий;

– увеличение производительности труда и уменьшение трудозатрат;

– уменьшение текучести кадров.

Рис. 6. Схема организации непрерывного обучения

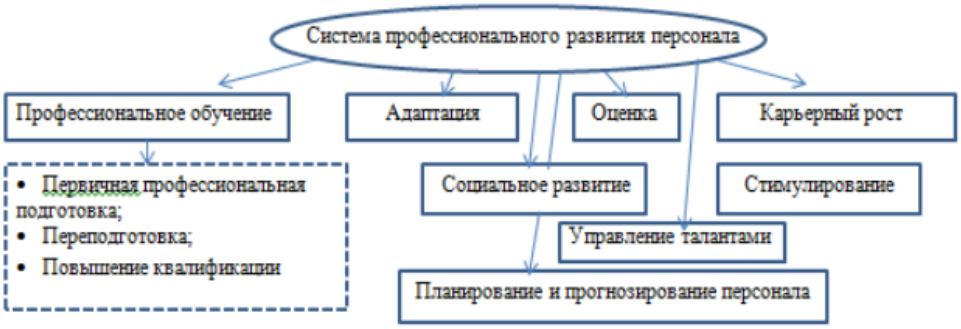

Рис. 7. Ключевые элементы системы профессионального развития персонала

На рис. 6 представлена схема организации непрерывного обучения.

Важность непрерывного обучения состоит в следующем:

– наличие базового образования не может гарантировать необходимую квалификацию в связи с внедрением новой техники и технологий;

– в связи с возрастающей конкуренцией в стране и в мире страны, где развита современная система инженерного и управленческого высшего и непрерывного образования, имеют возможность в кратчайшие сроки повысить производительность инженерного и управленческого труда;

– непрерывные и быстрые изменения в технологиях требуют обучения работников предприятий;

– отдача работающих сотрудников на основе их непрерывного обучения более эффективна и экономична, чем привлечение новых сотрудников.

Профессиональная подготовка является главенствующей составляющей комплекса в переходной экономике [7]. К результатам обучения можно отнести:

– повышение качества профессиональной подготовки работников;

– формирование профессиональных компетенций, соответствующих современному развитию предприятия;

– владение новыми знаниями, навыками, умениями;

– увеличение производительности и качества труда, что обеспечивает экономическую эффективность предприятия.

Повышение квалификации является следующей ступенью обучения после получения основного образования для углубления и совершенствования своих профессиональных, экономических знаний, роста мастерства.

Среди целей повышения квалификации можно выделить: повышение инновационного потенциала, обеспечение эффективного выпол-

нения новых задач, получение более высокого разряда, адаптация к новой технике и технологиям, приобретение знаний и навыков принятия решений.

Повышение квалификации состоит в целевой направленности, возможности всестороннего развития личности, приобретении новых компетенций, что приводит к повышению уровня профессионального мастерства, а также подготовке к работе по совмещаемым профессиям.

К ожидаемым результатам повышения квалификации относятся [9]:

– повышение квалификации и наращивание кадрового потенциала предприятия;

– положительное изменение качественных показателей работника;

– преодоление сформировавшихся и застарелых знаний и умений;

– приобретение более современных навыков и способностей.

Профессиональное развитие персонала следует рассматривать как достаточно сложную систему, состоящую из тесно взаимосвязанных между собой элементов, представленных на рис. 5.

Потребность предприятия в профессиональной подготовке и повышении квалификации работников обусловлены:

– усложнением процессов производства за счет развития и внедрения инновационных технологий;

– непрерывными изменениями и совершенствованиями во внутренней и внешней среде;

– формированием штата работников с более высокой квалификацией.

Согласно ситуационной модели предприятия входящие компоненты и квалификация работников связаны между собой, наиболее важные компоненты влияют на конечный результат деятельности компаний и реализацию выбранной стратегии, воздействие.

Система профессионального развития персонала в организации должна быть гибкой, способной изменять содержание, методы и организационные формы согласно потребностям производства и ситуации на рынке труда.

Работодатель мотивирован профессиональным обучением работников, если в его организации налажена система возмещения затрат на профессиональное обучение в случае увольнения этих работников.

Для предприятия необходимо выработать систему основных показателей как составляющую организационного механизма стратегического развития предприятий, где результатом должно стать определение ресурсного итога, также установить ситуации, обуславливающие возникновение системного эффекта от реализации комплекса программных мероприятий, оценить вклад отдельного программного мероприятия в системный эффект от реализации программы в целом и тем самым определить также вклад профессионального развития персонала.

Список литературы

1. Анализ рынка дополнительного профессионального образования в России в 2018–2022 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://businesstat.ru.

2. Журавлев, В.В. Совершенствование модели стратегического управления золотодобывающими предприятиями России в условиях неустойчивого развития экономики / В.В. Журавлев, Н.Ю. Варкова.

3. Журавлев, В.В. Диверсификация предприятий как инструмент обеспечения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности организации в условиях кризиса / В.В. Журавлев, Н.Ю. Варкова // Инновационное развитие экономики. – 2017. – № 1(37). – С. 32–37.

4. Касьяненко, Т.Г. Оценка бизнеса: особые случаи. Монография / Т.Г. Касьяненко, А.А. Бакулина, 2020.

5. Лихтерман, С.С. Стратегическое планирование. Учебное пособие / С.С. Лихтерман, П.И. Кабанов. – М. : Изд-во «Московского горного университета».

6. Мешалкин, В.П. Проблема управления устойчивостью предприятия на рынке / В.П. Мешалкин, А.Ю. Белозерский // Российское предпринимательство. – 2006. – № 9(81). – С. 92–95.

7. Мурыгина, А.А. Человеческий капитал как ключевой фактор развития организации / А.А. Мурыгина, Р.Ю. Черкашнев // Эффективные HR-технологии и практики в современных компаниях России : Материалы всероссийской научно–практической конференции (заочной), Тамбов,

10 октября 2014 года / Ответственный редактор Колесниченко Е.А. – Тамбов : Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, 2014. – С. 123–128.

8. Пименова, А.Л. Методические подходы к формированию системы контроллинга персонала производственного предприятия / А.Л. Пименова, К.Е. Завьялов.

9. Ростова, О.В. Методические подходы к созданию системы контроллинга в промышленной организации / О.В. Ростова // Глобальный научный потенциал. – 2017. – № 2(71). – С. 56–61.

References

1. Analiz rynka dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya v Rossii v 2018–2022 gg. [Electronic resource]. – Access mode : https://businesstat.ru.

2. Zhuravlev, V.V. Sovershenstvovaniye modeli strategicheskogo upravleniya zolotodobyvayushchimi predpriyatiyami Rossii v usloviyakh neustoychivogo razvitiya ekonomiki / V.V. Zhuravlev, N.YU. Varkova.

3. Zhuravlev, V.V. Diversifikatsiya predpriyatiy kak instrument obespecheniya ustoychivogo razvitiya i povysheniya konkurentosposobnosti organizatsii v usloviyakh krizisa / V.V. Zhuravlev, N.YU. Varkova // Innovatsionnoye razvitiye ekonomiki. – 2017. – № 1(37). – S. 32–37.

4. Kas'yanenko, T.G. Otsenka biznesa: osobyye sluchai. Monografiya / T.G. Kas'yanenko, A.A. Bakulina, 2020.

5. Likhterman, S.S. Strategicheskoye planirovaniye. Uchebnoye posobiye / S.S. Likhterman, P.I. Kabanov. – M. : Izd-vo «Moskovskogo gornogo universiteta».

6. Meshalkin, V.P. Problema upravleniya ustoychivost'yu predpriyatiya na rynke / V.P. Meshalkin, A.YU. Belozerskiy // Rossiyskoye predprinimatel'stvo. – 2006. – № 9(81). – S. 92–95.

7. Murygina, A.A. Chelovecheskiy kapital kak klyuchevoy faktor razvitiya organizatsii / A.A. Murygina, R.YU. Cherkashnev // Effektivnyye HR-tekhnologii i praktiki v sovremennykh kompaniyakh Rossii : Materialy vserossiyskoy nauchno–prakticheskoy konferentsii (zaochnoy), Tambov, 10 oktyabrya 2014 goda / Otvetstvennyy redaktor Kolesnichenko Ye.A. – Tambov : Tambovskiy gosudarstvennyy universitet im. G.R. Derzhavina, 2014. – S. 123–128.

8. Pimenova, A.L. Metodicheskiye podkhody k formirovaniyu sistemy kontrollinga personala proizvodstvennogo predpriyatiya / A.L. Pimenova, K.Ye. Zav'yalov.

9. Rostova, O.V. Metodicheskiye podkhody k sozdaniyu sistemy kontrollinga v promyshlennoy organizatsii / O.V. Rostova // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2017. – № 2(71). – S. 56–61.

© Ф.В. Моторин, Г.А. Гончаров, 2024

УДК 314.4

Н.Ж. МУКАМБАЕВ, А.А. САЯКБАЕВА, И.Б. МУКАМБАЕВА, Б.М. НАЗАРМАТОВА
Кыргызский национальный университет имени Жусупа Баласагына, г. Бишкек (Кыргызстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ НАСЕЛЕНИЯ КЫРГЫЗСТАНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ключевые слова: вид заболеваний; динамический ряд; коллинеарность; множественная регрессия; общий показатель смертности; эластичность; экзогенный фактор.

Аннотация. Целью данной работы является выявление наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на поведение показателя общей смертности в Кыргызстане и определение уровня их воздействия. Для проведения этой оценки мы воспользуемся линейной множественной регрессией, которая после удаления мультиколлинеарности позволяет составить адекватную модель, обеспечивающую практически функциональную зависимость между результирующим показателем и воздействующими на него факторами. Наше исследование показало, что на показатель общей смертности сильнее всего воздействует такой фактор, как количество врачей на 1 000 жителей, вторым по значимости фактором являются расходы государственного бюджета на охрану окружающей среды.

Смертность наряду с рождаемостью является важнейшим статистическим показателем в теории народонаселения. На смертность влияет большое количество факторов, имеющих социально-экономическую, экологическую, техногенную, культурно-политическую и другую природу [4]. В предлагаемой работе в качестве результирующего показателя возьмем общий показатель смертности, который обычно определяется как отношение числа умерших к числу жителей определенной территории за некоторый период времени, приходящихся на 1 000 человек. Очевидно, что каждая страна обладает своим специфическим набором факторов, в той или иной степени влияющих на смертность. По природе влияния эти факторы можно разделить на два больших класса: внешние (экзогенные) и внутренние (эндогенные). Мы будем рассматривать набор внешних факторов, на которые государство и общество могут оказывать достаточное влияние. В качестве периода исследования мы возьмем 2008–2021 гг., чтобы охватить изменения исследуемого показателя в период до и после пандемии *COVID*-19.

Абсолютные показатели смертности по Кыргызстану (**КР**) за последние годы имели следующие характеристики: в 2008 г. количество смертей составило 37 710 человек, а в 2019 г. – 33 295 человек (уменьшение за рассматриваемый период составило 11 %). То есть в допандемийный период показатель общей смертности демонстрировал снижение, что свидетельствовало об устойчивой тенденции демографической безопасности [3]. В последующие годы (2020–2021 гг.), охваченные пандемией *COVID*-19, наблюдался рост числа смертей. Так, количество смертей в 2021 г. составило 38 875 человек, что дало 14 % увеличения по сравнению с 2019 г. Данные для наших расчетов здесь и далее были получены из открытых публикаций Национального статистического комитета КР [2].

Общая тенденция изменения количества смертей в Кыргызстане по основным видам заболеваний также показала снижение общего показателя смертности в допандемийный период времени (2008–2019 гг.) и определенный рост смертности в пандемийный период (2020–2021 гг.). Так, уровень смертности от болезней системы кровообращения отмечался уменьшением на 2,5 % в допандемийный период времени и резким скачком более чем на

Рис. 1. Динамика показателя общей заболеваемости в КР за 2008–2021 гг.

21 % в последующие два года. Аналогичная ситуация наблюдается и по болезням органов дыхания: снижение смертности в период 2008–2019 гг. и последующий ее рост, который составил 13 % в 2021 г. по сравнению с 2019 г. Даже от последствий воздействия внешних причин допандемийное уменьшение смертности составило 36 %, но уже в 2020–2021 гг. рост составил 12 %. Специфическая тенденция отмечалась при изменении смертности от инфекционных и паразитных заболеваний. Так, уровень смертности по причине этих заболеваний упал за допандемийный период 2008–2019 гг. более чем на 22 %, а в последующие два ковидных года (2020–2021 гг.), вопреки общей тенденции, снизился еще на 18 %. По нашему мнению, такое снижение уровня смертности от инфекционных и паразитарных заболеваний в пандемийный период времени объясняется спецификой статистической регистрации. То есть в 2020–2021 гг. в этом виде заболеваний в качестве причин смерти предпочитали указывать не инфекцию *COVID*-19, например, а такие последствия этой болезни, как инфаркт или пневмонию. Необходимо также отметить, что в течение 2008–2021 гг. количество смертей почти по всем видам болезней, а также от внешних причин имело устойчивую тенденцию к уменьшению, за исключением смертности от новообразований. То есть даже за допандемийный период времени это заболевание было причиной более чем 20-процентного роста смертности. С одной стороны, мы можем объяснить этот рост улучшением выявляемости (диагностики) данной категории заболеваний в стране. С другой стороны, мы не можем не предполагать воздействие на здоровье населения Кыргызстана внешних факторов, которые нам необходимо определить, а также измерить силу их воздействия на показатель смертности в КР.

