

ISSN 2221-5182

Импакт-фактор РИНЦ: 0,485

«НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ»

научно-практический журнал

№ 8(170) 2025

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:

- Машиноведение
- Машины, агрегаты и технологические процессы
- Роботы, мехатроника и робототехнические системы
- Технология машиностроения

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

- Математическое моделирование и численные методы
- Информационная безопасность
- Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ:

- Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ:

- Математические, статистические и инструментальные методы в экономике
- Региональная и отраслевая экономика
- Менеджмент

Москва 2025

«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 экономическо-
й социологии Санкт-Петербургского государственного универ-
ситета; тел.: 8(812)274-97-06; E-mail: elena.tarando@mail.ru.

Воронкова Ольга Васильевна – д.э.н., профессор, председа-
тель 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, заведу-
ющая 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 информа-
тики и библиотек Университета Лиона; тел.: 8(912)789-00-32;
E-mail: omar.larouk@enssib.fr.

Левшина Виолетта Витальевна – д.т.н., профессор кафедры управ-
ления 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 кафе-
дры социального анализа и математических методов в социоло-
гии Санкт-Петербургского государственного университета; тел.:
8(921)937-58-91; E-mail: tatiana_malinina@mail.ru.

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

Надточий Игорь Олегович – д.ф.н., профессор, заведующий
кафедрой философии Воронежской государственной лесотех-
нической 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 рас-
четов Российского государственного аграрного университета – Мо-
сковской 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 Шаньдунско-
го 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 аграр-
ного университета (г. Циндао, Китай); тел.: 89606671587; E-mail:
tambvodu@hotmail.com.

«НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ»

научно-практический журнал

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.

Запывалов 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.

Джаманбаалин 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 энергетических 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

Андрианов И.Д., Доррер М.Г. Извлечение и адаптация данных в документах при помощи методов интеллектуального анализа.....	8
Арутюнян М.А., Колесниченко С.В. Развитие математической модели и уточнение численного метода решения задачи рационального размещения технических средств организации дорожного движения.....	12
Садовский Б.С. Сравнение эффективности работы операторов if/else и switch в языке C++	17
Федулов Я.А., Маракулина Ю.Д., Гриц Е.А. Разработка поискового информационного бота с возможностью применения технологий искусственного интеллекта	21

Информационная безопасность

Меркулов С.А., Бочаров М.И. Интеграция данных из внешних источников: стратегии и угрозы	32
Меркулов С.А., Бочаров М.И. Применение и недостатки различных технологий автоматизации сбора данных.....	36
Меркулов С.А., Бочаров М.И. Современные методы и технологии обработки больших данных и их применение	43

Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий

Жаринов Ю.А., Левина Т.М., Латыпов Р.Р. Создание виртуального тренажера беспилотного летательного аппарата	48
---	----

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Машиноведение

Муркин С.В. Оценка прочности резьбовых соединений приводов.....	52
--	----

Машины, агрегаты и технологические процессы

Куровский С.В., Мишин Д.А., Иванов Н.Д., Гафарова В.А. Исследование эффективности применения композитных материалов для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов	60
Савельева Н.Н. Применение полимерных труб для систем сбора месторождений углеводородов	64

Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Гришкевич М.М., Гришкевич П.М., Романов Г.Р. Разработка механического гироскопа для автономной навигации бпла в условиях отсутствия спутникового сигнала	69
Кравцов А.В., Яцун А.С. Особенности разработки и внедрения роботизированной линии на предприятии по производству молочной продукции.....	73

Технология машиностроения

Деткин С.В., Деткин А.В., Колодяжный Д.Ю. Гомогенизационный отжиг как метод под-	
---	--

готовки поверхности к удалению термоповрежденного слоя после электроэрозионной обработки..... 80

Овсянников В.Е., Чуйков С.С., Чернышов М.О., Фадюшин Д.В., Маслов Д.А. Повышение устойчивости производства деталей из цветных сплавов за счет использования инструментов с покрытиями 85

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

Криони И.Н., Болсуновская М.В. Математическая модель оценки качества процесса формирования комплектов документации на основе анализа атрибутов ВІМ-модели 91

Кушнарев С.Л. Защита прав потребителей машиностроительной продукции 102

Туманов А.Ю. Разработка процессной имитационной модели системы обеспечения устойчивости производственной инфраструктуры в нотации IThink 108

Shalomova E.V., Grushenko B.V. Study of Possible Ways to Improve the Process of Product Quality Control and the Process of Profile Production From Wood-Polymer Composite 112

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

Костоунова Е.В., Зубова М.В., Шадрина И.В., Феоктистов О.Г. Цифровые решения повышения нефтеотдачи месторождения 116

Халиков М.А. Управление рисками проекта на основе гибридного алгоритма «Роя частиц»..... 120

Региональная и отраслевая экономика

Горшкова Л.В. Оценка факторов, влияющих на рождаемость в России 126

Кузнецов А.А. Молодежная политика как инструмент мотивации персонала в ПАО «ЛУКОЙЛ» 133

Кузнецова Т.И. Экологическая стратегия ПАО «ЛУКОЙЛ»: защита природы и устойчивое развитие в условиях кризиса 137

Ткачев С.И., Волощук Л.А., Кондак В.В. Анализ эффективности финансовых ресурсов сельскохозяйственных предприятий..... 141

Ялунер Е.В., Тараканов А.В. Разработка методики оценки направлений туристского инвестиционного потенциала обособленной территории..... 146

Менеджмент

Верещагина Л.С., Ольхова Л.А., Рашидов Д.Ф., Тараторкин В.В. Использование современных технологий оценки государственных гражданских служащих 151

Терлецкая А.Д., Семенова Ю.Е., Панова А.Ю., Островская Е.Н. Основные тренды в системах мотивации молодых сотрудников..... 155

Contents

INFORMATION TECHNOLOGY

Mathematical Modeling and Numerical Methods

Andrianov I.D., Dorrer M.G. Extracting and Adapting Data in Documents Using Data Mining Techniques	8
Arutyunyan M.A., Kolesnichenko S.V. Development of a Mathematical Model and Refinement of the Numerical Method for Solving the Problem of Rational Placement of Technical Means of Traffic Management	12
Sadovsky B.S. Comparison of the Effectiveness of the IF/ELSE and SWITCH Conditional Statements in C++	17
Fedolov Ya.A., Marakulina Yu.D., Grits E.A. Development of a Search Information Bot with the Possibility of Using Artificial Intelligence Technologies	21

Information Security

Merkulov S.A., Bocharov M.I. Integration of External Data Resources: Strategies and Threats	32
Merkulov S.A., Bocharov M.I. The Use and Disadvantages of Various Data Collection Automation Technologies	36
Merkulov S.A., Bocharov M.I. Modern Methods and Technologies of Big Data Processing and their Application	43

Engineering geometry and computer graphics. Digital life support product cycle

Zharinov Yu.A., Levina T.M., Latypov R.R. Creating a Virtual Simulator of an Unmanned Aerial Vehicle	48
---	----

MECHANICAL ENGINEERING

Mechanical Engineering

Murkin S.V. The Strength Estimation of Threaded Joints of Drives.....	52
--	----

Machines, Units and Processes

Kurovsky S.V., Mishin D.A., Ivanov N.D., Gafarova V.A. Study of the Efficiency of Using Composite Materials for Repair and Strengthening Damaged Sections of Oil and Gas Pipelines .	60
Savelieva N.N. Application of Polymer Pipes for Hydrocarbon Deposits Collection Systems	64

Robots, Mechatronics and Robotic Systems

Grishkevich M.M., Grishkevich P.M., Romanov G.R. Development of Mechanical Gyroscope for UAV Autonomous Navigation under Satellite Signal Denial Conditions.....	69
Kravtsov A.V., Yatsun A.S. Features of Development and Implementation of a Robotic Line at a Dairy Production Enterprise	73

Engineering technology

Detkin S.V., Detkin A.V., Kolodyazhny D.Yu. Removal of Thermally Damaged Layer after Electrical Discharge Machining	80
Ovsyannikov V.E., Chuikov S.S., Chernyshov M.O., Fadyushin D.V., Maslov D.A. Increased Stability of Production of Parts from Non-Ferrous Alloys by Using Tools with Coatings	85

Methods and Devices for Monitoring and Diagnostics of Materials, Products, Substances and the Natural Environment

Ganshkevich A.Yu., Rozov V.V., Fadeev F.O. An Integrated Approach to Optimizing the Processes of Technical Operation of Lifting Structures Using Remote Technologies	59
Zvyagintsev V.V., Lesnikova K.A., Zvyagintseva O.Yu., Morozov V.A. A Study of Air Quality in Operated Passenger Cars	66
Kondaurov P.P., Ivlev V.V. Features of Thermohydraulic Parameters of Autonomous Heat Sources and Individual Heating Points in Joint Design.....	72
Kondaurov P.P., Shishlyannikov Ya.V. Heating System for Monolithic Reinforced Concrete Structures Used to Accelerate Strength Gain	76

TECHNICAL SCIENCES

Product Quality Management. Standardization. Organization of Production

Krioni I.N., Bolsunovskaya M.V. A Mathematical Model for Assessing the Quality of the Design Documentation Development Process Based on BIM Model Attribute Analysis	91
Kushnarev S.L. Protection of the Rights of Consumers Of Engineering Products	102
Tumanov A.Yu. Development of a Process Simulation Model of the Sustainability Management System of the Production Infrastructure in the IThink Notation	108
Shalomova E.V., Grushenko B.V. Study of Possible Ways to Improve the Process of Product Quality Control and the Process of Profile Production From Wood-Polymer Composite	112

ECONOMIC SCIENCES

Mathematical, Statistical and Instrumental Methods in Economics

Koustousova E.V., Zubova M.V., Shadrina I.V., Feoktistov O.G. Digital Solutions for Increasing Oil Recovery from Deposits.....	116
Khalikov M.A. Project Risk Management Based on Hybrid Particle Swarm Optimization Algorithm.....	120

Regional and Sectoral Economy

Gorshkova L.V. Assessment of Factors Influencing the Birth Rate in Russia.....	126
Kuznetsov A.A. Youth Policy as a Tool for Staff Motivation at PJSC LUKOIL.....	133
Kuznetsova T.I. Environmental Strategy of PJSC LUKOIL: Nature Protection and Sustainable Development through Crisis.....	137
Tkachev S.I., Voloshchuk L.A., Kondak V.V. Analysis of the Efficiency of Financial Resources of Agricultural Enterprises	141
Yaluner E.V., Tarakanov A.V. Development of a Method for Assessing the Directions of Tourist Investment Potential of a Separate Territory	146

Management

Vereshchagina L.S., Olkhova L.A., Rashidov D.F., Taratorkin V.V. Using Modern Technologies for Assessment of Civil Servants	151
Terletskaya A.D., Semenova Yu.E., Panova A.Yu., Ostrovskaya E.N. Key Trends in Motivation Systems for Young Employees.....	155

УДК 004.89

И.Д. АНДРИАНОВ, М.Г. ДОРРЕР

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

ИЗВЛЕЧЕНИЕ И АДАПТАЦИЯ ДАННЫХ В ДОКУМЕНТАХ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Ключевые слова: извлечение и адаптация данных; искусственный интеллект; кластеризация; обработка данных; обработка естественного языка; унификация.

Аннотация. Целью исследования является разработка алгоритма адаптации данных для автоматизации анализа таможенных деклараций на основе современных методов искусственного интеллекта, включая большие языковые модели (*LLM*) и распознавание именованных сущностей (*NER*). Основная гипотеза заключается в том, что применение этих технологий позволит унифицировать и стандартизировать описание товаров, таких как сырая нефть, уголь, металлы, удобрения и зерновые, несмотря на вариативность их представления в документах. Это, в свою очередь, оптимизирует процессы проверки деклараций, повысит точность мониторинга цен и сократит трудозатраты при обработке данных.

В ходе работы решались задачи: классификации и кластеризации товарных групп, извлечения ключевых характеристик из неструктурированных текстов и разработки стандартизированного формата представления информации. Использовались методы машинного обучения, *NLP*-технологий (*LLM*, *NER*) и интеллектуального анализа данных. В результате предложен подход, способный автоматически обрабатывать декларации, выделять значимые сущности и формировать структурированные описания товаров.

Объем данных в научных областях, экономике, бизнесе и государственных структурах продолжает расти с каждым годом. Это приводит к значительному разрыву между объемом генерируемых данных и способностью их ана-

лизировать и интерпретировать.

Многочисленная информация часто представлена в формате неструктурированных текстовых документов, таких как различные отчеты. Эти документы содержат важные сведения, включая сущности, их взаимосвязи и факты. Извлечение и адаптация ценной информации из неструктурированных текстов становится критически важным аспектом во многих сферах [2].

Алгоритм адаптации данных, который включает в себя современные модели искусственного интеллекта, стал важным инструментом для создания единого стандарта описания товаров. Эти товары представлены в таможенных декларациях и охватывают широкий спектр категорий, как экспортируемых, так и импортируемых. Основной целью данного алгоритма являются унификация и кластеризация информации, содержащейся в этих декларациях [7]. Это значительно поспособствует дальнейшему мониторингу цен по основным группам товаров, что, в свою очередь, окажет положительное влияние на всю торговую деятельность.

В ходе реализации данного проекта можно ожидать, что оптимизируются рабочие процессы, связанные с проверкой корректности заполнения таможенных деклараций. Ведь, как показывает практика, информация, содержащаяся в декларациях, зачастую не имеет общей унификации и заполняется в произвольном порядке. Это создает немалые трудности как для самих сотрудников таможенной и налоговой службы, так и для бизнеса, работающего в сфере международной торговли. Товарные группы часто представляют собой укрупненные сведения о видах товаров, что дополнительно усложняет задачу анализа.

Разработка алгоритма по адаптации данных

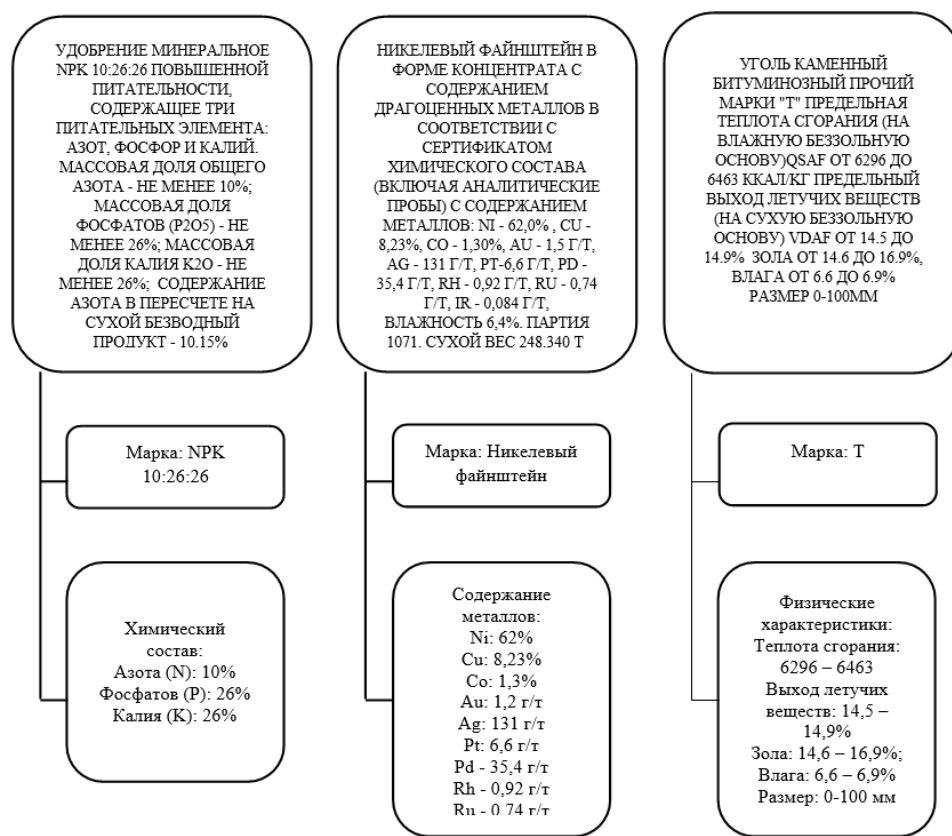


Рис. 1. Исходная информация и предварительный результат в виде структурированных данных

станет важным шагом к решению этих проблем. Следует отметить, что авторы уже обращались к теме анализа данных и прогнозирования эффективности процессов [4], в том числе с помощью моделей машинного обучения [5]. Это позволит не только унифицировать описания товаров, но и выделить их конкретные характеристики, что создаст условия для более эффективной автоматизации процесса проверки заполнения таможенных деклараций. Такой подход не только упростит трудоемкие действия, но и сделает весь процесс более прозрачным и понятным. Таким образом, актуальность и практическая значимость работы обуславливаются необходимостью внедрения современных технологий для упрощения и улучшения системы, что как нельзя лучше соответствует современным требованиям рынка и международной торговли [6].

Объектом исследования с целью автоматизации является анализ содержания таможенных деклараций на товар для следующих товарных групп: сырая нефть, каменный уголь, черная и цветная металлургия, сельскохозяйственные удобрения и зерновые культуры.

Разработанные модели должны быть способны определять характеристики этих товаров, несмотря на возможные мелкие различия в описаниях и характеристиках, которые могут возникать при заполнении документов. Цель состоит в том, чтобы представить информацию о товарах в стандартизированном и унифицированном формате. Это позволит улучшить обработку данных и сделать работу с таможенными декларациями более эффективной.

Широкое применение математических методов классификации свидетельствует о пересечении инструментов задач интеллектуального анализа текстовых данных и машинного обучения, где используются разнообразные методы (в зависимости от специфики задачи).

Одной из важных технологий для решения этих задач являются большие языковые модели (*Large Language Models – LLM*), основанные на алгоритмах глубокого обучения, способных выполнять различные операции по обработке естественного языка [1].

Использование *LLM* значительно увеличивает точность решения множества задач,

связанных с обработкой естественного языка, таких как интерпретация и классификация текстов, обобщение информации, разработка чат-ботов и диалоговых систем, а также генерация текстов по запросу. Более того, применение предварительно обученных *LLM* позволяет создавать прикладные модели для узкоспециальных задач с минимальной потребностью в дообучении или даже без обучающего набора, что значительно ускоряет и делает дешевле процесс разработки прикладных систем искусственного интеллекта [5].

Также важен подход, связанный с распознаванием именованных сущностей (*Named Entity Recognition* – *NER*). Эта область обработки естественных языков занимается идентификацией и классификацией конкретных данных из текстового содержания. *NER* работает с именованными сущностями – отдельными словами, фразами или последовательностями слов, идентифицируя и распределяя их по заранее определенным категориям. Основная цель *NER* – распознавать в тексте такие единицы, как имена

людей, названия организаций, географические местоположения, числовые значения, включая время, дату и деньги, и классифицировать их соответственно [8].

Эти подходы являются весьма подходящими для анализа характеристик указанных товарных групп. Они обеспечивают возможность более глубокого и тщательного извлечения и адаптации информации, содержащейся в таможенных декларациях, что, в свою очередь, поможет лучше понять специфику каждой из товарных категорий.

Решение поставленной задачи представляет собой важный шаг к оптимизации рабочих процессов, связанных с проверкой таможенных деклараций. Столкновение с неструктурированной информацией в декларации создает серьезные трудности для таможенной и налоговой службы. Описанные подходы должны не только упростить процесс проверки корректности заполнения таможенных деклараций, но и повысить общую прозрачность и эффективность работы.

Список литературы

1. Брагин, А.В. Большие языковые модели четвертого поколения как новый инструмент в научной работе / А.В. Брагин, А.Р. Бахтизин, В.Л. Макаров // Искусственные общества. – 2023.
2. Брюхов, Д.О. Извлечение информации из больших коллекций русскоязычных текстовых документов в среде Hadoop / Д.О. Брюхов, Н.А. Скворцов // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции (RCDL 2014): Тр. – 2016. – С. 391–398.
3. Громов, М.С. Большие языковые модели: текущее состояние, оценки и прогнозы / М.С. Громов, М.Г. Чертовских // Международный бизнес. – 2024. – № 3(5). – С. 24–31.
4. Доррер, М.Г. Автоматизированная процедура оценки и прогноза организационной зрелости подразделения университета / М.Г. Доррер и др. // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 3. – С. 56–58.
5. Доррер, М.Г. Прототип модуля прогноза успешности обучения студентов на основе результатов оценки универсальных компетенций / М.Г. Доррер, Е.В. Касьянова // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 3. – С. 22–28.
6. Копырин, А.С. Алгоритм препроцессинга и унификации временных рядов на основе машинного обучения для структурирования данных / А.С. Копырин, И.Л. Макарова // Программные системы и вычислительные методы. – 2020. – С. 40–50.
7. Трофимов, И.В. Технология извлечения информации из текстов, основанная на знаниях / И.В. Трофимов и др. // Программные продукты и системы. – 2009. – № 2. – С. 62–66.
8. Li, J. A survey on deep learning for named entity recognition / J. Li [et al.] // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. – 2020. – Vol. 34. – No. 1. – P. 50–70.

References

1. Bragin, A.V. Bol'shiye yazykovyye modeli chetvertogo pokoleniya kak novyy instrument v nauchnoy rabote / A.V. Bragin, A.R. Bakhtizin, V.L. Makarov // Iskusstvennyye obshchestva. – 2023.
2. Bryukhov, D.O. Izvlecheniye informatsii iz bol'shikh kollektsey russkoyazychnykh tekstovykh dokumentov v srede Hadoop / D.O. Bryukhov, N.A. Skvortsov // Elektronnyye biblioteki:

perspektivnyye metody i tekhnologii, elektronnyye kollektsii (RCDL 2014): Tr. – 2016. – S. 391–398.

3. Gromov, M.S. Bol'shiye yazykovyye modeli: tekushcheye sostoyaniye, otsenki i prognozy / M.S. Gromov, M.G. Chertovskikh // Mezhdunarodnyy biznes. – 2024. – № 3(5). – S. 24–31.

4. Dorrer, M.G. Avtomatizirovannaya protsedura otsenki i prognoza organizatsionnoy zrelosti podrazdeleniya universiteta / M.G. Dorrer i dr. // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2021. – № 3. – S. 56–58.

5. Dorrer, M.G. Prototip modulya prognoza uspehnosti obucheniya studentov na osnove rezul'tatov otsenki universal'nykh kompetentsiy / M.G. Dorrer, Ye.V. Kas'yanova // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2025. – № 3. – S. 22–28.

6. Kopyrin, A.S. Algoritm preprotssessinga i unifikatsii vremennykh ryadov na osnove mashinnogo obucheniya dlya strukturirovaniya dannykh / A.S. Kopyrin, I.L. Makarova // Programmnyye sistemy i vychislitel'nyye metody. – 2020. – S. 40–50.

7. Trofimov, I.V. Tekhnologiya izvlecheniya informatsii iz tekstov, osnovannaya na znaniyakh / I.V. Trofimov i dr. // Programmnyye produkty i sistemy. – 2009. – № 2. – S. 62–66.

© И.Д. Андрианов, М.Г. Доррер, 2025

УДК 656

М.А. АРУТЮНЯН, С.В. КОЛЕСНИЧЕНКО

ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург

РАЗВИТИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И УТОЧНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Ключевые слова: безопасность дорожного движения; математическая модель; метод градиентного спуска; метод Ньютона – Рафсона; технические средства организации дорожного движения (ТСОДД); численные методы.

Аннотация. Разработаны непараметрические аналоги метода градиентного спуска и метода Ньютона – Рафсона, ориентированные на оптимизацию в функциональном пространстве. Предложена модификация численного метода на основе их комбинирования, позволяющая повысить эффективность поиска решений при сохранении точности и устойчивости. Работа продолжает линию исследований, начатую в предшествующих публикациях [1; 2], и углубляет теоретическую основу решения задачи за счет расширения инструментария численной оптимизации.

Введение

Вопросы повышения уровня безопасности дорожного движения остаются в числе приоритетных направлений развития современной транспортной инфраструктуры. Одним из ключевых инструментов снижения аварийности является обоснованное размещение технических средств организации дорожного движения (ТСОДД). В работах [1; 2] автором предложены математическая модель и численный метод ее решения на основе машинного обучения. Настоящая статья развивает указанный подход: уточняется метод за счет комбинирования градиентного спуска и метода Ньютона – Рафсона.

Такой подход эффективен при нелинейной и многоэкстремальной функции потерь. Основное внимание уделено функциональной постановке и описанию предлагаемого комбинированного численного метода.

Материалы и методы

Теоретической основой исследования являются труды по численным методам оптимизации и машинному обучению [3–5]. В качестве основных методов использованы: анализ научной литературы, формализация задачи в терминах функционального пространства, разработка и сравнительный анализ модифицированных численных методов. Задача автоматизированного выбора мест установки ТСОДД с применением методов машинного обучения ранее не рассматривалась в подобной постановке. Выбор алгоритма машинного обучения обоснован в рамках диссертационного исследования автора.

Перед описанием модифицированного численного метода, лежащего в основе решения задачи, представлены разработанные авторами непараметрические версии метода градиентного спуска и метода Ньютона – Рафсона, предназначенные для оптимизации в функциональном пространстве.

Численная оптимизация в пространстве параметров

Рассматривается параметризованная модель $f(x) = f(x; \theta)$, где θ – вектор параметров. Риск модели выражается как:

$$R(\theta) = E[L(Y, f(X; \theta))]. \quad (1)$$

Ввиду дифференцируемости $R(\theta)$ относительно θ оценку θ возможно произвести посредством использования алгоритмов градиентного спуска или метода Ньютона – Рафсона. Для метода Ньютона – Рафсона $R(\theta)$ должно быть дважды дифференцируемым. На итерации m оценка θ обновляется с $\theta(m-1)$ до $\theta(m)$ в соответствии со следующим выражением:

$$\theta^{(m)} = \theta^{(m-1)} + \theta_m,$$

где θ_m – шаг, выполняемый на итерации m . Это относится как к градиентному спуску, так и к методу Ньютона – Рафсона. Два алгоритма различаются шагом θ_m , который они выполняют. Результирующая оценка θ после M итераций может быть записана в виде суммы:

$$\theta = \theta^{(M)} = \sum_{m=0}^M \theta_m, \quad (3)$$

где θ_0 – начальное предположение, а $\theta_1, \dots, \theta_M$ – последовательные шаги, выполняемые алгоритмом оптимизации.

Метод градиентного спуска

Перед обновлением на итерации m текущая оценка θ задается через $\theta_{(m-1)}$. При данной текущей оценке направление наиболее крутого снижения риска определяется отрицательным градиентом:

$$-g_m = -\nabla_{\theta} R(\theta)|_{\theta=\theta^{(m-1)}}. \quad (4)$$

Шаг в этом направлении гарантированно снижает риск, учитывая, что длина сделанного шага не слишком велика. Для определения длины шага ρ_m , который нужно сделать в направлении наиболее крутого спуска, использован линейный поиск:

$$\rho_m = \underset{\rho}{\operatorname{argmin}} R(\theta^{(m-1)} - \rho g_m).$$

Таким образом, шаг, выполненный на итерации m , может быть записан следующим образом:

$$\theta_m = -\rho_m g_m. \quad (6)$$

Итеративное выполнение обновлений в соответствии с вышеуказанным приводит к алгоритму градиентного спуска.

Метод Ньютона – Рафсона

При текущей оценке θ , заданной через $\theta^{(m-1)}$, метод Ньютона – Рафсона определяет как направление шага, так и длину шага одновременно. Данный метод может быть интерпретирован как способ приближенного решения

$$\nabla_{\theta_m} R(\theta^{(m-1)} + \theta_m) = 0$$

на каждой итерации для получения θ_m . После выполнения разложения Тейлора второго порядка $R(\theta^{(m-1)} + \theta_m)$ вокруг $\theta^{(m-1)}$ получено следующее выражение:

$$R(\theta^{(m-1)} + \theta_m) \approx R(\theta^{(m-1)}) + g_m^T \theta_m + \frac{1}{2} \theta_m^T H_m \theta_m, \quad (8)$$

где H_m – матрица Гесса по текущей оценке:

$$H_m = \nabla_{\theta}^2 R(\theta)|_{\theta=\theta^{(m-1)}}.$$

Включив это в уравнение (7), получено следующее:

$$\nabla_{\theta_m} R(\theta^{(m-1)} + \theta_m) \approx g_m + H_m \theta_m = 0. \quad (10)$$

Решение уравнения (10) дается с помощью шага Ньютона – Рафсона:

$$\theta_m = -H_m^{-1} g_m.$$

Численная оптимизация в функциональном пространстве

Минимизируется эмпирический риск $R(f)$, где $f \in A^X$. Обновление на итерации m можно представить как:

$$f^m(x) = f^{(m-1)}(x) + f_m(x) \quad (12)$$

для каждого $x \in X$. По тому же принципу, согласно уравнению (3), результирующую оценку f после M итераций можно представить следующим образом:

$$f(x) = f^{(M)}(x) = \sum_{m=0}^M f_m(x)$$

для каждого $x \in X$.

Метод градиентного спуска в функциональном пространстве

Направление наискорейшего спуска:

$$\begin{aligned} -g_m(x) &= -\left[\frac{\partial R(f(x))}{\partial f(x)}\right]_{f(x)=f^{(m-1)}(x)} = \\ &= -\left[\frac{\partial E[L(Y, f(x))|X=x]}{\partial f(x)}\right]_{f(x)=f^{(m-1)}(x)} = (14) \\ &= -E\left[\frac{\partial L(Y, f(x))}{\partial f(x)}|X=x\right]_{f(x)=f^{(m-1)}(x)} \end{aligned}$$

для каждого $x \in \chi$. Длина шага p_m определяется с помощью линейного поиска:

$$p_m = \underset{\rho}{\operatorname{argmin}} E * [L(Y, f^{(m-1)}(X) - \rho g_m(X))]. \quad (15)$$

Данный «шаг» выполняется на каждой итерации m , затем задается формулой:

$$f_m(x) = -\rho_m g_m(x). \quad (16)$$

Итеративное выполнение обновлений в соответствии с этим приводит к алгоритму градиентного спуска в функциональном пространстве.

Метод Ньютона – Рафсона в функциональном пространстве

Решается уравнение:

$$\left[\frac{\partial}{\partial f_m(x)} E * [L(Y, f^{(m-1)}(x) + f_m(x))|X=x]\right] = 0 \quad (17)$$

для каждого $x \in \chi$. При выполнении разложения Тейлора второго порядка $E[L(Y, f^{(m-1)}(x) + f_m(x))|X=x]$ вокруг $f^{(m-1)}(x)$ получено следующее выражение:

$$\begin{aligned} E[L(Y, f^{(m-1)}(x) + f_m(x))|X=x] &\approx \\ &E[L(Y, f^{(m-1)}(x))|X=x] + \\ &g_m(x)f_m(x) + \frac{1}{2}h_m(x)f_m(x)^2, \end{aligned} \quad (18)$$

где $h_m(x)$ – гессиан при текущей оценке.

$$\begin{aligned} h_m(x) &= \left[\frac{\partial^2 R(f(x))}{\partial f(x)^2}\right]_{f(x)=f^{(m-1)}(x)} = \\ &= \left[\frac{\partial^2 E[L(Y, f(x))|X=x]}{\partial f(x)^2}\right]_{f(x)=f^{(m-1)}(x)} = (19) \\ &= E\left[\frac{\partial^2 L(Y, f(x))}{\partial f(x)^2}|X=x\right]_{f(x)=f^{(m-1)}(x)}. \end{aligned}$$

Подставив это в уравнение (19), получили следующее:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial f_m(x)} E * [L(Y, f^{(m-1)}(x) + f_m(x))|X=x] &\approx \\ g_m(x) + h_m(x)f_m(x) &= 0, \end{aligned}$$

решение которого дает:

$$f_m(x) = -\frac{g_m(x)}{h_m(x)},$$

что определяет «шаг» Ньютона – Рафсона в функциональном пространстве.