На наш взгляд, набор этих факторов для наших расчетов будет следующим: x_1 – уровень бедности (%), x_2 – уровень безработицы (%), x_3 – среднедушевой доход (тыс. сом), x_4 – доля пенсионеров (%), x_5 – количество врачей на 1 000 жителей (чел.), x_6 – общая заболеваемость на 1 000 жителей (чел.), а также x_7 – общегосударственный бюджет расходов на охрану окружающей среды (тыс. сом) [2]. Мы проведем исследования по определению влияния вышеуказанных факторов на смертность населения с помощью корреляционно-регрессионного моделирования, что в итоге приведет нас к количественной оценке смертности от приведенных факторов.

Диаграмма на рис. 1 иллюстрирует пример обработки динамического ряда, в котором показатель явно выходит из общего ряда.

Так, динамический ряд общей заболеваемости содержит показатель заболеваемости, равный 167,9, который сильнее всего выбивается из общей тенденции. Проверим данный показатель на «выскакивание» с помощью подхода [1], для чего определяем для указанного значения его отклонение (ошибку): $t_{расч.}$ = 2,54, которая больше табличного значения $t_{табл.}$ = 1,44. Таким образом, показатель 2020 г., равный 167,9, исключается из рассмотрения.

Одним из эффективных способов исследо-

Таблица 1. Матрица парных коэффициентов корреляции

	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
y	1,00							
x_1	0,75	1,00						
x_2	0,77	0,68	1,00					
x_3	–0,83	–0,55	–0,94	1,00				
x_4	–0,30	–0,02	–0,51	0,58	1,00			
x_5	–0,95	–0,70	–0,88	0,92	0,48	1,00		
x_6	0,53	0,64	0,79	–0,67	–0,10	–0,62	1,00	
x_7	–0,91	–0,78	–0,64	0,67	0,06	0,78	–0,57	1,00

вания реальных процессов и взаимодействия факторов, определяющих эти процессы, является способ, основанный на применении корреляционно-регрессионных моделей. Такие модели дают, во-первых, возможность определить количественную оценку зависимостей между факторами, во-вторых, выявить качественное влияние этих факторов на динамику общего показателя смертности.

Регрессионный анализ, в отличие от других методов прогнозирования, позволяет учитывать практическую числовую взаимосвязь изучаемого показателя сразу с несколькими факторами. Его применение улучшает качество исследований и точность возможного прогноза. В наших расчетах будем использовать линейную модель множественной (многофакторной) корреляции и будем исходить из того, что между результирующим фактором $\hat{y}$ (смертностью) и определяющими его факторами существует линейная связь вида:

$$\hat{y} = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + ... + a_i \cdot x_i + \mathcal{E}, \quad (1)$$

где $\hat{y}$ – теоретическое (вычисляемое) значение результирующего показателя; x_i – определяющий фактор; a_i – коэффициенты регрессии; $\mathcal{E}$ – ошибка модели; i пробегает значения от 1 до 7. Применение известного пакета из *Microsoft Excel* позволило построить следующую матрицу парных корреляций.

Для построения адекватной модели мы должны исключить из рассмотрения факторы x_i, имеющие между собой тесную взаимосвязь, то есть мультиколлинеарность. Анализ последней таблицы показывает значительную зависимость y от пяти факторов: x_1 – уровня бедности, x_2 – уровня безработицы, x_3 – среднедушевого дохода, x_5 – количества врачей на 1 000 жителей и x_7 – затрат на охрану окружающей среды (**ООС**). Связь между x_1, x_2 и x_3 очевидна, поэтому оставляем в работе более значимый фактор x_3. При этом влияние x_3(–0,83) и ряда других факторов носит обратный характер (–0,95 и –0,91), то есть при росте x_3, x_5 и x_7 показатель смертности будет показывать снижение. Влияние остальных факторов статистически не так значимо, но они показывают качественную картину этого влияния, другими словами, мы можем говорить о том, что рост уровня общей заболеваемости приводит к росту смертности, а увеличение доли пенсионеров уменьшает смертность.

В зависимости (1) для модели в переменных (x_3, x_5 и x_7) мы оставляем, несмотря на высокую степень связи между ними, все три показателя, предполагая, что связь между ними «ложная». Наше предположение об отсутствии реальной корреляции между x_3 и x_5 оказалось неверным ввиду незначимости по t-критерию коэффициента при x_3. Приведенные рассуждения по выбранным переменным приводят нас к модели с переменными (x_5, x_7), для которых выражение (1) примет вид:

$$\hat{y} = 20{,}13 - 0{,}956x_5 - 0{,}002x_7 + \mathcal{E}. \quad (2)$$

Для выявления адекватности предложенной зависимости реальной картине вычислим кри-

терий Фишера (F-критерий). Критерий Фишера нашей модели равен $F = R^2/(1 - R^2)(n - m - 1/m) = 210{,}1$, которое значительно превосходит табличное значение, равное 3,8, что обуславливает высокую адекватность модели. Значимости коэффициентов a_1 и a_2 в последней модели проверяются через t-критерий Стьюдента. В нашем случае мы получаем, что коэффициенты a_1, a_2, а также свободный член зависимости (2) значимы при заданном уровне надежности 95 %.

Таким образом, наиболее подходящей с точки зрения идеологии корреляционно-регрессионного анализа является двухфакторная модель, где в качестве факторов, определяющих общий уровень смертности в Кыргызстане, выступают количество врачей на 1 000 жителей и государственный бюджет, выделяемый для покрытия расходов на охрану окружающей среды. Для данной модели средняя ошибка аппроксимации составляет менее 1,5 %, то есть она точная. Близкое к единице значение коэффициента корреляции $R = 0{,}99$ говорит о практически функциональной зависимости между исследуемыми факторами.

Предложенная зависимость позволяет нам количественно оценить влияние установленных факторов на показатель y. Для этого воспользуемся определением эластичности по факторам x_5 и x_7:

$$\begin{aligned} Э_{x_5} &= a_1 \frac{\overline{x}_5}{\overline{y}} = -0{,}956 \frac{13{,}6}{6{,}0} = -2{,}17\%; \\ Э_{x_7} &= a_2 \frac{\overline{x}_7}{\overline{y}} = -0{,}002 \frac{699{,}6}{6{,}0} = -0{,}23\%. \end{aligned} \quad (3)$$

Данные показатели эластичности показывают, что большей отдачей обладают мероприятия, направленные на повышение количественных показателей фактора x_5. Повышение количества врачей на 1 000 жителей на один процент приводит к уменьшению смертности более чем на два процента. Менее значимой будет реакция на повышение расходов на охрану окружающей среды, так как ее эластичность менее одного процента, то есть увеличение затрат на ООС на 1 % уменьшит $\hat{y}$ на 0,23 %. Коэффициент детерминации $R^2 = 0{,}98$ говорит о том, что вариация смертности в 98 % случаев объясняется выбранными нами факторами. Предложенная модель в ее адекватности и значимости может применяться для фактического анализа и прогнозирования поведения смертности в нашей стране и не только.

Список литературы

1. Irwin, J.O. On a criterion for the rejection of outlying observations / J.O. Irwin // Biometrika. – 1925. – Vol. 17. – No. 3-4. – P. 238.
2. Материалы статистики КР. – Бишкек: Нацстатком КР. – 2008–2021 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://stat.kg/ru/publications.
3. Мукамбаева, И.Б. Тенденции демографической безопасности в Кыргызстане / И.Б. Мукамбаева, Н.Ж. Мукамбаев // Modern Science. – 2022. – № 4-2. – С. 97–102.
4. Саякбаева, А.А. Социально-демографическая ситуация в Кыргызской Республике. В сборнике статей VIII Уральского демографического форума: Демографический потенциал стран ЕАЭС. Институт экономики Уральского отделения РАН / А.А. Саякбаева // Ответственный редактор А.И. Кузьмин, 2017. – С. 522–528.

References

1. Irwin, J.O. On a criterion for the rejection of outlying observations / J.O. Irwin // Biometrika. – 1925. – Vol. 17. – No. 3-4. – P. 238.
2. Materialy statistiki KR. – Bishkek: Natsstatkom KR. – 2008–2021 gg. [Electronic resource]. – Access mode : https://stat.kg/ru/publications.
3. Mukambayeva, I.B. Tendentsii demograficheskoy bezopasnosti v Kyrgyzstane /

I.B. Mukambayeva, N.ZH. Mukambayev // Modern Science. – 2022. – № 4-2. – S. 97–102.

4. Sayakbayeva, A.A. Sotsial'no-demograficheskaya situatsiya v Kyrgyzskoy Respublike. V sbornike statey VIII Ural'skogo demograficheskogo foruma: Demograficheskiy potentsial stran YEAES. Institut ekonomiki Ural'skogo otdeleniya RAN / A.A. Sayakbayeva // Otvetstvennyy redaktor A.I. Kuz'min, 2017. – S. 522–528.

© Н.Ж. Мукамбаев, А.А. Саякбаева, И.Б. Мукамбаева, Б.М. Назарматова, 2024

УДК 330.34

В.Н. БЕЛЕНЦОВ, Н.А. РЫТОВА, Н.А. БУРИК
ФГБОУ ВО «Донецкая академия управления и государственной службы», г. Донецк (Донецкая Народная Республика)

ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ПРОПОРЦИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Ключевые слова: домашнее хозяйство; потребление; производство; пропорции; развитие; распределение; сбережение; собственность; социально-экономическая система; структура.

Аннотация. Цель статьи – установить основные структурные пропорции, значимые для развития социально-экономической системы. Задачи исследования: определить сущность и виды социально-экономических структурных пропорций; определить совокупность структурных пропорций, которая позволит оценить развитие социально-экономической системы. Достигнутые результаты: установлено, что самыми значимыми для развития социально-экономической системы являются пропорции между общественной и частной собственностью, товарами и услугами промежуточного и конечного потребления, факторами производства, потреблением и сбережением домашних хозяйств, а также в структуре распределения доходов на стадии производства и структуре потребления валового внутреннего продукта (**ВВП**).

Развитие социально-экономической системы может быть разным, но в любом случае оно определяется экономической и социальной составляющими. Векторную направленность развития системы определяет существующее многообразие социально-экономических структурных пропорций. Вполне очевидно, что их влияние на процесс развития социально-экономической системы разное. Необходимость выбора структурных пропорций, значимых для социально-экономического развития, является актуальной для управления социально-экономической системой.

Очевидно, что поставленная задача является многокритериальной, где обобщенным критерием отбора выступает главная цель развития социально-экономической системы (**СЭС**) – постоянное удовлетворение закономерно возрастающих потребностей общества и каждого его члена. Такая цель достигается в процессе воспроизводства общественного продукта. Еще К. Маркс отмечал, что все общественное производство делится на два больших подразделения в зависимости от целевого назначения произведенных продуктов: производство средств производства и производство предметов личного потребления [4]. В СЭС действует закон преобладающего роста производства средств производства. Тем не менее в условиях интенсификации общественного производства под влиянием научно-технического прогресса (**НТП**) возможно сближение темпов роста и даже преобладающее развитие производства предметов личного потребления.

В современной системе национальных счетов (**СНС**) такая структуризация общественного продукта не нашла применения. В ней учитываются товары и услуги промежуточного и конечного потребления. На этой основе определяется ВВП как сумма валовых добавленных стоимостей (**ВДС**) по видам экономической деятельности и налогов на продукты за вычетом субсидий на продукты [8]. Именно выпуск ВВП непосредственно отвечает главной цели развития СЭС и является традиционным критерием оценки национальных экономик. Таким образом, по структуре выпуска товаров и услуг промежуточного и конечного потребления и ее динамике можно судить о развитии СЭС. Но такая оценка не дает возможность оценить качество этого процесса.

Цель статьи – установить основные структурные пропорции, значимые для развития социально-экономической системы.

С точки зрения классических теорий экономического роста (Дж. Хикс, Дж. Э. Мид, Р. Солоу) выпуск ВВП ограничивается имеющимися ресурсами (факторами производства). Основными из них являются капитал, труд и

НТП. Количественно факторы производства учитывают известные экономико-математические модели экономического роста, которые описывают взаимосвязь между ними и ВВП. Среди них особую значимость имеет НТП, поскольку качественно изменяет капитал и труд, а также содействует развитию технологического способа производства и существенным образом увеличивает рост ВВП. Например, в развитых капиталистических странах уже к концу XX века почти одна треть прироста ВВП происходила за счет НТП [1]. При этом обеспечивался не только количественный рост производства товаров и услуг конечного потребления, но и их качество. Таким образом, по структуре прироста ВВП по основным факторам производства можно оценить экстенсивно-интенсивный экономический рост.

ВВП традиционно распределяется по отраслевой структуре, что связано с группировкой товаров по критерию однородности. Очевидно, отраслевая структура ВВП характеризует экономическое развитие СЭС. В свою очередь, отраслевая структура ВВП формируется в сфере производства, но она зависит и от спроса в сфере потребления, где по сравнению со спросом на средства производства наиболее значимой структурной составляющей является конечный потребительский спрос населения. Именно производство товаров и услуг конечного потребления непосредственно отвечает главной цели развития любой макроэкономической системы. Но эти сферы общественного воспроизводства неразрывно связаны со сферами распределения и обмена. Возникает вопрос: которая из сфер общественного воспроизводства является определяющей для развития СЭС?

Исходя из необходимости удовлетворения постоянно возрастающих потребностей общества и каждого человека, можно сделать вывод о приоритетности сферы потребления, которая диалектически связана со сферой производства. По этому поводу еще К. Маркс писал, что: «… производство производит ... предмет потребления, способ потребления и побуждение к потреблению» [3], «… потребление само есть момент и условие процесса воспроизводства» [5]. Следовательно, в диалектике отношений производства и потребления определить приоритетность какой-либо сферы для развития СЭС невозможно. С точки зрения иерархической системы классификации это сферы одного уровня, а сферы распределения и обмена, которые их опосредствуют, – следующего уровня.

Тем не менее сфера обмена при определенных условиях может существенным образом влиять на экономическую динамику, что довольно убедительно доказано на практике приверженцами монетаристских концепций. Именно здесь на первое место выходит цена продукта как главного фактора сферы обмена. Поэтому современные теоретики рыночной экономики считают факторы обмена основными для развития СЭС. Они полагают, что рыночные цены через механизм конкуренции стимулируют внедрение новой техники и технологий, более рациональное использование ограниченных ресурсов и платежеспособный спрос на продукцию. Тем не менее в решении проблемы сбалансированности производства и потребления в сравнении со сферой распределения влияние сферы обмена вторично. Наиболее приоритетными с иерархической точки зрения для развития СЭС являются структурные пропорции в сфере производства, распределения и потребления, которые тесно связаны между собой.

Вполне логично, что для экономического роста необходимо увеличение потребления. Для этого потребность в произведенном продукте должна быть обеспечена соответствующими доходами общества. Рост доходов вызывает увеличение потребления. По мнению Дж.М. Кейнса, с ростом доходов увеличиваются сбережения, которые могут трансформироваться в производственные инвестиции, но только при условии удовлетворения насущных потребностей большей части общества. В случае его несоблюдения исчезают не только мотивы, но и возможность сохранять часть дохода, что, несомненно, приводит к дефициту инвестиций. Поэтому Кейнс вполне справедливо среди объективных факторов, которые влияют на потребление, определяющим считал доход общества [2]. Доход общества формируется из разных источников. Возникает вопрос: какие из источников влияют на процесс развития СЭС в наибольшей мере?

В современной науке существует два принципиально разных подхода к структуризации дохода общества – марксистская и маржиналистская концепция. Первая рассматривает его как совокупность доходов владельцев своей рабочей силы и собственников капитала, что используется в методологии национальных счетов при структуризации первичного распределения

ВВП по категориям дохода. Другая концепция рассматривает процесс структуризации дохода на рынке ресурсов, где их собственниками выступают домохозяйства. В методологии СНС такой подход применяется при структуризации совокупных ресурсов домохозяйств по видам денежных средств и доходов в натуральном виде, а также льгот и субсидий. Но такой подход «нивелирует» противоречия, значимые для развития СЭС. С точки зрения марксистской концепции между владельцами своей рабочей силы и собственниками капитала возникает основное экономическое противоречие, которое выступает главной движущей силой развития СЭС. Но владельцы собственной рабочей силы могут быть заняты или не заняты экономической деятельностью, и, вполне логично, что их соотношение имеет значение для развития СЭС. Тем не менее еще М. Туган-Барановский определял, что именно право собственников своей рабочей силы и капитала присваивать некоторую часть доходов определяет основу капиталистического хозяйства, а не распределение общества на работающие или неработающие группы [9].

С временной точки зрения существуют следующие категории владельцев собственной рабочей силы: те, которые станут наемными работниками в будущем (дети), те, что являются наемными работниками в настоящее время и те, которые утратили работоспособность (пенсионеры). Вместе они составляют самую значимую для потребительского спроса часть населения, поскольку численно собственников капитала несравнимо меньше, чем наемных работников, которые непосредственно создают общественный продукт. Именно с ростом доходов всех категорий владельцев собственной рабочей силы развивается внутренний потребительский рынок и создаются условия для роста сбережений в обществе и их трансформации в производственные инвестиции. В результате растет производство, увеличиваются доходы общества и далее процесс повторяется. Такое представление о циклической непрерывности процесса развития СЭС и его взаимосвязи со структурными элементами сфер общественного воспроизводства свойственно большинству неоклассических, неокейнсианских, институциональных концепций и имеет место в методологии СНС.

По методологии СНС структура распределения ВВП по категориям дохода содержит оплату труда наемных работников, валовую прибыль (смешанный доход) и налоги, за исключением субсидий на производство и импорт. Из них определенная часть доходов присваивается государством через систему налогообложения и дальше перераспределяется на социальные, экономические и властные потребности общества. Таким образом, распределение доходов общества проходит две стадии: первичную – распределение между наемными работниками, собственниками капитала и государством; вторичную – государственное перераспределение доходов, полученных в виде отчислений в бюджет с первичной стадии распределения.

Основными источниками формирования доходов государственного бюджета являются налоги и прочие отчисления из первичных доходов. К основным неналоговым источникам относятся доходы от государственной (коммунальной, муниципальной) собственности, которые формируются на первичной стадии распределения. Далее значительная часть доходов государственного бюджета направляется на социальные и другие текущие трансферты. Из них формируются доходы нетрудоспособной части населения и заработная плата работников властных структур. Вместе с первичным доходом они определяют доходы населения. Доходы населения и часть оставшихся доходов государства тратятся на потребление ВВП. Его структура по категориям потребления включает потребительские затраты домашних хозяйств, потребительские затраты сектора общего государственного управления, валовое накопление основного капитала и чистый экспорт [8]. Значимость этих структурных элементов потребления ВВП разная.

Росту производства содействует не только та часть доходов, которая тратится на потребление, но и другая, которая откладывается в виде сбережений и может быть использована как для потребления непроизводственных товаров в будущем, так и для производственных инвестиций в настоящем и будущем. Сбережения и затраты на потребление диалектически связаны между собой не только в статике, но и в динамике. Следует отметить, что влияние чистого экспорта на рост потребления имеет нестабильный и незначительный характер, поскольку существующая противоречивость экономических интересов разных стран решается путем поддержки относительно стабильного баланса между их экспортом и импортом на ми-

ровом рынке. В противном случае одни страны получают экономические преимущества за счет других. Кроме того, из-за чрезмерно высокой доли экспорта не развивается собственное производство отдельных товаров, которые замещаются импортной продукцией.

Структурные пропорции, которые возникают между элементами доходов и потребления ВВП, прежде всего определяют отношения собственности, поскольку являются определяющими в первичном распределении дохода в обществе. Таким образом, по структуре распределения доходов и потребления ВВП можно оценить развитие СЭС.

Все нормы и правила в сфере распределения доходов в обществе представляют собой определенные институты, а организации, посредством которых они реализуются, – соответствующие институции. В результате институты и институции, которые играют распределительную роль в процессе общественного воспроизводства, образуют институциональную систему распределения. В ней с диалектической точки зрения необходимо выделять базисную и надстроечную подсистемы. Базисную подсистему распределения образуют институты и институции собственности. Относительно нее надстроечной выступает институциональная система государственного управления, основу которой представляют институты и институции вторичного перераспределения доходов, регулирующие отношения собственности, но уже не по поводу присвоения средств производства.

Структуру базисной институциональной системы распределения доходов в обществе образуют частная и общественная собственность. Именно от их соотношения зависит величина оплаты труда наемных работников, валовой прибыли и смешанного дохода собственников капитала. Что касается налогов, то здесь на первое место выходит институциональная система государственного управления. Она позволяет государству присваивать и перераспределять часть национального дохода как на первичной, так и на вторичной стадии его распределения. В развитых странах, на которые приходится около 2/3 мирового ВВП, это составляет в среднем до 50 % национального дохода [7]. Эти институциональные системы диалектически взаимосвязаны. От них в конечном итоге зависит структуризация доходов домохозяйств, которые имеют наиболее приоритетное значение для развития СЭС и которые тратятся на потребление и сбережения, способствующие удовлетворению инвестиционного спроса, то есть экономическому росту. Таким образом, по структуре форм собственности, структуре первичного распределения доходов на стадии производства и структуре распределения доходов домохозяйств можно судить о развитии СЭС.

Между структурными элементами сферы производства, потребления и распределения существуют определенные пропорции, по которым комплексно можно судить о развитии социально-экономической системы. Основными структурными пропорциями являются соотношения между промежуточным и конечным потреблением товаров и услуг в структуре валовой добавленной стоимости; долей НТП, основного капитала и труда в структуре прироста ВВП; долей сельского хозяйства, промышленности и сферы услуг в отраслевой структуре производства ВВП; оплатой труда наемных работников, валовой прибылью и налогами за исключением субсидий на производство и импорт в структуре первичного распределения ВВП по категориям дохода; конечными потребительскими затратами, валовым накоплением капитала и чистым экспортом в структуре потребления ВВП; общественной и частной собственностью в структуре основного капитала; потреблением и сбережением в структуре доходов домохозяйств.

Очевидно, такая совокупность структурных пропорций позволяет не только оценить развитие социально-экономической системы, но и выявить закономерности и тенденции в ее развитии.

Список литературы

1. Економічна енциклопедія: У трьох томах / Редкол. : С.В. Мочерний (відп. ред.) та ін. – К. : Академія. – 2000. – Т. 1. – 864 с.
2. Кейнс, Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег / Дж.М. Кейнс : пер. с англ. – М. : Гелиос АРВ, 2002. – 352 с.
3. Маркс, К. Из рукописного наследства / К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. – 2-е изд. – М. : Политиздат. – 1964. – Т. 12. – С. 709–738.

4. Маркс, К. Капитал. Критика политической экономии. – Т. 2, кн. 2: Процесс обращения капитала / К. Маркс, Ф. Энгельс. – Соч. – 2-е изд. – М. : Политиздат. – 1961. – Т. 24. – С. 3–648.

5. Маркс, К. Теория прибавочной стоимости (IV том «Капитала») [Пролетарские противники политико-экономов, исходившие из рикардовской теории] / К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. – 2-е изд. – М. : Политиздат. – 1964. – Т. 26. – Ч. 3. – С. 245–336.

6. Мочерный, С. Модели трансформационных процессов экономики / С. Мочерный // Экономика Украины. – 2000. – № 2. – С. 13–23.

7. Рытова, Н.А. Регулируемость производственных социально-экономических противоречий / Н.А. Рытова // Глобальный научный потенциал. – 2023. – № 1(142). – С. 207–211.

8. Система национальных счетов 2008 / Европейская комиссия, Международный валютный фонд, Организация экономического сотрудничества и развития, Организация Объединенных Наций, Всемирный банк. – 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/ docs/sna2008russian.pdf.

9. Туган-Барановський М.І. Політична економія: Курс популярний. / М.І. Туган-Барановський. – К. : Наук. думка, 1994. – 262 с.

References

1. Yekonomíchna yentsiklopedíya: U tr'okh tomakh / Redkol. : S.V. Mocherniy (vídp. red.) ta ín. – K. : Akademíya. – 2000. – T. 1. – 864 s.

2. Keyns, Dzh.M. Obshchaya teoriya zanyatosti, protsenta i deneg / Dzh.M. Keyns : per. s angl. – M. : Gelios ARV, 2002. – 352 s.

3. Marks, K. Iz rukopisnogo nasledstva / K. Marks, F. Engel's. Soch. – 2-ye izd. – M. : Politizdat. – 1964. – T. 12. – S. 709–738.

4. Marks, K. Kapital. Kritika politicheskoy ekonomii. – T. 2, kn. 2: Protsess obrashcheniya kapitala / K. Marks, F. Engel's. – Soch. – 2-ye izd. – M. : Politizdat. – 1961. – T. 24. – S. 3–648.

5. Marks, K. Teoriya pribavochnoy stoimosti (IV tom «Kapitala») [Proletarskiye protivniki politiko-ekonomov, iskhodivshiye iz rikardovskoy teorii] / K. Marks, F. Engel's. Soch. – 2-ye izd. – M. : Politizdat. – 1964. – T. 26. – CH. 3. – S. 245–336.

6. Mochernyy, S. Modeli transformatsionnykh protsessov ekonomiki / S. Mochernyy // Ekonomika Ukrainy. – 2000. – № 2. – S. 13–23.

7. Rytova, N.A. Reguliruyemost' proizvodstvennykh sotsial'no-ekonomicheskikh protivorechiy / N.A. Rytova // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2023. – № 1(142). – S. 207–211.

8. Sistema natsional'nykh schetov 2008 / Yevropeyskaya komissiya, Mezhdunarodnyy valyutnyy fond, Organizatsiya ekonomicheskogo sotrudnichestva i razvitiya, Organizatsiya Ob"yedinennykh Natsiy, Vsemirnyy bank. – 2012 [Electronic resource]. – Access mode : https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/ docs/sna2008russian.pdf.