Таким образом, разработаны непараметрические версии рассматриваемых численных методов, пригодные для оптимизации в функциональном пространстве.

Результаты

Задача состоит в автоматизированном выборе рациональных мест установки ТСОДД с целью снижения аварийности. Математическая модель, разработанная в ходе исследования, имеет вид:

$$X^* = \operatorname{Arg} \min_{(X)} (K(X)) = \quad (22)$$

$$\operatorname{Arg} \min_{(X)} * \left[\sum_{k=1}^m \left(K(s_k) * \left(1 - e^{-\sum_{i=1}^h x_i(k) * \gamma(f_i, s_k)} \right) \right) \right].$$

При этом данная задача решается в условиях ограничения на количество ТСОДД i -го вида:

$$\sum_{k=1}^m x_i(k) \leq W_i, \quad (23)$$

где $X \in C = \{(x_1, \dots, x_m) | x_i \in \{0,1\}\}$ – сценарии размещения ТСОДД; $S = \{s_1, \dots, s_m\}$ – множе-

ство возможных мест размещения ТСОДД; $F = \{f_1, \dots, f_h\}$ – множество видов ТСОДД; $K(X)$ – функция потерь (оценка уровня аварийности); $K(s_k)$ – величина уровня аварийности на k -ом возможном месте размещения; $\gamma(f_i, s_k)$ – оценка влияния ТСОДД i -го вида на k -ом возможном месте размещения на изменение уровня аварийности; X^* – рациональное распределение ТСОДД.

Для решения задачи используется метод машинного обучения на основе ансамбля деревьев принятия решений. С целью повышения эффективности алгоритма предложена модификация численного метода – комбинирование метода градиентного спуска и метода Ньютона – Рафсона.

Метод Градиентного спуска:

$$X_{k+1} = X_k - \alpha \nabla K(X_k). \quad (24)$$

Метод Ньютона – Рафсона:

$$X_{k+1} = X_k - H^{-1}(X_k) \nabla K(X_k). \quad (25)$$

Комбинированный метод:

$$X_{k+1} = X_k - (\beta H^{-1}(X_k) + (1 - \beta)I) \nabla K(X_k), \quad (26)$$

где β – параметр, определяющий вклад метода градиентного спуска и Ньютона – Рафсона; I – единичная матрица.

Выделены следующие преимущества предлагаемого автором комбинированного метода:

- быстрая сходимость на начальных этапах за счет градиентной компоненты;

- высокая точность в окрестности минимума благодаря использованию гессиана;
- повышенная устойчивость за счет адаптивного сочетания подходов.

Заключение

Таким образом, в работе представлено развитие математической модели рационального размещения технических средств организации дорожного движения, а также уточнение численного метода ее решения. Разработанные непараметрические версии метода градиентного спуска и метода Ньютона – Рафсона, ориентированные на оптимизацию в функциональном пространстве, позволили расширить теоретическую основу решения задачи. Предложенная модификация – комбинированный численный метод – объединяет сильные стороны обоих подходов: скорость сходимости градиентного спуска и точность метода Ньютона – Рафсона. Это обеспечивает более эффективный поиск оптимальных решений, особенно в условиях сложной структуры функции потерь.

Комбинированный метод позволяет находить оптимальные параметры модели быстрее и с большей надежностью, что способствует повышению ее практической применимости. Совместное применение рассмотренных методов подтверждает свою эффективность для решения поставленной задачи и может быть рекомендовано для использования в схожих прикладных задачах оптимизации, связанных с безопасностью дорожного движения.

Список литературы

1. Арутюнян, М.А. Разработка алгоритмического аппарата по обеспечению безопасности дорожного движения / М.А. Арутюнян // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – № 11(3).
2. Арутюнян, М.А. Численный метод решения задачи рационального размещения технических средств организации дорожного движения / М.А. Арутюнян // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – № 12(3).
3. Friedman, J.H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine / J.H. Friedman // Ann. Statist. – 2001. – No. 29(5). – P. 1189–1232.
4. Chen, T. Xgboost: A scalable tree boosting system / T. Chen, C. Guestrin // In Proceedings of the 22Nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, KDD '16, New York, NY, USA. ACM. – P. 785–794.
5. Nocedal, J. Numerical Optimization / J. Nocedal, S. Wright // Springer Series in Operations Research and Financial Engineering. Springer New York, 2006.

References

1. Arutiunian, M.A. Razrabotka algoritmicheskogo apparata po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya / M.A. Arutiunian // Modelirovaniye, optimizatsiya i informatsionnyye tekhnologii. – 2023. – № 11(3).
2. Arutiunian, M.A. Chislennyy metod resheniya zadachi ratsional'nogo razmeshcheniya tekhnicheskikh sredstv organizatsii dorozhnogo dvizheniya / M.A. Arutiunian // Modelirovaniye, optimizatsiya i informatsionnyye tekhnologii. – 2024. – № 12(3).

© М.А. Арутюнян, С.В. Колесниченко, 2025

УДК 004.4

Б.С. САДОВСКИЙ

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРОВ IF/ELSE И SWITCH В ЯЗЫКЕ C++

Ключевые слова: оператор *if/else*; оператор *switch*; *conditional*; *statements* производительность C++.

Аннотация. Целью статьи является определение эффективных в использовании операторов выбора в языке C++. Задачи: 1) проанализировать работу операторов *if/else* и *switch* с определением их критериев эффективности; 2) написать программы, использующие эти операторы; 3) провести тестирование; 4) сравнить полученные результаты. Гипотезой исследования является предположение о том, что скорость выполнения оператора *if/else* отличается от оператора *switch*. Методом исследования является экспериментальное тестирование производительности выбора. Результатом является определение скорости выполнения операции выбора, которое можно использовать в дальнейшем при разработке приложений на C++.

Введение

В процессе разработки программного обеспечения одним из ключевых аспектов является выбор оптимальных конструкций управления потоком выполнения программы. В языках программирования семейства Си, включая C++, широкое распространение получили условные операторы *if/else* и *switch*, которые обеспечивают ветвление в зависимости от заданных условий. Несмотря на внешнюю схожесть задач, которые решаются с их помощью, данные конструкции имеют принципиальные различия как с точки зрения семантики, так и с точки зрения производительности, удобства сопровождения и читаемости кода.

Проблема выбора между *if/else* и *switch* актуальна как в прикладном, так и в системном программировании, поскольку она напрямую связана с оптимизацией алгоритмов, минимизацией времени выполнения и упрощением структуры программного кода. В некоторых случаях использование *if/else* обеспечивает большую гибкость и выразительность [1], в других – применение *switch* способствует более эффективной реализации за счет особенностей компиляции и генерации машинного кода [2; 3]. Современные компиляторы нередко трансформируют конструкции *switch* в таблицы переходов (*jump tables*) или в цепочки сравнений, что напрямую влияет на производительность программы [4].

Таким образом, исследование критериев выбора между данными конструкциями позволяет не только формировать рекомендации для практического программирования, но и углубить понимание принципов работы современных компиляторов и архитектурных особенностей процессоров, влияющих на эффективность выполнения программ. Ранее автором уже были проведены аналогичные анализы производительности для ряда других конструкций языка C++ [5–7].

Об операторах *if/else* и *switch* в C++

Оператор *if/else* является универсальным средством организации условного ветвления. Его синтаксис позволяет проверять логические выражения любой сложности, включая составные условия с использованием операторов сравнения, логических связок и функций. При выполнении программы выражение вычисляется, и в зависимости от результата выбирается соответствующая ветвь исполнения. Особенностью конструкции *if/else* является ее гибкость:

она может применяться для произвольных условий, не ограниченных конкретными значениями одной переменной.

Оператор *switch* предназначен для выбора одной из множества альтернатив в зависимости от значения выражения, которое должно быть целочисленного или перечислимого типа (начиная с C++17 допускаются и некоторые типы с неявным преобразованием к целочисленному). В отличие от *if/else*, оператор *switch* ограничен дискретными значениями и не поддерживает произвольные логические условия. Его структура состоит из ключевого выражения и набора меток *case*, каждая из которых соответствует определенному значению.

С точки зрения реализации *if/else* транслируется большинством компиляторов в последовательность условных переходов (*branch instructions*), а *switch* же в некоторых компиляторах ранее мог быть преобразован либо в аналогичную цепочку сравнений, либо в таблицу переходов (*jump table*), что позволяло существенно ускорить выполнение при большом числе вариантов. Однако большинство компиляторов на данный момент времени являются довольно умными и используют глубокую оптимизацию кода. Так, в компиляторе GCC начиная с 11.1 версии (2021 г.) была добавлена оптимизация *if/else*, позволяющая ему использовать таблицу переходов.

Методика тестирования

Проведем сравнительное тестирование скорости работы операторов. Для того чтобы получить наиболее достоверные результаты, необходимо выполнить тестирование скорости работы операторов в несколько проходов. Сам вызов происходит довольно быстро, поэтому для получения видимых результатов необходимо его совершить много раз с замером общего количества, затраченного на все вызовы. Для целей измерения была создана программа, занимающаяся сортировкой методом простых обменов. Замеры времени выполнены с использованием библиотеки «Chrono» C++ путем вычисления разницы времени до начала сортировки и после окончания.

Создадим вектор *data* и наполним его псевдослучайными целыми числами с равномерным распределением на указанном интервале в количестве 1 000 000 000 значений и 16 вариантами:

```
CASES = 16
N = 1 000 000 000
std::vector<int> data;
data.reserve(N);
std::mt19937 rng(123456);
std::uniform_int_distribution<int> dist(0,
CASES - 1);
for (std::size_t i = 0; i < N; ++i) data.push_
back(dist(rng))
```

Далее вызываем функцию, извлекающую значения из вектора *data* и выполняющую сопоставление с одним из значений *CASES* для *if/else*:

```
#if CASES >= 1
    if (v = 0) { sum += expr<0>(v); }
#endif
...
и для switch
#if CASES >= 1
    case 0: sum += expr<0>(v); break;
#endif
...
```

где *expr<0>(v)*; – это линейная формула в беззнаковом 64-битном пространстве вида:

```
Template<int N>
inline std::uint64_t expr(int v) {
    constexpr std::uint64_t K =
0x9E3779B97F4A7C15ull;
    return static_cast<std::uint64_t>(v) *
(N + 1) + K * (N + 17);
}
```

Она нужна, чтобы данные в каждом направлении немного отличались и компилятор не попытался выполнить оптимизацию.

Замеры времени происходят до и после запуска функции с операторами *if/else*, а затем *switch*.

Размер памяти, который понадобится для размещения 1 000 000 000, будет равен примерно 400 МБ памяти.

Система тестирования имела следующие аппаратные и программные характеристики:

- процессор: Intel Core i9-13900F 3.30GHz;
- оперативная память (ОП): Corsair CMK64GX5M2B5600C40 – 2x32 Гб;
- системная плата: MSI MEG Z790

GODLIKE MAX;

– операционная система (ОС): Gentoo/
Linux SMP, 6.16.3-gentoo-kernel, glibc-2.42, gcc-
15.2.0.

Результат тестирования

По результатам тестирования были получены следующие данные:

1.
N = 1 000 000 000, CASES = 16
if/else: 5679 ms, sum =
10 937 249 372 632 712 267
switch: 5672 ms, sum =
10 937 249 372 632 712 267
sink = 0

2.
N = 1 000 000 000, CASES = 16
switch: 5673 ms, sum =
10 937 249 372 632 712 267
if/else: 5695 ms, sum =
10 937 249 372 632 712 267
sink = 0

Функциональная эквивалентность подтверждена: суммы совпадают (sum = 10 937 249 372 632 712 267), а sink = 0 указывает, что результаты двух проходов, взаимоисключающих XOR, равны нулю; следовательно, оптимизатор не удалил вычисления.

Первый случай $\Delta \approx -7$ мс (–0,12 %) в пользу switch.

Второй случай $\Delta \approx +22$ мс (+0,39 %) в пользу switch.

Заключение

В статье было проведено сравнительное тестирование производительности работы операторов выбора if/else и switch. В результате были получены следующие выводы.

1. Производительность switch и if/else при плотном, небольшом наборе целочисленных кейсов (≈ 16) практически одинакова; зафиксированное преимущество switch на уровне 0,1–0,4 %, что статистически несущественно для большинства задач.

2. Рекомендация по стилю и сопровождаемости исходного кода важнее полученной микроразницы во времени:

– для разработчиков следует использовать switch для плотных дискретных вариантов (enum/малые целые), особенно когда кейсов $\geq 8-10$ – код чище, а компилятор чаще строит таблицу переходов;

– использовать if/else следует, когда условия сложные (диапазоны, составные логические выражения, вызовы функций) или требуется неравенство/сопоставление по предикатам.

3. Когда switch может выигрывать заметнее: большое число плотных кейсов (32, 64, 128), а также редкие ветви в таблице переходов уменьшают количество условных переходов и снижают риск каскада неверных предсказаний.

4. Когда if/else предпочтителен: разреженные значения (например, 3–5 «разбросанных» кейсов в широком диапазоне), особенно если ветви сильно различаются логикой – для компилятора это естественная форма.

Список литературы

1. ISO/IEC 14882:2020. Programming Languages – C++. International Organization for Standardization, 2020.
2. GNU Compiler Collection (GCC). GCC Internals Documentation. Free Software Foundation, 2024.
3. LLVM Project. LLVM Language Reference Manual. LLVM Foundation, 2024.
4. Sutter, H. Exceptional C++: 47 Engineering Puzzles, Programming Problems, and Solutions. Addison-Wesley, 2004.
5. Садовский, Б.С. Исследование производительности подсистемы памяти микропроцессора на примере алгоритма сортировки простыми обментами / Б.С. Садовский // Перспективы науки. – Тамбов. – 2019. – № 3(114). – С. 186–189.
6. Садовский, Б.С. Исследование производительности динамического приведения типа с помощью dynamic_cast в языке C++ / Б.С. Садовский // Наука и бизнес. – М. – 2020. – № 3(105). – С. 137–142.

7. Садовский, Б.С. Эффективность виртуальных функций языка C++ на примере алгоритма сортировки простыми обменами / Б.С. Садовский // Наука и бизнес. – М. – 2021. – № 3(117). – С. 59–62.

References

5. Sadovskiy, B.S. Issledovaniye proizvoditel'nosti podsistemy pamyati mikroprotssessora na primere algoritma sortirovki prostymi obmenami / B.S. Sadovskiy // Perspektivy nauki. – Tambov. – 2019. – № 3(114). – S. 186–189.

6. Sadovskiy, B.S. Issledovaniye proizvoditel'nosti dinamicheskogo privedeniya tipa s pomoshch'yu dynamic_cast v yazyke C++ / B.S. Sadovskiy // Nauka i biznes. – М. – 2020. – № 3(105). – S. 137–142.

7. Sadovskiy, B.S. Effektivnost' virtual'nykh funktsiy yazyka C++ na primere algoritma sortirovki prostymi obmenami / B.S. Sadovskiy // Nauka i biznes. – М. – 2021. – № 3(117). – S. 59–62.

© Б.С. Садовский, 2025

УДК 004.415.2

Я.А. ФЕДУЛОВ, Е.А. ГРИЦ, Ю.Д. МАРАКУЛИНА

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Смоленск

РАЗРАБОТКА ПОИСКОВОГО ИНФОРМАЦИОННОГО БОТА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ключевые слова: алгоритмы; информационный бот; искусственный интеллект; поисковые системы; тестирование программ.

Аннотация. В данной статье рассматриваются особенности разработки поискового информационного бота на базе современных средств программирования и подключаемых библиотек, предусматривая возможность осуществления поискового запроса с применением технологий искусственного интеллекта. По результатам выбора оптимальных технологий разработки информационного бота была спроектирована его модульная архитектура, разработан диалоговый интерфейс взаимодействия, далее были смоделированы и реализованы алгоритмы функционирования бота. В работе рассмотрены особенности внедрения и реализации поисковых запросов на основе современных средств искусственного интеллекта. В завершение спроектированный и реализованный информационный бот был протестирован различными методами, что позволило комплексно проверить работоспособность проекта.

Цель статьи – разработка поискового информационного бота для повышения удобства и упрощения поиска информации.

Задачи работы: анализ и выбор оптимального набора технологий для создания информационного бота с возможностью применения технологий искусственного интеллекта; разработка и реализация архитектуры бота; разработка алгоритмов реализации функционала бота; описание ключевых элементов взаимодействия с пользователем; тестирование проекта.

современных информационных ресурсах, затрудняет поиск необходимых сведений по той или иной требуемой тематике. Большое количество дублированных и неактуальных данных препятствует попыткам найти ресурс, охватывающий интересующую тему в достаточном объеме. Решение указанных проблем собственными силами без применения специализированных средств занимает довольно много времени [2].

Особенно проблема поиска достоверной информации затрагивает сферу информационных технологий – новые версии уже существующих программных средств выходят с нарастающей частотой, также стоит учитывать появление еще и новых технологий. Для получения наиболее достоверной информации подходит документация, чаще всего представленная на языке оригинала, но для неопытных пользователей это часто становится проблемой вследствие незнания языка, на котором написана документация, в подобных случаях начинают искать информацию в интернете, и есть вероятность столкнуться с проблемой актуальности информации: не все полезные статьи своевременно переводятся на русский язык, а переведенные материалы бывает довольно непросто найти.

Указанные трудности приводят к закономерному результату, что обычный поиск становится все менее эффективным. Как следствие, расширяется сфера применения, внедрения и активного использования автоматизированных помощников для поиска информации, к которым относят информационные боты.

Информационный бот (чат-бот) – это виртуальный помощник, который на основе триггерных сообщений отправляет нужную информа-

Объем роста данных, содержащихся на

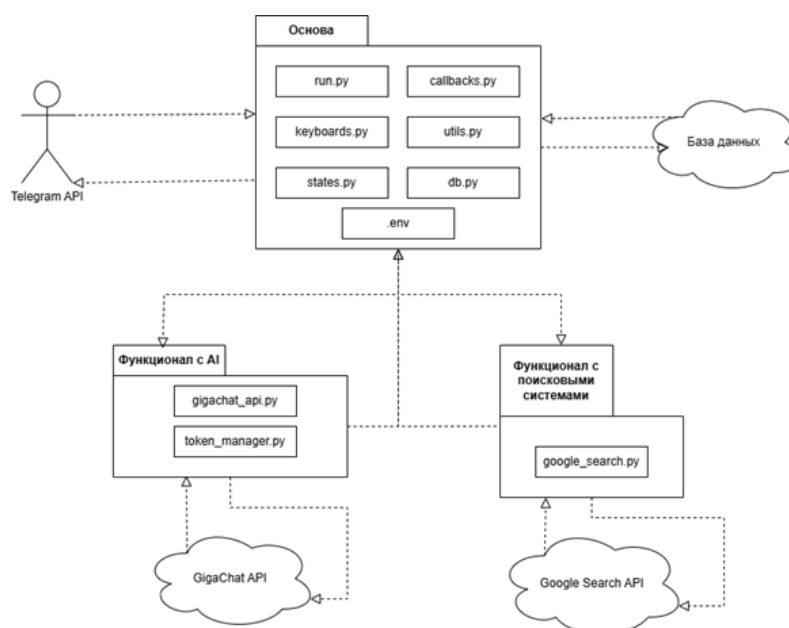


Рис. 1. Архитектура информационного бота

цию пользователю. Нередко информационный бот включает в свои алгоритмы элементы искусственного интеллекта [1]. На сегодняшний день эти боты представляют собой важный элемент в цифровой экосистеме.

Для упрощения поиска информации, а также с целью повышения удобства в рамках данной статьи был разработан поисковый информационный бот. Он нацелен на поиск и генерацию ответов на запросы пользователей по техническим темам и актуальным информационным технологиям разработки программного обеспечения.

В рамках разработки бота необходимо было решить несколько задач. Был проанализирован и выбран оптимальный набор технологий для разработки бота. После выбора необходимых технологий важным этапом являлись разработка и реализация архитектуры бота. После выбора архитектуры бота были разработаны алгоритмы реализации функционала бота, которые оказали влияние на качество и надежность итогового проекта.

В современных реалиях разработка подобного бота является актуальной задачей [3]. Многие разработчики на данный момент внедряют в свои продукты подобных помощников – это во многом экономит время. Разработанный в рамках данной статьи информационный бот в зависимости от предпочтений пользовате-

ля может выступать в роли справочника, когда срочно необходимо найти информацию, либо генерировать ответы с небольшими вставками кода, как пример, если это необходимо, либо отправлять ссылки на полезные источники. Итоговый информационный бот не представляет собой инструмент, предоставляющий уже готовые решения по вопросам пользователя, но выступает отличным помощником в поисках верного решения путем предоставления справочной текстовой информации, примеров и статей с обзором интересующего пользователя вопроса.

Ранее в рамках проектирования информационного бота в работе [4] были проанализированы методы сбора и обработки данных, применяемые в современных информационных ботах, также было определено оптимальное использование технологий в соответствии с запросами бота. По итогу были выбраны сочетание библиотеки *BeautifulSoup* и *API* поисковых систем – такое сочетание одновременно обеспечивает производительность и несильную ресурсозатратность. Для генерации ответов с применением искусственного интеллекта была выбрана нейронная сеть отечественного производства [5] *GigaChat* – она имеет доступный *API*, высокую производительность и асинхронную архитектуру, что является оптимальным для реализации чат-бота. Итоговый набор технологий для



Рис. 2. Конечный автомат, управляющий диалоговыми сценариями

разработки информационного бота представляется следующим: язык программирования – *Python*; платформа для внедрения – Телеграм; методы сбора данных – *BeautifulSoup* и *API* поисковых систем; метод генерации ответов – *GigaChat*.

Архитектура разрабатываемого информационного бота построена по модульному принципу (рис. 1). В основе лежит возможность осуществлять прямые взаимодействия с ботом, а также менять интерфейс самого информационного бота.

Файл *run.py* является главным файлом запуска бота. Он совмещает в себе все необходимые файлы для работы, а также содержит собственные функции. В файле создаются экземпляр бота и диспетчер, подключается хранилище состояний памяти. Файл также управляет всеми командами и их обработчиками. Содержит в себе внутреннее логирование, которое позволяет отслеживать ошибки бота, а также корректность работы нейронной сети и базы данных.

Файл *keyboards.py* отвечает за формирование внешнего интерфейса всего бота. Для этого создаются *reply*-клавиатура и *inline*-клавиатура из встроенных средств управления Телеграм, которые позволяют взаимодействовать с основными функциями бота. Данный файл также изолирует логику создания интерфейса от программного кода.

Файл *callbacks.py* содержит в себе обработчики *inline*-клавиатуры. В файле реализована логика выбора языка и запоминания его

с помощью конечного автомата. Также есть обработчик входящего запроса к корректному виду, который предотвращает появление ошибок.

Файл *states.py* определяет структуру конечного автомата, который управляет сценариями в чат-боте.

Файл *db.py* реализует создание базы данных и действия по получению запроса из нее. База данных была создана с помощью библиотеки *SQLAlchemy*, через нее было настроено соединение с базой данных *SQLite* и реализованы основные операции. Модуль предоставляет другим компонентам упрощенный интерфейс для работы с базой данных.

Файл *utils.py* содержит необходимые для работы программы методы, которые повторяются в нескольких модулях, что позволяет избегать ненужного дублирования.

Файл *token_manager.py* отвечает за работу с токенами доступа *API GigaChat*. Данный файл генерирует токен доступа и отслеживает его действительность. Если срок действия токена истек, то генерируется новый, так как у токена *GigaChat* ограниченное время действия – 30 минут. Данный модуль использует асинхронные запросы.

Файл *gigachat_api.py* содержит методы для отправки запросов к программному интерфейсу *GigaChat*. Модуль отправляет запрос с учетом языка программирования, полученный ответ также обрабатывается для удобного вывода. Модуль имеет обработку ошибок, чтобы отсле-

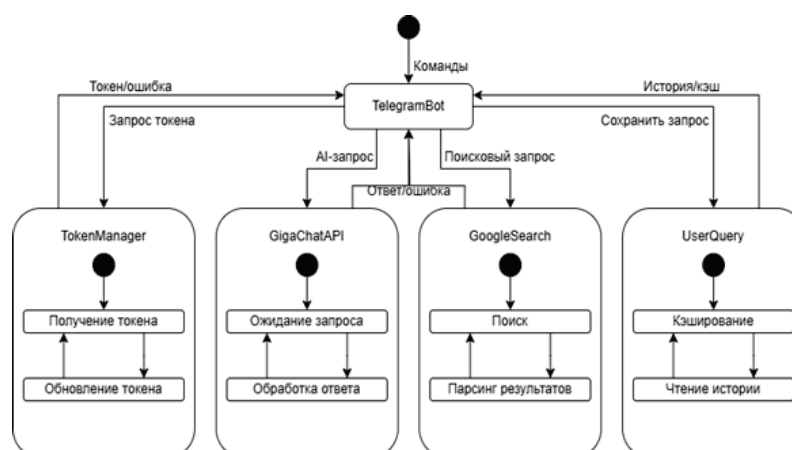
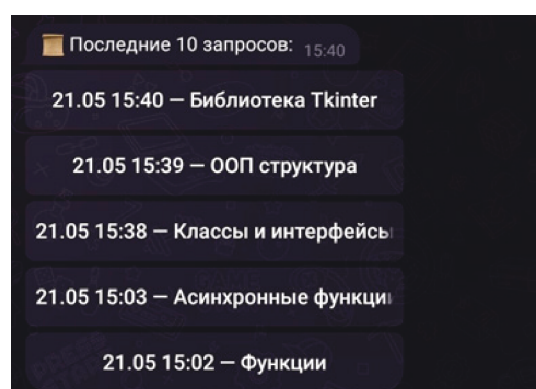


Рис. 3. Диаграмма состояний информационного бота

Рис. 4. Клавиатура *InlineKeyboard* при вызове истории запросов из базы данных

живать сбои.

Файл `google_search.py` содержит методы для поиска с помощью *Google Search API* и способы разбора для лучшего отображения. На выходе предоставляет три ссылки на источники с информацией.

Файл `.env` является конфигурационным, он хранит информацию о всех токенах, чтобы не хранить эти данные в открытом доступе. Данный подход к хранению является часто применяемой практикой, так как подобные данные влияют на безопасность программы.

Информационный чат-бот взаимодействует с пользователем с помощью диалогового сценария, построенного по принципу конечного автомата. Он является частью программы, но логически отделен, так как существует только в контексте обработки сообщений, в отличие от других модулей, которые действуют

самостоятельно. Разработанный автомат отвечает только за последовательность действий (рис. 2).

Управление между различными компонентами программы отражено на диаграмме состояний (рис. 3). Диаграмма подчеркивает цикличность программы, поскольку бот работает постоянно, можно повторять один и тот же цикл взаимодействия неограниченное количество раз, поэтому у данной диаграммы нет блока завершения.

Если пользователь впервые открывает информационный бот, то для его активации необходимо либо ввести команду `/start`, либо нажать на кнопку взаимодействия. После этого бот инициализирует начало диалога и выводит на экран *reply*-клавиатуру.

В случае если пользователь уже взаимодействовал с программой, *reply*-клавиатура автоматически высветится вместе с преды-

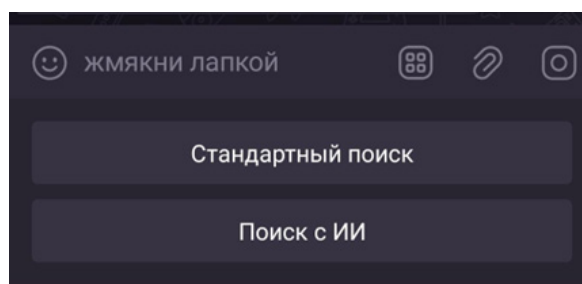


Рис. 5. Клавиатура *ReplyKeyboard* выбора метода поиска

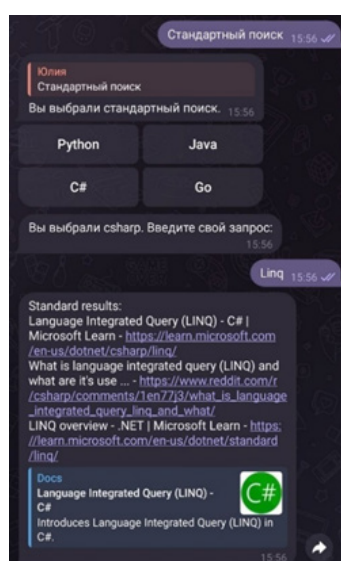


Рис. 6. Результат вывода запроса стандартного поиска

дущей историей запросов пользователя (рис. 4).

После появления *reply*-клавиатуры у пользователя появляется выбор поиска – он может быть осуществлен за счет *API* поисковой системы *Google* – стандартный поиск, либо с помощью *API* нейронной сети *GigaChat* – поиск с искусственным интеллектом. После выбора типа поиска высвечивается *inline*-клавиатура с выбором языка и сообщение с предложением ввести запрос (рис. 5).

После выбора стандартного поиска, выбора языка и отправления запроса пользователю будет выдано несколько результатов с краткой информацией о содержании страниц, что было осуществлено с помощью алгоритмов разбора страниц с возможностью перейти по ссылкам, чтобы подробнее ознакомиться с информацией (рис. 6).

После выбора поиска с искусственным интеллектом, выбора языка и отправления запроса программа начнет взаимодействовать с *API GigaChat*. Запрос пользователя будет обрабатываться нейронной сетью и дополняться контекстом для более корректного ответа на запрос. Полученный результат будет обрабатываться для удобного вывода (рис. 7).