9. Tugan-Baranovs'kiy M.Í. Polítichna yekonomíya: Kurs populyarniy. / M.Í. Tugan-Baranovs'kiy. – K. : Nauk. dumka, 1994. – 262 s.

© В.Н. Беленцов, Н.А. Рытова, Н.А. Бурик, 2024

УДК 005

Д.В. ДУЩЕНКО
ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ, СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ, РАБОТАЮЩИХ НА ЦИФРОВУЮ ТРАНСФОРМАЦИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ, ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО БАНКА ДАННЫХ

Ключевые слова: алгоритмы баз данных; газовая отрасль; контроль качества сварных соединений; радиационная безопасность; управление; цифровой банк данных; цифровые технологии.

Аннотация. Целью исследования являются совершенствование процесса управления радиационной безопасностью в газовой отрасли, создание универсальных алгоритмов, работающих на цифровую трансформацию предприятия, формирование цифрового банка данных. Задачи: осуществить контроль качества сварных соединений, используя цифровую радиографию, полученные результаты систематизировать и хранить в едином месте (цифровом банке данных), прописать алгоритмы формирования цифрового банка данных, провести сравнительный анализ полученных результатов с использованием цифрового банка данных и прописанных алгоритмов и без них. Исследование построено на доказательстве гипотез: 1) способность универсальных алгоритмов определить ход цифровой трансформации предприятия; 2) способность создания базы данных как старт процесса трансформации. Методы: анализ, сравнение, наблюдение, методы актуализации, обобщения и систематизации фактов. Результатом работы является цифровой банк данных (где будут храниться снимки контроля качества сварных соединений, полученные методом цифровой радиографии), который позволит оперативно, и даже в режиме реального времени, понимать объемы проконтролированных стыков, прогнозировать ремонтные участки газопродуктопроводов, оценивать степень дефектов онлайн, опираясь на мнение ведущих специалистов компании и не только, просчитывать наличие соответствующего материала для ремонта.

Введение

В газовой отрасли все еще используют устаревшие технологии управления бизнесом. Цифровая трансформация позволит автоматизировать и ускорить рутинные процессы контроля сварных соединений, частично диверсифицирует ресурсы, соответственно, уменьшит количество просадок и повысит качество контроля. Однако внедрение в газовую отрасль цифровых технологий порождает ряд проблем в применении и взаимодействии с текущими технологиями. Управление процессами цифровизации требует дополнительных навыков работы с внедренными процессами, поиск компромиссов, решение текущих задач. При этом есть жесткое требование – выполнение плана добычи газа без учета времени на адаптацию к новым процессам, текущим несостыковкам с вновь вводимыми технологиями. Управление такими процессами требует дополнительных знаний в области не только менеджмента, но и цифровых технологий. Кроме того, необходим дополнительный контроль, особенно в первые годы внедрения цифровой трансформации на

предприятии, со стороны руководящего звена за внедрением и реализацией проекта. Пилотным проектом внедрения цифровой трансформации в управление радиационной безопасностью в газовой отрасли является внедрение алгоритмов формирования цифрового банка данных.

Почему нужна цифровая трансформация

Контроль качества сварных соединений в условиях Крайнего Севера в газовой отрасли десятилетиями осуществлялся при помощи гамма- или рентген-аппаратов, то есть воздействием направленного излучения на рентген-пленку. В результате на руки контролирующие службы получали экспонированную пленку и заключение о качестве сварного соединения. Процесс от нулевого этапа (нарезка рентген-пленки, экранов, подготовка кассет) до заключительного (проявка рентген-пленки, расшифровка снимков и выдача заключений) занимает до 4–5 часов от общего рабочего времени (8–10 часов). Отсутствует оперативность получения заключения о годности/негодности сварного соединения [2]. Кроме того, на основании полученных результатов в случае негодности сварного стыка принимается решение о проведении ремонтных работ, а значит, рабочий процесс вновь повторяется: подрядчики переваривают стык, следом дефектоскописты вновь его проверяют (по времени, как уже говорилось, не менее 4–5 часов). Если после проведения ремонта участка газопродуктопровода повторный радиографический контроль обнаруживает наличие недопустимых дефектов, значит, выдается заключение на «вырез» (ликвидацию) стыкового соединения [3], принимается управленческое решение о применении «катушки». Как видим, еще один виток рабочего процесса. Мы понимаем, что каждый сварной стык должен быть проверен методом радиографического контроля. Значит, как только завершена врезка «катушки», на место снова выезжает группа дефектоскопистов. Отсутствие оперативности в принятии решений, невозможность оценить проблему со всех сторон, затрачивание дополнительных временных, людских и технических ресурсов, а главное, вредность для здоровья [2], ведь для обнаружения дефектов швов используется рентгеновское излучение. Все это заставляет нас немедленно перейти к цифровой радиографии.

Как работает цифровая радиография

Последнее время идет активная замена пленочных технологий цифровыми. И такие обстоятельства вполне объяснимы. «Цифра» экономичнее и экологичнее. Возьмем автоматизированный комплекс цифровой радиографии. Он состоит из плоскопанельных детекторов (запоминающих пластин) и гамма-дефектоскопов. Предназначен для рентгеновского контроля сварных соединений трубопроводов (диаметр Ø 2–220 см и с радиационной толщиной до 10 см). Данный комплекс позволяет легко и быстро проводить рентгеновский контроль без участия расходных материалов и является цифровой альтернативой классической пленочной технологии [1]. Как работают плоскопанельные детекторы в газодобыче?

Передвижная отапливаемая лаборатория (ЛКК – лаборатория контроля качества) расположена на базе автомобиля «Камаз», что позволяет ей добраться на любые, в том числе и труднодоступные (строительство новых кустов газовых скважин, модульно-компрессорных установок и т.д.) участки месторождения. На месте ведутся и съемка, и обработка результатов. Как получается цифровой снимок? Плоскопанельный детектор устанавливается на тестируемый образец (определенную точку газопродуктопровода), рентгеновское излучение гамма-дефектоскопа проходит через металл и плоскопанельный детектор. Полученный снимок сразу же оцифровывается и передается на планшет дефектоскописта по беспроводной технологии на расстояние до ста метров.

В итоге что мы получаем, используя цифровую радиографию? Во-первых, снижение затрат на контроль за счет отсутствия расходных материалов, а это экономия на рентгеновской пленке, химии для проявки, оборудовании для проявки, расшифровки и хранения рентгеновских снимков. Можно забыть о таких понятиях, как логистика расходных материалов, особенно в удаленных районах Заполярья, утилизация отработанных реагентов, брак и пересветы, ремонт и обслуживание проявочной техники и т.д. Во-вторых, получение результата в режиме реального времени (а вот это действительно дорогого стоит в режиме безостановочного процесса газодобычи). Планово-профилактические остановки на газовых промыслах бывают только раз в год и длятся очень короткий период, в остальное время газовый промысел работает,

как часы, выполняя план по добыче углеводородного сырья. «Цифра» дает возможность создания электронной базы данных, где результаты полевых работ журналируются, архивируются, есть жесткая привязка к координатам, а также возможность систематизировать «цифровые» пленки вместе с экспертными заключениями, актами выполненных работ и даже нарядами-допуска. В-третьих, если не во-первых, уменьшение дозы излучения для работающего персонала.

Цифровой банк данных

Использование цифровой радиографии позволяет по-новому формировать единую информационную базу службы, которая занимается контролем качества сварных соединений. Если раньше данные хранились разрозненно на электронных и бумажных носителях, то теперь мы можем сформировать качественный цифровой банк данных. Поскольку «цифра» дает больше возможностей для работы с полученным материалом (результатами контроля сварных стыков), позволяет его накапливать, систематизировать в базы данных, интегрировать с другими системами, например, технологической, маркшейдерско-геодезической, автоматизированными системами управления технологическими процессами.

На выходе мы получаем автоматизированную систему управления данными, информация в которой обновляется ежедневно. К ней подключены все работники, отвечающие за ведение контроля качества сварных соединений, плюс заказчики, исполнители (бригады аварийно-восстановительных работ), эксперты смежных отделов, представители администрации предприятия. Основной принцип формирования системы – оперативность [4]. Его обеспечивают четкие алгоритмы ведения цифрового банка данных. Каждая заявка на контроль качества сварного соединения журналируется по определенным критериям. В момент выполнения к ней прикладываются цифровые снимки швов, после выдаются экспертное заключение и акт выполненных работ. Таким образом, оцифровывается весь рабочий процесс «в поле» и «в лаборатории». Для инженерно-технических работников, руководителей и заказчиков – это уникальная возможность отследить ход выполнения поставленных задач на каждом этапе, возможность перераспределить людские и технические ресурсы, подключить при необходимости экспертов из смежных отделов и т.д. [5].

Заключение

Процесс управления радиационной безопасностью в газовой отрасли долгое время полностью осуществлялся в «ручном» режиме без применения цифровых алгоритмов и ведения электронных баз данных, что не позволяло в кратчайшие сроки проанализировать проблематику и природу возникновения дефектных участков, увеличивало вероятность аварийности на участках газопродуктопроводах.

Цифровая трансформация открывает новые возможности в получении, сборе, анализе, систематизации и управлении данными. Внедрение цифровых алгоритмов позволит управленческому и рабочему персоналу в кратчайшие сроки, «на месте», принимать решения и выполнять поставленные задачи [5]. По нашим расчетам с момента получения заявки на контроль сварного соединения до момента принятия решения о начале эксплуатации данного участка будет уходить от двух часов (поскольку результаты контроля в единую базу данных будут заноситься «в поле» без потери времени на дополнительные переезды и бумажное оформление). Это существенный выигрыш во времени, учитывая удаленность объектов от ближайшей инфраструктуры и их разбросанность по месторождению.

Переход газовой отрасли в условиях Крайнего Севера к апробированию и применению современных методов цифровых технологий позволит принимать оперативные, структурированные, основанные на анализе баз данных управленческие решения, что в конечном итоге снизит риск аварийности, сработает на упрочение бесперебойной газодобычи предприятия.

Список литературы

1. Дущенко, Д.В. Стратегическое управление радиационной безопасностью в газовой отрасли на современном этапе технологического развития: цифровые технологии / Д.В. Дущенко // Глобальный научный потенциал. – СПб : ТМБпринт. – 2023. – № 7(148). – С. 238.

2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). – М. : Минюст РФ, 2013. – 77 с.
3. СТО Газпром 15-1.3-004-2023. – Санкт-Петербург : ВНИИГАЗ, 2023. – 211 с.
4. Шемякина, Т.Ю. Производственный менеджмент: управление качеством (в строительстве): Учебное пособие / Т.Ю. Шемякина, М.Ю. Селивохин. – М. : Альфа-М, 2017. – 160 с.
5. George G., Howard-Grenville J., Joshi A., Tihanyi L. Understanding and solving the Grandiose problems of Society through management research. Volume 59, No 6, 30 september 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://journals.aom.org/journal/amj.

References

1. Dushchenko, D.V. Strategicheskoye upravleniye radiatsionnoy bezopasnost'yu v gazovoy otrasli na sovremennom etape tekhnologicheskogo razvitiya: tsifrovyye tekhnologii / D.V. Dushchenko // Global'nyy nauchnyy potentsial. – SPb : TMBprint. – 2023. – № 7(148). – S. 238.
2. Osnovnyye sanitarnyye pravila obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti (OSPORB-99/2010). – M. : Minyust RF, 2013. – 77 s.
3. STO Gazprom 15-1.3-004-2023. – Sankt-Peterburg : VNIIGAZ, 2023. – 211 s.
4. Shemyakina, T.YU. Proizvodstvennyy menedzhment: upravleniye kachestvom (v stroitel'stve): Uchebnoye posobiye / T.YU. Shemyakina, M.YU. Selivokhin. – M. : Al'fa-M, 2017. – 160 s.
5. George G., Howard-Grenville J., Joshi A., Tihanyi L. Understanding and solving the Grandiose problems of Society through management research. Volume 59, No 6, 30 september 2016 [Electronic resource]. – Access mode : https://journals.aom.org/journal/amj.

© Д.В. Дущенко, 2024

Abstracts and Keywords

E.Yu. Bursian, A.M. Demin, O.V. Prourzin, E.V. Runev

Algorithm for Assessing the Quality of the Educational Process in Higher Education through Student Feedback

Keywords: monitoring; quality assessment; educational process; Spearman coefficient; Kendall coefficient.

Abstract. An important task for increasing the efficiency of managing the educational process in a higher educational institution is the creation of an objective system for monitoring the educational process. Practice shows that assessment of the quality of the educational process in most Russian universities is carried out mainly in two directions: testing students' knowledge and assessing the organizational activities of the university. Since such assessment does not use student feedback, important characteristics of the learning process related to student motivation and group atmosphere remain unaccounted for. We hypothesized that taking these factors into account can increase the objectivity of monitoring the educational process. The purpose of the work is to develop an algorithm for assessing the quality of the educational process in higher education based on the results of feedback from students. To achieve it, the following tasks were set and completed: an algorithm for assessing the quality of the educational process was developed, based on determining the Spearman and Kendall correlation coefficients; the algorithm was tested when analyzing feedback from students regarding their satisfaction with the educational process. The proposed algorithm can be used in the development of an automated system for monitoring the educational process.

Yu.E. Golodkov, A.V. Golodkova, M.B. Rudenko

The Influence of Uncertainty Factors on the Quality of Operation of Automatic Control Systems

Keywords: adaptive methods; modeling; uncertainty; feedback; control.

Abstract. The article discusses the problem of reducing the stability and stability of automatic control systems due to the manifestation of various uncertainties. The purpose of the study is to theoretically analyze the influence of disturbing influences that are random and unpredictable in nature on the operation of automatic control systems. The objectives of the study are identification of the main sources of uncertainties arising in control systems; identifying the most effective methods for reducing the influence of uncertainty factors. The research methods include analysis, synthesis, study and generalization of material on this topic. As a result of the study, we came to the conclusion that the most effective way to reduce the influence of uncertainty factors is to use adaptive management methods; compliance with the requirements of national standards for automated systems plays a significant role in eliminating sources of uncertainty in control systems.

T.N. Gorbunova, R.I. Bazhenov, M.B. Tumanova

An Integrated Approach to Solving the Filtration Problem

Keywords: asymptotic solution; leaching of particles; diffusion; mathematical model; porous media; suspension.

Abstract. This paper is devoted to the problem of filtering. The study examines the process of particle leaching. A mathematical model was formulated and an analytical and numerical solution was considered for the case of a nonlinear filtration function. In this case, the analytical solution was obtained in the form of an implicit function, for the solution of which the machine learning method was used, namely, a regression model of sufficient quality was built, which made it possible to obtain

an analytical solution. For the numerical solution, the finite difference method was used, which gave a sufficient level of convergence. Thus, to solve the filtering problem, a set of methods was used that made it possible to solve this problem.

L.V. Movsesova

Modeling the Atmospheric Boundary Layer in the Ansys Fluent

Keywords: atmospheric boundary layer; computational fluid dynamics; CFD modeling; vertical profiles of meteorological parameters; boundary conditions.

Abstract. A correct description of the atmospheric boundary layer (**ABL**) is important when solving a number of construction and environmental problems using computational fluid dynamics. The purpose of this article is to consider the possibility of using vertical profiles of meteorological elements obtained from another numerical model as input profiles in a CFD model. The hypothesis of the study is the assumption that the boundary conditions and model parameters ensure a horizontally homogeneous flow in the empty computational domain. Problems to be solved: steady vertical profiles are calculated by a model of a stationary horizontally inhomogeneous ABL, in which the finite difference method is used for the numerical solution. The resulting profiles are set as boundary conditions in the ANSYS Fluent model. The results show good agreement between the models in reproducing wind speed. Differences in vertical profiles of temperature and turbulence characteristics may be due to the setting of the lower boundary condition in the models. It can be concluded that for boundary conditions it is possible to use the results of the considered model along with analytical relationships.

О.А. Торшина, Е.А. Москвина, К.О. Светус

Математическое моделирование и визуализация динамики имунных реакций

Ключевые слова: компартментальная модель; математическое моделирование; пространственно-временная динамика имунных реакций; *SIR*-модель.

Аннотация. Целью работы является построение математической модели. Она используется при анализе динамики иммунных реакций. В задачи входят составление системы дифференциальных уравнений, численное решение, графическая интерпретация. Решение выполнялось с помощью численных методов. В результате построена компартментальная *SIR*-модель, описывающая динамику иммунных заболеваний. Осуществлена визуализация результатов.

K.A. Churaev, A.A. Dyda, E.A. Pankratov

Analysis of Hydrodynamic Processes in the Liquefied Natural Gas Transportation System

Keywords: liquefied natural gas; maritime infrastructure; LNG transportation system; LNG carrier.

Abstract. Currently, FSRU and LNG carriers are the most commonly used types of vessels in the world fleet. To ensure safety processes and adherence to technology, strictly control of hydrostatic pressure in pipes and tank, vapor pressure, LNG temperature are important. Also, it is important to constantly monitor pressure during sea passage and during cargo operations; to prevent exceeding the permissible pressure in tanks. The goal is to create a prototype of a mathematical model that describes the hydrodynamic processes in the cargo system of a LNG tanker. The objectives are conduct a theoretical analysis of the ship's cargo system. Depending on the type of cargo operations, different equipment with different characteristics (pumps, compressors, pipes) is used; to get a complete picture, it is necessary to analyze all parts of the cargo system. This study presents an analysis of hydrodynamic processes in the liquefied natural gas transportation system during cargo operations and during preparations to cargo operations. The theoretical analysis method and real data (collected from real LNG

carriers during sea passage and cargo operations in ports) were used to create this article. As a result of the research, part of the vessel's equipment was described by a system of differential equations, which made it possible to assess its impact on the state of the cargo (liquefied natural gas) in the system.

R.V. Shamin, A.V. Yudin

Mathematical Modeling of the Sea Surface Based on Markov Chains

Keywords: hydrodynamics of an ideal fluid; rogue waves; Markov chains; mathematical modeling.

Abstract. The sea surface is a random field described by the non-stationary hydrodynamic equations of an ideal fluid with an open surface. Although the equations of hydrodynamics are deterministic, their solutions are usually unstable. In addition, the dynamics of the sea surface are influenced by various factors considered as random, such as the effect of wind, heterogeneity and non-ideality of the liquid, as well as the nature of the bottom. Consequently, the dynamics of the sea surface can be considered as a random two-dimensional field. The goal of the research is to develop new approaches to modeling the sea surface. To do this, the study solves the problem of constructing a mathematical model based on Markov chains. The hypothesis of the study is the assumption that such a model can be used to estimate the probability of various wave field modes. The paper proposes a method for constructing a linear Markov chain and provides a physical justification for this method. It is shown that using the apparatus of Markov chains, it is possible to build effective models for studying the dynamics of surface waves in an ideal fluid. This approach is especially relevant for modeling the conditions for the occurrence of extremely large waves, the so-called rogue waves.

A.V. Shchegolev

Creating an Environment in MS Excel to Automate the Process of Building the IS-LM Macroeconomic Model in the Russian Economy in the Period 2011–2022 (1st quarter)

Keywords: macroeconomics; macroeconomic model; MS Excel; fiscal policy; Russian economy.

Abstract. The article is about to solving the problems of creating an environment in MS Excel for automating the process of building the IS-LM macroeconomic model in the Russian economy in the period 2011–2022 (I quarter). The objectives are to explore the mathematical aspects of the IS-LM model and the specifics of its application to analyze the impact of monetary and fiscal policy on the economy, to study economic crises and instability, and to present the results of the study in a structured form. The comparative analysis is used as a methodology; the construction of the IS-LM model in Excel, the Monte Carlo method is used. The mathematical aspects of the IS-LM model were investigated as it was shown that it allows speeding up the analysis process and simplifying work with the model by creating an environment for automatic calculation of the parameters of the decomposition equations of the model. Simulations of different scenarios can be useful for predicting possible changes in the economy under different conditions. The results obtained in the field of studying the automation of calculations of the IS-LM model parameters will allow specialists in the field of macroeconomics to significantly speed up the process of analyzing economic data and improve the accuracy of forecasting. Combined with sensitivity analysis and simulations of various scenarios, it can be a useful tool for researchers and practitioners in the process of making informed decisions in the field of economics.

Sh.D. Kiarimova, R.V. Gladkov

Effective Methods of Preventing Information Leakage in Modern Cybersecurity Systems

Keywords: data protection; information leakage.

Abstract. This study examines the problem of information leakage and suggests effective methods to prevent this problem. It was assumed that the use of modern technical means and a reliable cybersecurity system could successfully prevent information leakage. The purpose of the research was to study such technical means, and identify effective methods to prevent information leakage. To achieve this goal, methods of analyzing scientific articles were used, as well as a review of reports and statistics on information leaks. The results of the research can be applied to the development of security systems and data protection against unauthorized access and leakage.

Sh.D. Kiarimova, D.V. Ryabova

Cybersecurity: Trends, Threats and Effective Protection Methods

Keywords: protection of personal information; information security; cyberattack; cybersecurity.

Abstract. This article provides information on cybersecurity and related trends for 2024. It provides statistics with up-to-date data on cyber threats, as well as highlights various types of cybercrimes. In addition, the article outlines cybersecurity techniques that can be used to protect yourself in a digital environment.

S.A. Semikolennov, A.I. Vinokurov, S.V. Malakhov, D.O. Yakupov

Ternary Processors

Keywords: ternary code; ternary processor; performance; ternary number system; logic matrix; Analog Devices.

Abstract. This article examines new processor technology based on the ternary number system. Such processors use three states, instead of the usual two in a binary system, which can significantly increase productivity and energy efficiency, as well as create multi-level systems, speeding up information processing and reducing the likelihood of errors. Ternary codes make it possible to use resources more efficiently and reduce energy consumption. Writing variables using the values 0, 1, and –1 is the simplest form of ternary logic. In the field of processor design, ternary logic arrays are used, which can be explored using software packages such as og3fft. This Fourier transform signal coding technology effectively simplifies multiplication operations. One example of such processors is the ADSP-2192. Due to its features such as energy efficiency and performance, the ADSP-2192 is a good choice for mobile devices. The processor is capable of handling up to 13 interrupts simultaneously and has sets of registers to manage interrupts. It also offers various capabilities for data exchange and communication with external devices, and program development for it is possible using VisualDSP and VisualDSP++ tools.

Yu.N. Voloshin, I.A. Nogerov

Regulation of the Cooling Rate during Quenching

Keywords: aqueous solutions of salts; quenching; martensitic transformation; cooling medium; pearlite region; cooling rate; hardness; ultrasound.

Abstract. The issue of regulating the cooling rate during quenching by introducing ultrasound into the cooling medium has been studied. The possibility of increasing the cooling rate in the pearlite region using quenching media with a high content of salt components while maintaining a low cooling rate in the martensitic transformation region is shown.

Karrar Sahib Nassrullah, Haider Sahib Nasrallah, Neder Jair Mendez Florez

New Method for Addressing the Over-Fitting Problem Using Symbolic Regression – a Technique Employed in Machine Learning for Controlling Robot Motion

Keywords: machine learning; retraining; robotics; symbolic regression; motion control.

Abstract. This study casts light on the problem of retraining in the context of robot motion control using symbolic regression. The aim of the study is to develop a new method that can significantly reduce over-fitting and improve the generalizing ability of symbolic regression in robotics tasks. We offer a comprehensive approach that includes the integration of additional data processing steps and careful parameter adjustment in order to optimize the learning process. The methodology used in this work includes deeper data preprocessing, including systematic feature selection and feature augmentation, in order to effectively improve the generalizing ability of the model. The parameters for symbolic regression are optimized, including the selection of loss and regularization functions, in order to achieve a good balance between accuracy and prevention of over-fitting. The results obtained demonstrate a significant improvement in the performance and generalizing ability of the proposed method compared to traditional symbolic regression. The findings highlight the prospects of the new method in the context of robot motion control and provide a fruitful basis for its further development and integration into real robotic systems.

N.S. Kulakova, O.V. Zhukova, O.Yu. Martynova

Procedural Guidelines for the Process of Examination of Additional Professional Programs and Professional Personnel Training Programs for RPAS Development, Production and Operation

Keywords: remotely piloted aircraft systems (**RPAS**); procedural guidelines; examination; advanced training; professional training; examination of additional professional programs.

Abstract. The purpose of this article is updating the issue of quality procedural guidelines for the process of examination of additional professional programs and professional personnel training programs for development, production and operation of remotely piloted aircraft systems (**RPAS**) as highly-demanded at the modern stage of Russia development. To hold the study the methods of analysis of scientific and methodological literature by the topic of the study were used, the specialists' expert surveys in the field of RPAS, the methods of organization documents` analysis engaged in development and study programs expertise, comparative analysis of different organizations methodological materials. Peculiarities, problems and defects of the methodology to hold additional professional programs and professional personnel training programs expertise for development, production and operation of remotely piloted aircraft systems were produced. The recommendations to provide the quality of this process were elaborated.

Liao Duzhesheng, S.A. Chepinsky, Wang Jian

An Approach to Modeling Robot Behavior Based on Psychological Comfort

Keywords: comfort; human; environment; motion; robot; model.

Abstract. The purpose of the article is to review approaches to modeling robot behavior based on psychological comfort. The objectives are to describe a human comfort model based on primitive comfort reward and combined comfort reward; to review the applicability of the SFM approach to modeling robot behavior. The research methods include modeling, comparison, and abstraction. The results are as follows: in the process of the study the features of building a model for predicting the comfort of a person working in the same environment with a robot are outlined. The possibilities of using the social forces model to simulate robot behavior in unknown environments inhabited by humans

are highlighted. It is concluded that it is reasonable to apply extensions and improvements to the traditional social forces model to develop scenarios of human-robot cooperation.

E.V. Nezhdanov, M.V. Ivanchenko, L.V. Kolobova

On the Efficiency to Apply Digital Educational Content in the Process of Teaching Development, Production and Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)

Keywords: education digitalization; drone aircrafts; education in the field of RPAS; artificial intellect.