На каждом из описанных этапов система сохраняет историю взаимодействия. Сохраняются выборы пользователя, определяющие тип поиска, выбор языка программирования, запрос пользователя и сгенерированный ответ – эта информация передается в базу данных. У пользователя есть доступ к последним десяти сделанным запросам. При необходимости пользователь может с помощью команды */history* вывести список этих запросов и повторный

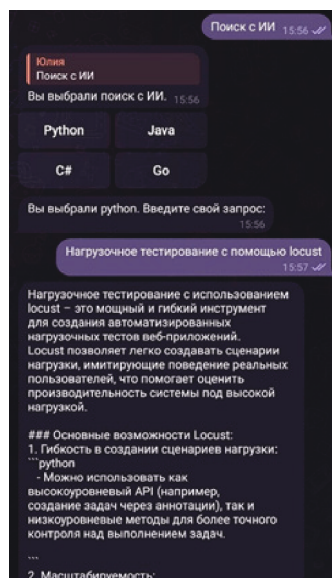


Рис. 7. Результат вывода поискового запроса с применением искусственного интеллекта

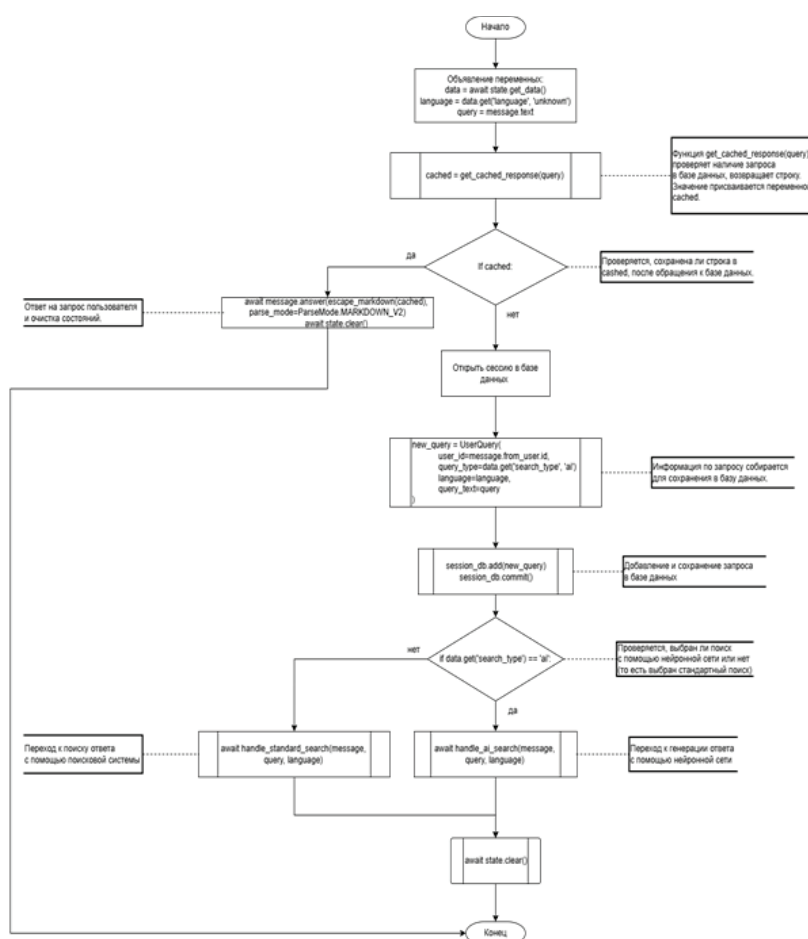


Рис. 8. Схема алгоритма обработки запросов пользователя

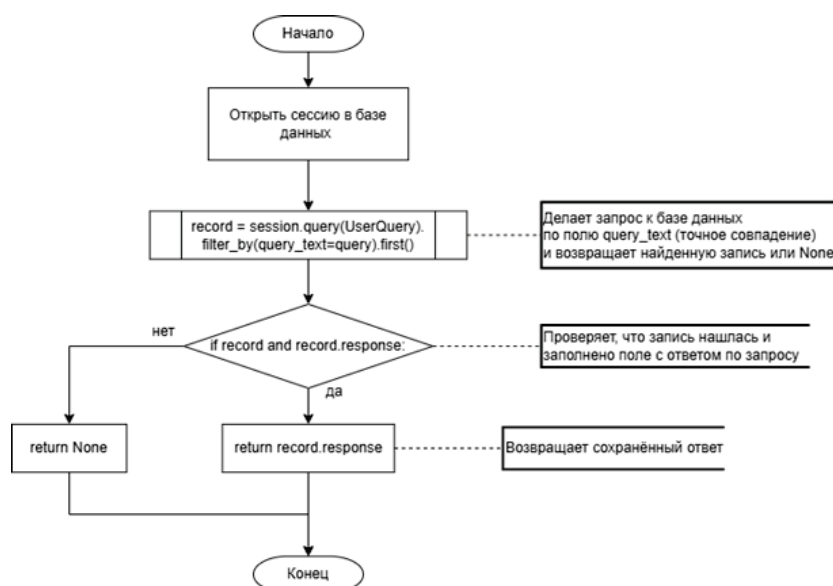


Рис. 9. Схема алгоритма проверки кэширования запросов

результат какого-либо выбранного запроса. Также при необходимости пользователь может очистить историю поиска с помощью команды */clear*. Вывод из базы данных результатов повторного запроса позволяет не тратить дополнительные ресурсы, а также обеспечивает стабильность работы информационного бота, обновляя токен подключения.

После получения пользователем ответа сбрасываются все состояния, что можно считать завершением диалога работы с информационным ботом.

Согласно спроектированной архитектуре взаимодействия были разработаны и реализованы основные алгоритмы функционирования поискового информационного бота.

Алгоритм обработки запросов пользователей (рис. 8) позволяет боту реагировать на ввод пользователя — он осуществляет выбор между поиском нового ответа или использованием уже готового ответа на данный вопрос, позволяя эффективно расходовать ресурсы программы.

Представленный алгоритм тесно связан с алгоритмом кэширования запросов (рис. 9). Без алгоритма кэширования реализация алгоритма обработки была бы более громоздкой и менее читаемой. И если бы алгоритм кэширования отсутствовал, то это бы повлекло за собой лишний расход ресурсов внешних сервисов,

поэтому в первую очередь данный алгоритм позволяет оптимизировать процесс выдачи ответов, что значительно улучшает пользовательский опыт.

Алгоритмы поиска и генерации ответов (рис. 10 и 11) также позволяют довольно гибко управлять программой. Алгоритмический подход исключает непонятные ошибки в коде, так как весь поиск и генерация ответов происходят последовательно и логически обоснованно.

Алгоритм обновления токена доступа к *GigaChat* (рис. 12) работает в фоновом режиме всегда, чтобы обеспечить работоспособность нейронной сети *GigaChat*. Следуя документации разработчиков, необходимый токен доступа обновляется каждые 30 минут.

Для выявления ошибок, узких мест, проверки стабильности и корректности работы итогового программного продукта был применен комплексный подход к тестированию [1]. Проведенное диагностическое интеграционное тестирование подтвердило корректность генерации токена доступа, а также подтвердило корректность обращения к токenu в зависимости от наличия сертификата.

В ходе модульного тестирования ошибок обнаружено не было: ответы форматируются корректно, база данных создается без ошибок в соответствии с заданной структурой. Нагрузоч-

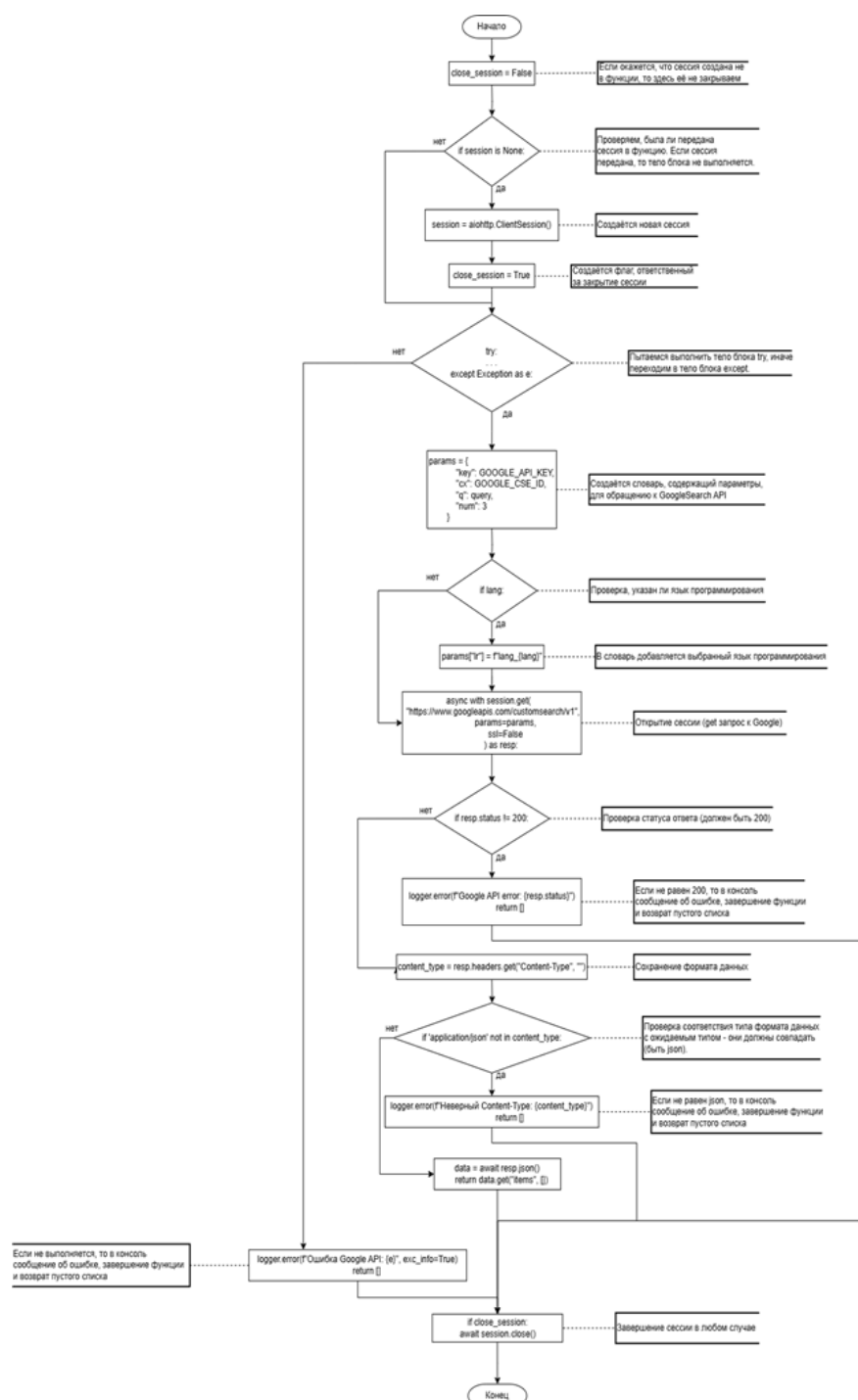


Рис. 10. Схема алгоритма стандартного поиска

ное тестирование позволило выявить некоторые ограничения информационного бота, которые возможно исправить переходом на платные тарифы.

Тестирование базового пути подтвердило общую корректность работы бота по существ-

ующим сценариям диалога.

По итогу в работе был спроектирован и реализован поисковый информационный бот – агрегатор информации о технологиях программирования. Данный бот способен искать и генерировать ответы на запросы пользователей,

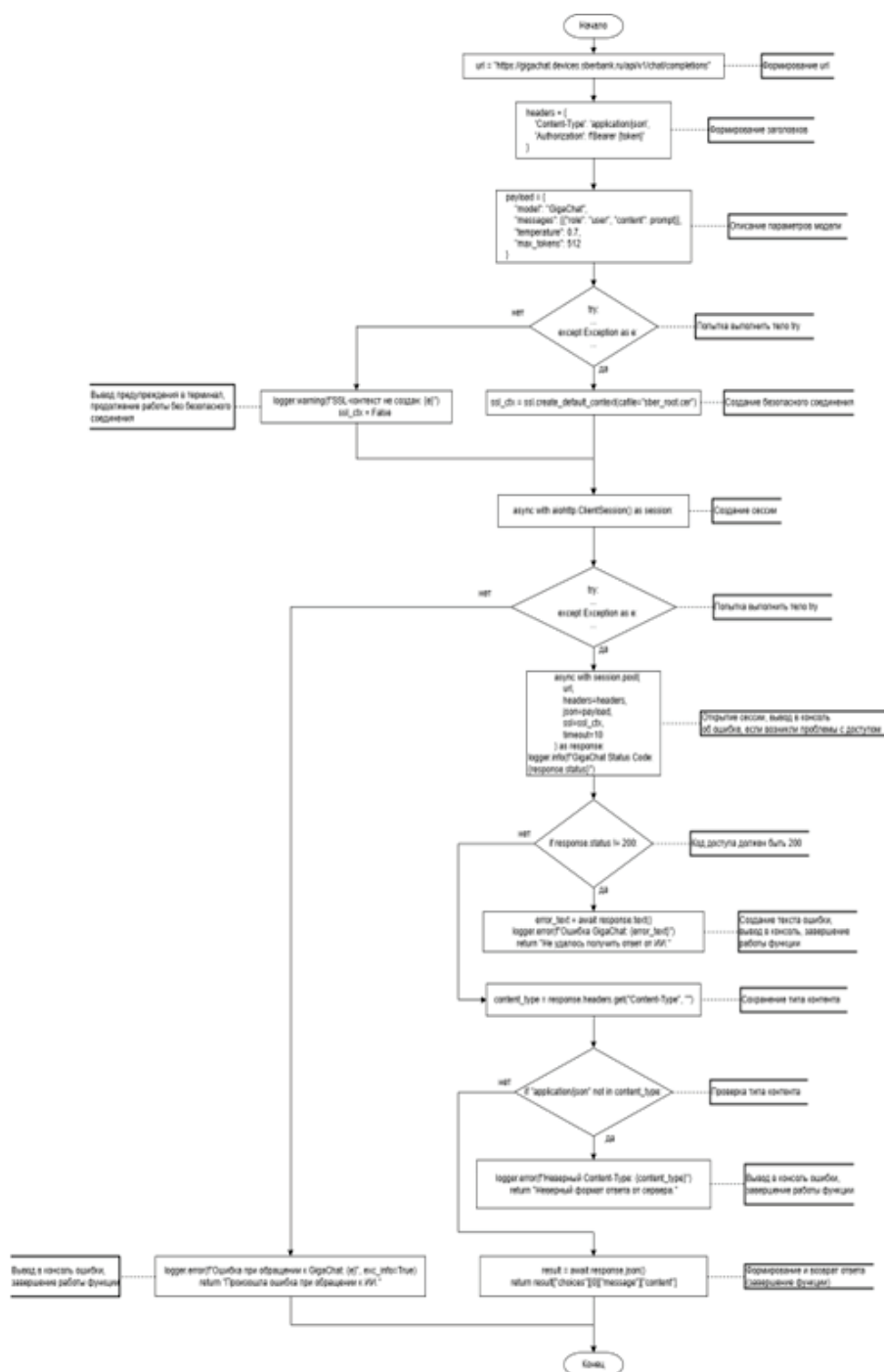
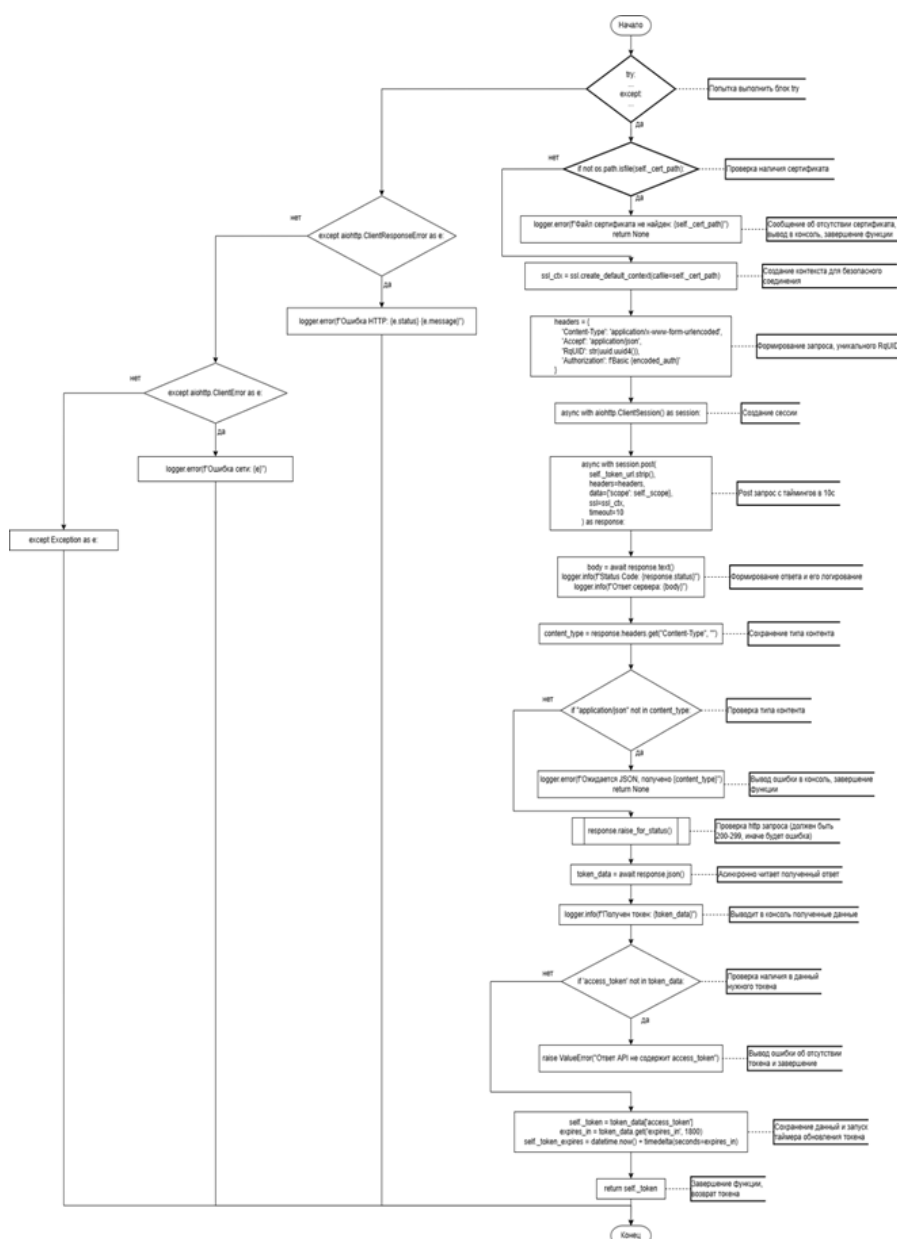


Рис. 11. Схема алгоритма генерации ответа с помощью GigaChat

а также сохранять историю запросов для более удобной навигации. В качестве платформы для размещения бота был выбран мессенджер Телеграм. Приведены основные алгоритмы работы информационного бота. Описаны ключевые элементы взаимодействия с пользователем и разработан дизайн информационного бота. Бот-

агрегатор был протестирован различными методами, что позволило комплексно проверить работоспособность проекта.

Таким образом, основная цель данной работы была выполнена, далее планируются оптимизация узких мест в проекте и расширение функционала.

Рис. 12. Схема алгоритма обновления токена доступа к *GigaChat*

Список литературы

1. Баланов, А.Н. Бэкенд-разработка веб-приложений: архитектура, проектирование и управление проектами: учебное пособие для вузов / А.Н. Баланов. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2025. – 312 с.
2. Булыгина, О.В. Нечеткий биоэвристический метод формирования программы создания химико-технологической системы переработки отходов обогащения руды / О.В. Булыгина // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 4. – С. 168–173.
3. Лиманова, Н.И. Разработка интеллектуальных чат-ботов: учебное пособие / Н.И. Лиманова. – Самара : ПГУТИ, 2024. – 93 с.
4. Маракулина, Ю.Д. Интеллектуальный поиск на основе искусственного интеллекта в информационных ботах / Ю.Д. Маракулина, Е.А. Гриц, С.А. Федулова, Я.А. Федулов // Сборник

трудов XX международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Информационные технологии, энергетика и экономика» в 2 т. Т 1. Смоленск: Универсум. – 2025. – С. 366–370.

5. GigaChat API Overview // Sber Developers [Electronic resource]. – Access mode : <https://developers.sber.ru/docs/ru/gigachat/api/overview>.

References

1. Balanov, A.N. Bekend-razrabotka veb-prilozheniy: arkhitektura, proyektirovaniye i upravleniye proyektami: uchebnoye posobiye dlya vuzov / A.N. Balanov. – 2-ye izd., ster. – Sankt-Peterburg : Lan', 2025. – 312 s.

2. Bulygina, O.V. Nechetkiy bioevristicheskiy metod formirovaniya programmy sozdaniya khimiko-tekhnologicheskoy sistemy pererabotki otkhodov obogashcheniya rudy / O.V. Bulygina // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2025. – № 4. – S. 168–173.

3. Limanova, N.I. Razrabotka intellektual'nykh chat-botov: uchebnoye posobiye / N.I. Limanova. – Samara : PGUTI, 2024. – 93 s.

4. Marakulina, YU.D. Intellektual'nyy poisk na osnove iskusstvennogo intellekta v informatsionnykh botakh / YU.D. Marakulina, Ye.A. Grits, S.A. Fedulova, YA.A. Fedulov // Sbornik trudov XX mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i aspirantov «Informatsionnyye tekhnologii, energetika i ekonomika» v 2 t. Т 1. Smolensk: Universum. – 2025. – С. 366–370.

© Я.А. Федулов, Е.А. Гриц, Ю.Д. Маракулина, 2025

УДК 004.65

С.А. МЕРКУЛОВ, М.И. БОЧАРОВ

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации», г. Москва

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ ИЗ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ: СТРАТЕГИИ И УГРОЗЫ

Ключевые слова: данные; интеграция; интеграция данных; информация; источники данных; технологии.

Аннотация. В статье рассматриваются способы, современные технологии и методы интеграции данных из внешних источников. Выделяются важнейшие тенденции в этой области. Рассматриваются ключевые стратегии эффективной интеграции данных, а также потенциальные угрозы, связанные с их внедрением. Вместе с тем создана инновационная интеллектуальная гибридная модель безопасной интеграции, ориентированная на снижение имеющихся рисков.

Цель – проанализировать стратегии и потенциальные риски, связанные с объединением данных из внешних источников.

Задачи:

- исследовать суть, особенности и виды интеграции данных, поступающих из внешних источников;
- рассмотреть популярные современные методы и новейшие технологии интеграции данных;
- выявить ключевые тенденции в сфере интеграции данных;
- исследовать современные стратегии интеграции данных;
- определить риски, связанные с интеграцией баз данных;
- разработать интеллектуальную гибридную модель безопасной интеграции внешних данных.

Гипотеза исследования: разработка новой интеллектуальной гибридной модели безопасной интеграции данных из внешних источников позволит минимизировать риски, сопряженные с этим процессом.

Методы исследования: анализ, синтез, моделирование, сравнение, обзор научной литературы.

Достигнутые результаты: в ходе данного исследования были проанализированы сущность и виды интеграции данных из внешних источников, изучены современные технологии и методы интеграции данных из внешних источников, выявлены ключевые тенденции в сфере интеграции данных, исследованы современные стратегии интеграции данных, определены риски, связанные с интеграцией баз данных, разработана интеллектуальная гибридная модель безопасной интеграции внешних данных.

Введение

В условиях цифровой трансформации все чаще возникает необходимость объединения внутренних данных с внешними источниками, например, социальными сетями, открытыми базами данных, API сторонних сервисов. Однако интеграция внешних данных сопряжена с рядом проблем: обеспечение качества данных, безопасность, соответствие нормативным требованиям и управление рисками. Решение этих вопросов позволит повысить качество работы с информацией и улучшить процесс принятия решений.

1. Интеграция данных из внешних источников и ее виды

Интеграция данных из внешних источников – это процесс объединения сведений, поступающих из разнообразных внешних информационных ресурсов, с внутренними системами предприятия или компании. Он позволяет повысить эффективность аналитической деятельности организации и автоматизировать бизнес-операции за счет внедрения единой информационной модели, обеспечивающей воз-

возможность значительно улучшить стратегическое планирование и оперативное управление.

Г.А. Белалова утверждает: «Выделяют несколько подходов к интеграции данных из внешних источников.

1. Физическая интеграция, то есть объединение данных из разных источников в единую базу данных.

2. Логическая интеграция – объединение данных из различных источников в единую модель данных.

3. Концептуальная интеграция, то есть объединение данных из различных источников на уровне бизнес-процессов» [1].

2. Современные технологии и методы интеграции данных из внешних источников

Среди современных методов и технологий интеграции данных из внешних источников стоит выделить:

- интеграцию через *API*, которая происходит посредством использования программных интерфейсов для автоматического получения данных в режиме реального времени или по расписанию, за счет чего обеспечивается актуальность информации;

- интеграцию из файловых источников, например, *CSV*, *JSON*, *XML*, этот метод интеграции наиболее эффективен, когда осуществляется обмен информацией между системами, либо выполняется работа с открытыми данными;

- веб-скрапинг, который предполагает автоматический сбор информации с веб-страниц при отсутствии официальных *API*;

- сторонние облачные платформы или агрегаторы данных;

- *ETL*-процессы;

- машинное обучение для поиска релевантной информации и ликвидации ошибок;

- *ESB* – программное обеспечение, которое позволяет быстро обмениваться данными между разными системами.

На сегодняшний день к числу наиболее популярных инструментов интеграции относятся: «*DecoSystems DMP*», «*Apache Nifi*», «*Apache Airflow*», «*Talend*», «*Informatica*» и другие. С их помощью можно автоматизировать процесс обработки данных, обеспечить их безопасность и высокую производительность.

3. Ключевые тенденции в сфере интеграции данных

М.В. Пугин и Н.Н. Гринчар утверждают: «В области интеграции данных сейчас отслеживаются следующие тенденции:

- увеличение роли облачных решений, упрощающих управление информацией в условиях распределенных систем;

- широкое применение искусственного интеллекта (*AI*);

- переход к событийно-ориентированной архитектуре, позволяющей моментально реагировать на изменения в источниках данных;

- усиление внимания к вопросам безопасности информации;

- использование гибридного подхода к интеграции данных из внешних источников, предполагающего объединение локальных и облачных хранилищ;

- применение блокчейн-технологий, гарантирующих неизменность данных и прозрачность транзакций;

- упрощение инструментов для интеграции» [4].

4. Современные стратегии интеграции данных

А.А. Радеева и У.Д. Харламова заявляют: «К современным стратегиям интеграции данных из внешних источников относятся:

- виртуализация данных;

- интеграция промежуточного программного обеспечения для передачи данных между системами;

- распространение данных из одного источника в другие, чтобы все стороны имели доступ к информации» [3].

Благодаря этим стратегиям можно успешно интегрировать различные источники данных.

5. Риски, связанные с интеграцией баз данных

В.А. Докучаев, В.В. Маклачкова и А.А. Бойко отмечают, что, «несмотря на множество преимуществ, интеграция баз данных из внешних источников сопряжена и с немалым количеством рисков, таких как:

- разнообразие форматов, что усложняет их объединение и обработку;

- угрозы безопасности;

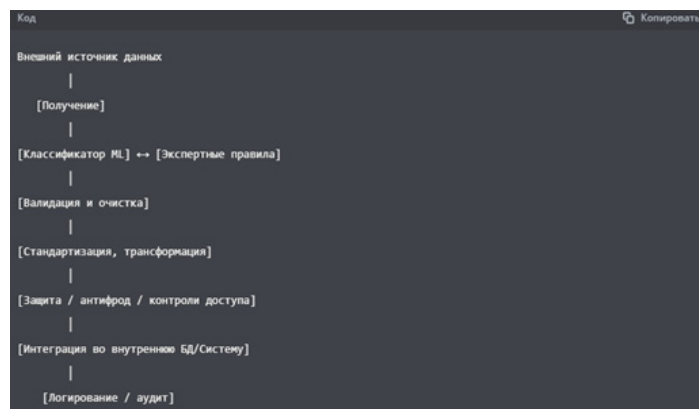


Рис. 1. Архитектурная схема (в общем виде) интеллектуальной гибридной модели интеграции данных

- сложность обновления данных;
- высокие затраты (от закупки программного обеспечения до найма специалистов);
- проблема управления качеством данных;
- риск несанкционированного доступа к информации;
- технические сбои;
- высокая пиковая нагрузка на сервер» [2].

Следовательно, эффективная интеграция внешних источников данных требует разработки новой стратегии, направленной на минимизацию существующих рисков.

6. Интеллектуальная гибридная модель безопасной интеграции внешних данных

В этой связи целесообразно внедрить гибридную стратегию интеграции, сочетающую традиционные и современные технологии обработки информации. Созданная нами модель гибридной интеграции данных с интеллектуальной фильтрацией состоит из следующих компонентов.

1. Многоуровневая фильтрация данных за счет использования машинного обучения для автоматической оценки релевантности и надежности внешних источников перед их интеграцией. Она включает в себя анализ метаданных, репутации источника и контекста данных.

2. Контекстуальная адаптация, подразумевающая внедрение системы, которая динамически определяет, какие источники наиболее актуальны для выполнения конкретных бизнес-задач. Кроме того, она снижает риск получения

нерелевантных данных.

3. Обратная связь и обучение. Постоянное обновление моделей фильтрации на основе обратной связи от пользователей и анализа результатов бизнес-процессов способно повысить точность оценки новых источников.

4. Инновационные методы защиты и управления угрозами. Речь идет об использовании потоковой аналитики для выявления подозрительных изменений в данных или поведении источников, а также механизмов автоматического реагирования. При обнаружении угроз или несоответствий происходит автоматическая блокировка источника.

5. Встроенные механизмы согласования с правовыми нормами по защите персональных данных при интеграции внешних источников.

6. Прозрачность алгоритмов, то есть объяснение решений по выбору и использованию данных из внешних источников.

Архитектурная схема (в общем виде) представлена на рис. 1.

Таким образом, интеллектуальная гибридная модель для безопасной интеграции внешних данных, основанная на использовании машинного обучения для фильтрации, аналитических инструментов для защиты от угроз и для соблюдения нормативных требований, представляет собой инновационный подход, повышающий эффективность и безопасность интеграции данных из внешних источников.

Заключение

Можно сделать вывод о том, что выбор того

или иного способа интеграции данных из внешних источников обусловлен потребностями и имеющимися ресурсами конкретной компании. Так как данный процесс сопряжен с определен-

ными рисками, то минимизировать их следует посредством применения интеллектуальной гибридной модели безопасной интеграции данных из внешних источников.

Список литературы

1. Белалова Г.А. Анализ методов интеграции информационных систем / Г.А. Белалова // Цифровые модели и решения. – 2023. – № 1. – С. 105–112.
2. Докучаев, В.А. Проблема актуализации данных в CRM-системах / В.А. Докучаев, В.В. Маклачкова, А.А. Бойко // Экономика и качество систем связи. – 2025. – № 3. – С. 13–20.
3. Радеева, А.А. Интеграция баз данных в бизнес-анализ: стратегии и методы / А.А. Радеева, У.Д. Харламова // Вестник науки. – 2023. – № 5. – С. 122–128.
4. Пугин, М.В. Влияние искусственного интеллекта на нормализацию баз данных при работе с BIG DATA / М.В. Пугин, Н.Н. Гринчар // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 2. – С. 87–94.

References

1. Belalova G.A. Analiz metodov integratsii informatsionnykh sistem / G.A. Belalova // Tsifrovyye modeli i resheniya. – 2023. – № 1. – S. 105–112.
2. Dokuchayev, V.A. Problema aktualizatsii dannykh v CRM-sistemakh / V.A. Dokuchayev, V.V. Maklachkova, A.A. Boyko // Ekonomika i kachestvo sistem svyazi. – 2025. – № 3. – S. 13–20.
3. Radeyeva, A.A. Integratsiya baz dannykh v biznes-analiz: strategii i metody / A.A. Radeyeva, U.D. Kharlamova // Vestnik nauki. – 2023. – № 5. – S. 122–128.
4. Pugin, M.V. Vliyaniye iskusstvennogo intellekta na normalizatsiyu baz dannykh pri rabote s BIG DATA / M.V. Pugin, N.N. Grinchar // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk. – 2024. – № 2. – S. 87–94.

© С.А. Меркулов, М.И. Бочаров, 2025

УДК 004.65

С.А. МЕРКУЛОВ, М.И. БОЧАРОВ

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации», г. Москва

ПРИМЕНЕНИЕ И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА ДАННЫХ

Ключевые слова: автоматизация; данные; сбор данных; система управления базами данных (СУБД); технологии; *IoT*; *PostgreSQL*.

Аннотация. В статье рассматриваются современные технологии автоматизации сбора данных и осуществляется их сравнительный анализ с выделением преимуществ и недостатков. Изучаются особенности и сферы их применения. Перечисляются рекомендации, способствующие более эффективному использованию технологий автоматизации сбора данных. Предлагается оптимальный метод использования данных технологий, а именно гибридный подход, который объединяет преимущества разных технологий автоматизации сбора данных. Он подразумевает применение *IoT*-устройств для сбора данных, их предварительную обработку с помощью скриптов и последующее хранение в облачной СУБД. Полученные результаты показывают, что предложенный метод автоматизации сбора данных является эффективным и надежным. Гибридный подход позволяет оптимизировать процесс сбора и обработки данных.