Abstract. The article is dedicated to the issues of digital educational content (**DEC**) application in the educational process. Its purpose is to substantiate the efficiency of DEC application in the process of training devoted to development, production and operation of remotely piloted aircraft systems (**RPAS**). The article defined the notion of "digital educational content" , singles out the benefits of DEC application in the educational process, in particular, the educational programs (modules) devoted to the issues of development, production and operation of remotely RPAS. The prospective DEC tools in the RPAS field training are defined, the examples of modern Russian (DEC) developments related to drone aircraft vehicles handling are drawn.

E.V. Nezhdanov, R.M. Chudinskii, D.O. Tretiakov, I.A. Ruban

Simulation Technologies and VR in the Digital Educational Content to Teach Development, Productions and Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)

Keywords: imulation; virtual reality; VR; digital technologies; artificial intellect; big data; databases; education; content; remotely piloted aircraft systems (**RPAS**); unmanned aerial vehicle (**UAV**).

Abstract. Today the application field of remotely piloted aircraft systems steadily expands, touching all kinds of industries, demanding particular attention to the system of personnel training for the drone aircrafts industry, including based on the innovation training aids. The purpose of the research held in this article is the analysis of the simulation technologies and VR, and the expedience of its application to form the digital education content aimed at teaching the development, production and operation of RPAS. The research tasks are to consider different approaches, define principle methods to use modern immersive technologies for content aimed at knowledge deepening in the field of infrastructure to define the functioning of remotely piloted aircraft systems, study the structure of unmanned vehicles, their development and design, manufacture of components, as well as acquisition of basic practical skills in this context. The research hypothesis is as follows: the application of simulation technologies and VR in the digital content will provide the increase of efficiency in training of specialists in the field of development, production and operation of remotely piloted aircraft systems. The research methods include the analysis of scientific and practical publications related to the topic of simulation technologies and VR in training of remotely piloted aircraft systems specialists. The article grounds the significance to apply simulation technologies and VR in the digital content for acquisition of necessary competences of future specialists in the field of development, production and operation of remotely piloted aircraft systems.

N.Yu. Surova, A.A. Beloglazov, N.A. Bulaeva, T.V. Zaraiskaya

Expert Competence for Examination of Additional Professional Personnel Training Programs for Development, Production and Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)

Keywords: expert; expertise; additional professional personnel; program; personnel training;

personnel; remotely piloted aircraft systems (**RPAS**); unmanned aerial vehicle (**UAV**).

Abstract. In conditions when the remotely piloted aircraft systems become more and more popular, and the field of their application extends time after time offering the new opportunities, the necessity to grow remotely piloted aircraft systems human resources gains ground. The purpose of this article is to determine the expert competences to evaluate the relevance, quality, meaningfulness and adequacy of additional professional programs to train qualified personnel for different student categories (teachers, specialists of allied industries). The tasks of the article are to single out the quality features that will allow to explicitly define the expert competences. The hypothesis is as follows: the additional professional personnel training program experts for development, production and operation of RPAS will have the academic training in the field of information technologies, aircraft robotics and remotely piloted aircraft systems, to have expert experience and practice in the field of civil (war) or drone aircraft. The modern methods to hold scientific research were used in the process of the article materials preparation, including the analysis, systematization, comparative survey and other general-logic methods. The list of detectors and criteria the set of which defines the competences of the additional professional personnel training program experts for development, production and operation of RPAS has been made.

N.Yu. Surova, N.M. Shadrina, O.N. Kroer

On the Relevance of the Expert Evaluation of Additional Professional Programs and Personnel Training Programs for Development, Productions and Operation of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)

Keywords: additional professional programs; professional training programs; expert evaluation; remotely piloted aircraft systems (**RPAS**); personnel for RPAS.

Abstract. The purpose of the article is the substantiation of the relevance to hold examination of the additional professional programs and professional training programs for development, production and operation of RPAS developed within the framework of “Personnel for remotely piloted aircraft systems (**RPAS**)”. The paper substantiates the necessity of expert evaluation of developed and applied additional professional programs and personnel training programs for RPAS field. The methods and analysis and synthesis defined the requirements to comply with for these educational programs (modules).

G.F. Babyuk

Overcoming Negative Factors in Hydraulic Fracturing of Rosneft JSC inder Sanctions

Keywords: efficiency; development; new technologies; equipment; hydraulic fracturing; sanctions conditions.

Abstract. The main purpose of the paper is the introduction of new technologies, equipment, techniques for further high-quality work in hydraulic fracturing (hydraulic fracturing) the oil and gas industry during the period of unprecedented sanctions. The tasks are to investigate the Russian oil industry during the sanctions period with new suppliers and their chains; to analyze the modernization of Russian methods and techniques of hydraulic fracturing; to draw conclusions about our success factors. The research methods include analysis, modeling and design. The article discusses the application of the latest technologies and developments in the field of hydraulic fracturing. The examples of specific applications in Rosneft JSC under sanctions are given. Emerging problems with the introduction of innovations and prospects for the development of the oil and gas industry are discussed; ways to solve them in the "new conditions" are proposed.

A.V. Lutyanov

The Phenomenon of Hydrodynamic Wedge in the Operation of Devices with Aerostatic Supports

Keywords: gas lubrication; devices with aerostatic supports; modeling of the boring process; compressibility; lubricating layer; hydrodynamic wedge.

Abstract. The issues of modeling the movement of compressed air in the lubrication gap discussed in the article made it possible to establish the boundaries of the differences in the diameters of the boring bar of a device with aerostatic supports and to prove that such differences are undesirable, since pressure differences lead to failure in the operating mode. The task of the article was to determine how much the theory of a hydrodynamic wedge can be used with a higher degree of probability to simulate the operation of a gas smear in narrow gaps at high pressure. The conducted studies have confirmed that the gas dynamic wedge corresponds to the basics of compressed air operation in supports.

T.G. Oreshenko, I.V. Nazarov, S.A. Krivolutsky, S.I. Kulagina

Creation of a Digital Sensor System for Monitoring the Pre-Failure Status with the GPRS Module

Keywords: digital sensor system; pre-failure monitoring; GPRS module; wireless data transmission; algorithms for data processing and issuing warnings.

Abstract. Currently, an urgent task is to improve the reliability and safety of various technical facilities, such as industrial equipment, vehicles. To do this, it is necessary to detect and prevent possible malfunctions and accidents in a timely manner, which can lead to serious consequences. One of the ways to solve this problem is to create and use digital sensor systems that are able to collect, transmit and analyze data on the state of objects and issue warnings about potential problems.

The purpose of the study is to develop and research a digital sensor system for monitoring the pre-failure status with a GPRS module. This system allows you to remotely monitor objects located in different locations and transmit data wirelessly using GPRS technology. In addition, the system is able to determine the pre-failure state of objects based on data processing algorithms and issue appropriate signals and recommendations.

To achieve this goal, the following tasks are set in the article: to develop the structure and principle of operation of the proposed system, including the selection and characteristics of sensors, methods of data transmission and processing, algorithms for determining the pre-failure status and issuing warnings; to verify experimentally the effectiveness and reliability of the system at various facilities and conditions; to analyze the results obtained, to discuss possible problems and limitations of the system, to suggest ways to solve and improve them.

The digital sensor system for monitoring the pre-failure status with the GPRS module provides higher efficiency and reliability of monitoring technical objects than other existing systems.

T.G. Oreshenko, I.V. Nazarov, S.A. Krivolutsky, S.I. Kulagina

Technology of Manufacturing and Testing of Composite Material with Variable Resistance

Keywords: composite materials; nanotubes; tests; variable resistance.

Abstract. This article discusses the development and research of a composite material (**CM**), which can change its resistance depending on tension (compression). Such material can be used to create sensors, switches, memory and other devices. One way to obtain a material with variable resistance is to add nanotubes to a polymer matrix, for example, silicone. The combination of nanotubes and silicone makes it possible to obtain composites with different properties, depending on the type, number and distribution of nanotubes in the matrix. The aim is to develop a technology for manufacturing

and controlling a composite material with variable resistance. The article presents the results of experiments on the manufacture and control of composite material, as well as analyzes its advantages and disadvantages. To achieve this goal, the following tasks are set in the article: to development of CM manufacturing technology; to conduct experimental studies of the properties and characteristics of CM, evaluating its effectiveness and reliability; to analyze the results and summing up.

It is concluded that CM can be used as a deformation measurement sensor in aggressive environments such as outer space. With the help of such a sensor, it is possible to record the opening and closing of the spacecraft modules. Due to the properties of the CM to corrosion resistance and the low influence of ultraviolet radiation, such a sensor can be used on satellites for various physical deformations.

A.A. Saraev, I.D. Sidelnikov, A.E. Brom, L.G. Amirkhanyan

Formation of Models to Organize Service Maintenance of Complex Equipment Based on Morphological Analysis

Keywords: service; morphological analysis; service contracts; choosing the best alternative; complex technology.

Abstract. In modern conditions of intensive operation of complex equipment, the transition to new alternative service models that meet the challenges of our time becomes relevant. Problems in this area indicate the relevance and need to create a universal tool for searching for alternative solutions for organizing service, which could help quickly change the parameters of service contracts to meet the challenges of our time. The article proposes the creation of a new approach to the formation of service models for complex equipment based on the method of morphological analysis. To evaluate and select the best model that corresponds to the specifics of operation and purpose of the equipment, the authors propose a two-level linear convolution of criteria. The proposed approach was tested to create alternative options for organizing service for a large fleet of locomotives.

T.A. Burganova, D.R. Fakhreeva, N.N. Fakhreev

Functions of Biometric Documents as an Element of Quality of Management Activities

Keywords: biometric document; functions of a biometric document; quality of management activities.

Abstract. The purpose of this article is to conduct a functional analysis of biometric documents. The objectives of this article are to study the classification of documents; to identify functions inherent in biometric documents; to determine the influence of the functions of biometric documents on the quality of management activities. The research hypothesis is that the functions of a biometric document influence the quality of management activities. To conduct a functional analysis of biometric documents, comparative analysis and the content analysis method were used. As a result of this research, the functions of a biometric document were identified and developed. It was concluded that the correct use of the functions of biometric documents will improve the quality of management activities.

P.S. Zaitsev

The Methodology of Automatic Search and Updating of the Database of Technological Parameters to Ensure the Quality of Electronics in the Context of Import Substitution

Keywords: automation; parsing; technological preparation; electronic component base; python.

Abstract. The algorithm and software implementation of the automatic search for technological parameters of the Internet using the parsing of world ECB catalogs are considered. The purpose of the

study is to reduce the time and improve the quality of the analysis of the electronic component base of the product. The hypothesis of the study is that the use of automatic search for technological parameters of the ECB will reduce the analysis time and improve the quality of the operation. The research methods are DFM analysis, programming in Python. The results of the study are as follows: reducing the time and improving the quality of the analysis of the ECB of the project.

A.V. Oskolchenko, A.N. Kuzyashev, Yu.Ya. Rakhmatullin

Current Trends in the Effective Use and Financing of Municipal Property

Keywords: municipal formation; municipal property; efficiency; financing; rent; information technology.

Abstract. The purpose and objectives of the study are to compare current trends in effective use and financing, as well as to develop directions for improving the management system of municipal property. The following results were obtained: the legal and economic foundations of the management and disposal of municipal property were investigated; trends in the effective use and financing of municipal property were identified; the composition and features of municipal property management were studied. The methodological basis of the research is the general scientific methods of scientific research.

O.E. Pirogova, M.S. Pirogov, Yu.A. Khoziainova

Identifying and Minimizing Risks for Service Enterprises (through the Example of the Hospitality Industry)

Keywords: hotel; risks; minimization; hotel business; services; factors.

Abstract. The hotel business plays an important role in ensuring the development of tourism, as well as increasing employment. One of the most popular categories of hotels is three-star hotels, which are optimal for most travelers, having the necessary range of services to meet the needs of all guests. At the same time, internal and external risks in the activities of hotels should be taken into account and measures should be taken to minimize them. The purpose of the study is to identify and identify the risks of three-star hotels in St. Petersburg in order to minimize them. The research methods are analysis, description, and classification. The study concluded that three star hotels should always consider, identify risks and develop measures to minimize risk factors in order to have a place in the hospitality industry market.

N.G. Tyan

Analysis of Enterprises of Technical Maintenance and Repair of Special Equipment in the Khabarovsk Territory under Sanctions

Keywords: enterprise; economic sanctions; sanctions policy; threats; opportunities; SWOT-analysis.

Abstract. The purpose of the study is to identify and correlate the limitations and opportunities, strengths and weaknesses of enterprises for the maintenance and repair of special equipment in the Khabarovsk Territory under sanctions. The main opportunity in the SWOT analysis matrix for enterprises engaged in the repair and maintenance of special equipment in the Khabarovsk Territory is the sanctions policy towards the Russian Federation, which contributes to the demand for these services. The article proposes a SWOT analysis based on which enterprises can make changes to the strategy, taking into account the sanctions policy towards the Russian Federation.

F.V. Motorin, G.A. Goncharov

Professional Training and Advanced Training of Employees as an Important Component of the Enterprise Strategy

Keywords: vocational education; strategic aspects; sustainable development model; professional training; qualifications.