Цель – исследовать особенности применения и недостатки различных технологий автоматизации сбора данных.

Задачи исследования следующие.

1. Рассмотреть современные технологии автоматизации сбора данных.
2. Провести сравнительный анализ современных технологий автоматизации сбора данных.
3. Разработать рекомендации по работе с различными технологиями автоматизации сбора данных.
4. Подтвердить эффективность гибридного подхода к использованию современных технологий автоматизации сбора данных.

Гипотеза исследования: гибридный подход,

который объединяет преимущества нескольких технологий и подразумевает использование *IoT*-устройств для сбора данных, их предварительную обработку с помощью скриптов и последующее хранение в облачной СУБД, является более эффективным по сравнению с традиционными подходами, так как позволяет добиться большей гибкости и адаптивности системы к изменениям в бизнес-среде.

Методы исследования: анализ, синтез, моделирование, сравнение, обзор научной литературы.

Достигнутые результаты: в ходе данного исследования были рассмотрены современные технологии автоматизации сбора данных; проведен сравнительный анализ современных технологий автоматизации сбора данных; разработаны рекомендации по работе с различными технологиями автоматизации сбора данных; подтверждена эффективность гибридного подхода к использованию современных технологий автоматизации сбора данных. На примере мониторинга качества воздуха с использованием *IoT* и облачной платформы было доказано, что гибридный подход позволяет оптимизировать процесс сбора и обработки данных.

Введение

Сбор данных – это важный процесс в современном мире, который позволяет принимать обоснованные решения на основе фактической информации. В связи с этим основная задача заключается в том, чтобы с помощью метода сравнительного анализа сопоставить современные технологии автоматизации сбора данных, выявить их особенности, преимущества и недостатки, а также разработать оптимальный спо-

соб их эффективного использования.

Вместо применения одной технологии предлагается применять гибридный подход, который объединяет преимущества нескольких технологий. Он подразумевает использование *IoT*-устройств для сбора данных, их предварительную обработку с помощью скриптов и последующее хранение в облачной СУБД.

В отличие от традиционных подходов, которые зачастую ориентированы на применение одной технологии, наш метод акцентирует внимание на интеграции различных технологий, что позволяет добиться большей гибкости и адаптивности системы к изменениям в бизнес-среде.

Преимущества данного метода заключаются в том, что он может быть адаптирован под любые требования бизнеса. Кроме того, комбинация различных методов снижает риск потери данных и повышает безопасность.

Рассмотрим существующие сегодня технологии автоматизации сбора данных.

1. Современные технологии автоматизации сбора данных.

1.1. Системы управления базами данных (СУБД)

Системы управления базами данных, такие как *MySQL*, *PostgreSQL* и *Oracle Database*, позволяют централизованно хранить данные и управлять ими. Они обеспечивают высокую доступность информации и позволяют выполнять сложные запросы.

MySQL – это реляционная СУБД. Она является одной из самых популярных СУБД и широко используется для разработки веб-приложений, хранения данных и выполнения операций с ними. *MySQL* отображает данные в форме таблиц, которые связаны друг с другом через ключи. Она поддерживает стандартные *SQL*-запросы для создания, чтения, обновления и удаления данных (*CRUD*). *MySQL* может работать с большим объемом данных и поддерживает множество одновременных пользователей. Она доступна на различных операционных системах, включая *Windows*, *Linux* и *macOS*. *MySQL* имеет большое сообщество разработчиков и множество ресурсов для обучения и поддержки.

PostgreSQL – это реляционная и объектно-реляционная СУБД. Она используется для хранения и управления данными. *PostgreSQL* яв-

ляется открытым программным обеспечением и поддерживает стандартный *SQL*, а также расширенные функции. Она позволяет пользователям определять свои собственные типы данных, функции и операторы. *PostgreSQL* включает в себя стандартные типы данных, такие как целые числа, строки и даты, а также более сложные типы, такие как *JSON*, *XML*, массивы и хранимые процедуры. Вместе с тем *PostgreSQL* может обрабатывать большой объем данных и поддерживать множество параллельных соединений. К тому же, она способна создавать резервные копии данных, повышая таким образом их доступность и надежность [1].

Oracle Database является одной из самых популярных реляционных баз данных в мире. Она поддерживает *SQL* и *PL/SQL* (язык программирования, специфичный для *Oracle*). *Oracle Database* используется для хранения и управления большими объемами данных. Она предлагает облачные сервисы, включая «*Oracle Cloud Infrastructure*» (*OCI*), что позволяет пользователям разрабатывать и развертывать приложения в облаке, а также уделяет большое внимание безопасности данных, предлагая различные механизмы защиты и шифрования информации.

Таким образом, преимущества систем управления базами данных включают в себя:

- централизованное хранение данных;
- высокую производительность при обработке запросов;
- поддержку транзакций и целостности данных.

К недостаткам СУБД можно отнести:

- сложность настройки и администрирования;
- высокие затраты на лицензирование и поддержку;
- ограниченную гибкость в работе с неструктурированными данными [2].

1.2. Системы сбора данных в реальном времени (*IoT*)

Технологии Интернета вещей (*IoT*) представляют собой сеть физических устройств, которые подключены к Интернету и могут обмениваться данными друг с другом и с центральными системами. Использование *IoT* в качестве внешнего источника получения данных имеет множество преимуществ.

Преимущества *IoT* как источника данных:

- устройства *IoT* могут собирать и передавать данные в реальном времени, что позволяет получать актуальную информацию о состоянии объектов или процессов;

- *IoT* позволяют автоматизировать сбор данных, что снижает вероятность человеческой ошибки и повышает эффективность работы;

- данные, собранные с помощью *IoT*, могут быть использованы для аналитики и прогнозирования, что помогает в принятии обоснованных решений;

- устройства *IoT* могут отслеживать состояние оборудования и предупреждать о необходимости технического обслуживания, что снижает время простоя;

- данные из *IoT* могут быть интегрированы с другими системами, такими как *ERP*, *CRM*, и аналитическими платформами, что позволяет получить более полное представление о бизнес-процессах [3].

Технологии Интернета вещей (*IoT*) находят широкое применение в таких сферах, как здравоохранение, сельское хозяйство, логистика и т.д.

Тем не менее *IoT* имеют и определенные недостатки:

- проблемы с безопасностью и конфиденциальностью данных;

- зависимость от надежности сетевой инфраструктуры;

- высокие затраты на внедрение и обслуживание.

1.3. Веб-скрейпинг

Веб-скрейпинг – это процесс автоматизированного извлечения данных с веб-сайтов. Он может использоваться как внешний источник получения данных для различных целей, таких как анализ, мониторинг цен, сбор информации и многое другое.

Веб-скрейпинг используется для:

- получения информации, которая недоступна через *API*;

- отслеживания изменений на веб-сайтах (например, цены на товары);

- сбора данных для исследований или аналитики;

- упрощения рутинных задач, таких как сбор данных из нескольких источников.

Инструменты и библиотеки для веб-скрейпинга на языке программирования «*Python*»:

- «*Beautiful Soup*» используется для парсинга *HTML* и *XML* документов;

- «*Requests*» применяются для отправки *HTTP*-запросов;

- «*Scrapy*» – это полноценный фреймворк для веб-скрейпинга;

- «*Selenium*» используется для взаимодействия с динамическими страницами.

Преимущества веб-скрейпинга:

- возможность сбора данных из большого количества источников;

- гибкость в настройке под конкретные задачи.

Недостатки веб-скрейпинга:

- проблема легальности и этичности сбора данных;

- изменения в структуре веб-сайтов могут привести к сбоям в работе;

- необходимость обработки и очистки собранных данных [4].

1.4. Application Programming Interface (*API*)

Application Programming Interface (API) – это набор правил и протоколов, который позволяет различным программным приложениям взаимодействовать друг с другом и обмениваться данными.

Многие сервисы предоставляют *API* для автоматизированного доступа к данным.

Типы *API*:

- «*RESTful API*» использует *HTTP*-запросы для получения, создания, обновления и удаления данных, обычно возвращает данные в формате *JSON* или *XML*;

- «*SOAP API*» – это протокол, который использует *XML* для обмена данными и требует более сложных настроек;

- «*GraphQL*» – это язык запросов для *API*, который позволяет клиентам запрашивать только те данные, которые им нужны.

Преимущества использования *API*:

- упрощение интеграции, то есть легко подключать сторонние сервисы и получать данные;

- возможность расширять функциональность приложения без необходимости переписывать код;

- получение актуальной информации в реальном времени;

- удобство интеграции с другими системами;

- высокая скорость и эффективность пе-

Таблица 1. Сравнительный анализ современных технологий автоматизации сбора данных

Технология	Преимущества	Недостатки
СУБД	Централизованное хранение, высокая производительность	Сложность настройки, высокие затраты
<i>IoT</i>	Сбор данных в режиме реального времени	Проблемы с безопасностью, высокие затраты
Веб-скрейпинг	Сбор данных из большого количества источников	Проблема легальности, необходимость дальнейшей обработки данных
<i>API</i>	Удобство интеграции, высокая скорость	Ограничения по запросам, зависимость от сторонних сервисов
Мобильные приложения	Прямой доступ к некоторым данным пользователей	Ограниченная аудитория, проблемы с конфиденциальностью

редачи данных;

- поддержка различных форматов данных (*JSON*, *XML*).

Недостатки *API*:

- ограничения по количеству запросов и доступу к данным;
- зависимость от стабильности работы сторонних сервисов.

1.5. Мобильные приложения

Мобильные приложения могут использоваться для сбора данных от пользователей, например, через опросы или трекинг активности. Они могут автоматизировать получение данных различными способами, такими как:

- геолокация;
- интеграция с *IoT*, чтобы получать данные в реальном времени, например, от умных датчиков или домашних устройств;
- некоторые приложения могут использовать алгоритмы машинного обучения для анализа данных и потребностей пользователей, что также способствует автоматизации получения и обработки данных.

Преимущества мобильных приложений:

- прямой доступ к данным от пользователей;
- возможность сбора данных в любое время и в любом месте.

Недостатки мобильных приложений:

- ограниченная аудитория пользователей;
- проблемы с конфиденциальностью и защитой данных;
- необходимость в постоянной поддержке

и обновлении приложений.

2. Сравнительный анализ современных технологий автоматизации сбора данных

Для лучшего понимания преимуществ и недостатков вышеперечисленных технологий автоматизации сбора данных целесообразно провести их сравнительный анализ (табл. 1).

3. Рекомендации по работе с различными технологиями автоматизации сбора данных

При работе с различными технологиями автоматизации сбора данных компаниям стоит придерживаться следующих рекомендаций:

- перед выбором той или иной технологии важно провести тщательный анализ потребностей организации;
- в некоторых случаях сочетание нескольких технологий может привести к более эффективному результату;
- нужно осуществлять регулярный мониторинг процессов сбора данных, чтобы поддерживать высокую эффективность и безопасность.

4. Подтверждение эффективности гибридного подхода к использованию современных технологий автоматизации сбора данных

Для демонстрации гибридного подхода, который включает *IoT*-устройства для сбора данных, предварительную обработку данных с по-

```

Python
import paho.mqtt.client as mqtt
import json

# функция обратного вызова для обработки входящих сообщений
def on_message(client, userdata, message):
    data = json.loads(message.payload)
    process_data(data)

# Подключение к MQTT-брокеру
client = mqtt.Client()
client.on_message = on_message
client.connect("mqtt_broker_address", 1883, 60)

# Подписка на тему
client.subscribe("environment/air_quality")

# функция для обработки данных
def process_data(data):
    # Здесь можно добавить предварительную обработку данных
    print(f"Received data: {data}")

# Запуск цикла обработки сообщений
client.loop_start()

```

Рис. 1. Сбор данных с IoT-датчиков

```

Python
def process_data(data):
    # Проверка уровня загрязнения
    pm25 = data.get('PM2.5')
    pm10 = data.get('PM10')

    if pm25 > 35 or pm10 > 50: # Примеры допустимых
        # норм
        send_alert(data)

def send_alert(data):
    # Отправка уведомления (например, на email или в
    # мессенджер)
    print(f"Alert! High pollution levels detected:
    {data}")

```

Рис. 2. Предварительная обработка данных

мощью скриптов и их дальнейшее хранение в облачной СУБД, приведем пример мониторинга качества воздуха с использованием IoT и облачной платформы.

Процесс мониторинга качества воздуха с использованием IoT и облачной платформы состоит из нескольких этапов.

1. Сбор данных с IoT-датчиков. Предположим, у нас есть IoT-датчики, которые измеряют уровень загрязняющих веществ в воздухе (например, PM2.5, PM10, CO2). Эти датчики отправляют данные на облачную платформу через MQTT-протокол (рис. 1).

2. Предварительная обработка данных. После получения данных мы можем выполнить их предварительную обработку. Например, если уровень загрязнения превышает допустимые нормы, мы можем отправить уведомление (рис. 2).

3. Хранение данных в облачной СУБД. Для хранения данных можно использовать облачную СУБД, такую как «PostgreSQL» или «MongoDB». В данном примере мы будем использовать библиотеку «psycopg2» для работы с «PostgreSQL» (рис. 3).

4. Теперь можно объединить все части кода в один процесс (рис. 4).

Заключение

Этот пример показывает, как можно использовать IoT-устройства для сбора данных о качестве воздуха, обрабатывать эти данные в режиме реального времени и хранить их в облачной базе данных. Полученные результаты показывают, что предложенный метод автоматизации сбора данных является эффективным и надежным. Гибридный подход позволяет опти-



```
Python
import psycopg2

def store_data(data):
    # Подключение к облачной базе данных
    conn = psycopg2.connect(
        dbname='your_db_name',
        user='your_username',
        password='your_password',
        host='your_db_host',
        port='your_db_port'
    )
    cursor = conn.cursor()

    # Вставка данных в таблицу
    insert_query = """
    INSERT INTO air_quality (pm25, pm10, co2, timestamp)
    VALUES (%s, %s, %s, NOW())
    """
    cursor.execute(insert_query, (data['PM2.5'], data['PM10'], data['CO2']))
    conn.commit()

    cursor.close()
    conn.close()
```

Рис. 3. Хранение данных в облачной СУБД



```
Python
def process_data(data):
    pm25 = data.get('PM2.5')
    pm10 = data.get('PM10')

    if pm25 > 35 or pm10 > 50:
        send_alert(data)

    store_data(data)

# Весь код для подключения к MQTT и обработки сообщений остается
прежним
```

Рис. 4. Объединение всех частей кода в один процесс

мизировать процесс сбора и обработки данных.

Говоря в целом о современных технологиях автоматизации сбора данных, можно сделать вывод о том, что каждая технология имеет свои уникальные преимущества и недостатки. Выбор подходящего инструмента для сбора данных за-

висит от конкретных потребностей пользователей и имеющихся у них ресурсов. При этом важно учитывать как технические, так и этические аспекты автоматизации сбора данных, чтобы обеспечить не только эффективность, но и безопасность данного процесса.

Список литературы

1. Постойко, А.Ю. Интеграция нейронных сетей в СУБД PostgreSQL / А.Ю. Постойко, Е.П. Моргунов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2022. – № 9. – С. 105–112.
2. Галигузова, Е.В. Сравнение реляционных и нереляционных СУБД / Е.В. Галигузова, Ю.Е. Илларионова // Символ науки. – 2023. – № 7. – С. 122–127.
3. Кочарян, Ю.Г. Роль ИОТ в развитии концепции «Умный город» / Ю.Г. Кочарян, Г.С. Кобулян // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2025. – № 8. – С. 50–56.
4. Меньшиков, Я.С. Преимущества автоматического сбора данных в сети Интернет над ручным сбором данных / Я.С. Меньшиков // Universum: технические науки. – 2022. – № 5. – С. 37–43.

References

1. Postoyko, A.YU. Integratsiya neyronnykh setey v SUBD POSTGRESQL / A.YU. Postoyko, Ye.P. Morgunov // Aktual'nyye problemy aviatsii i kosmonavтики. – 2022. – № 9. – S. 105–112.
2. Galiguzova, Ye.V. Sravneniye relyatsionnykh i nerelyatsionnykh SUBD / Ye.V. Galiguzova, YU.Ye. Illarionova // Simvol nauki. – 2023. – № 7. – S. 122–127.
3. Kocharyan, YU.G. Rol' IOT v razvitii kontseptsii «Umnyy gorod» / YU.G. Kocharyan, G.S. Kobulyan // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk. – 2025. – № 8. – S. 50–56.
4. Men'shikov, YA.S. Preimushchestva avtomaticheskogo sbora dannykh v seti Internet nad ruchnym sborom dannykh / YA.S. Men'shikov // Universum: tekhnicheskiye nauki. – 2022. – № 5. – S. 37–43.

© С.А. Меркулов, М.И. Бочаров, 2025

УДК 004.65

С.А. МЕРКУЛОВ, М.И. БОЧАРОВ

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации», г. Москва

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Ключевые слова: большие данные; информация; методы; обработка данных; технологии.

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы и технологии обработки данных. Приводятся примеры их применения посредством использования разработанных кодов на языке *Python*. Научная новизна исследования заключается в том, что предложен инновационный метод анализа больших данных путем внедрения автоматизированных моделей машинного обучения (*AutoML*) и раскрыто его преимущество.

Цель – исследовать современные методы и технологии обработки больших данных и особенности их применения.

Задачи:

- рассмотреть современные методы и технологии обработки больших данных;
- разработать инновационный метод анализа больших данных путем внедрения *AutoML* и подчеркнуть его преимущества.

Гипотеза исследования: предложенный инновационный метод анализа больших данных, основанный на внедрении *AutoML* и имеющий множество преимуществ, позволит оптимизировать процесс обработки информации.

Методы исследования: анализ, синтез, моделирование, сравнение, обзор научной литературы.

Достигнутые результаты: в рамках проведенного исследования была раскрыта суть современных, наиболее распространенных в данный момент технологий и методов обработки больших данных, кроме того, особое внимание было уделено разработке и подтверждению эффективности инновационного метода анализа больших данных, подразумевающего внедрение *AutoML* в процесс обработки информации.

Введение

Большие данные (*Big Data*) представляют собой структурированные и неструктурированные данные огромного объема и значительного многообразия, генерируемые на основе информационно-коммуникационных технологий.

Э.М. Гатиятуллина заявляет: «Большие данные отличаются такими свойствами, как величина, скорость и многообразие» [2].

А. Алтыев и Г. Бекдурдыев утверждают: «Обработка больших данных включает в себя несколько ключевых этапов: сбор данных; хранение данных; обработку данных; анализ данных; визуализацию и интерпретацию результатов; обеспечение безопасности управления данными» [1].

Благодаря соблюдению вышеперечисленных этапов появляется возможность эффективно обрабатывать большие объемы данных, повышая их качество и ценность.

Вместе с тем процесс обработки больших данных сопряжен с рядом проблем, таких как:

- необходимость хранения огромного объема информации;
- высокая скорость поступления потоковых данных из разных источников, требующая их быстрого анализа в режиме реального времени;
- разнородность данных;
- необходимость защиты персональных данных в процессе их анализа.

Эти проблемы требуют разработки особого подхода к обработке больших данных, оптимизации алгоритмов, что представляется возможным путем применения моделей машинного обучения.

```

Python
from pyspark.sql import SparkSession

# Создаем сессию Spark
spark = SparkSession.builder.appName("BigDataExample").getOrCreate()

# Загружаем большой CSV-файл
df = spark.read.csv("bigdata.csv", header=True, inferSchema=True)

# Считаем среднее значение в столбце "value"
df.selectExpr("avg(value)").show()

# Останавливаем Spark
spark.stop()

```

Рис. 1. Получение среднего значения столбца

```

Код
id,value
1,10
2,14
3,19
...

```

Рис. 2. Файл «bigdata.csv»

```

Python
from pymongo import MongoClient

# Подключение к MongoDB
client = MongoClient("mongodb://localhost:27017/")
db = client["bigdata_db"]
orders = db["orders"]

# Агрегация: подсчет заказов по странам
pipeline = [
    {"$group": {"_id": "$country", "total_orders": {"$sum": 1}}},
    {"$sort": {"total_orders": -1}}
]

result = orders.aggregate(pipeline)
for doc in result:
    print(doc)

```

Рис. 3. Процесс быстрого подсчета количества заказов по странам

Современные методы и технологии обработки больших данных

В современных реалиях обработка больших данных производится с помощью различных инновационных методов и технологий.

А.М. Гачаев считает, что «среди методов обработки больших данных следует выделить: машинное обучение, *Data Mining*, предиктивную аналитику, имитационное моделирование, нейросети, статический анализ, метод смещения и интеграции» [3].

Для обработки больших данных используются также различные инструменты.

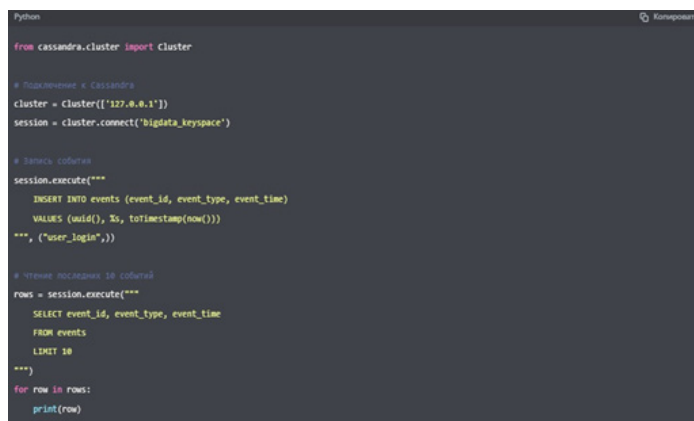
1. «*Apache Hadoop*» – это платформа, ши-

роко применяющаяся сегодня в процессе обработки больших данных.

Для того чтобы продемонстрировать, как она используется, можно обозначить следующую задачу: проанализировать логи веб-сервера с целью выявления популярнейших страниц, а также поиска ошибок.

Этапы выполнения поставленной задачи:

- сбор данных, то есть логов веб-сервера;
- их группировка с помощью «*Hadoop Distributed File System*»;
- обработка данных с помощью «*MapReduce*» включает в себя *Map*-фазу, когда каждая карта обрабатывает часть логов, извлекающая из них нужные поля и *Reduce*-фазу, в ходе



```

Python
from cassandra.cluster import Cluster

# Parameters * Cassandra
cluster = Cluster(['127.0.0.1'])
session = cluster.connect("bigdata_keyspace")

# Insert columns
session.execute("""
INSERT INTO events (event_id, event_type, event_time)
VALUES (uuid(), 'X', toTimestamp(now()))
""", ("user_login",))

# Query records in column
rows = session.execute("""
SELECT event_id, event_type, event_time
FROM events
LIMIT 10
""")
for row in rows:
    print(row)
    
```

Рис. 4. Процесс записи и чтения данных о событиях на языке *Python* через *cassandra-driver*

которой происходит сбор результатов, подсчет количества посещений каждой страницы и количества ошибок (к примеру, 404 или 500);

- анализ результатов – на основе полученных данных определяются самые популярные страницы и проблемные участки сайта.

2. «*Apache Spark*», который поддерживает машинное обучение и потоковую обработку.

На рис. 1 продемонстрирован пример на *Python* с использованием «*PySpark*» для обработки большого файла *CSV* (получение среднего значения столбца «*value*»).

На рис. 2 отображен файл «*bigdata.csv*».

3. *NoSQL*-базы данных, такие как «*MongoDB*», «*Cassandra*», оптимизированные для хранения большого количества неструктурированных данных и обеспечения быстрого доступа к ним.

В качестве примера проанализируем процесс быстрого подсчета количества заказов по странам посредством «*MongoDB*» на языке *Python* через «*PyMongo*» (рис. 3).

В свою очередь, «*Apache Cassandra*» является высокомасштабируемой распределенной *NoSQL* базой данных, ориентированной на быстрые записи и огромные объемы данных.

Рассмотрим процесс записи и чтения данных о событиях на языке *Python* через *cassandra-driver* (рис. 4).

4. Облачные хранилища (*Amazon S3*, *Google Cloud Storage*), которые предоставляют доступ к данным из любой точки мира. Они позволяют организациям легко управлять большими объемами информации, быстро масштабировать ресурсы в зависимости от потребностей.

Использование таких решений способству-

ет ускорению аналитических процессов, упрощает интеграцию с различными инструментами обработки данных и поддерживает современные подходы к работе с большими данными, такие как машинное обучение и аналитика в реальном времени.

Особого внимания заслуживает внедрение автоматизированных методов выбора и настройки моделей машинного обучения (*AutoML*) для анализа больших объемов данных. *AutoML* олицетворяют научный прогресс и обладают следующими аспектами новизны.

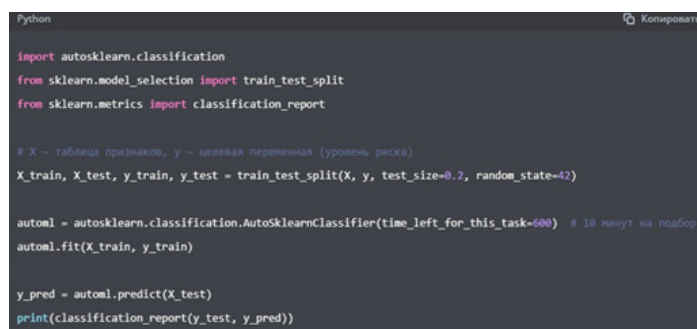
1. Новые алгоритмы автоматического отбора оптимальных моделей и гиперпараметров, адаптированные специально для обработки масштабных и разнородных данных, повышают эффективность поиска решений по сравнению с разработанными ранее подходами.

2. Интеграция методов «*AutoML*» с системами обработки больших данных, такими как «*Apache Spark*» или «*Hadoop*», позволяет осуществлять автоматическую настройку моделей в распределенной среде без существенных затрат времени и ресурсов.

3. Создание гибких метаалгоритмов, способных учитывать специфику различных типов данных, расширяет область применения автоматизированных решений в различных отраслях.

4. Механизмы автоматической оценки качества моделей и их интерпретируемости обеспечивают не только высокую точность, но и прозрачность аналитических решений в таких важных сферах, как финансы, медицина и т.д.

5. Новые методы комбинирования нескольких моделей в рамках *AutoML* дают возможность достичь более высокой точности ре-



```
Python
import autosklearn.classification
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import classification_report

# X – таблица признаков, y – целевая переменная (уровень риска)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

automl = autosklearn.classification.AutoSklearnClassifier(time_left_for_this_task=600) # 10 минут на подбор
automl.fit(X_train, y_train)

y_pred = automl.predict(X_test)
print(classification_report(y_test, y_pred))
```

Рис. 5. Пример внедрения *AutoML* для анализа больших данных

зультатов при работе с большими данными.

6. Практическая реализация прототипов систем *AutoML* демонстрирует сокращение времени разработки аналитических решений в несколько раз по сравнению с традиционными методами, а также повышает их точность без необходимости использования обширных знаний специалистов *Data Science*.

Данный инновационный метод предоставляет возможность заметно облегчить и сделать более быстрым процесс анализа большого массива информации.

Результаты исследования и их обсуждение

Эффективность использования автоматизированных методов выбора и настройки моделей машинного обучения для анализа больших данных была доказана при решении задачи, заключающейся в том, чтобы предсказать уровень кредитного риска клиентов банка на основе исторических данных, включающих демографические показатели, финансовую активность и поведенческие характеристики. Полные данные были загружены в переменные X и y (рис. 5).

В отличие от традиционного метода работы с большими данными, *AutoML* автоматически обрабатывает исходные данные, выявляя пропуски и выбросы. Система тестирует множество алгоритмов (логистическая регрессия, нейронные сети) без участия специалиста. Для каждого алгоритма автоматически оптимизируются

гиперпараметры с помощью методов поиска. Все модели оцениваются по метрикам точности, полноты и *F1-Score* в автоматическом режиме. На основе результатов система выбирает наиболее точное решение и генерирует отчет о его характеристиках.

Таким образом, время обработки данных сокращается с нескольких недель до нескольких часов. Точность прогнозирования повышается за счет более эффективного поиска оптимальных параметров и моделей без необходимости привлечения опытного специалиста в области *Data Science*.

Следовательно, данный пример демонстрирует, как *AutoML* позволяет быстро получать высокоточные аналитические модели для обработки больших объемов данных.

Заключение

Можно сделать вывод о том, что современные инструменты («*Apache Hadoop*», «*Apache Spark*», *NoSQL*-базы данных) и методы, такие как машинное обучение, *Data Mining*, моделирование, нейросети и т.д., позволяют эффективно собирать, хранить и анализировать огромный объем информации. За счет их использования повышается эффективность бизнес-процессов, улучшается качество принимаемых решений. Внедрение новых методов обработки данных открывает обширные возможности для инноваций и устойчивого развития в различных сферах деятельности.

Список литературы

1. Алтыев, А. Компьютерные технологии для обработки больших данных / А. Алтыев, Г. Бекдурдыев // Наука и мировоззрение. – 2025. – № 3. – С. 122–128.
2. Гатиятуллина, Э.М. Технологии больших данных: вызовы и возможности / Э.М. Гатиятул-

лина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 5. – С. 109–115.

3. Гачаев, А.М. Исследование технологии компьютерной обработки информации в условиях больших данных / А.М. Гачаев // Journal of Monetary Economics and Management. – 2023. – № 8. – С. 225–232.

References

1. Altyyev, A. Komp'yuternyye tekhnologii dlya obrabotki bol'shikh dannykh / A. Altyyev, G. Bekdurdyev // Nauka i mirovozzreniye. – 2025. – № 3. – С. 122–128.

2. Gatiyatullina, E.M. Tekhnologii bol'shikh dannykh: vyzovy i vozmozhnosti / E.M. Gatiyatullina // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. – 2024. – № 5. – С. 109–115.

3. Gachayev, A.M. Issledovaniye tekhnologii komp'yuternoy obrabotki informatsii v usloviyakh bol'shikh dannykh / A.M. Gachayev // Journal of Monetary Economics and Management. – 2023. – № 8. – С. 225–232.

© С.А. Меркулов, М.И. Бочаров, 2025

УДК 004.9

Ю.А. ЖАРИНОВ, Т.М. ЛЕВИНА, Р.Р. ЛАТЫПОВ

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Салават

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат; виртуальная реальность; навыки; тренажер.

Аннотация. В современном мире использование беспилотных летательных аппаратов в военной промышленности, в сельском хозяйстве, геологии, геодезии, мониторинге окружающей среды и других отраслях становится все более распространенным. Беспилотные летательные аппараты применяют для обнаружения очагов чрезвычайных ситуаций, выполнения опасных заданий без риска для жизни оператора, безопасного проведения мониторинга, сбора данных, наблюдения за территориями, недоступными для самолетов и вертолетов.

Создание тренажера виртуальной реальности предоставляет пользователям возможность практиковать конкретные навыки и умения в безопасной и контролируемой среде при выполнении различных сложных заданий или работ с опасными материалами, приобретать опыт без рисков, угрожающих здоровью. Симуляция обучения в виртуальной реальности может настраиваться в соответствии с уровнем приобретенных навыков и определенных целей обучения. Областью исследования является алгоритм действий, предшествующих запуску беспилотного летательного аппарата.

В результате разработки был создан виртуальный тренажер на платформе *Unity*, включающий 3D-модели беспилотного летательного аппарата (БПЛА) и пульта управления, а также систему оценки действий пользователя.

В настоящее время создание виртуальных тренажеров является перспективным направ-

лением в сфере ИТ-технологий. Использование виртуальной реальности в обучении взаимодействию с беспилотным летательным аппаратом становится все более актуальным, учитывая увеличение числа беспилотных аппаратов в России и некоторых других странах [1]. Области применения виртуальных тренажеров постоянно расширяются и предназначаются для подготовки специалистов к работе в особых условиях с целью принятия объективных, своевременных, быстрых и верных решений [2].

Присутствует большое разнообразие средств обучения, таких как электронные учебники, компьютерные тренажеры, виртуальные лаборатории. Преимущества данных разработок подтверждены большинством авторитетных мнений разработчиков и руководителей многих компаний [3]. Тем не менее при анализе рынка в сфере создания тренажеров виртуальной реальности не было обнаружено прямых аналогов разрабатываемому программному продукту.

Для создания тренажера была выбрана среда разработки *Unity*, программная часть написана на языке *C#* в *Visual Studio*, модели квадрокоптера и пульта управления смоделированы в редакторе *Autodesk 3Ds Max*. Одним из решающих факторов выбора среды разработки *Unity* стало наличие большого числа готовых модулей, необходимых для реализации приложения [4].

Тренажер является клиент-серверным приложением для *Windows* (рис. 1). Это позволяет получать информацию о результатах как в самом тренажере, так и на отдельной веб-странице. Клиентская часть отвечает за взаимодействие с пользователем и отправку запросов на сервер для получения данных или выполнения определенных действий. Серверная часть отвечает за обработку запросов, полученных

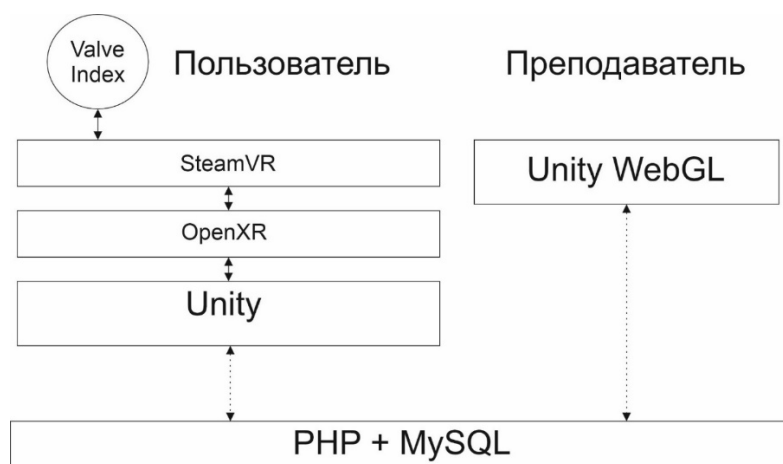


Рис. 1. Архитектура приложения

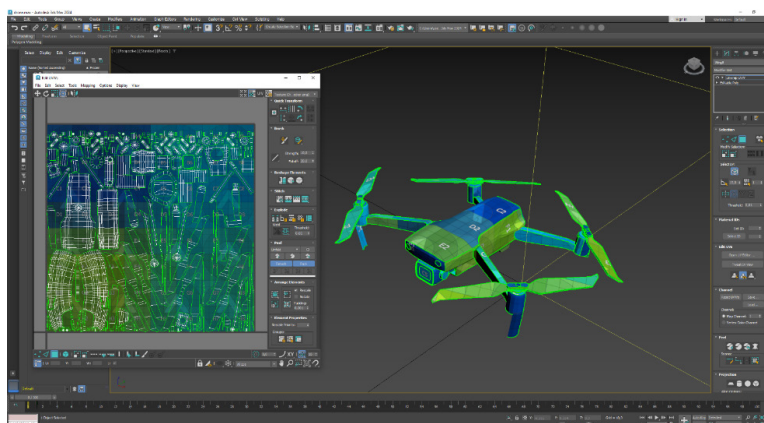


Рис. 2. UV развертка модели БПЛА

от клиентов, и обеспечивает доступ к различным ресурсам из реализованной базы данных. В данном случае в роли клиента выступают пользователь и преподаватель, взаимодействие происходит через очки виртуальной реальности и веб-страницу.

Первым этапом создания виртуального тренажера была подготовка среды разработки, включающей в себя установку среды, установку редактора, выбор модулей, которые будут установлены вместе с редактором, получение лицензии, создание и первичную настройку проекта.

Следующим шагом разработки тренажера стало создание 3D-моделей БПЛА и окружения. Для создания модели квадрокоптера в руководстве пользователя были найдены чертежи аппарата, которые были перенесены в программу. Изображения были переведены в векторный

формат и по ним было начато моделирование квадрокоптера. Модель создавалась зеркальным методом. Сначала левая сторона, которая зеркально переносилась на правую. Следующим шагом стало создание UV развертки и текстурирование модели (рис. 2).

Следующей необходимой 3D-моделью была модель пульта управления, для ее создания был применен метод фотограмметрии. Фотограмметрия – процесс воссоздания физического объекта для изготовления точной 3D-модели [5]. В модель необходимо было добавить состояния включенного и выключенного экрана. Это было реализовано с использованием двух различных текстур. Затем были заданы физические параметры всем объектам, перенесенным из 3Ds Max. Для этого в проект был добавлен и использован компонент *Rigidbody*. Далее все объекты были объединены в один префаб. Помимо компонен-



Имя	Группа	Дата	Время	
Руслан Латыпов	БАБ-20-21	2024-03-26	02:42	🗑️
Руслан Латыпов	БАБ-20-21	2024-03-26	03:14	🗑️
Руслан Латыпов	БАБ-20-21	2024-03-26	10:02	🗑️

Рис. 3. Страница с результатами тестирований

та *Rigidbody* в проект были также добавлены и настроены другие дополнительные модули и компоненты, необходимые для корректной работы тренажера.

На заключительном этапе создания тренажера были созданы база данных и веб-страница, которые были размещены на хостинге и интегрированы в данный проект (рис. 3).

Таким образом, созданный виртуальный тренажер способствует закреплению теоретических знаний об устройстве и функционировании беспилотного летательного аппарата, приобретению практических навыков сборки и подготовки аппарата к полету, обладает необходимыми требованиями для подготовки операторов БПЛА.

Список литературы

1. Рост производства беспилотных летательных аппаратов в России // ГидМаркет [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gidmark.ru/news/rost-proizvodstva-bespilotnyih-letatelnyih-apparatov-v-rossii>.
2. Теоретические основы и технология применения системно-когнитивного анализа в автоматизированных системах обработки информации и управления (АСОИУ) / Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В. Луценко: монография (научное издание). – Майкоп : АГУ, 2009. – 536 с.
3. Сатдаров, М.Р. Разработка виртуального тренажера Duomatic 09-32/ М.Р. Сатдаров, Н.А. Староверова//Современные наукоемкие технологии. – 2018. –№ 7. – С. 84–87.
4. Движок Unity3D: описание, плюсы и минусы // OTUS JOURNAL [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://otus.ru/journal/dvizhok-unity3d-opisanie-pljusy-i-minusy>.
5. 3D-фотограмметрия: превращая фотографии в 3D-модели // Canon [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.canon.ru/pro/stories/3d-photogrammetry>.

References

1. Rost proizvodstva bespilotnykh letatel'nykh apparatov v Rossii // GidMarket [Electronic resource]. – Access mode : <https://gidmark.ru/news/rost-proizvodstva-bespilotnyih-letatelnyih-apparatov-v-rossii>.
2. Teoreticheskiye osnovy i tekhnologiya primeneniya sistemno-kognitivnogo analiza v avtomatizirovannykh sistemakh obrabotki informatsii i upravleniya (ASOIU) / Pod nauch. red. d.e.n., prof. Ye.V. Lutsenko: monografiya (nauchnoye izdaniye). – Maykop : AGU, 2009. – 536 s.
3. Satdarov, M.R. Razrabotka virtual'nogo trenazhera Duomatic 09-32/ M.R. Satdarov, N.A. Staroverova//Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii. – 2018. –№ 7. – S. 84–87.

4. Dvizhok Unity3D: opisaniye, plyusy i minusy // OTUS JOURNAL [Electronic resource]. – Access mode : <https://otus.ru/journal/dvizhok-unity3d-opisanie-pljusy-i-minusy>.
 5. 3D-fotogrammetriya: prevrashchaya fotografii v 3D-modeli // Canon [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.canon.ru/pro/stories/3d-photogrammetry>.
-

© Ю.А. Жаринов, Т.М. Левина, Р.Р. Латыпов, 2025

УДК 621.882

С.В. МУРКИН

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИВОДОВ

Ключевые слова: контактная податливость; контактный слой; резьбовое соединение; сопротивление усталости.

Аннотация. В статье представлена методика оценки прочности резьбовых соединений приводов, повышающая точность расчетов учетом контактной податливости соединяемых деталей.

При эксплуатации приводной техники наблюдаются случаи разрушения номинально прочных резьбовых соединений, что можно объяснить завышением оценки прочности при расчетах.

Цель работы – уточнение методики оценки прочности резьбовых соединений с учетом конструктивных особенностей и режима нагружения приводов. Для достижения поставленной цели решены задачи обоснования выбора критерия оценки прочности, определения параметров контактных поверхностей и моделирования стыка соединяемых деталей. Задачи решались методами анализа научно-технической литературы и математического моделирования. Гипотеза: пренебрежение контактной податливостью завышает оценку прочности.

Показано, что резьбовые соединения приводов испытывают многоцикловое нагружение. В этом случае основным критерием работоспособности является запас прочности по переменным напряжениям. Стык шероховатых поверхностей фланцев ведет себя подобно упругой прокладке, увеличивая переменную составляющую нагрузки на винты и, следовательно, уменьшая запас прочности. В расчетной схеме методики зона контакта деталей моделируется контактным слоем, податливость которого зависит от силы предварительной затяжки, шероховатости и волнистости контактных поверхностей. Методика позволяет получить более точные значения коэффициентов запаса прочности, а также обосновать необходимость увели-

чения предварительной затяжки и применение более точных методов ее контроля, повышение качества обработки контактных поверхностей, применение высокопрочных винтов.

Резьбовые соединения широко применяются в приводной технике при креплении корпусов к несущим конструкциям, для соединения привода с рабочим органом машины, а деталей и узлов привода – в единый агрегат.

Неизменность взаимного положения соединенных деталей в процессе работы привода обеспечивается при сборке силовым замыканием – предварительной затяжкой резьбовых крепежных деталей (болты, винты, шпильки, гайки и т.п., далее в тексте – винты). В результате затяжки в стыке фланцев создаются напряжения сжатия, соединяемые детали упруго сжимаются, соединяющие (винты) упруго растягиваются. Внешнее нагружение соединенных деталей приводит к перераспределению нагрузки между элементами соединения, что может вызвать разрушение винтов.

Произвольную нагрузку резьбового соединения сводят к двум видам [1; 2; 9]:

- нагрузка действует в плоскости стыка соединяемых деталей;
- нагрузка действует перпендикулярно плоскости стыка.

Винт, установленный с зазором в отверстие детали (а именно такая установка винтов характерна для резьбовых соединений приводов), при действии поперечной нагрузки подвергается изгибу, срезу, смятию и растяжению при смещении стягиваемых деталей. Сложное напряженное состояние в сочетании с высокой концентрацией напряжений в витках резьбы резко снижает прочностную надежность соединения [1; 2]. В рациональных конструкциях соединений поперечные нагрузки воспринимаются дополнительными элементами: штифтами,

шпонками, шлицами, центрирующими буртиками, то есть винты разгружены от действия изгиба и среза [6]. Поэтому особое значение для приводной техники имеет второй вид нагружения – нагружение силовыми факторами перпендикулярно к плоскости стыка [1; 2; 9].

При составлении расчетной схемы произвольное нагружение сводится к отрывающей силе F , нормальной к поверхности стыка и приложенной к центру масс стыка, а также опрокидывающему моменту M , который обычно представляется в виде суммы проекций M_x и M_y на две взаимно перпендикулярные оси x и y (главные оси стыка) [1; 2; 9].

Произвольный винт i , расположенный на расстояниях x_i и y_i относительно главных осей стыка, вследствие предварительной затяжки $F_{зат}$ и приложения внешних силы и моментов F , M_x и M_y , растягивается силой:

$$F_{\Sigma i} = F_{зат} + \chi \cdot \left(\frac{F}{n} + \frac{M_x \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} + \frac{M_y \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \right) = F_{зат} + \chi \cdot F_{вн i},$$

Здесь χ – коэффициент основной нагрузки, показывающий долю внешней нагрузки $F_{вн i}$, приходящуюся на винт предварительно затянутого соединения [1; 2].

Прочность резьбового соединения определяется прочностью наиболее нагруженного винта [2], для которого растягивающая сила F_{Σ} принимает наибольшее значение:

$$F_{\Sigma} = \max(F_{\Sigma 1}, F_{\Sigma 2}, \dots, F_{\Sigma i}, \dots, F_{\Sigma n}), \quad (2)$$

а оценка прочности заключается в определении фактического запаса прочности для такого винта и в сравнении его с нормативным (регламентированным) значением. При заданном нормативном коэффициенте запаса $[S]$ прочность детали обеспечивается выполнением условий:

$$S \geq [S], \quad (3)$$

где S – расчетный (фактический) коэффициент запаса.

Нормативный запас прочности назначается с учетом степени достоверности рабочих нагрузок, уровня технологии изготовления, сбор-

ки и контроля, ответственности конструкции, однородности материала [1; 2; 5]. При среднем уровне технологии изготовления приводов принимается $[S] = 2$ [5].

При переменной нагрузке резьбового соединения в качестве расчетного рассматривается случай изменения нагрузки по отнулевому циклу, от 0 до $F_{вн}$ [1; 2]. Тогда для опасного сечения A_B наиболее нагруженного винта максимальное напряжение можно записать как:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{F_{\Sigma}}{A_B} = \frac{F_{зат}}{A_B} + \chi \cdot \frac{F_{вн}}{A_B} = \sigma_{зат} + 2 \cdot \sigma_a = \sigma_m + \sigma_a, \quad (4)$$

где $\sigma_a = \chi \cdot F_{вн} / (2A_B)$ – амплитуда напряжений в винте; $\sigma_m = \sigma_{зат} + \sigma_a$ – среднее напряжение.

Поскольку большинство приводов машин подвержено многоцикловому нагружению (количество циклов нагружения превышает 10^6), то основным критерием работоспособности является сопротивление усталости [4; 5]. В этом случае опасность разрушения соединения от действия переменной нагрузки оценивается запасом прочности по переменным напряжениям [2]:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1д}}{\sigma_a} \geq [S], \quad (5)$$

где $\sigma_{-1д}$ – предел выносливости детали (винта); σ_a – амплитуда напряжения цикла.

Учитывая перегрузки, создаваемые рабочим процессом, а также пуском, торможением и реверсом двигателя, детали соединения следует дополнительно рассчитывать на статическую прочность по максимальной (пиковой) нагрузке [4]. Запас статической прочности $S_{пик}$ определяется по формуле:

$$S_{пик} = \frac{\sigma_{\tau}}{\sigma_{пик}} = \frac{\sigma_{\tau}}{\sigma_{зат} + 2k_{\max} \cdot \sigma_a} \geq [S]_{пик} = 1, 2, \quad (6)$$

где σ_{τ} – предел текучести материала винта; σ_m и σ_a – среднее значение и амплитуда напряжения цикла; $k_{\max}$ – коэффициент максимальной перегрузки. Средние значения коэффициентов перегрузки для приводов машин основных классов приведены в работе [4].

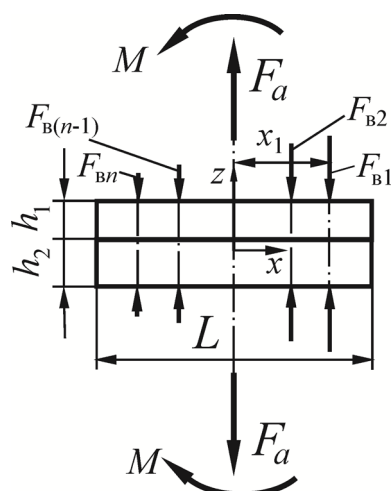


Рис. 1. Расчетная схема многвинтового соединения

Часто применяемая методика оценки прочности резьбового соединения, нагруженного отрывающей силой и опрокидывающим моментом, основана на гипотезе «конусов давления» [2]. В рамках этой методики фланцы заменяются эквивалентными по жесткости на растяжение – сжатие коническими втулками по числу винтов, связанными имеющей форму стыка абсолютно жесткой диафрагмой, к которой приложена внешняя нагрузка [2]. Такая замена позволяет определить коэффициент основной нагрузки χ в формуле (1) как:

$$\chi = \frac{\lambda_d}{\lambda_d + \lambda_b}, \quad (7)$$

где λ_d – податливость соединенных деталей (втулок); λ_b – податливость винта как стержня переменного сечения [1; 2].

Методика дает достаточно точные результаты при высокой чистоте обработки (параметр шероховатости $Ra < 1,25$ мкм) контактирующих поверхностей стягиваемых винтами жестких на изгиб фланцев.

Однако на практике встречаются случаи разрушения номинально прочных соединений приводов, что объясняется пренебрежением контактной податливостью фланцев. Экспериментально установлено, что стык шероховатых поверхностей, имеющих $Ra \geq 1,25$ мкм, ведет себя подобно упругой прокладке, увеличивая общую податливость соединяемых деталей, что особенно опасно для прочности винтов при

переменном нагружении [2; 3]. Поскольку для большинства соединений параметр шероховатости соединяемых поверхностей находится в пределах $1,25 \leq Ra \leq 6,3$ мкм [6], то игнорирование контактной податливости в этом случае влечет за собой завышение оценки прочности резьбового соединения на 100÷200 % [3]. Как следствие, неверная оценка прочности при проектировании даже при расчетных нагрузках может привести к аварии или катастрофе [8].

Таким образом, есть необходимость уточнения прочностных расчетов учетом контактной податливости соединяемых деталей.

Для оценки прочности должны быть известны конструктивные параметры элементов резьбового соединения (материал, расположение, количество, номинальный диаметр и класс прочности винтов, толщины стягиваемых деталей, форма и размеры стыка, параметры макро- и микрогеометрии контактируемых поверхностей) и совокупность внешних нагрузок.

Будем полагать, что:

- соединяемые фланцы являются жесткими на изгиб и имеют номинально плоские поверхности контакта, остающиеся плоскими при внешнем нагружении;
- внешнюю нагрузку передает весь фланец, а не отдельные втулки;
- реальные контактные поверхности фланцев заменены контактным упругим слоем пренебрежимо малой толщины, податливость которого определяется номинальным давлением в контакте, волнистостью и шероховатостью поверхности.

Оценим прочность многовинтового соединения, расчетная схема которого приведена на рис. 1.

Резьбовое соединение, стягивающее n винтами диаметром d , с шагом резьбы P , две детали с модулями упругости E_1 и E_2 , МПа, толщинами h_1 и h_2 , мм, площадью контактной поверхности A , мм², ее моментами сопротивления W_y , мм³, и инерции I_y , мм⁴, относительно оси y , параметрами шероховатости контактной поверхности Ra_1 и Ra_2 , мм, нагружено отрывающей силой F , Н, и опрокидывающим моментом M , Н · мм.

Расчет проводим в следующей последовательности [3].

1. Для выбранного класса прочности винтов назначаем напряжения в винтах от затяжки. Учитывая, что сопротивление усталости винтов возрастает с увеличением силы затяжки стыка, и полагая, что затяжка винтов осуществляется динамометрическим ключом (погрешность силы затяжки $\pm 25\%$), принимаем:

$$\sigma_{\text{зат.в}} = (0,6 \dots 0,7) \sigma_T, \quad (8)$$

где σ_T – предел текучести материала винта. Если доступен более точный метод контроля силы затяжки (например, контроль силы затяжки по удлинению винта позволяет обеспечить погрешность силы затяжки $\pm 5\%$), то можно затягивать винты до получения в них напряжений $(0,8 \dots 0,85) \sigma_T$.

2. Для заданного диаметра d резьбы винта и шага резьбы P определяем внутренний диаметр резьбы $d_3 = d - 1,227P$ и вычисляем необходимую силу затяжки винта:

$$F_{\text{зат}} = \sigma_{\text{зат.в}} \cdot \frac{\pi d_3^2}{4}. \quad (9)$$

3. Вычисляем коэффициенты χ_F и χ_M основной нагрузки, определяющие приходящиеся на винты доли внешней нагрузки от отрывающей силы и опрокидывающего момента:

$$\chi_F = \frac{\lambda_{\kappa} + \lambda_{\text{д}}}{\lambda_{\kappa} + \lambda_{\text{д}} + \frac{\lambda_{\text{в}}}{n}}; \quad (10)$$

$$\chi_F = \frac{\lambda_{\kappa} + \lambda_{\text{д}}}{\lambda_{\kappa} + \lambda_{\text{д}} + \frac{\lambda_{\text{в}} \cdot I_y}{A \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2}},$$

где λ_{κ} , $\lambda_{\text{д}}$ и $\lambda_{\text{в}}$ – податливости соответственно контактирующих поверхностей фланцев, стягиваемых деталей и винта, мм/Н; x_i – расстояние i -го винта до нейтральной оси стыка, мм.

Податливость контактирующих поверхностей фланцев зависит от коэффициента податливости k контактного слоя фланцев, коэффициента e влияния их масштаба и площади A контактной поверхности:

$$\lambda_{\kappa} = \frac{k \cdot e}{A}. \quad (11)$$

Коэффициент податливости контактирующих поверхностей фланцев:

$$k = \frac{Ra \cdot c_0}{2\sqrt{E \cdot p}}, \quad (12)$$

где $Ra = (Ra_1^2 + Ra_2^2)^{0,5}$ – приведенная средняя арифметическая высота микронеровностей контактирующих поверхностей; c_0 – безразмерный параметр, зависящий от вида обработки поверхностей и направления следов обработки (для контактирующих поверхностей, полученных торцевым точением или строганием $c_0 = 84$, шлифованием или фрезерованием $c_0 = 263$; $E = 2E_1E_2/(E_1 + E_2)$ – приведенный модуль упругости материалов стягиваемых фланцев; $p = nF_{\text{зат}}/A$ – давление в контакте, создаваемое затяжкой винтов [3].

Коэффициент влияния масштаба $e = f(\Delta - W_{\text{max}})$ определяется наибольшей высотой W_{max} волны шероховатой поверхности и допуском Δ плоскостности, который зависит от степени точности по ГОСТ 24643–81 и наибольшего размера контактной поверхности (размер L на рис. 1) [4].

Податливость стягиваемых деталей:

$$\lambda_{\text{д}} = \frac{h_1 + h_2}{E \cdot A}, \quad (13)$$

где h_1 , h_2 – толщины фланцев [4].

Податливость винта:

$$\lambda_{\text{в}} = \frac{4}{\pi E_{\text{в}}} \left(\frac{0,5d + l_0}{d^2} + \frac{0,5d + l_1}{d_3^2} \right),$$

где l_0 – длина гладкой части винта, мм; l_1 – длина нарезанной нагруженной части винта, мм; $E_{\text{в}}$ – модуль упругости материала винта,

МПа [2; 4].

4. Вычисляем внешнюю силу, приходящуюся на наиболее нагруженный винт (первый винт на рис. 1):

$$F_{\text{в}} = F_{\text{в}F} + F_{\text{в}M} = \chi_F \frac{F_a}{n} + \chi_{M_y} M \frac{x_1}{\sum x_i^2}. \quad (15)$$

5. Проверяем условие нераскрытия стыка:

$$\sigma_{\min} = \sigma_{\text{зат}} - (1 - \chi_F) \frac{F_a}{A} - (1 - \chi_{M_y}) \frac{M}{W_y} \geq 2, \text{ МПа}, \quad (16)$$

где $\sigma_{\min}$ – минимальное напряжение в стыке; $\sigma_{\text{зат}}$ – напряжение в стыке от сил затяжки n винтов:

$$\sigma_{\text{зат}} = \frac{n \cdot F_{\text{зат}}}{A}. \quad (17)$$

Если условие не выполняется, то увеличиваем диаметр винта или повышаем его класс прочности и повторяем расчет по пунктам 1–5.

6. Вычисляем максимальную силу $F_{\text{пик}}$, действующую на наиболее нагруженный винт при пиковой нагрузке:

$$F_{\text{пик}} = F_{\text{зат}} + k_{\max} F_{\text{в}}. \quad (18)$$

7. Для динамически нагруженного винта оценку запаса сопротивления усталости выполним по двум опасным сечениям: 1) по первому нагруженному витку резьбы; 2) по стержню вблизи головки винта [4].

Оцениваем напряжения в винте при пиковой нагрузке:

$$\sigma_{\text{пик}} = \frac{4F_{\text{пик}}}{\pi d_3^2}, \quad (19)$$

амплитуду напряжений в резьбовой части винта:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{2F_{\text{в}}}{\pi d_3^2}, \quad (20)$$

и в стержне под головкой

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{2F_{\text{в}}}{\pi d^2}. \quad (21)$$

Коэффициенты запаса прочности, соответствующие этим напряжениям, должны удовлетворять условиям (с точностью до второго знака после запятой):

$$S_{\text{пик}} = \frac{\sigma_{\text{т}}}{\sigma_{\text{пик}}} \geq [S]_{\text{пик}} = 1,2; \quad S_{\text{ср}} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma Dp} \sigma_{\text{ср}}} \geq 2; \quad (22)$$

$$S_{\text{стл}} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma Dstl} \sigma_{\text{стл}} + \Psi_{\sigma} \sigma_{\text{стл}}} \geq 2,$$

где σ_{-1} – длительный предел выносливости материала, который для заданного класса прочности винта можно приближенно оценить по формуле:

$$\sigma_{-1} \approx (0,55 - 0,0001 \sigma_{\text{в}}) \sigma_{\text{в}}, \quad (23)$$

где $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности материала винта, МПа; $K_{\sigma Dp}$ и $K_{\sigma Dstl}$ – коэффициенты уменьшения предела выносливости винта в его резьбовой части и под головкой [1; 5]; коэффициент, характеризующий чувствительность материала к асимметрии цикла:

$$\Psi_{\sigma} = 0,02 + 0,0002 \sigma_{\text{в}};$$

среднее напряжение цикла:

$$\sigma_{\text{стл}} = \frac{4 \cdot (F_{\text{зат}} + 0,5 F_{\text{в}})}{\pi d^2}. \quad (24)$$

В целом можно сказать, что приведенная методика оценки прочности резьбовых соединений приводов позволяет не только получить более точные значения коэффициентов запаса прочности благодаря учету контактной податливости стыков, но также обосновать необходимость увеличения предварительной затяжки и применение более точных методов ее контроля, повышение качества обработки контактных поверхностей, применение высокопрочных винтов. При этом следует отметить, что для расчетов используются только те исходные данные, которыми конструктор обладает на этапе проектирования.

Пример: для скважинной добычи нефти используются погружные установки электроприводных центробежных насосов (УЭЦН) – секционные, многоступенчатые конструкции с

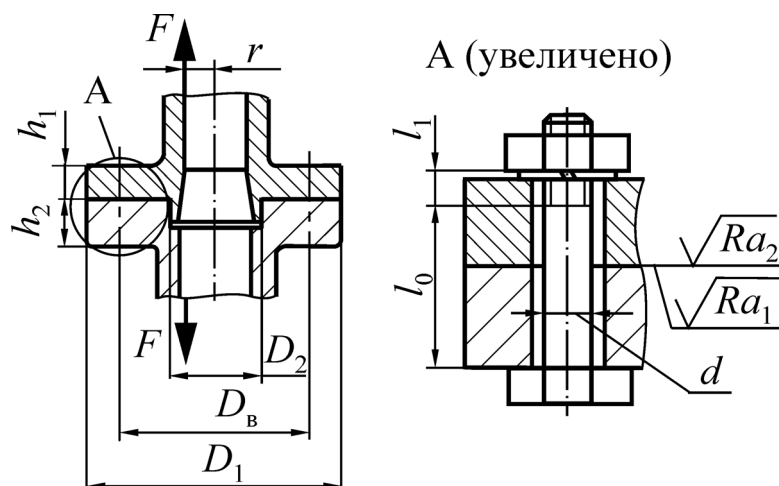


Рис. 2. Резбовое соединение УЭЦН

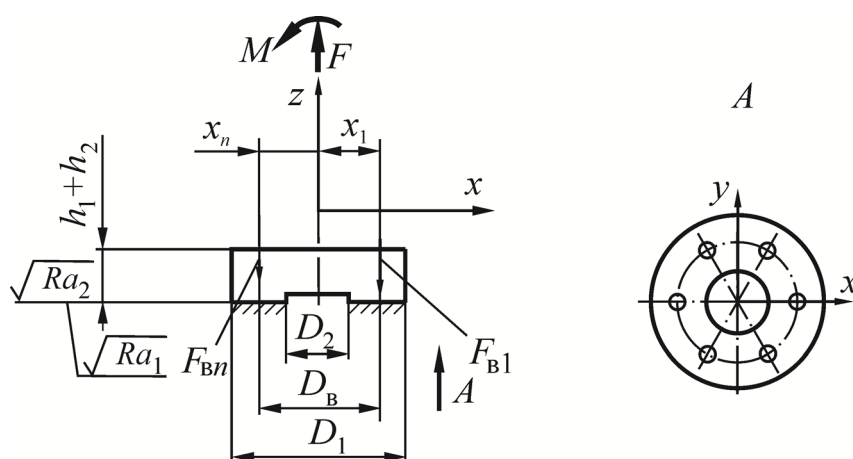


Рис. 3. Расчетная схема фланцевого соединения УЭЦН

диаметром корпуса 93, 103 или 114 мм, длиной секций от 2 до 6 м и общей длиной до 50 м. Соединение секций – фланцево-винтовое (рис. 2). В 30 % случаев отказ УЭЦН связан с усталостным разрушением винтов, которое приводит к расчленению секций и их падению в скважину [7].

При работе насоса на резьбовые соединения фланцев, стянутых n винтами, действуют статическая отрывающая сила F (вес столба нефти, находящегося над насосом) и переменный опрокидывающий момент M , создаваемый радиальными колебаниями насоса в скважине и равный силе F на плече r радиального зазора между насосом и обсадной трубой скважины (рис. 3).

Оценим сопротивление усталости винтов

$M12$ резьбового соединения шестью винтами класса прочности 10,9 ($\sigma_T = 900$ МПа, $\sigma_{-1} = 250$ МПа) с параметрами шероховатости резьбы $Ra_{B1} = Ra_{B2} = 3,2$ мкм погружного насоса. Фланцы стальные ($E = E_B = 2,1 \cdot 10^5$ МПа) и имеют размеры $D_1 = 103$ мм, $D_2 = 76$ мм, $D_B = 84$ мм, $h_1 = 12$ мм, $h_2 = 45$ мм. После затяжки соединение нагружено силой $F = 8 \cdot 10^4$ Н, которая на плече $r = 10$ мм создает опрокидывающий момент $M_y = 8 \cdot 10^5$ Н · мм. Принято: $l_0 = 0$, $l_1 = 12$ мм, $c_0 = 263$, $\Delta = 0,02$ мм, $W_{max} = 0,01$ мм, нормативный коэффициент запаса по сопротивлению усталости $[S_\sigma] = 2,5$. Расчет произведем для двух вариантов обработки контактных поверхностей фланцев с параметром шероховатости $Ra_1 = Ra_2 = 3,2$ мкм и $Ra_1 = Ra_2 = 1,25$ мкм, варьируя напряжения в винте от силы затяжки в

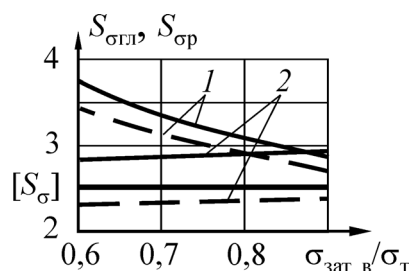


Рис. 4. Запасы прочности по сопротивлению усталости стержня винта под головкой (1) и его резьбовой (2) части для случаев $Ra_1 = Ra_2 = 3,2$ мкм (пунктир) и $Ra_1 = Ra_2 = 1,25$ мкм (сплошная линия)

диапазоне от $0,6\sigma_T$ до $0,9\sigma_T$.