Abstract. In modern business conditions, one of the main problems faced by enterprises in any industry (high-tech, mining, etc.) is the lack of qualified personnel. The purpose of the study is to analyze the influence of employee qualifications on the strategic decisions of enterprises. The research hypothesis lies in determination of quantitative strategic indicators of companies as a result of investing in personnel qualifications. The research was based on official statistical data and research by scientists using general scientific methods. The research objectives are to analyze the state of the vocational education market, determining the impact of qualification levels on the strategic results of companies' production activities and drawing conclusions. The results are as follows: an overview of the market for additional professional education is provided. The strategic aspects of the development of enterprise employees have been identified. The areas of professional training and advanced training are considered.

N.J. Mukambaev, A.A. Sayakbaeva, I.B. Mukambaeva, B.M. Nazarmatova

A Study of Natural Population Decline in Kyrgyzstan in Modern Conditions

Keywords: crude mortality rate; type of disease; exogenous factor; time series; multiple regression; collinearity; elasticity.

Abstract. The purpose of this work is to identify the most significant factors influencing the behavior of the overall mortality rate in Kyrgyzstan and determine the level of their impact. To carry out this assessment, we will use linear multiple regression, which, after removing multicollinearity, allows us to create an adequate model that provides an almost functional relationship between the resulting indicator and the factors affecting it. Our study showed that the overall mortality rate is most strongly influenced by such a factor as the number of doctors per 1 000 inhabitants, the second most important factor is state budget expenditures on environmental protection.

V.N. Belentsov, N.A. Rytova, N.A. Burik

Basic Structural Proportions in the Socio-Economic System

Keywords: socio-economic system; development; structure; proportions; production; consumption; distribution; savings; property; household.

Abstract. The purpose of the article is to establish the basic structural proportions that are significant for the development of the socio-economic system. The research objectives are to determine the essence and types of socio-economic structural proportions; determine a set of structural proportions that will allow us to assess the development of the socio-economic system. The research methods include analysis, synthesis, and generalization. The results are as follows: it has been established that the most significant for the development of the socio-economic system are the proportions between public and private property, goods and services of intermediate and final consumption, factors of production, household consumption and savings, as well as in the structure of income distribution at the production stage and structure GDP consumption.

D.V. Dushchenko

Improving the Radiation Safety Management Process in the Gas Industry, Creating Universal Algorithms That Work for the Digital Transformation of the Enterprise Creating a Digital Data Bank

Keywords: digital data bank; database algorithms; digital technologies; gas industry; quality control of welded joints; radiation safety; management.

Abstract. The purpose of the study is to improve the radiation safety management process in the gas industry, create universal algorithms that work for the digital transformation of the enterprise, and form a digital data bank. The tasks are to carry out quality control of welded joints using digital radiography, to systematize and store the results in a single place (digital data bank), to develop algorithms for forming a digital data bank, conduct a comparative analysis of the results obtained using a digital data bank and prescribed algorithms and without them.

The study is based on the proof of hypotheses: (1) the ability of universal algorithms to determine the course of the digital transformation of an enterprise; (2) the ability to create a database as the start of the transformation process. The research methods include analysis, comparison, observation, methods of updating, generalization and systematization of facts. The result of the work is a digital data bank (where images of quality control of welded joints obtained by digital radiography will be stored), which will allow you to quickly, and even in real time, understand the volumes of controlled joints, predict repair sections of gas pipelines, assess the degree of defects online, based on the opinion of leading specialists of the company and not only, calculate the presence of appropriate repair material.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
List of Authors

Е.Ю. БУРСИАН
кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург
E-mail: bursianeu@mail.ru

E.YU. BURSIAN
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Higher Mathematics, St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, St. Petersburg
E-mail: bursianeu@mail.ru

А.М. ДЕМИН
кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики Севастопольского государственного университета, г. Севастополь
E-mail: ad2271@ya.ru

A.M. DEMIN
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Higher Mathematics, Sevastopol State University, Sevastopol
E-mail: ad2271@ya.ru

О.В. ПРОУРЗИН
кандидат технических наук, доцент кафедры информационных и вычислительных систем Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург
E-mail: pvo777@yandex.ru

O.V. PROURZIN
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information and Computing Systems, St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, St. Petersburg
E-mail: pvo777@yandex.ru

Е.В. РУНЕВ
старший преподаватель кафедры высшей математики Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург
E-mail: jr_2010@mail.ru

E.V. RUNEV
Senior Lecturer, Department of Higher Mathematics, St. Petersburg State Transport University of Emperor Alexander I, St. Petersburg
E-mail: jr_2010@mail.ru

Ю.Э. ГОЛОДКОВ
кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и управления Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск
E-mail: yrg27@mail.ru

YU.E. GOLODKOV
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Automation and Control, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk
E-mail: yrg27@mail.ru

А.В. ГОЛОДКОВА
старший преподаватель кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды имени С.Б. Леонова Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск
E-mail: alex17-27@mail.ru

A.V. GOLODKOVA
Senior Lecturer, Department of Mineral Processing and Environmental Protection named after S.B. Leonov Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk
E-mail: alex17-27@mail.ru

М.Б. РУДЕНКО
кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры информационных технологий Восточно-Сибирского института МВД России, г. Иркутск
E-mail: rudenko@inbox.ru

M.B. RUDENKO
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Professor, Department of Information Technologies of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Irkutsk
E-mail: rudenko@inbox.ru

Т.Н. ГОРБУНОВА
кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и прикладной математики Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва
E-mail: tngorbunova@yandex.ru

T.N. GORBUNOVA
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Informatics and Applied Mathematics, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow
E-mail: tngorbunova@yandex.ru

Р.И. БАЖЕНОВ
кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем, математики и правовой информатики Приамурского государственного университета имени Шолом-Алейхема, г. Биробиджан
E-mail: r-i-bazhenov@yandex.ru

R.I. BAZHENOV
Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Head of Department of Information Systems, Mathematics and Legal Informatics, Sholom Aleichem Priamur State University, Birobidzhan
E-mail: r-i-bazhenov@yandex.ru

М.Б. ТУМАНОВА
кандидат педагогических наук, доцент кафедры математического обеспечения и стандартизации информационных технологий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва
E-mail: tumanova-marina@yandex.ru

M.B. TUMANOVA
Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Software and Standardization of Information Technologies MIREA – Russian Technological University, Moscow
E-mail: tumanova-marina@yandex.ru

Л.В. МОВСЕСОВА
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, г. Санкт-Петербург
E-mail: movse@lan.spbgasu.ru

L.V. MOVSESOVA
Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Computer Science, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg
E-mail: movse@lan.spbgasu.ru

О.А. ТОРШИНА
кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики Магнитогорского государственного технического университета имени Г.И. Носова, г. Магнитогорск
E-mail: olganica@mail.ru

O.A. TORSHINA
Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Informatics, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk
E-mail: olganica@mail.ru

Е.А. МОСКВИНА
кандидат педагогических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики Магнитогорского государственного технического университета имени Г.И. Носова, г. Магнитогорск
E-mail: e.moskvina-magtu@mail.ru

E.A. MOSKVINA
Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Informatics, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk
E-mail: e.moskvina-magtu@mail.ru

К.О. СВЕТУС
ассистент кафедры прикладной математики и информатики Магнитогорского государственного технического университета имени Г.И. Носова, г. Магнитогорск
E-mail: krisstyushac@mail.ru

K.O. SVETUS
Assistant Lecturer, Department of Applied Mathematics and Informatics, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk
E-mail: krisstyushak@mail.ru

К.А. ЧУРАЕВ
аспирант Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток
E-mail: kchuraev@mail.ru

K.A. CHURAEV
postgraduate student, Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok
E-mail: kchuraev@mail.ru

А.А. ДЫДА
доктор технических наук, профессор кафедры автоматических и информационных систем Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток
E-mail: kchuraev@mail.ru

A.A. DYDA
Doctor of Engineering, Professor of the Department of Automatic and Information Systems of the Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok
E-mail: kchuraev@mail.ru

Е.А. ПАКРАТОВ
аспирант Морского государственного университета имени адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток
E-mail: Gresd@mail.ru

E.A. PANKRATOV
postgraduate student of the Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok
E-mail: Gresd@mail.ru

Р.В. ШАМИН
доктор физико-математических наук, профессор кафедры индустриального программирования МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва
E-mail: shamin@mirea.ru

R.V. SHAMIN
Doctor of Physics and Mathematics s, Professor, Department of Industrial Programming MIREA – Russian Technological University, Moscow
E-mail: shamin@mirea.ru

А.В. ЮДИН
доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры индустриального программирования МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва
E-mail: yudin_a@mirea.ru

A.V. YUDIN
Doctor of Economics, Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Department of Industrial Programming MIREA – Russian Technological University, Moscow
E-mail: yudin_a@mirea.ru

А.В. ЩЕГОЛЕВ
начальник производства АО «НПЦ «АСПЕКТ», аспирант Университета «Дубна», г. Дубна
E-mail: alexeyschcegolev@yandex.ru

A.V. SHCHEGOLEV
Head of production, JSC "NPC "ASPEKT", postgraduate student, University "Dubna", Dubna
E-mail: alexeyschcegolev@yandex.ru

Ш.Д. КЯРИМОВА
ассистент кафедры информационных экономических систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
E-mail: kyarimovasefeq@mail.ru

SH.D. KIARIMOVA
Assistant Lecturer, Department of Information Economic Systems, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk
E-mail: kyarimovasefeq@mail.ru

Р.В. ГЛАДКОВ
студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
E-mail: roman.gladkov.2004@mail.ru

R.V. GLADKOV
student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk
E-mail: roman.gladkov.2004@mail.ru

Д.В. РЯБОВА
студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
E-mail: dianarbv175@gmail.com

D.V. RYABOVA
student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,, Krasnoyarsk
E-mail: dianarbv175@gmail.com

С.А. СЕМИКОЛЕННОВ
студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара
E-mail: dracon2811s@yandex.ru

S.A. SEMIKOLENNOV
student, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara
E-mail: dracon2811s@yandex.ru

А.И. ВИНОКУРОВ
студент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара
E-mail: Vinokurov.200227@gmail.com

A.I. VINOKUROV
student, Volga State University of Telecommunications and Informatics, Samara
E-mail: Vinokurov.200227@gmail.com

С.В. МАЛАХОВ
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры программного обеспечения и управления в технических системах Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара
E-mail: s.malakhov@psuti.ru

S.V. MALAKHOV
Candidate of Science (Engineering), Senior Lecturer, Department of Software and Management in Technical Systems, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara
E-mail: s.malakhov@psuti.ru

Д.О. ЯКУПОВ
преподаватель, ассистент кафедры программной инженерии Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, г. Самара
E-mail: d.yakupov@psuti.ru

D.O. YAKUPOV
Assistant Lecturer, Department of Management in Technical Systems, Volga Region State University of Telecommunications and Informatics, Samara
E-mail: d.yakupov@psuti.ru

Ю.Н. ВОЛОШИН
кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования автоматизированного производства Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик
E-mail: til4949@mail.ru

YU.N. VOLOSHIN
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technology and Equipment for Automated Production, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik
E-mail: til4949@mail.ru

И.А. НОГЕРОВ
старший преподаватель кафедры мехатроники и робототехники Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Бербекова, г. Нальчик
E-mail: nogerov ibragim@mail.ru

I.A. NOGEROV
Senior Lecturer, Department of Mechatronics and Robotics, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik
E-mail: nogerov ibragim@mail.ru

ЖАВУШ КАРРАР САХИБ НАССРУЛЛА
аспирант Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва
E-mail: almousawi_karrar@uokerbala.edu.iq

JAWUSH KARRAR SAHIB NASSRULLAH
postgraduate student, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University, Moscow
E-mail: almousawi_karrar@uokerbala.edu.iq

ЧАВУШ ХАЙДЕР САХИБ НАСРАЛЛА аспирант Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва **E-mail:** hayder719@gmail.com	**CHAVUSH HAIDER SAHIB NASRALLAH** postgraduate student, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow **E-mail:** hayder719@gmail.com
МЕНДЕС ФЛОРЕС НЕДЕР ХАИР аспирант Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва **E-mail:** nederjair@gmail.com	**NEDER JAIR MENDEZ FLOREZ** postgraduate student, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow **E-mail:** nederjair@gmail.com
Н.С. КУЛАКОВА аналитик ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**N.S. KULAKOVA** Analyst, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
О.В. ЖУКОВА ведущий аналитик ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**O.V. ZHUKOVA** Leading Analyst, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
О.Ю. МАРТЫНОВА менеджер проектов ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**O.YU. MARTYNOVA** Project Manager, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
ЛЯО ДУЧЖЭШЭН аспирант кафедры систем управления и информатики Национального исследовательского университета ИТМО, г. Санкт-Петербург **E-mail:** ldzs2015@gmail.com	**LIAO DUZHESHENG** postgraduate student, Department of Control Systems and Informatics, National Research University ITMO, St. Petersburg **E-mail:** ldzs2015@gmail.com
С.А. ЧЕПИНСКИЙ кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информатики Национального исследовательского университета ИТМО, г. Санкт-Петербург **E-mail:** schepinskiy@itmo.ru	**S.A. CHEPINSKY** Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Control Systems and Informatics, National Research University ITMO, St. Petersburg E-mail: schepinskiy@itmo.ru
ВАН ЦЗЯНЬ кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информатики Национального исследовательского университета ИТМО, г. Санкт-Петербург **E-mail:** wangjian@itmo.ru	**WANG JIAN** Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Control Systems and Informatics, National Research University ITMO, St. Petersburg **E-mail:** wangjian@itmo.ru
Е.В. НЕЖДАНОВ генеральный директор ООО «1Т», г. Москва **E-mail:** mail@1t.ru	**E.V. NEZHDANOV** General Director, 1T LLC, Moscow **E-mail:** mail@1t.ru
М.В. ИВАНЧЕНКО старший преподаватель ООО «1Т», г. Москва **E-mail:** mail@1t.ru	**M.V. IVANCHENKO** senior teacher, 1T LLC, Moscow **E-mail:** mail@1t.ru