Расчетами по приведенной выше методике получены результаты, представленные графиками на рис. 4.

Анализ результатов расчета позволяет заключить следующее.

1. С увеличением силы предварительной затяжки запас прочности по сопротивлению усталости в резьбовой части винта $S_{\sigma p}$ повышается, а под головкой $S_{\sigma gl}$ уменьшается.

2. С уменьшением параметра шероховатости контактирующих поверхностей запасы $S_{\sigma p}$ и

$S_{\sigma gl}$ увеличиваются. Запас $S_{\sigma gl}$ прочности стержня винта под головкой при разных силах затяжки получен достаточным.

3. При напряжениях в винте от силы затяжки, равных $(0,6 \div 0,9)\sigma_T$, в случае параметра шероховатости поверхностей фланцев $Ra_1 = Ra_2 = 3,2$ мкм запас $S_{\sigma p}$ прочности в резьбе по сопротивлению усталости недостаточен. Если параметр шероховатости довести до $Ra_1 = Ra_2 = 1,25$ мкм, то этот запас повысится до допустимого уровня. Причем, чем больше сила затяжки, тем больше будет запас $S_{\sigma p}$ и меньше запас $S_{\sigma gl}$.

Список литературы

1. Биргер, И.А. Расчет на прочность деталей машин: Справочник / И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1993. – 640 с.
2. Биргер, И.А. Резьбовые и фланцевые соединения / И.А. Биргер, Г.Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1990. – 368 с.
3. Иванов, А.С. Контактная жесткость в машинах / А.С. Иванов. – СПб : Политехника, 2024. – 269 с.
4. Иванов, А.С. Расчетные нагрузки приводов / А.С. Иванов, М.В. Фомин // Вестник машиностроения. – 2017. – № 9. – С. 11–15.
5. Когаев, В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени / В.П. Когаев. – М. : Машиностроение, 1993. – 363 с.
6. Орлов, П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие: в 2 т. Т. 1 / Под ред. П.Н. Учаева. – 3 изд., испр. – М. : Машиностроение, 1988. – 560 с.
7. Смирнов, Н.И. Исследования и пути повышения ресурса УЭЦН / Н.И. Смирнов, Н.Н. Смирнов, К.Г. Мухамадеев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2000. – № 3. – С. 13–16.
8. Третьяков, А.Е. Анализ причин современных техногенных катастроф / А.Е. Третьяков, Е.Г. Кардашевская // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 3(120). – С. 35–37.
9. Шелофаст, В.В. Основы проектирования машин / В.В. Шелофаст. – М. : Изд-во АПМ, 2005. – 472 с.

References

1. Birger, I.A. Raschet na prochnost' detaley mashin: Spravochnik / I.A. Birger, B.F. Shorr,

G.B. Iosilevich. – М. : Mashinostroyeniye, 1993. – 640 s.

2. Birger, I.A. Rez'bovyie i flantsevyie soyedineniya / I.A. Birger, G.B. Iosilevich. – М. : Mashinostroyeniye, 1990. – 368 s.

3. Ivanov, A.S. Kontaktnaya zhestkost' v mashinakh / A.S. Ivanov. – SPb : Politekhnik, 2024. – 269 s.

4. Ivanov, A.S. Raschetnyye nagruzki privodov / A.S. Ivanov, M.V. Fomin // Vestnik mashinostroyeniya. – 2017. – № 9. – S. 11–15.

5. Kogayev, V.P. Raschety na prochnost' pri napryazheniyakh, peremennykh vo vremeni / V.P. Kogayev. – М. : Mashinostroyeniye, 1993. – 363 s.

6. Orlov, P.I. Osnovy konstruirovaniya: Spravochno-metodicheskoye posobiye: v 2 t. T. 1 / Pod red. P.N. Uchayeva. – 3 izd., ispr. – М. : Mashinostroyeniye, 1988. – 560 s.

7. Smirnov, N.I. Issledovaniya i puti povysheniya resursa UETSN / N.I. Smirnov, N.N. Smirnov, K.G. Mukhamadeyev // Khimicheskoye i neftegazovoye mashinostroyeniye. – 2000. – № 3. – S. 13–16.

8. Tret'yakov, A.Ye. Analiz prichin sovremennykh tekhnogennykh katastrof / A.Ye. Tret'yakov, Ye.G. Kardashevskaya // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2021. – № 3(120). – S. 35–37.

9. Shelofast, V.V. Osnovy proyektirovaniya mashin / V.V. Shelofast. – М. : Izd-vo APM, 2005. – 472 s.

© С.В. Муркин, 2025

УДК 621.6

С.В. КУРОВСКИЙ¹, Д.А. МИШИН¹, Н.Д. ИВАНОВ², В.А. ГАФАРОВА²¹ООО «Высшая Школа Образования», г. Одинцово;²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РЕМОНТА И УСИЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ УЧАСТКОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Ключевые слова: исследование эффективности; композитные материалы; нефтегазовые трубопроводы; нефтяная отрасль; ремонт поврежденных участков.

Аннотация. Цель статьи – представить результаты исследования эффективности применения композитных материалов для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов. Задачи исследования: отразить краткий обзор существующих технологий ремонта поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов; обозначить методику и результаты исследования эффективности применения композитных материалов для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов. Гипотеза исследования состоит в том, что применение композитных материалов на основе полимерных матриц с армированием позволяет не только восстановить несущую способность поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов, но и превзойти традиционные методы ремонта по параметрам прочности и герметичности.

Результаты, которые были достигнуты в процессе исследования: рассмотрены существующие технологии ремонта поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов, обоснована эффективность применения композитных материалов для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов.

представляет собой стратегически значимый компонент российского топливно-энергетического комплекса (ТЭК), который обеспечивает устойчивое осуществление транспортировки углеводородов на значительные расстояния. Тем не менее продолжительная эксплуатация нефтегазовых трубопроводов, относительно агрессивная среда участков труб, содержащая минерализованные воды, углекислый газ, механические повреждения участков труб в совокупности способствуют дефектам стенок нефтегазового трубопровода, появлению коррозии, вмятин и трещин на его поверхности. Около 40 % аварийных ситуаций, возникающих в сегменте трубопроводного транспорта, обусловлены коррозией металлических конструкций, разрушениями низкопрочностных участков нефтегазового трубопровода [1–6].

Традиционные технологии ремонта поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов, например, замена разрушенных участков труб, установка сварных муфт, предполагают остановку трубопроводного транспорта, существенный объем трудовых затрат, но не во всех случаях могут быть применены в подводных или труднодоступных условиях. Поэтому композитные материалы являются инновационным решением на современном этапе практического использования нефтегазовых трубопроводов, потому что позволяют проводить бестраншейный ремонт, не влияя на пропускную способность транспорта. Ключевые достоинства композитных материалов, используемых для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов: достаточно высокая прочность, коррозионная стойкость, долговечность, гибкость практического использования

Введение

Сегмент нефтегазовых трубопроводов

Таблица 1. Результаты гидростатических испытаний образцов композитных материалов

Параметр	До проведения ремонта	После проведения ремонта		
		Углеволоконный композит	Стеклопластик	Гибридный композит
Предельное давление среды, МПа	9,8	16,2	14,7	17,5
Деформация при давлении 7,5 МПа, %	0,35	0,28	0,31	0,26
Уровень герметичности	Нарушена	Сохранена	Сохранена	Сохранена

ресурсов [7; 8].

Существующие технологии ремонта поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов

Ремонтное обслуживание нефтегазовых трубопроводов – это ключевая задача обеспечения экологической безопасности, непрерывной эксплуатации транспорта в ТЭК РФ. Исходя из характера повреждений участка трубы, базовых требований к эксплуатации и долговечности нефтегазового трубопровода, используются разные технологии, условно классифицируемые на традиционные и инновационные. Среди традиционных технологий ремонта поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов можно выделить накладные сварные муфты, полную замену конкретного участка трубы. Их практическое применение сопряжено с комплексом ограничений, обусловленных необходимостью остановки нефтегазового трубопровода, существенным риском появления коррозии металлической конструкции в зоне сварки, неприменимостью данных технологий в труднодоступных местах (на территории городской застройки, подводных переходов) [9].

В качестве одного из инновационных решений ремонта поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов являются композитные материалы, в частности, углеволоконные композитные материалы, стеклопластиковые композитные материалы, гибридные композиты, которые предлагают компаниям гибкую технологию бестраншейного ремонта, обусловленного относительно высокой коррозионной стой-

костью [10].

Методика исследования эффективности применения композитных материалов для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов

Для проведения исследования эффективности применения композитных материалов, для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов был использован комплексный подход к подбору композитных материалов, который учитывал предел прочности при растяжении композита (не менее 350 МПа), модуль упругости материала, который соответствует стали, сохранение свойств композитных материалов в диапазоне температур от –60 градусов по Цельсию до +80 градусов по Цельсию, уровень устойчивости к углеводородам, углекислому газу, период полимеризации при 20 градусах по Цельсию не более суток, наличие возможности нанесения композитных материалов при уровне влажности до 95 %.

Чтобы провести лабораторные испытания, были отобраны углеволоконный композит *Toray T700/Epotech 1 540*, стеклопластик *E-glass/Vinylester 411-350*, гибридный композитный материал из углеволоконного композита и стеклопластика.

Программа лабораторных испытаний композитных материалов для ремонта и усиления поврежденных участков нефтегазовых трубопроводов включала проведение механических, коррозионных, термических испытаний, микроструктурного анализа с использованием инфракрасной спектроскопии зоны контакта композитного материала с участком трубы ска-

нирующей электронной микроскопии.

Информационные данные обрабатывались с помощью статистических методов анализа: дисперсионного анализа, корреляционно-регрессионного анализа (уровень статистической значимости $p < 0,05$).

Для каждого типа композитных материалов было сформировано десять образцов, разделенных на две группы: контрольная группа образцов – 5 единиц, экспериментальная группа образцов – 5 единиц.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам гидростатических испытаний образцов композитных материалов было обнаружено, что герметичность сохранена при использовании углеволоконного композита *Toray T700/Epotech 1 540*, стеклопластика *E-glass/Vinylester 411-350*, гибридного композитного материала из углеволоконного композита и стеклопластика. Композитные материалы наносились на уже поврежденные участки нефтегазового трубопровода в ходе гидростатических испытаний. До проведения ремонта с использованием композитных материалов герметичность была нарушена (табл. 1).

В соответствии с результатами циклических испытаний оптимальным решением для ремонта нефтегазовых трубопроводов высту-

пает гибридный композитный материал, поскольку уровень деградации не превышает 5 %. Рекомендованный диапазон температур для эффективного практического использования композитных материалов (они не потеряют свои характеристики прочности, герметичности и коррозионной стойкости) от -40 градусов по Цельсию до $+60$ градусов по Цельсию.

Выводы

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что выдвинутая гипотеза в процессе исследования была подтверждена. Оптимальными сферами практического использования композитных материалов в сегменте нефтегазовых трубопроводов являются ремонт участков труб, находящихся на территории подводных переходов, в труднодоступных местах (болотистая местность, горные районы), обладающих крайне высокой коррозионной активностью. Для увеличения термостойкости композитных материалов целесообразно использовать при ремонте и усилении поврежденных участков нефтегазового трубопровода наномодифицированные смолы, а для возрастания экономической эффективности предлагаемой технологии – автоматизированные системы нанесения на нефтегазовый трубопровод слоев композитных материалов.

Список литературы

1. Харисов, Р.А. Вязкая прочность труб с трещиноподобными дефектами / Р.А. Харисов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2012. – № 4(90). – С. 101–106.
2. Харисов, Р.А. Разработка конструкции изоляционной ленты с двусторонним липким слоем / Р.А. Харисов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2009. – № 2. – С. 18.
3. Харисов, Р.А. Расчетная оценка кривых малоциклового трещиностойкости металла труб / Р.А. Харисов, Ш.З. Исаев, А.М. Латыпов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2012. – № 2. – С. 349–353.
4. Харисов, Р.А. Усовершенствование метода оценки трещиностойкости металла труб / Р.А. Харисов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2013. – № 2. – С. 8–10.
5. Харисов, Р.А. Оценка скорости локализованной коррозии и охрупчивания металла труб / Р.А. Харисов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2013. – № 3. – С. 24–27.
6. Зайнуллин, Р.С. Оценка влияния низких температур на трещиностойкость сталей, применяемых в нефтегазовой отрасли / Р.С. Зайнуллин, Р.А. Харисов, А.Н. Мухаметзянов // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 10. – С. 116–119.
7. Харисов, Р.А. Разработка научных основ экспресс-методов расчета характеристик прочностной безопасности оболочковых элементов трубопроводных систем в водородсодержащих рабочих средах : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Р.А. Харисов.

сов. – Уфа : Институт проблем транспорта энергоресурсов, 2015. – 228 с.

8. Харисов, Р.А. Разработка научных основ экспресс-методов расчета характеристик прочностной безопасности оболочковых элементов трубопроводных систем в водородсодержащих рабочих средах : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Р.А. Харисов. – Уфа, 2015. – 22 с.

9. Кантемиров, И.Ф. Ремонт дефектов стеклопластиковых труб с ненарушенной герметичностью / И.Ф. Кантемиров, М.М. Байбулова, И.Р. Исмагилов, А.М. Гимранов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2022. – № 3–4. – С. 37–43.

10. Лобова, Е.А. Эффективность применения композитных полимерных бандажей при строительстве и ремонте трубопроводов / Е.А. Лобова, Д.А. Гулин, Р.А. Фазлетдинов, Р.Р. Мусаллямов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2018. – № 1. – С. 30–36.

References

1. Kharisov, R.A. Vyazkaya prochnost' trub s treshchinopodobnymi defektami / R.A. Kharisov // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. – 2012. – № 4(90). – S. 101–106.

2. Kharisov, R.A. Razrabotka konstruksii izolyatsionnoy lenty s dvustoronnim lipkim sloym / R.A. Kharisov // Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoye delo». – 2009. – № 2. – S. 18.

3. Kharisov, R.A. Raschetnaya otsenka krivykh malotsiklovoy treshchinostoykosti metalla trub / R.A. Kharisov, SH.Z. Isayev, A.M. Latypov // Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoye delo». – 2012. – № 2. – S. 349–353.

4. Kharisov, R.A. Usovershenstvovaniye metoda otsenki treshchinostoykosti metalla trub / R.A. Kharisov // Transport i khraneniye nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. – 2013. – № 2. – S. 8–10.

5. Kharisov, R.A. Otsenka skorosti lokalizovannoy korrozii i okhrupchivaniya metalla trub / R.A. Kharisov // Transport i khraneniye nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. – 2013. – № 3. – S. 24–27.

6. Zaynullin, R.S. Otsenka vliyaniya nizkikh temperatur na treshchinostoykost' staley, primenyayemykh v neftegazovoy otrasli / R.S. Zaynullin, R.A. Kharisov, A.N. Mukhametzyanov // Neftyanoye khozyaystvo. – 2017. – № 10. – S. 116–119.

7. Kharisov, R.A. Razrabotka nauchnykh osnov ekspress-metodov rascheta kharakteristik prochnostnoy bezopasnosti obolochkovykh elementov truboprovodnykh sistem v vodorodsoderzhashchikh rabochikh sredakh : dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / R.A. Kharisov. – Ufa : Institut problem transporta energoresursov, 2015. – 228 s.

8. Kharisov, R.A. Razrabotka nauchnykh osnov ekspress-metodov rascheta kharakteristik prochnostnoy bezopasnosti obolochkovykh elementov truboprovodnykh sistem v vodorodsoderzhashchikh rabochikh sredakh : avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / R.A. Kharisov. – Ufa, 2015. – 22 s.

9. Kantemirov, I.F. Remont defektov stekloplastikovykh trub s nenarushennoy germetichnost'yu / I.F. Kantemirov, M.M. Bayburova, I.R. Ismagilov, A.M. Gimranov // Transport i khraneniye nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. – 2022. – № 3–4. – S. 37–43.

10. Lobova, Ye.A. Effektivnost' primeneniya kompozitnykh polimernykh bandazhey pri stroitel'stve i remonte truboprovodov / Ye.A. Lobova, D.A. Gulin, R.A. Fazletdinov, R.R. Musallyamov // Transport i khraneniye nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. – 2018. – № 1. – S. 30–36.

УДК 621.6.

Н.Н. САВЕЛЬЕВА

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ ДЛЯ СИСТЕМ СБОРА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

Ключевые слова: гибкие полимерные армированные трубы (ГПАТ); месторождение нефти; нефть; подтоварная вода; системы сбора; скважинная жидкость; углеводороды.

Аннотация. Увеличились сроки безаварийной службы транспортировки углеводородов по системам сбора с месторождений. В настоящее время большинство систем сбора имеют большие сроки эксплуатации и состоят из металлических труб и технологического оборудования, которые имеют ряд недостатков. Главной проблемой при эксплуатации металлических конструкций является коррозия, которая является триггером разрушения. Цель исследования – предложить техническое решение, позволяющее уменьшить влияние коррозии на системы сбора с месторождений и тем самым увеличить их долговечность и надежность. В статье предлагается заменить металлические участки трубопровода, сильно подверженные коррозией, на гибкие полимерные армированные трубы. В результате мы сократим время простоя трубопроводной системы, уменьшим утечки скважинной продукции, нефти, подтоварной воды при возникновении аварий. Увеличим долговечность работы систем сбора, уменьшим затраты на обслуживание и ремонт трубопроводов.

Нефтегазовая отрасль России занимает ведущее положение в мире и является важной частью экономики в нашей стране. Увеличение срока службы систем сбора с месторождений, повышение надежности транспортировки добытых углеводородов по трубопроводам рассматривается в статье. В настоящее время большинство систем сбора с месторождений состоит из металлических труб, которые подвержены коррозии. Возникновение коррозии

во время эксплуатации в той или иной степени неизбежно, и разрушение трубы – лишь вопрос времени, за которое произойдет износ или разрушение ее стенок. Причем не всегда можно прогнозировать сроки службы трубопровода и место разрушения металла. Постоянно велик риск аварийных ситуаций, которые приводят не только к увеличению издержек, но и отрицательно сказываются на экологической ситуации. Разрушение металла происходит под воздействием множества причин: большая шероховатость внутренней поверхности трубы, скачки давления потока, пульсация потока, образование отложений на внутренней поверхности трубопровода, воздействие жидкостей на наружную поверхность трубы, транспортируемая агрессивная жидкость, различные примеси в потоке жидкости, высокая теплопроводность, электропроводность и другое. Можно также отметить, что трубопроводы на месторождениях Западной Сибири служат несколько десятков лет, а капитальный ремонт не проводился за все время эксплуатации. Автором предлагается заменить металлические участки трубопровода, сильно подверженные коррозией, на гибкие полимерные армированные трубы. Для избегания коррозии можно использовать и неметаллическое технологическое оборудование.

Рассмотрим применение гибких полимерных армированных труб для систем сбора с месторождений. Выявим преимущества и недостатки, возникаемые при эксплуатации гибких полимерных армированных труб на месторождениях углеводородов. Определим эффективность применения ГПАТ в системе сбора и подготовки нефти. В России данные трубы выпускает «Группа Полипластик» (рис. 1). Для нефтегазовой отрасли в марте 2025 г. предприятие группы «Группа Полипластик» (Иркутский трубный завод) впервые запустило производство ГПАТ, представленных на рис. 2.



Рис. 1. Полимерные трубы московской «Группа Полипластик»



Рис. 2. ГПАТ. Иркутский трубный завод

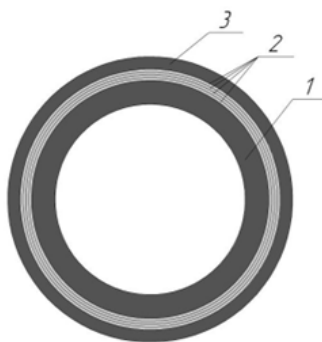


Рис. 3. Конструкция ГПАТ без противоизносного слоя: 1 – внутренний полимерный слой; 2 – армирующий слой; 3 – внешний полимерный слой

Гибкие полимерные армированные трубы поставляют трубу до 600 м, намотанную на железную катушку, которая установлена на гидроприводное (рис. 2) устройство намотки/размотки. ГПАТ имеет ряд преимуществ, которые расширяют возможности использования. Подходит для укладки в разнообразных видах прокладки, давление внутри трубы может быть до 40 Мпа, температура среды – до +950 °С.

В основном ГПАТ состоят из трех слоев (рис. 3): наружный и внутренний слои выполнены из полимера, армирующий слой выпол-

нен из металлических или неметаллических материалов в виде намотанных на трубу нитей или лент.

Применение гибких полимерных армированных труб решает проблему долговечности, так как они не подвержены коррозии. Длительность эксплуатации полимерных гибких армированных труб также зависит от способа монтажа, качества соединительных и промежуточных элементов трубопроводной арматуры, выполненных из полимерных материалов, а также от уровня подготовки обслуживающего персонала.

Таблица 1. Общая сравнительная характеристика полимерных труб со стальными

Показатель	Стальные трубы	ГПАТ
Срок службы	5–15 лет	20–25 лет
Вес	большой	небольшой
Морозостойкость	–600 °С	–600 °С
Возможность деформации при резком изменении температуры или давления	средняя	высокая
Теплопроводность	высокая	низкая
Устойчивость к химически-агрессивным средам	высокая	средняя
Устойчивость к блуждающим токам	проводник	диэлектрик
Устойчивость к кислым газам	высокая	низкая
Устойчивость к максимальным температурам транспортируемой жидкости	высокая	средняя
Устойчивость к коррозионному износу	низкая	высокая
Электрохимическая защита	требуется	не требуется
Изоляция от воздействия влаги	требуется	не требуется
Устойчивость к УФЛ	высокая	низкая
Изоляция от воздействия УФЛ	не нужна	требуется
Прочность	высокая	средняя
Способ соединения:		
– временный	+	+
– долговременный	+	+
Пропускная способность	низкая	высокая
Гибкость	низкая	высокая
Способ прокладки:		
– подземная	+	+
– наземная	+	+
– надземная	+	+
– подводная (в болотистой местности)	–	+

Большое влияние на долговечность эксплуатации полимерных труб оказывает правильный выбор химического состава, который подбирается для конкретных условий эксплуатации, химического состава перекачиваемой жидкости, технологических параметров (давления и температуры), а также их постоянства. Также преимуществом полимерных труб является возможность успешной работы при низких температурах (до –600 °С), что отлично подойдет для

работы в суровых условиях Западной Сибири.

ГПАТ имеют небольшой диапазон температуры перекачиваемой жидкости, особенно это относится к горячим жидкостям, поэтому их нельзя применять в системах сбора около скважин, где температуры скважинной продукции могут превышать 100 °С. Плохо показывают ГПАТ при скачках давления, воздействиях солнца в виде ультрафиолетовых лучей (УФЛ), а также имеют невысокую прочность. В табл. 1

представлена общая сравнительная характеристика ГПАТ со стальными трубами.

Для уменьшения влияния на работоспособность ультрафиолетового излучения трубы изолируют или устанавливают посредством подземной укладки, также можно добавить в состав трубы специальные стабилизаторы ультрафиолетового излучения. Для сохранения долговечности трубопровода необходимо избегать транспортировки жидкостей с высокими температурами (свыше допустимой +950 °С). Таким образом, в системах сбора с месторождений проводить укладку полимерных труб от кустовой насосной станции до цеха подготовки нефти или от цеха подготовки нефти до цен-

трального сборного пункта, избегая первые километры около скважин.

Производя замену неметаллических трубопроводов на гибкие полимерные армированные трубы, мы сократим время простоя трубопроводной системы, уменьшим утечки скважинной продукции, нефти, подтоварной воды при возникновении аварий. Увеличим долговечность работы систем сбора, уменьшим затраты на обслуживание и ремонт трубопроводов. Применение на месторождениях Иркутской области показало положительный эффект. Уменьшилось количество аварий, уменьшились затраты на ликвидацию разливов, улучшилась экологическая обстановка.

Список литературы

1. Абдрахманова, К.Н. Проблемы защиты от коррозии при эксплуатации трубопроводных систем и оборудования нефтегазовой отрасли / К.Н. Абдрахманова, И.А. Дягилев, Н.Х. Абдрахманов, Р.А. Шайбаков // Безопасность техногенных и природных систем. – 2020. – № 3.
2. Бердник, М.М. Анализ применения полимерных армированных труб на объектах промышленных и магистральных трубопроводов / М.М. Бердник, М.Е. Благинина // Перспективы развития геологии, горного и нефтегазового дела: материалы научно-практической конференции, Москва, 29 сентября 2023 года. – М. : Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 2023. – С. 58–60.
3. Бикмасов, Р.Г. Проблемы применения полимерно-армированных труб на объектах промышленных нефтегазопроводов / Р.Г. Бикмасов // Вопросы развития современной науки и техники. – 2021. – № 1. – С. 5–8.
4. Иванов, Е.В. Методы улучшения качества производственных процессов при переходе к Индустрии 4.0 / Е.В. Иванов, А.Ю. Туманов // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 12(162). – С. 105–108.
5. Савельева, Н.Н. Нефтегазовый инжиниринг – инструмент импортозамещения для независимого развития экономики России / Н.Н. Савельева // Пространственное развитие регионов в контексте социально-экономического суверенитета России : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Нижневартовск, 22 ноября 2024 года. – Нижневартовск : Нижневартовский государственный университет, 2025. – С. 94–99.
6. Савельева, Н.Н. Машины и оборудование для бурения, добычи, подготовки и транспорта нефти и газа / Н.Н. Савельева, С.Н. Шедь. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2021. – 131 с.
7. Савельева, Н.Н. Повышение надежности насосных агрегатов на основе предиктивной диагностики и цифровых двойников / Н.Н. Савельева, Д.А. Мирошников, В.И. Шипков // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 1(151). – С. 130–133.
8. Савельева, Н.Н. Совершенствование технологического оборудования системы сбора и подготовки скважинной продукции / Н.Н. Савельева // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2. – С. 138–142.

References

1. Abdrakhmanova, K.N. Problemy zashchity ot korrozii pri ekspluatatsii truboprovodnykh sistem i oborudovaniya neftegazovoy otrasli / K.N. Abdrakhmanova, I.A. Dyagilev, N.KH. Abdrakhmanov, R.A. Shaybakov // Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnykh sistem. – 2020. – № 3.
2. Berdnik, M.M. Analiz primeneniya polimernykh armirovannykh trub na ob'yektakh

promyslovykh i magistral'nykh truboprovodov / M.M. Berdnik, M.Ye. Blagolina // Perspektivy razvitiya geologii, gornogo i neftegazovogo dela: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Moskva, 29 sentyabrya 2023 goda. – M. : Rossiyskiy universitet druzhby narodov imeni Patrisa Lumumby, 2023. – S. 58–60.

3. Bikmasov, R.G. Problemy primeneniya polimerno-armirovannykh trub na ob'yektakh promyslovykh neftegazoprovodov / R.G. Bikmasov // Voprosy razvitiya sovremennoy nauki i tekhniki. – 2021. – № 1. – S. 5–8.

4. Ivanov, Ye.V. Metody uluchsheniya kachestva proizvodstvennykh protsessov pri perekhode k Industrii 4.0 / Ye.V. Ivanov, A.YU. Tumanov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 12(162). – S. 105–108.

5. Savel'yeva, N.N. Neftegazovyy inzhiniring – instrument importozameshcheniya dlya nezavisimogo razvitiya ekonomiki Rossii / N.N. Savel'yeva // Prostranstvennoye razvitiye regionov v kontekste sotsial'no-ekonomicheskogo suvereniteta Rossii : Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Nizhnevartovsk, 22 noyabrya 2024 goda. – Nizhnevartovsk : Nizhnevartovskiy gosudarstvennyy universitet, 2025. – S. 94–99.

6. Savel'yeva, N.N. Mashiny i oborudovaniye dlya bureniya, dobychi, podgotovki i transporta nefi i gaza / N.N. Savel'yeva, S.N. Shed'. – Tyumen' : Tyumenskiy industrial'nyy universitet, 2021. – 131 s.

7. Savel'yeva, N.N. Povysheniye nadezhnosti nasosnykh agregatov na osnove prediktivnoy diagnostiki i tsifrovyykh dvoynikov / N.N. Savel'yeva, D.A. Miroshnikov, V.I. Shipkov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 1(151). – S. 130–133.

8. Savel'yeva, N.N. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo oborudovaniya sistemy sbora i podgotovki skvazhinnoy produktsii / N.N. Savel'yeva // Sovremennyye naukoemykiye tekhnologii. – 2019. – № 2. – S. 138–142.

© Н.Н. Савельева, 2025

УДК 629.7.054.07

М.М. ГРИШКЕВИЧ, П.М. ГРИШКЕВИЧ, Г.Р. РОМАНОВ
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский
технический университет», г. Иркутск

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА ДЛЯ АВТОНОМНОЙ НАВИГАЦИИ БПЛА В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ СПУТНИКОВОГО СИГНАЛА

Ключевые слова: автономная навигация; беспилотный летательный аппарат (БПЛА); механический гироскоп; мониторинг чрезвычайных ситуаций; GPS-независимость.

Аннотация. Целью исследования является разработка высокоточного механического гироскопа для автономной навигации БПЛА в условиях отсутствия спутникового сигнала (GPS/Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС)). К основным задачам относятся создание компактной и устойчивой к помехам конструкции, обеспечение точности измерений, интеграция системы с бортовым программным обеспечением (ПО) для автономной коррекции маршрута. Гипотеза исследования заключалась в том, что механический гироскоп на основе классического принципа сохранения момента импульса, дополненный современными материалами (композиты, керамические подшипники) и вакуумным демпфированием, превзойдет электронные аналоги (MEMS) по надежности и устойчивости к вибрациям, ЭМ-помехам и температурным колебаниям. Во время исследования применялись CAD-моделирование (SolidWorks), 3D-печать корпуса (SLS), прецизионная обработка компонентов, стендовые испытания (вибростенд, термокамеры). Результатом является получение прототипа, применимого в мониторинге чрезвычайных ситуаций (ЧС) и различных миссиях.

Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) в значительной степени зависят от спутниковых навигационных систем, таких как GPS и ГЛОНАСС. Однако такая зависимость делает их крайне уязвимыми в условиях радиоэлектронного подавления, природных ка-

тастроф или при работе в сложном рельефе, где сигналы навигационных спутников могут быть заблокированы или искажены. В подобных ситуациях отказ системы навигации приводит не только к потере управления, но и к существенному снижению эффективности выполнения поставленных задач, а в некоторых случаях – к полному провалу миссии.

Актуальность данной проблемы обусловлена растущим использованием БПЛА в критически важных сферах, включая военные операции, мониторинг чрезвычайных ситуаций, доставку грузов и картографирование. В условиях, когда спутниковая навигация недоступна, требуется альтернативный метод, позволяющий обеспечивать автономное определение положения и ориентации аппарата в пространстве.

Целью данной статьи является разработка механического гироскопа, способного обеспечить автономную навигацию БПЛА без необходимости полагаться на внешние сигналы. В отличие от электронных систем, механический гироскоп обладает высокой устойчивостью к электромагнитным помехам и может функционировать в условиях, где традиционные навигационные технологии оказываются неэффективными.

Научная новизна исследования заключается в следующих аспектах.

1. Применение механической системы стабилизации вместо электронных аналогов, что повышает надежность работы БПЛА в условиях радиоэлектронной борьбы или при отсутствии сигналов спутниковой навигации.

2. Оптимизация конструкции гироскопа с целью снижения массы и габаритов, что особенно важно для БПЛА, где каждый грамм влияет на продолжительность полета и маневренность, при этом без ущерба для точности измерений.

Таблица 1. Сравнительная таблица гироскопов

Параметр	Механические (ГПК-52)	<i>MEMS</i> (серия <i>M301</i>)	Перспективные решения
Точность стабилизации	$\pm 0,01^\circ/\text{ч}$	$\pm 6,1^\circ/\text{ч}$ (1σ)	$\pm 2,5^\circ/\text{ч}$
Масса	>150 г	<10 г	≤ 100 г
Устойчивость к ЭМП	Высокая	Низкая	Высокая
Акустическая уязвимость	Отсутствует	Критичная	Минимальная
Автономность работы	Часы без коррекции	Минуты без <i>GPS</i>	Часы без коррекции

3. Интеграция гироскопа с бортовым программным обеспечением, позволяющая осуществлять автономную коррекцию маршрута на основе данных об угловой скорости и ориентации аппарата, что значительно повышает автономность БПЛА в сложных условиях эксплуатации.

Предлагаемое решение направлено на создание надежной и компактной системы навигации, способной работать независимо от внешних источников позиционирования, что расширит возможности применения БПЛА в условиях, где традиционные методы навигации недоступны [5].

Механические гироскопы

Традиционные системы (например, ГПК-52) отличаются высокой надежностью в экстремальных условиях, но имеют существенные ограничения.

1. Габариты и масса превышают требования современных малых БПЛА (более 100 г при размерах свыше $50 \times 50 \times 50$ мм), что снижает маневренность аппаратов.

2. Устойчивость: сохраняют работоспособность при ЭМ-воздействиях и в *GPS*-депривированных средах (зоны ЧС, военные конфликты), но требуют сложной механической балансировки.

3. Современные разработки: проект Иркутского политеха демонстрирует тенденцию к миниатюризации механических гироскопов с сохранением бесперебойной работы в условиях вибраций.

Электронные (*MEMS*) гироскопы

MEMS широко применяются в коммерчес-

ких БПЛА благодаря малому весу (1–10 г) и низкой стоимости, но обладают критическими недостатками.

1. Уязвимость к помехам: дешевые сенсоры резонируют при акустическом воздействии (140 дБ), вызывая потерю ориентации.

2. Зависимость от коррекции: требуют частой калибровки по *GPS*/ГЛОНАСС, что недопустимо в автономных миссиях или при РЭБ-подавлении.

3. Технологические ограничения: точность углового ухода ($0,15\text{--}0,2^\circ/\sqrt{\text{ч}}$) и температурный дрейф ($\pm 100^\circ/\text{ч}$) снижают эффективность в длительных операциях.

В табл. 1 представлены характеристики гироскопов разного типа.

4. Существующие системы перемещения и трудности навигации рядом с проблемами в условиях возникновения ситуации: МЭМС-сенсоры обеспечивают точность при воздействии высоких температур (например, во время пожаров) и сильных вибраций (в техногенных авариях), спутниковая навигация становится недоступной в задымленных зонах или внутри зданий. В автономных миссиях надежность таких систем также невысока: ошибка руководства в МЭМС-устройствах может достигать 100–500 метров [6].

Конструктивные требования

1. Механическая устойчивость: защита от вибраций в диапазоне 5–2 000 Гц и ударов до 100 г [3].

2. Габаритно-массовые ограничения: корпус $\leq 50 \times 50 \times 50$ мм, масса ≤ 100 г с учетом композитных материалов (карбон, *PEEK*-пластики) [4].

3. Точность: угловой уход $\leq 0,1^\circ/\sqrt{\text{ч}}$,

температурный дрейф $\leq 5^\circ/\text{ч}$ в диапазоне $-40...+85^\circ\text{C}$.

4. Энергоэффективность: потребление $\leq 0,5$ Вт для интеграции в малогабаритные БПЛА.

Этапы проектирования следующие.

1. Разработка принципиальной схемы и технические задания (ТЗ).

2. Анализ нагрузок: моделирование ударных воздействий в *ANSYS*.

3. Выбор материалов: каркас из алюминиевого сплава с полимерными демпферами (*PEEK*, углеродное наполнение) для виброизоляции [3].

4. *CAD*-моделирование (*SolidWorks*).

5. Оптимизация геометрии: решетчатые структуры для снижения массы на 40 % без потери жесткости [4].

6. Интеграция сенсоров: размещение акселерометров и гироскопов в узлах нулевой деформации.

7. Планируемое изготовление прототипа.

8. 3D-печать корпуса: *SLS*-технология с нейлоном *PA12* (точность $\pm 0,1$ мм, толщина стенок 0,8 мм) [4].

9. Прецизионная обработка: чувствительные элементы (роторы, подшипники) – фрезерование на пятиосевых числовых программных управлениях (*ЧПУ*) с допуском $\pm 0,005$ мм.

10. Гальваническое покрытие контактов для защиты от коррозии.

11. Испытания. К ним относятся стендовые тесты: калибровка на вибростенде (частотный анализ резонансов) и термовакуумные камеры для проверки дрейфа.

Предложенные радикальные технологические решения включают в себя гибридную компоновку, сочетающую механический гироскоп с МЭМС-коррекцией для боковых отклонений на малых углах, а также многослойную вибро-

защиту с последующим карбоновым слоем для группировки высокочастотных вибраций и регулирования силиконовыми демпферами для гашения низкочастотных колебаний. Применение бесконтактных оптических энкодеров вместо традиционных термометров может увеличить срок службы устройства на 200 %. Комплексный подход позволяет устранить основные недостатки существующих решений, объединить надежность механики с компактностью *MEMS*. Использование аддитивных технологий и композитов сокращает срок создания прототипов до четырех недель.

Практическая значимость разработки заключается в ее применении для оперативного мониторинга и разведки в условиях, недоступных или опасных для человека, а именно: в мониторинге природных и техногенных ЧС (лесные пожары, зоны катастроф), обеспечении разведки в условиях активного радиоэлектронного подавления (*РЭБ*), а также в решении гражданских задач, таких как детальная картография и автономная доставка грузов.

Разработка механического гироскопа для автономной навигации БПЛА обеспечивает высокую точность и устойчивость к вибрациям и радиопомехам, что делает его эффективной альтернативой *GPS*/ГЛОНАСС в условиях ЧС, РЭБ и подземных миссий. Устройство будет сочетать в себе компактность и надежность, превосходя МЭМС-гироскопы (микроэлектромеханические системы) по устойчивости и уступая волоконно-оптическим гироскопам (*ВОГ*) лишь в точности при значительно меньшей стоимости. Практическое применение решения мониторинга катастроф – военная разведка и гражданские задачи (доставка, картография). Перспективы включают интеграцию с лидарами и *SLAM*, использование нейросетей для коррекции погрешностей и снижения массы композитов.

Список литературы

1. Разработка и применение MEMS-гироскопов в современных БПЛА // СТА. – 2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.cta.ru/articles/soel/2024/2024-3/178374>.
2. Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) в авионике // Микроэлектромеханические системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://xn----dtbhaacat8bfloi8h.xn--p1ai/Micro-Electro-Mechanical-Systems>.
3. Новые технологии в производстве гироскопических датчиков для БПЛА // Syukonkikai [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.syukonkikai.com/n1883576/news-detail.htm>.
4. 3D-печать компонентов БПЛА: технологии и перспективы // Jetcom-3D [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.jetcom-3d.ru/application/3d-pechat-komponentov-bpla>.
5. Паневин, Н.Б. Методы навигации беспилотных летательных аппаратов / Н.Б. Паневин //

Время науки – The Times of Science. – 2025. – № 2.2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-navigatsii-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-1>.

6. Макаренко, С.И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 3. Радиоэлектронное подавление систем навигации и радиосвязи / С.И. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sredstv-i-sposobov-protivodeystviya-bespilotnym-letatelnyh-apparatam-chast-3-radioelektronnoe-podavlenie-sistem-navigatsii-i>.

References

1. Razrabotka i primeneniye MEMS-giroskopov v sovremennykh BPLA // СТА. – 2024 [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.cta.ru/articles/soel/2024/2024-3/178374>.

2. Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) v avionike // Mikroelektromekhanicheskiye sistemy [Electronic resource]. – Access mode : <https://xn---dtbhaacat8bfloi8h.xn--p1ai/Micro-Electro-Mechanical-Systems>.

3. Novyye tekhnologii v proizvodstve giroskopicheskikh datchikov dlya BPLA // Syukonkikai [Electronic resource]. – Access mode : <https://ru.syukonkikai.com/n1883576/news-detail.htm>.

4. 3D-pechat' komponentov BPLA: tekhnologii i perspektivy // Jetcom-3D [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.jetcom-3d.ru/application/3d-pechat-komponentov-bpla>.

5. Panevin, N.B. Metody navigatsii bespilotnykh letatel'nykh apparatov / N.B. Panevin // Vremya nauki – The Times of Science. – 2025. – № 2.2 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-navigatsii-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-1>.

6. Makarenko, S.I. Analiz sredstv i sposobov protivodeystviya bespilotnym letatel'nykh apparatam. Chast' 3. Radioelektronnoye podavleniye sistem navigatsii i radiosvyazi / S.I. Makarenko // Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti. – 2020. – № 2 [Electronic resource]. – Access mode : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sredstv-i-sposobov-protivodeystviya-bespilotnym-letatelnyh-apparatam-chast-3-radioelektronnoe-podavlenie-sistem-navigatsii-i>.

© М.М. Гришкевич, П.М. Гришкевич, Г.Р. Романов, 2025

УДК 637.03

А.В. КРАВЦОВ, А.С. ЯЦУН

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Ключевые слова: метод аналитической иерархии; молочная продукция; производство; роботизация; управление; эффективность.

Аннотация. Появление промышленных роботов и роботизированных систем знаменует собой эпоху преобразований в традиционной пищевой промышленности и предвещает смену парадигмы методов производства продуктов питания. Цель статьи заключается в рассмотрении особенностей разработки и внедрения роботизированной линии на предприятии по производству молочной продукции. Статья посвящена рассмотрению особенностей разработки и внедрения роботизированной линии на предприятиях, изготавливающих молочную продукцию. Определена специфика использования математического метода многокритериального принятия решений для выбора приоритетных технологий и сфер их внедрения. Кроме того, обозначены основные технические параметры, необходимые для проектирования и внедрения роботизированных линий на молочных предприятиях.

Робототехника в пищевой промышленности включает в себя применение роботизированных систем в различных производственных процессах, начиная от переработки и упаковки продуктов и заканчивая их подачей и приготовлением. Эти роботы предназначены для автоматизации повторяющихся задач, повышения эффективности, снижения эксплуатационных расходов, а также улучшения точности и соблюдения правил гигиены при обращении с продуктами питания [1]. Кроме того, они обладают высокой надежностью, скоростью функционирования по технологии, исключающей использование смазочных масел, что позволяет не только

обеспечить стабильное качество продукции, но и сократить отходы пищевых материалов, а также сэкономить на затратах труда. Еще одним несомненным достоинством роботизированных линий является то, что они могут стабильно работать в условиях крайне низких или высоких температур и даже в средах с недостатком кислорода, что позволяет решить некоторые проблемы пищевого производства, связанные с необходимостью обработки продуктов в низких температурных режимах [2].

Рынок пищевой робототехники стабильно растет, поскольку предприятия ищут инновационные технологии для оптимизации производства, решения проблемы нехватки рабочей силы и соблюдения строгих норм безопасности. Так, например, объем мирового рынка пищевой робототехники в 2024 г. составил 2,29 млрд долл. Прогнозируется, что в 2025 г. он вырастет до 2,76 млрд долл., а к 2034 г. составит около 14,93 млрд долл., что соответствует здоровому среднегодовому темпу роста в 20,61 % [3] (рис. 1).

Как и многие смежные сегменты рынка, молочная промышленность сталкивается с серьезными проблемами, такими как нехватка рабочей силы, контроль качества и рост спроса. Для решения этих проблем и повышения эффективности отрасль движется в направлении автоматизации производственных процессов. От начальной стадии доения до окончательной упаковки продукта робототехника значительно повышает эффективность производства молочной продукции.

Однако разработка и внедрение роботизированной линии на молочных предприятиях, выбор конкретных технических решений, информационных систем и управляющих блоков являются отнюдь непростой задачей. По мнению авторов, рамки проектирования должны

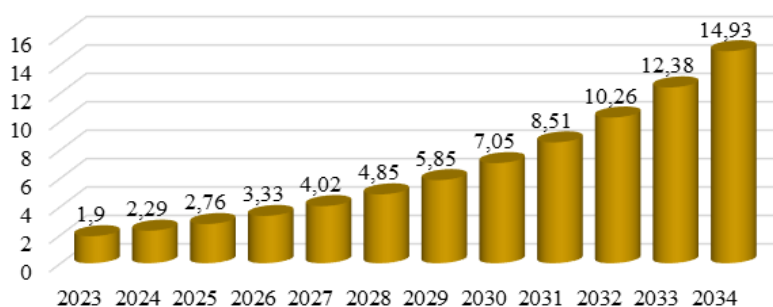


Рис. 1. Объем рынка пищевой робототехники, млрд долл. [3]

быть направлены на расширение контекста инноваций за пределы исключительно техноцентричной точки зрения, с учетом более широкого контекста, включающего социально-этические факторы развития отрасли, системы сельского хозяйства и инновационные проекты. Помимо этого, проекты по роботизации должны учитывать возможности наращивания производства, повышения качества молока, требования экономической целесообразности инвестиций, необходимых для внедрения этих технологий.

Таким образом, вопросы правильного выбора робототехнических систем на предприятиях молочной промышленности, учитывая сложность доступных альтернатив, уникальные особенности каждого субъекта хозяйствования, а также требования регламентов и технических предписаний по безопасности пищевых продуктов, составляют важную научно-практическую задачу, необходимость решения которой и предопределила выбор темы данной статьи.

Перспективы использования передовой инженерии для внедрения роботов в технологические цепочки предприятий молочной промышленности, которые предполагают использование машинного зрения и искусственного интеллекта, позволяющих достичь эффективных и устойчивых производственных процессов, рассматривают в своих трудах *F. Mavura, S. M. Pandhare* [4], *Ch. Sinha, P.S. Minz* [5], *Е.В. Жирков, О.С. Чеченихина* [6].

Вопросы улучшения интеграции данных, которые собираются роботизированными системами молочных предприятий с целью их обработки и использования для принятия управленческих решений, изучают *М.А. Керимов* [7], *Т.Н. Н.да Silva, S. Sehnm* [8].

Обоснование приоритетов при выборе оборудования для роботизации молочного произ-

водства, а также атрибутов, необходимых для принятия решения с учетом технических, финансовых и управленческих критериев, входит в круг научных интересов *A. Hassoun, S. Jagtap* [9], *C. Alarcón-Ferrari, A. Corrado* [10].

Высоко оценивая имеющиеся на сегодняшний день труды и наработки, следует отметить, что некоторые вопросы освещены в научно-экспертной литературе недостаточно. Так, например, в дополнительном обосновании нуждается алгоритм работы автоматизированной линии с учетом особенностей функционирования элементов контроля, сигнализации и управления реальным производственным процессом. Кроме того, отдельного внимания заслуживает разработка критериев оценки опасности отклонения от нормы состояния составляющих элементов роботизированной линии на основе результатов измерения и контроля ее рабочих параметров.

На сегодняшний день в научной литературе подчеркивается целесообразность и эффективность использования многокритериальных методов для решения проблем выбора альтернативного оборудования, информационных систем, автоматизированных комплексов и т.д., к числу которых относятся анализ оболочки данных (), метод структурированного принятия решений ().

По мнению автора, для принятия решения относительно разработки и внедрения роботизированной линии на предприятии по производству молочной продукции целесообразным является использование *АНР*-инструмента, помогающего проводить сравнения, которые позволяют находить необходимые компромиссы для выбора лучшей комбинации оборудования и комплектования производственной линии. *АНР* дает возможность интегрировать различные аспекты работы предприятия, включая про-

Таблица 1. Сферы роботизации и автоматизации на молочных предприятиях

Сфера применения	Описание процесса	Технологии и оборудование
Прием и хранение сырья	Приемка молока, фильтрация, охлаждение, хранение	Автоматические насосы, CIP-мойка, датчики температуры/уровня, SCADA-система
Пастеризация и термообработка	Уничтожение патогенов и ферментов	Пастеризаторы, теплообменники, автоматический контроль температуры и времени
Гомогенизация	Разделение жиров для улучшения текстуры продукта	Автоматические гомогенизаторы с PLC-управлением
Ферментация (для кисломолочных продуктов)	Добавление заквасок, выдержка по технологии	Автоматическое дозирование заквасок, контроль температуры и времени, датчики pH
Ультрафильтрация, сепарация	Разделение компонентов молока (сыворотка, сливки и т.п.)	Мембранные фильтры, сепараторы с автоматическим управлением
Фасовка и дозировка	Наполнение упаковки нужным объемом	Роботы-дозаторы, весовые системы, поточные линии с регулировкой объема
Упаковка и герметизация	Закрытие бутылок, стаканчиков, пакетов	Автоматические закупорочные машины, контроллеры крутящего момента, сенсоры герметичности
Маркировка	Нанесение даты, партии, состава	Принтеры этикеток, лазерная маркировка, камеры верификации
Упаковка в коробки/лотки	Сборка единиц в группы и транспортная упаковка	Роботы-манипуляторы, картонаторы, паллетизаторы
Паллетизация и склад	Укладка на паллеты, перемещение, учет	Робот-паллетайзер, автоматический штабелер, WMS-система
Холодильное хранение	Склад готовой продукции с поддержкой температуры	Автоматические холодильные камеры, датчики влажности и температуры
Логистика/отгрузка	Подготовка к отгрузке, маркировка накладных	Автоматическое сканирование штрихкодов, конвейеры, система учета
Контроль качества	Визуальный, химический и микробиологический контроль	Машинное зрение, спектрометры, системы отбора проб и анализа
Очистка и санитария	Мойка оборудования, труб, резервуаров	CIP и SIP системы, автоматические насосы, датчики остаточной химии
Цифровая аналитика	Мониторинг и оптимизация процессов	IIoT-сенсоры, SCADA/MES-системы, аналитика OEE, машинное обучение

SCADA/PLC – системы автоматического управления и визуализации

CIP/SIP – автоматические системы мойки/стерилизации оборудования

WMS – система управления складом

MES – система управления производственными процессами в реальном времени

изводственные стратегии, архитектуру системы, планирование мощностей, оценку производительности, методы управления, оценку рисков и анализ сценариев [7]. Преимущества этого метода включают простоту, удобство использования и пригодность для субъективных оценок данных. Еще одним фактором, определяющим применение АНР, является то, что анализируемая проблема должна иметь больше критериев,

чем альтернатив, и критерии должны быть четко определены в цифровом виде.

Отдельный акцент необходимо сделать на том, что метод АНР становится все более популярным как партисипативный подход, который предполагает вовлечение конечных пользователей (фермеров и заинтересованных сторон), прежде всего путем формализации «проблемы» и затем понимания контекста, необходимого для

успешного развертывания роботизированных систем. Первым этапом процесса проектирования является концептуальное моделирование, которое включает в себя переход от проблемной ситуации через требования к модели к определению того, что будет моделироваться и как. Также следует принимать во внимание ряд ограничений, определяющих производственные процессы, требования к продукции и цели проектирования [5].

Таким образом, с учетом отмеченного в табл. 1 выделены основные технологические и производственные процессы, подходящие для роботизации на предприятиях по производству молочной продукции и соответствующее им описание конструктивных решений.

Итак, располагая всей информацией о сферах и процессах, которые могут быть роботизированы на предприятии, а также данными о необходимых для этого технологиях, лицам, принимающим решения, целесообразно использовать компенсаторный и иерархический методы для расстановки приоритетов и обоснования очередности. Шаги принятия решения включают в себя следующее.

Этап 1. Структурирование задач роботизации и предпочтительных сфер в иерархию: иерархии распределяют цель по сравниваемым технологиям, присваивая им характеристики, чтобы определить, какие из них оказывают наибольшее влияние на достижение поставленной цели.

Этап 2. Сравнение элементов. Измерение важности характеристик технологий роботизации для достижения общей цели. Анализ проводится путем сравнения важности одной из двух аппликаций для решения проблемы.

Этап 3. С помощью данных, полученных в результате сравнительного анализа, рассчитываются весовые приоритеты каждой технологии и сферы в иерархии, которые нормализуются с помощью уравнения:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

Нормализация матрицы сравнения может быть выполнена с помощью различных методов. Для получения вектора приоритетов w предлагаем использовать метод аддитивной нормализации, при котором элементы каждого столбца матрицы делятся на сумму элементов

того же столбца, а затем вычисляется среднее значение элементов строки в соответствии с уравнением:

$$a_{ij} = a_{ij} \sum_i = 1na_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, n,$$

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_j = 1na_{ij}, i = 1, 2, \dots, n.$$

Этап 4. На этом этапе проводится анализ согласованности, который позволяет оценить когерентность присвоения значений формализованной ранее шкалы. Согласованность матрицы суждений измеряется индексом согласованности (CI):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1},$$

где n – количество проанализированных факторов, а λ_{max} – наибольшее собственное значение матрицы оценок, которое рассчитывается как сумма произведений каждого элемента вектора весов и суммы столбцов матрицы сравнений, оцениваемых по парам.

В качестве примера на основе изучения имеющейся технической литературы и уже реализованных проектов по роботизации молочных предприятий в табл. 2 систематизированы технические параметры, которые следует принимать во внимание в процессе разработки и внедрения роботизированной линии.

После выбора конкретных технологий робототехники для молочного производства необходимо определиться с методами их внедрения и управления.

Молочная промышленность включает в себя различные операции, и все эти операции в совокупности осуществляются в контролируемых условиях [3]. С целью обеспечения безопасной и надежной работы роботизированной линии, для которой большое значение имеют «технологии управления процессами» и «технологии нечеткой логики», целесообразным является использование компьютерных систем управления.

Различают системы управления с открытым и замкнутым контуром. Для простых операций может быть использован обычный программируемый логический контроллер. В то время как более сложные системы требуют усовершенствованной автоматизации для выполнения процесса. И в данном случае может быть использо-

Таблица 2. Основные технические параметры, необходимые для проектирования и внедрения роботизированных линий на предприятиях по производству молочной продукции (составлено автором)

Категория	Параметр	Описание
Производственные параметры	Производительность	Объем выпускаемой продукции (л/ч, шт/ч), сменность
	Гибкость линии	Возможность адаптации под разные виды молочной продукции
Робото-технические системы	Тип робота	Шарнирный, дельта, <i>SCARA</i> – в зависимости от задачи
	Грузоподъемность	Масса перемещаемой упаковки или компонентов
	Точность позиционирования	Важна при фасовке, укладке, этикетировании (мм)
	Скорость работы	Циклы в минуту, м/с – влияет на общую производительность
	Рабочая зона	Пространство, в котором может работать манипулятор
Сенсоры и управление	Машинное зрение	Контроль качества, сортировка, навигация
	Контроллеры (<i>PLC/SCADA</i>)	Интеграция и управление всеми этапами производства
	Датчики	Температура, давление, уровень, влажность – для контроля среды и продукта
Гигиена и санитария	Материалы	Нержавеющая сталь, пригодная для пищевой промышленности
	Очистка	Автоматическая мойка/стерилизация оборудования
	Степень защиты <i>IP</i>	Минимум <i>IP65</i> , желательно <i>IP67–69K</i> для влажной среды
Упаковка и логистика	Типы упаковки	Бутылки, пакеты, тетрапак, стаканчики
	Фасовка и укупорка	Точность дозирования, герметичность упаковки
	Маркировка	Этикетки, печать даты, штрихкод
Энергия и безопасность	Энергопотребление	Общая потребляемая мощность (кВт)
	Пневмо/гидросистемы	Давление, герметичность, утечки
	Безопасность персонала	Ограждения, световые барьеры, стоп-кнопки
	Соответствие стандартам	Система управления безопасностью пищевой продукции, <i>ISO 22000</i> , ГОСТ
Интеграция и цифровизация	Интеграция с <i>ERP/MES</i>	Отслеживание и управление в реальном времени
	<i>IIoT</i> и <i>Big Data</i>	Сбор, хранение, анализ данных о производстве
	Удаленный мониторинг	Обнаружение сбоев, техническая поддержка
Надежность и обслуживание	Среднее время между отказами / Среднее время на восстановление	Время, необходимое для возобновления работы оборудования в случае сбоев, нештатных ситуаций, выхода из строя
	Запасные части	Доступность стандартных компонентов
	Обучение персонала	Инструкции, симуляторы, сопровождение

ван новый метод проектирования и внедрения дискретной системы управления событиями (), которая предполагает оснащение оборудования датчиками и исполнительными механизмами. Эта технология управления отлично подходит

для многопродуктовых систем. Система обратной связи датчиков связана с управленческим контуром, благодаря этому сырье проверяется более точно по сравнению с ручным контролем качества.

Резюмируя полученные результаты, можно отметить, что молочная промышленность сталкивается со многими проблемами в области ответственного производства продуктов питания. Чтобы обеспечить растущий спрос на устойчивой основе, отрасль должна снизить воздействие на окружающую среду, сократить использование ресурсов, улучшить условия содержания животных и одновременно повысить производительность, безопасность и качество жизни людей. Это может быть достигнуто за счет внедрения робототехники во все ключевые производственные процессы.

Не подлежит сомнению тот факт, что эффективная разработка комплексных производственных систем должна опираться на про-

цессы совместного проектирования с участием конечных пользователей, а также других заинтересованных сторон. С учетом отмеченного в статье рассмотрена специфика использования метода аналитической иерархии для разработки и внедрения роботизированной линии на предприятии по производству молочной продукции. Отдельное внимание уделено перспективным сферам роботизации и автоматизации на молочном производстве. Также формализованы шаги принятия решений в процессе расстановки приоритетов и выбора роботизированных технологий. Кроме того, выделены основные технические параметры, необходимые для проектирования и внедрения роботизированных линий на молочных предприятиях.

Список литературы

1. Мосолова, Н.И. Опыт производства молока при использовании роботизированной доильной карусели GEA DAIRYPROQ / Н.И. Мосолова, М.А. Чеканова, И.Ф. Горлов, Н.А. Ткаченко, А.А. Сложенкина, Е.С. Воронцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 2(66). – С. 208–220.
2. Кузьмина, Т.Н. Совершенствование доильного оборудования для доения коров / Т.Н. Кузьмина, С.А. Масловский, И.Н. Ким, А.А. Смелов, Н.И. Болтянская // Техника и технологии в животноводстве. – 2024. – Т. 14. – № 4. – С. 10–17.
3. Global Food Robotics Market by Type, by Application, by End-User, Trends and Forecast. 2024–2033 / Market.Us. – 2025. – 87 p.
4. Mavura, F. Rule-Based Engine for Automatic Allocation of Smallholder Dairy Producers in Preidentified Production Clusters / F. Mavura, M. Pandhare // The Scientific World Journal. – 2022. – Vol. 20. – Iss. 19. – P. 98–104.
5. Sinha, Ch. Automatic pH-Controlled Thermal Modulation Unit for Yoghurt Production / Ch. Sinha, P.S. Minz // Journal of Food Process Engineering. – 2025. – Vol. 48. – Iss. 1. – P. 76–84.
6. Жирков, Е.В. Эффективность применения роботизированных установок при получении высококачественного молока / Е.В. Жирков, О.С. Чеченихина // Научные высказывания. – 2022. – № 14(22). – С. 12–16.
7. Керимов, М.А. Инфраструктурно-инженерные решения для малых форм хозяйствования в молочном скотоводстве / М.А. Керимов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2023. – № 67. – С. 66–70.
8. da Silva, T.H.H. The utilization of Industry 4.0 technologies to enhance the circular economy through the engagement of stakeholders in Brazilian food technology companies / T.H.H. da Silva, S. Sehnem // Business Strategy and the Environment. – 2024. – Vol. 34. – Iss. 1. – P. 65–73.
9. Hassoun, A. From Food Industry 4.0 to Food Industry 5.0: Identifying technological enablers and potential future applications in the food sector / A. Hassoun, S. Jagtap // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2024. – Vol. 23. – Iss. 6. – P. 108–117.
10. Alarcón-Ferrari, C. Digitalisation, politics of sustainability and new agrarian questions: The case of dairy farming in rural spaces of Italy and Sweden / C. Alarcón-Ferrari, A. Corrado // Sociologia Ruralis. – 2023. – Vol. 63. – Iss. 3. – P. 20–28.

References

1. Mosolova, N.I. Opyt proizvodstva moloka pri ispol'zovanii robotizirovannoy doil'noy karuseli GEA DAIRYPROQ / N.I. Mosolova, M.A. Chekanova, I.F. Gorlov, N.A. Tkachenkova,

A.A. Slozhenkina, Ye.S. Vorontsova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye. – 2022. – № 2(66). – S. 208–220.

2. Kuz'mina, T.N. Sovershenstvovaniye doil'nogo oborudovaniya dlya doeniya korov / T.N. Kuz'mina, S.A. Maslovskiy, I.N. Kim, A.A. Smelov, N.I. Boltyanskaya // Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve. – 2024. – T. 14. – № 4. – S. 10–17.

3. Global Food Robotics Market by Type, by Application, by End-User, Trends and Forecast. 2024–2033 / Market.Us. – 2025. – 87 p.

6. Zhirkov, Ye.V. Effektivnost' primeneniya robotizirovannykh ustanovok pri poluchenii vysokokachestvennogo moloka / Ye.V. Zhirkov, O.S. Chechenikhina // Nauchnyye vyskazyvaniya. – 2022. – № 14(22). – S. 12–16.

7. Kerimov, M.A. Infrastrukturno-inzhenernyye resheniya dlya malykh form khozyaystvovaniya v molochnom skotovodstve / M.A. Kerimov // Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2023. – № 67. – S. 66–70.

© А.В. Кравцов, А.С. Яцун, 2025

УДК 621.7.01

С.В. ДЕТКИН¹, А.В. ДЕТКИН², Д.Ю. КОЛОДЯЖНЫЙ¹¹ ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «Станкин»;² ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный

исследовательский университет)», г. Москва

ГОМОГЕНИЗАЦИОННЫЙ ОТЖИГ КАК МЕТОД ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ К УДАЛЕНИЮ ТЕРМОПОВРЕЖДЕННОГО СЛОЯ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Ключевые слова: гомогенизационный отжиг; термopоврежденный слой; фазовые диаграммы; электрохимическая полировка; электроэрозионная обработка; *Inconel 718*; *Laves*-фаза, δ -фаза.

Аннотация. В настоящей работе рассматривается метод гомогенизационного отжига (ГО) как этап подготовки поверхности жаропрочных никелевых сплавов, в частности *Inconel 718*, к удалению термopоврежденного слоя (ТПС), формирующегося в процессе электроэрозионной обработки (ЭЭО). Целью исследования является теоретическое обоснование эффективности ГО для снижения устойчивости фаз ТПС к электрохимическому растворению. В рамках поставленной цели решаются следующие задачи: анализ природы и структуры ТПС после ЭЭО, идентификация устойчивых фаз, формирующихся в поверхностном слое, моделирование их поведения при термическом воздействии на основе фазовых диаграмм и формулирование гипотезы об улучшении условий электрохимической полировки за счет ГО.