Л.В. КОЛОБОВА преподаватель ООО «1Т», г. Москва **E-mail:** mail@1t.ru	**L.V. KOLOBOVA** teacher, 1T LLC, Moscow **E-mail:** mail@1t.ru
Р.М. ЧУДИНСКИЙ ведущий преподаватель ООО «1Т», г. Москва **E-mail:** mail@1t.ru	**R.M. CHUDINSKII** leading teacher, 1T LLC, Moscow **E-mail:** mail@1t.ru
Д.О. ТРЕТЬЯКОВ преподаватель ООО «1Т», г. Москва **E-mail:** mail@1t.ru	**D.O. TRETIAKOV** teacher, 1T LLC, Moscow **E-mail:** mail@1t.ru
И.В. РУБАН старший преподаватель ООО «1Т», г. Москва **E-mail:** mail@1t.ru	**I.V. RUBAN** senior teacher, 1T LLC, Moscow **E-mail:** mail@1t.ru
Н.Ю. СУРОВА кандидат экономических наук, доцент ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**N.YU. SUROVA** Candidate of Science (Economics), Associate Professor, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
А.А. БЕЛОГЛАЗОВ ведущий аналитик ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**A.A. BELOGLAZOV** Leading Analyst, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
Н.А. БУЛАЕВА ведущий аналитик ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**N.A. BULAEVA** Leading Analyst, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
Т.В. ЗАРАЙСКАЯ менеджер проектов ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**T.V. ZARAYSKAYA** Project Manager, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
Н.М. ШАДРИНА менеджер проектов ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**N.M. SHADRINA** Project Manager, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
Н.А. ИВАНОВА аналитик ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**N.A. IVANOVA** Analyst, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
О.Н. КРОЕР экономист ООО «Академия «СЭТ», г. Москва **E-mail:** info@cgset.ru	**O.N. KROER** economist, SET Academy LLC, Moscow **E-mail:** info@cgset.ru
Г.Ф. БАБЮК старший преподаватель кафедры нефтегазового дела Тюменского индустриального университета, г. Тюмень **E-mail:** galina.babyuk@mail.ru	**G.F. BABYUK** Senior Lecturer, Department of Oil and Gas Engineering, Tyumen Industrial University, Tyumen **E-mail:** galina.babyuk@mail.ru

А.В. ЛУТЬЯНОВ
кандидат технических наук, доцент кафедры цифровых и аддитивных технологий МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва
E-mail: alou99@mail.ru

A.V. LUTYANOV
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Digital and Additive Technologies MIREA – Russian Technological University, Moscow
E-mail: alou99@mail.ru

Т.Г. ОРЕШЕНКО
кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
E-mail: veisver@mail.ru

T.G. ORESHENKO
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Automatic Control Systems, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,, Krasnoyarsk
E-mail: veisver@mail.ru

И.В. НАЗАРОВ
студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
E-mail: nazarov12000@mail.ru

I.V. NAZAROV
student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk
E-mail: nazarov12000@mail.ru

С.А. КРИВОЛУЦКИЙ
студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
E-mail: nazarov12000@mail.ru

S.A. KRIVOLUTSKY
student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk
E-mail: nazarov12000@mail.ru

С.И. КУЛАГИНА
студент Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
E-mail: nazarov12000@mail.ru

S.I. KULAGINA
student, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,, Krasnoyarsk
E-mail: nazarov12000@mail.ru

А.А. САРАЕВ
магистрант Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва
E-mail: saraevaa@bmstu.ru

A.A. SARAEV
master's student, Bauman Moscow State Technical University (national research university), Moscow
E-mail: saraevaa@bmstu.ru

И.Д. СИДЕЛЬНИКОВ
кандидат технических наук, кандидат экономических наук, доцент кафедры промышленной логистики Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва
E-mail: sid@bmstu.ru

I.D. SIDELNIKOV
Candidate of Science (Engineering), Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Industrial Logistics, Bauman Moscow State Technical University (national research university), Moscow
E-mail: sid@bmstu.ru

А.Е. БРОМ
доктор технических наук, профессор кафедры промышленной логистики Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва
E-mail: allabrom@bmstu.ru

A.E. BROM
Doctor of Engineering, Professor, Department of Industrial Logistics, Bauman Moscow State Technical University (national research university), Moscow
E-mail: allabrom@bmstu.ru

Л.Г. АМИРХАНЯН
магистрант Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва
E-mail: amirkhanyan.l@bmstu.ru

L.G. AMIRKHANYAN
master's student, Bauman Moscow State Technical University (national research university), Moscow
E-mail: amirkhanyan.l@bmstu.ru

Т.А. БУРГАНОВА
кандидат социологических наук, доцент кафедры менеджмента Казанского государственного энергетического университета, г. Казань
E-mail: tburganova@yandex.ru

T.A. BURGANOVA
Candidate of Science (Sociology), Associate Professor, Department of Management, Kazan State Energy University, Kazan
E-mail: tburganova@yandex.ru

Д.Р. ФАХРЕЕВА
кандидат педагогических наук, доцент кафедры технологического предпринимательства Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань
E-mail: Diliara17_91@mail.ru

D.R. FAKHREEVA
Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Technological Entrepreneurship, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan
E-mail: Diliara17_91@mail.ru

Н.Н. ФАХРЕЕВ
старший преподаватель кафедры инженерной экологии и безопасности труда Казанского государственного энергетического университета, г. Казань
E-mail: fakhreevnn@mail.ru

N.N. FAKHREEV
Senior Lecturer, Department of Environmental Engineering and Occupational Safety, Kazan State Energy University, Kazan
E-mail: fakhreevnn@mail.ru

А.Д. ГЕОРГИЕВСКИЙ
аспирант МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва
E-mail: ausey@bk.ru

A.D. GEORGIEVSKY
postgraduate student, MIREA – Russian Technological University, Moscow
E-mail: ausey@bk.ru

Ю.Ю. ЧЕРЕМУХИНА
кандидат технических наук, доцент кафедры электроники МИРЭА – Московского технологического университета, г. Москва
E-mail: cheremukhina@mirea.ru

YU.YU. CHEREMUKHINA
Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Electronics MIREA – Moscow Technological University, Moscow
E-mail: cheremukhina@mirea.ru

П.С. ЗАЙЦЕВ
аспирант Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург
E-mail: wwwpeter98@list.ru

P.S. ZAITSEV
Postgraduate student, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg
E-mail: wwwpeter98@list.ru

А.В. ОСКОЛЬЧЕНКО
магистрант Российского нового университета, г. Москва
E-mail: oskolchenko.sasha@yandex.ru

A.V. OSKOLCHENKO
master's student, Russian New University, Moscow
E-mail: oskolchenko.sasha@yandex.ru

А.Н. КУЗЯШЕВ
кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления Российского нового университета, г. Москва
E-mail: azatkuz6565@mail.ru

A.N. KUZYASHEV
Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of State and Municipal Administration of the Russian New University, Moscow
E-mail: azatkuz6565@mail.ru

Ю.Я. РАХМАТУЛЛИН
кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-статистики Московского финансово-промышленного университета «Синергия», г. Москва
E-mail: ulaj-@mail.ru

YU.YA. RAKHMATULLIN
Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Business Statistics, Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Moscow
E-mail: ulaj-@mail.ru

О.Е. ПИРОГОВА
доктор экономических наук, профессор Высшей школы сервиса и торговли Института промышленного менеджмента, экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург
E-mail: kafedra17@rambler.ru

O.E. PIROGOVA
Doctor of Economics, Professor, Higher School of Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg
E-mail: kafedra17@rambler.ru

М.С. ПИРОГОВ
студент Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург
E-mail: mikhan007@myramble.ru

M.S. PIROGOV
student, Baltic State Technical University "VOENMECH" named after D.F. Ustinov, St. Petersburg
E-mail: mikhan007@myramble.ru

Ю.А. ХОЗЯЙНОВА
магистрант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург
E-mail: uliya28.10@yandex.ru

YU.A. KHOZYAYNOVA
master's student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg
E-mail: uliya28.10@yandex.ru

Н.Г. ТЯН
старший преподаватель кафедры финансов, кредита и бухгалтерского учета Тихоокеанского государственного университета, г. Хабаровск
E-mail: 003743@pnu.edu.ru

N.G. TYAN
Senior Lecturer, Department of Finance, Credit and Accounting, Pacific State University, Khabarovsk
E-mail: 003743@pnu.edu.ru

Ф.В. МОТОРИН
аспирант Санкт-Петербургского государственного университета профсоюзов, г. Санкт-Петербург
E-mail: Motorinfv@mail.ru

F.V. MOTORIN
Postgraduate Student, St. Petersburg State University of Trade Unions, St. Petersburg
E-mail: Motorinfv@mail.ru

Г.А. ГОНЧАРОВ
доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики и управления Санкт-Петербургского государственного университета профсоюзов, г. Санкт-Петербург
E-mail: Motorinfv@mail.ru

G.A. GONCHAROV
Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Economics and Management of the St. Petersburg State University of Trade Unions, St. Petersburg
E-mail: Motorinfv@mail.ru

Н.Ж. МУКАМБАЕВ
кандидат физико-математических наук, доцент, координатор по академическому развитию Кыргызского национального университета имени Ж. Баласагына, г. Бишкек (Кыргызстан)
E-mail: nurbatai@mail.ru

N.J. MUKAMBAEV
Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Coordinator for Academic Development of the Kyrgyz National University named after J. Balasagyn, Bishkek (Kyrgyzstan)
E-mail: nurbatai@mail.ru

А.А. САЯКБАЕВА
доктор экономических наук, профессор кафедры финансов Кыргызского национального университета имени Ж. Баласагына, г. Бишкек (Кыргызстан)
E-mail: aas51@mail.ru

A.A. SAYAKBAEVA
Doctor of Economics, Professor, Department of Finance, Kyrgyz National University named after J. Balasagyn, Bishkek (Kyrgyzstan)
E-mail: aas51@mail.ru

И.Б. МУКАМБАЕВА
доктор экономических наук, доцент, руководитель ОП «Экономика» Кыргызского национального университета имени Ж. Баласагына, г. Бишкек (Кыргызстан)
E-mail: mukambaeva@gmail.com

I.B. MUKAMBAEVA
Doctor of Economics, Associate Professor, Head of “Economics”, Kyrgyz National University named after J. Balasagyn, Bishkek (Kyrgyzstan)
E-mail: mukambaeva@gmail.com

Б.М. НАЗАРМАТОВА
кандидат экономических наук, заместитель начальника отдела международных отношений Кыргызского национального университета имени Ж. Баласагына, г. Бишкек (Кыргызстан)
E-mail: bnazarmatova@mail.ru

B.M. NAZARMATOVA
Candidate of Science (Economics), Deputy Head of Department of International Relations, Kyrgyz National University named after J. Balasagyn, Bishkek (Kyrgyzstan)
E-mail: bnazarmatova@mail.ru

В.Н. БЕЛЕНЦОВ
доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента в производственной сфере Донецкой академии управления и государственной службы, г. Донецк
E-mail: na_ta_lya@bk.ru

V.N. BELENTSOV
Doctor of Economics, Professor, Department of Management in the Industrial Sphere of the Donetsk Academy of Management and Public Administration, Donetsk
E-mail: na_ta_lya@bk.ru

Н.А. РЫТОВА
кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента в производственной сфере Донецкой академии управления и государственной службы, г. Донецк
E-mail: na_ta_lya@bk.ru

N.A. RYTOVA
Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Management in the Industrial Sphere of the Donetsk Academy of Management and Public Administration, Donetsk
E-mail: na_ta_lya@bk.ru

Н.А. БУРИК
старший преподаватель кафедры менеджмента в производственной сфере Донецкой академии управления и государственной службы, г. Донецк
E-mail: na_ta_lya@bk.ru

N.A. BURIK
Senior Lecturer, Department of Management in the Industrial Sphere, Donetsk Academy of Management and Public Administration, Donetsk
E-mail: na_ta_lya@bk.ru

Д.В. ДУЩЕНКО
аспирант Омского государственного технического университета, г. Омск
E-mail: dushenko.1986@mail.ru

D.V. DUSCHENKO
postgraduate student, Omsk State Technical University, Omsk
E-mail: dushenko.1986@mail.ru

ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ
SCIENCE AND BUSINESS: DEVELOPMENT WAYS
№ 2(152) 2024
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Подписано в печать 23.02.2024 г.
Формат журнала 60×84/8
Усл. печ. л. 24,1. Уч.-изд. л. 14,58.
Тираж 1000 экз.