Гипотеза исследования заключается в том, что гомогенизационный отжиг при температуре 1 080–1 140 °С в течение 1–4 часов вызывает частичное или полное растворение интерметаллидных фаз типа *Laves* ($(Ni,Fe)_2Nb$) и $\delta(Ni_3Nb)$, а также перераспределение легирующих элементов, тем самым снижая химическую и механическую стойкость ТПС. В качестве методов применялись анализ литературных источников, фазово-термодинамическое моделирование с использованием бинарных диаграмм *Ni-Nb*, *Ni-Mo* и *Ni-Ti*, а также сопоставление известных экспериментальных данных по микроструктуре и твердости после ЭЭО и ГО.

Результаты исследования подтверждают, что ГО способен ослабить термостойкие и химически инертные фазы ТПС, тем самым повышая эффективность последующего удаления слоя методами электрохимической полировки. Представленная гипотеза требует дальнейшей экспериментальной верификации, однако уже на теоретическом уровне подход демонстрирует высокую применимость в условиях импортозамещения и ремонта газотурбинных двигателей.

В условиях импортозамещения и необходимости повышения ресурса газотурбинных двигателей (ГТД) особое внимание уделяется повышению надежности и долговечности деталей ГТД, в том числе турбинных лопаток из жаропрочных никелевых сплавов. Одной из актуальных проблем является образование на поверхностях хвостовиков лопаток ТПС после ЭЭО. Эта технология может применяться при отсутствии специализированного оборудования для глубинного шлифования профиля или при необходимости нарастить объемы производства сложных деталей. Возникающий после ЭЭО слой обладает рядом нежелательных характеристик – повышенной твердостью, наличием внутренних растягивающих напряжений, микротрещин, оксидных включений и других дефектов – что в совокупности снижает эксплуатационные свойства и долговечность деталей [15]. Для обеспечения надежной работы таких лопаток в эксплуатации указанный слой должен быть полностью удален или минимизирован с помощью последующих технологических операций.

В настоящей работе рассматривается возможность использования гомогенизационного

отжига (ГО) в качестве этапа подготовки поверхности к последующему удалению ТПС, например, методами электрохимической полировки (ЭХП). Цель исследования – проанализировать фазовый состав и структуру термopоврежденного слоя после ЭЭО и обосновать гипотезу о том, что высокотемпературный ГО способен частично или полностью устранить данный слой или преобразовать его структуру таким образом, чтобы облегчить его последующее удаление электрохимическими методами. Обоснование гипотезы проводится на основе данных экспериментальных исследований и теоретических сведений, представленных в литературе.

1. Природа и состав термopоврежденного слоя (TPS).

Формирование TPS после ЭЭО происходит в результате высокоэнергетических импульсных нагревов, вызывающих локальное расплавление и последующее быстрое охлаждение поверхностного слоя металла. В этих условиях на детали образуется переплавленный приповерхностный участок с микроструктурой, отличной от основного материала. Исследования показывают, что у жаропрочных никелевых сплавов (например, *Inconel* 718, отечественный аналог ЭП718) в термopоврежденном слое присутствуют различные вторичные фазы и дефекты. В частности, установлено [1–3]:

- наличие оксидных включений Nb и Ti;
- образование интерметаллидных фаз типа *Laves*;
- локальная ликвация Nb и Mo по границам зерен;
- высокая плотность микротрещин и пор;
- остаточные растягивающие напряжения.

По данным работы [1] толщина TPS после электроэрозионной резки (WEDM) может достигать $\sim 6,2 \pm 2,1$ мкм. Структура этого слоя существенно отличается от γ -матрицы основного металла по фазовому составу и наличию дефектов. Такие нарушения структуры затрудняют последующую электрохимическую обработку поверхности и служат концентраторами напряжений (особенно микротрещины), что снижает надежность деталей при эксплуатации.

Фазовый анализ TPS показывает, что он состоит преимущественно из твердых интерметаллидных соединений типа *Laves* ($(Ni,Fe)_2Nb$) и фазы $\delta(Ni_3Nb)$, а также содержит оксидные включения (преимущественно оксиды Nb и Ti).

Эти фазы отличаются высокой твердостью и хрупкостью, а также низкой электропроводностью и химической инертностью (стойкостью к воздействию кислот и щелочей) [4–5]. Наличие таких фаз существенно снижает пластичность и ухудшает электрофизические свойства поверхностного слоя, способствуя зарождению микротрещин.

Laves-фаза обладает высокой термической стабильностью благодаря своей устойчивой гексагональной структуре (фаза типа *Laves*-C14) и большой энергии образования. Она сохраняется даже при кратковременных нагревах до значительных температур, что делает ее трудной для устранения как механическими, так и химическими методами. Орторомбическая δ -фаза (Ni_3Nb) также является термодинамически стабильной при повышенных температурах (существует до ~ 950 – $1\ 000$ °C) и выделяется преимущественно по границам зерен, способствуя охрупчиванию сплава за счет поглощения Nb из γ -матрицы [4]. Таким образом, присутствие в TPS интерметаллидов *Laves* и δ , а также тугоплавких оксидов обуславливает его высокую твердость и химическую стойкость, мешающую удалению традиционными методами.

ГО представляет собой высокотемпературный отжиг, направленный на выравнивание химического состава сплава и устранение ликвационных неоднородностей. Применительно к TPS гомогенизация должна приводить к следующим эффектам: 1) частичному или полному растворению присутствующих интерметаллидных фаз (*Laves*, δ) или их перераспределению; 2) выравниванию концентрации Nb и других легирующих элементов в γ -матрице; 3) снижению уровня остаточных напряжений; 4) повышению электропроводности поверхностного слоя за счет уменьшения доли изолирующих фаз [6–9].

Практика термообработки показывает, что при нагреве TPS до $\sim 1\ 080$ – $1\ 140$ °C с выдержкой порядка 1–4 часов происходит значительное разупрочнение поверхностного слоя за счет растворения хрупких фаз *Laves* и δ . В частности, в работе [6] отмечается, что после ГО при $1\ 080$ °C (4 ч) в структуре *Inconel* 718 практически полностью исчезает дендритная ликвация и растворяется *Laves*-фаза, приводя к более равномерному распределению Nb в матрице. Это, в свою очередь, снижает химическую стойкость TPS и облегчает его удаление электрохимическим полированием. Дополнительно источни-

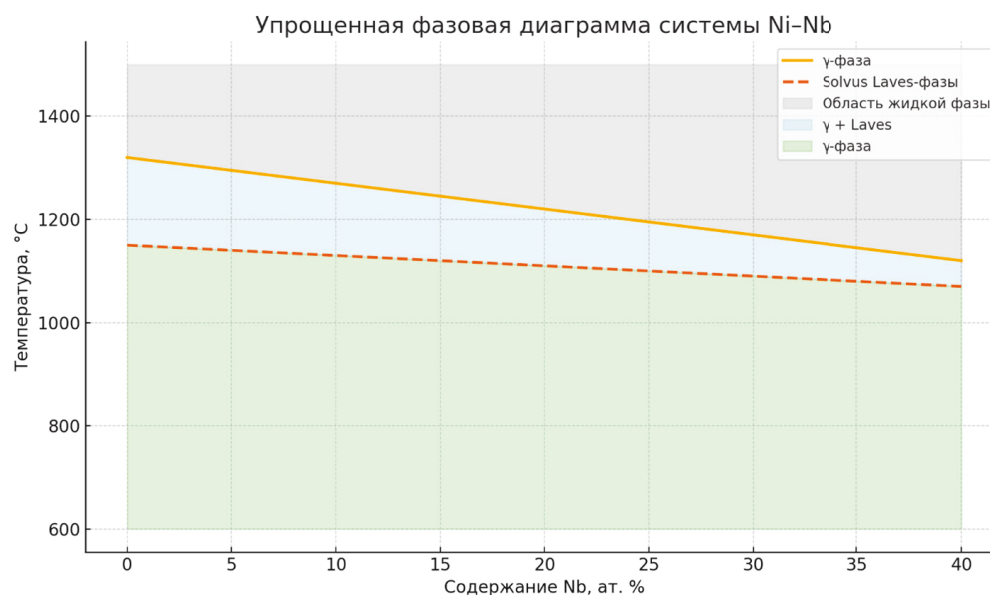


Рис. 1. Упрощенная фазовая диаграмма Ni-Nb

ки [7–8] указывают, что после ГО наблюдается выравнивание микротвердости по сечению и устранение дендритной микронеоднородности, что подтверждает восстановление однородной структуры поверхностного слоя.

Эффективность гомогенизационного отжига зависит от режима нагрева. Отжиг продолжительностью менее одного часа может оказаться недостаточным для полного растворения интерметаллидов, тогда как чрезмерно долгая выдержка (более ~6–8 часов) способна вызвать рост зерна и образование избыточных карбидных фаз. Таким образом, для достижения желаемого ослабления *TPS* без ущерба для структуры основы требуется оптимизация параметров ГО (температуры и времени выдержки).

Анализ фазовых диаграмм систем Ni-Nb, Ni-Ti и Ni-Mo подтверждает наблюдения экспериментаторов относительно поведения нежелательных фаз при нагреве. При температурах гомогенизации (около 1 100 °C) должны растворяться интерметаллидные фазы типа *Laves* (ориентировочная температура разложения ~1 150 °C) [4] и δ -фаза (стабильна до ~1 000 °C) [13]. Таким образом, выбранный интервал 1 080–1 140 °C является обоснованным компромиссом: он достаточно высок для растворения указанных фаз, но при этом ниже температуры солидуса γ -матрицы, что позволяет избежать плавления основы и сохранить структурную целостность сплава.

Процесс гомогенизации инициирует интенсивную диффузию элементов, что способствует возвращению системы к равновесному однофазному состоянию. Термодинамически при нагреве происходит снижение свободной энергии сплава за счет растворения метастабильных выделений и исчезновения химической неоднородности. Иными словами, сегрегации *Nb*, *Mo* и *Ti*, формировавшиеся при быстром охлаждении *TPS*, постепенно устраняются в ходе выдержки, и структура поверхности стремится вернуться к устойчивому γ -состоянию без лишних фаз.

На основании приведенных данных выдвинута следующая гипотеза: гомогенизационный отжиг хвостовиков турбинных лопаток из жаропрочных никелевых сплавов после ЭЭО модифицирует структуру *TPS* и тем самым облегчает его последующее удаление электрохимической полировкой. Высокотемпературный отжиг приводит к растворению или трансформации химически инертных фаз (*Laves*, δ , оксидов) и выравниванию химического состава поверхностного слоя, что снижает его сопротивляемость электрохимическому растворению. К примеру, в работе [11] продемонстрирована эффективность ЭХП для финишной обработки сплава ЭП741НП, однако без предварительного отжига полное удаление термopоврежденного слоя затруднено из-за его высокой стойкости. Предварительный ГО, согласно нашей гипотезе, позволит существенно повысить скорость

и полноту растворения *TPS* при электрохимической обработке.

Для проверки данной гипотезы требуются дальнейшие эксперименты. Необходимо провести серию ЭЭО образцов с последующим ГО при разных параметрах и оценить степень удаления *TPS* методом ЭХП по сравнению с необработанными образцами. Например, целесообразно измерять глубину снятого слоя и качество поверхности после ЭХП с предварительным отжигом и без него. Отдельное внимание следует уделить влиянию ГО на исходные свойства сплава – удостовериться, что выбранный режим не вызывает непереносимого роста зерна или снижения прочностных характеристик основы.

Полученные результаты могут быть применены при разработке технологических процессов изготовления и ремонта деталей ГТД. Предварительный ГО после удаления поврежденных слоев или покрытий будет способство-

вать повышению эффективности последующей финишной обработки и общему увеличению ресурса детали за счет устранения упрочненных поверхностных участков.

Таким образом, гомогенизационный отжиг может рассматриваться как эффективный этап подготовки жаропрочных никелевых сплавов к удалению термopоврежденного слоя после электроэрозионной обработки. Проведенный анализ литературных источников показал, что термическая стабилизация поверхности способствует растворению и разупрочнению инертных фаз *TPS*, улучшая условия для их электрохимического удаления без ущерба для основных свойств материала основы. Предложенная гипотеза требует дальнейшей экспериментальной проверки, однако уже собранные теоретические и экспериментальные данные подтверждают перспективность данного подхода для повышения надежности и долговечности рабочих лопаток ГТД.

Список литературы

1. Alkahlan, B. Characterization of Recast Layer in Inconel 718 during Wire-EDM / B. Alkahlan, M. Hayajneh, M. Ashfaq, A. M. Mohammed // *Materials*. – 2023. – Vol. 16. – No. 17. – P. 5749.
2. Newton, C. J. Solidification and Phase Transformation of Superalloys / C. J. Newton // *JOM*. – 2009.
3. Wang, Z.Y. Study on finish machining of dies and moulds using die-sinking EDM / Z.Y. Wang, W. Liu, F. Han, K. Ramesh // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2004. – Vol. 149. – P. 402–407.
4. Donachie, M.J. Superalloys: A Technical Guide / M. J. Donachie, S. J. Donachie. – 2nd ed. – ASM International, 2002.
5. Петрушин, Н.В. Монокристаллические жаропрочные сплавы для лопаток перспективных ГТД / Н.В. Петрушин, И.Л. Светлов, О.Г. Оспенникова // *Авиационные материалы и технологии*. – 2017. – Спецвыпуск. – С. 68–79.
6. Fayed, E.M. Influence of Homogenization and Solution Treatment Time on Microstructure and Hardness of Inconel 718 Fabricated by LPBF / E.M. Fayed, D. Shahriari, M. Saadati, V. Brailovski, M. Jahazi, M. Medraj // *Materials*. – 2020. – Vol. 13. – No. 11. – P. 2574.
7. Medraj, M. Microstructure and Microhardness Evolution from HIP and Homogenization on SLM Inconel 718 / M. Medraj, E. Fayed и др. // *Journal of Manufacturing and Materials Processing*. – 2018. – Vol. 2. – No. 2. – Article No. 30.
8. Tucho, W.M. Microstructure and hardness of Inconel 718 produced by selective laser melting before and after heat treatment / W.M. Tucho, P. Cuvillier, A. Sjøeløst-Kverneland, V. Hansen // *Materials Science and Engineering A*. – 2017. – Vol. 689. – P. 220–232.
9. Zhang, D. Effect of standard heat treatment on the microstructure and mechanical properties of selective laser melting manufactured versus cast Inconel 718 / D. Zhang, W. Niu, X. Cao, Z. Liu // *Materials Science and Engineering A*. – 2018. – Vol. 724. – P. 357–367.
10. Саушкин, Б.П. Повышение точности обработки жаропрочных сплавов методом электроэрозионного копирования / Б.П. Саушкин, С.В. Белов, Е.С. Мурашкин // *Технологии в машиностроении*. – 2017. – № 5. – С. 14–19.
11. Саушкин, Б.П. Поверхностная отделка изделий из сплава ЭП741НП электрохимическим способом / Б.П. Саушкин, А.Н. Куценко, А.В. Дьячкова // *Известия ЮФУ. Технические науки*. –

2022. – № 3. – С. 27–35.

12. Каблов, Е.Н. Технологические подходы к созданию жаропрочных никелевых сплавов нового поколения / Е.Н. Каблов, О.Г. Оспенникова, Н.В. Петрушин // Труды ВИАМ. – 2015. – № 3. – С. 1–10.

13. Zhang, Y. Effects of Heat Treatment on the Microstructure of Inconel 718 / Y. Zhang // Materials and Design. – 2015. – Vol. 65. – P. 1316–1324.

14. Anderson, T.L. Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications / T.L. Anderson. – CRC Press, 2005.

15. Гладышев, С.А. Электроэрозионная обработка жаропрочных сплавов: структура и свойства поверхностного слоя / С.А. Гладышев, С.А. Кудрявцев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2021. – № 6. – С. 103–115.

References

5. Petrushin, N.V. Monokristallicheskiye zharoprochnyye splavy dlya lopatok perspektivnykh GTD / N.V. Petrushin, I.L. Svetlov, O.G. Ospennikova // Aviatsionnyye materialy i tekhnologii. – 2017. – Spetsvyпуск. – S. 68–79.

10. Saushkin, B.P. Povysheniye tochnosti obrabotki zharoprochnykh splavov metodom elektroerozionnogo kopirovaniya / B.P. Saushkin, S.V. Belov, Ye.S. Murashkin // Tekhnologii v mashinostroyenii. – 2017. – № 5. – S. 14–19.

11. Saushkin, B.P. Poverkhnostnaya otdelka izdeliy iz splava EP741NP elektrokhimicheskim sposobom / B.P. Saushkin, A.N. Kutsenko, A.V. D'yachkova // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskiye nauki. – 2022. – № 3. – S. 27–35.

12. Kablov, Ye.N. Tekhnologicheskiye podkhody k sozdaniyu zharoprochnykh nikelovykh splavov novogo pokoleniya / Ye.N. Kablov, O.G. Ospennikova, N.V. Petrushin // Trudy VIAM. – 2015. – № 3. – S. 1–10.

15. Gladyshev, S.A. Elektroerozionnaya obrabotka zharoprochnykh splavov: struktura i svoystva poverkhnostnogo sloya / S.A. Gladyshev, S.A. Kudryavtsev // Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. – 2021. – № 6. – S. 103–115.

© С.В. Деткин, А.В. Деткин, Д.Ю. Колодяжный, 2025

УДК 661.9.015

В.Е. ОВСЯННИКОВ¹, С.С. ЧУЙКОВ¹, М.О. ЧЕРНЫШОВ¹, Д.В. ФАДЮШИН², Д.А. МАСЛОВ²

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень;

²ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», г. Курган

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ С ПОКРЫТИЯМИ

Ключевые слова: инструмент; механическая обработка; покрытие; производство; технология; устойчивость.

Аннотация. В данной статье рассмотрено использование технологии нанесения износостойких покрытий для повышения эффективности обработки деталей, которые изготавливаются из цветных сплавов. Цель работы – исследование возможности повышения устойчивости производства деталей из цветных сплавов на основе использования режущих инструментов с покрытиями, изготовленных в рамках мелких серий. Задачи исследования заключаются в изготовлении режущих инструментов с разной геометрией и покрытиями и в подборе оптимального варианта для обработки деталей из цветных сплавов. Методы исследования: планирование и организация эксперимента, методы технологии машиностроения и квалиметрия. В результате испытаний и оценки дифференциальным методом была установлена оптимальная конструкция фрезы, которая позволяет обеспечить устойчивое получение требуемого качества поверхности при обработке деталей из цветных сплавов.

Введение

Текущая ситуация в промышленности характеризуется среди прочего тем, что ведущие производители режущего инструмента перестали работать в РФ. Это порождает определенные проблемы в части обеспечения потребностей производства необходимым объемом и номенклатурой режущего инструмента.

Особенно остро данная ситуация прояв-

ляется применительно к производству специального режущего инструмента и обеспечению потребностей субъектов экономики в случае, когда необходимо приобрести режущий инструмент в небольших объемах. Критическим фактором в этой ситуации выступают сроки поставок. Объясняется это тем, что многие цепочки поставок в связи с текущей ситуацией в мире нарушены.

Но потребность в режущем инструменте, в частности фрезах, непрерывно возрастает. Согласно данным *Discoveryresearchgroup* [1], рынок фрез в РФ непрерывно растет. Динамика рынка приведена на рис. 1.

В этом свете перспективным является освоение производства режущего инструмента мелкими сериями под конкретные нужды заказчика. Такой подход позволит конкурировать с крупными производителями за счет сокращения сроков поставок и позволит лучше удовлетворять нужды потребителей на местах. Однако в данном случае можно выделить две проблемы, которые на сегодня препятствуют развитию данной сферы:

- трудно обеспечить устойчивость производства при использовании инструмента, который изготовлен в рамках малых серий, ввиду того, что рекомендации по его использованию отсутствуют;
- необходимо проводить определенный объем опытных работ для доведения параметров инструментов до рациональных значений, которые обеспечивают требуемую размерную стойкость.

Цель статьи – исследование возможности повышения устойчивости производства деталей из цветных сплавов на основе использования режущих инструментов с покрытиями, изготовленных в рамках мелких серий.

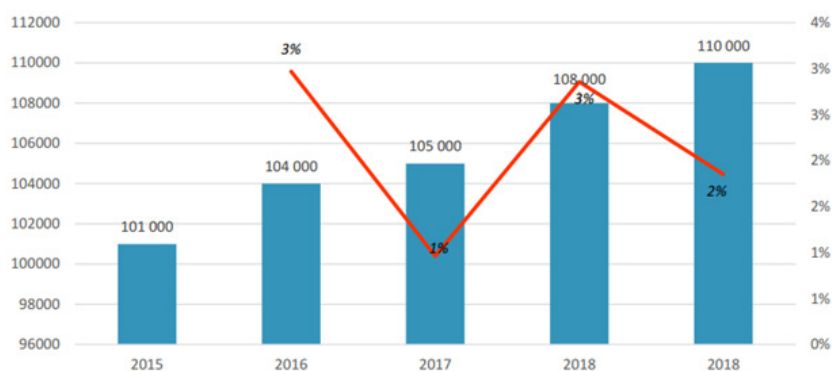


Рис. 1. Динамика рынка фрез в РФ (в натуральном выражении)

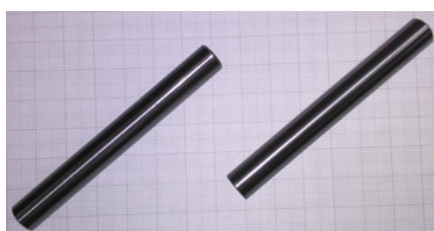


Рис. 2. Образцы для изготовления инструмента



Рис. 3. Внешний вид станка для формирования режущей части инструмента

Материалы и методы исследования: в качестве образцов были использованы цилиндрические прутки, которые изготовлены из твердого сплава марки TC10CM. Внешний вид образцов приведен на рис. 2.

Процесс изготовления фрез для дальнейших испытаний включал в себя ряд операций:

- отрезная, на которой обеспечивался необходимый размер по длине;

- шлифовальная для получения фаски на хвостовой части инструмента;
- шлифовальная для формирования режущей части;
- слесарная (осуществлялась подготовка под нанесение покрытия);
- нанесение износостойкого покрытия.

Формирование режущей части выполнялось на станке *HAWEMAT 2 500*, внешний вид которого представлен на рис. 3.



Рис. 4. Установка для нанесения покрытий на фрезы

Таблица 1. Параметры образцов для испытаний

№	Параметры фрезы	Покрытие	Геометрия			
			Распределение зубьев		Спираль	
			равн.	неравн.	равн.	неравн.
1	Диаметр 10 мм, число зубьев 4	Есть	+	–	+	–
2	Диаметр 10 мм, число зубьев 4	Есть	–	+	–	+
3	Диаметр 10 мм, число зубьев 4	Нет	+	–	+	–

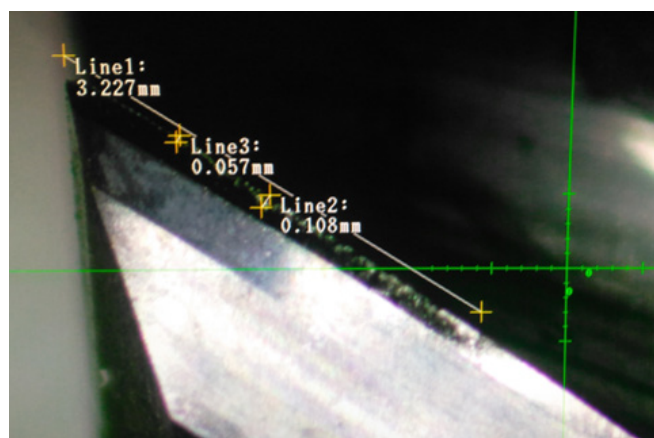


Рис. 5. Внешний вид изношенной кромки фрезы

В качестве износостойкого покрытия использовалось нанесение алумонитрида титана (*AlTiN*). Получение покрытия осуществляется физическим методом с использованием установки *Unicoat-400 HIP* (рис. 4).

Были изготовлены опытные образцы с разными параметрами геометрии. Также изготавливались образцы с покрытием и без. Параметре-

тры образцов приведены в табл. 1.

Испытания фрез производились на фрезерном станке с числовым программным управлением, производитель – *DMG*. Оценка износа режущего инструмента проводилась с использованием цифрового инструментального микроскопа.

Режимы испытаний инструмента прини-

Таблица 2. Результаты испытаний

Параметр	Фрезы типа 1	Фрезы типа 2	Фрезы типа 3
П1. Стойкость T , мин.	20	16	12
П2. Ширина фаски износа h , мм	0,24	0,34	0,41
П3. Длина фаски износа l , мм	3,29	4,15	4,56
П4. Шероховатость в конце периода стойкости Ra , мкм	2,9	4,2	5,8
П5. Себестоимость, руб.	1 600	1 300	950

Таблица 3. Результаты расчетов коэффициентов технического уровня

Наименование показателей качества, единицы измерения	Значения показателей качества (P_{iO}, P_{iB}) – индекс О – оцениваемый метод, индекс Б – базовый			Формула	y_{1i}	y_{2i}
	Фрезы типа 2	Фрезы типа 3	Базовый образец (фрезы типа 1)			
П1	16	12	20	P_{iO}/P_{iB}	0,8	0,6
П2	0,34	0,41	0,24	P_{iB}/P_{iO}	0,7	0,6
П3	4,15	4,56	3,29	P_{iB}/P_{iO}	0,8	0,7
П4	4,2	5,8	2,9	P_{iB}/P_{iO}	0,7	0,5
П5	1 300	950	1 600	P_{iB}/P_{iO}	1,2	1,7

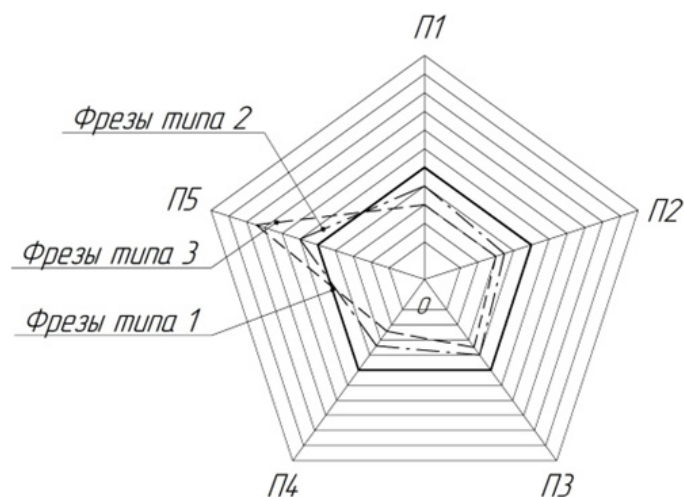


Рис. 6. Диаграмма показателей

мались согласно рекомендациям из литературы [2–5]:

- глубина резания, $t = 1,4$ мм;
- подача на зуб фрезы, $S_z = 0,04$ мм/зуб;

– число оборотов фрезы, $n = 3\,800$ об/мин.;

– заданный период стойкости инструмента, $T = 20$ мин.;

- ширина фрезерования, $B = 3$ мм;
- требуемая шероховатость, $Ra = 3,2$ мкм.

Измерение шероховатости производилось с использованием профилометра. Оценка уровня качества фрез выполнялась с использованием дифференциального метода [6–10].

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 5 приведен внешний вид изношенной кромки фрезы.

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Оценку уровня качества полученных фрез выполняли с вычислением коэффициента технического уровня по параметрам, приведенным в табл. 3. За базовый образец приняли фрезы типа номер 1.

Диаграмма показателей приведена на рис. 6, а расчеты коэффициентов технического уровня для обоих вариантов приведены далее.

Значения коэффициента технического уровня:

$$y_{K1} = \frac{0,8 + 0,7 + 0,8 + 0,7 + 1,2}{5} = 0,84, \quad (1)$$

$$y_{K2} = \frac{0,6 + 0,6 + 0,7 + 0,5 + 1,7}{5} = 0,82. \quad (2)$$

Полученные результаты в целом коррелируются с результатами исследований, которые были проведены авторами ранее для других видов обработки [11; 12].

Выводы

В результате расчетов коэффициентов технического уровня установлено, что фрезы конструкции 1 (с покрытием и равномерной геометрией режущей части) превосходят другие решения по сформулированной системе критериев сравнения.

Использование фрез данной конструкции позволяет устойчиво обеспечивать требуемые параметры качества поверхностного слоя при обработке деталей из цветных сплавов.

Список литературы

1. Аналитический отчет рынка фрез в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://drgroup.ru/components/com_jshopping/files/demo_products/14504.pdf.
2. Безъязычный, В.Ф. Метод подобия в технологии машиностроения : монография / В.Ф. Безъязычный. – М. : Инфра-инженерия, 2021. – 356 с.
3. Клепиков, В.В. Основы технологии. Обработка ответственных деталей : учебное пособие / В.В. Клепиков, А.А. Черепакин, В.Ф. Солдатов. – Сер. 58 Бакалавр. Академический курс. – 1-е изд. – М., 2019.
4. Кане, М.М. Управление качеством продукции машиностроения / М.М. Кане, А.Г. Суслов, О.А. Горленко. – М. : Научно-техническое издательство «Машиностроение», 2010. – 416 с.
5. Vasil'ev, V.I. Influence of Diffusional Surface Alloying on the Hardened-Layer Thickness for Gray-Iron Machine Parts / V.I. Vasil'ev, V.E. Ovsyannikov, R.Y. Nekrasov, Y.A. Tempel' // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38. – No. 11. – P. 901–903.
6. Венедиктов, А.Н. Определение эффективного коэффициента диффузии вакансий в ультрадисперсном электролитическом железе и его влияния на режимы термической обработки / А.Н. Венедиктов, В.Е. Овсянников, Н.Л. Венедиктов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2019. – Т. 21. – № 3. – С. 106–114.
7. Vasilev, V.I. Peculiar features of formation of surface roughness profile upon mechanical processing of iron parts of handling machines after diffusion alloying / V.I. Vasilev, V.E. Ovsyannikov, R.A. Ziganshin, A.S. Terekhov // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 9. – No. 3. – P. 1061–1067.
8. Kushner, V. Modelling the material resistance to cutting / V. Kushner, M. Storchak // International Journal of Mechanical Sciences. – 2017. – Vol. 126. – P. 44–54.
9. Александрова, Е.В. Управление рисками в системе менеджмента качества образовательной организации / Е.В. Александрова, В.Е. Овсянников // Актуальные вопросы менеджмента и систем качества : материалы региональной научно-практической конференции, Курган, 16 декабря 2016 года / отв. за вып. В.В. Марфицын. – Курган : Курганский государственный университет, 2017. – С. 3–5.

10. Василега, Д.С. Управление качеством / Д.С. Василега, Н.А. Василега, М.С. Остапенко, А.М. Тверяков. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2022. – 142 с.
11. Рогов, Е.Ю. Технологическое обеспечение точности формы в поперечном сечении деталей при токарной обработке на станках с ЧПУ / Е.Ю. Рогов, В.Е. Овсянников, Е.М. Кузнецова, Р.Ю. Некрасов // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 1(151). – С. 112–117.
12. Некрасов, Р.Ю. Повышение качества проектирования операций механической обработки деталей из материалов с обратным распределением твердости / Р.Ю. Некрасов, В.В. Долгушин, А.С. Губенко // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 11(161). – С. 87–92.

References

1. Analiticheskiy otchet rynka frez v Rossiyskoy Federatsii [Electronic resource]. – Access mode : https://drgroup.ru/components/com_jshopping/files/demo_products/14504.pdf.
2. Bez"yazychnyy, V.F. Metod podobiya v tekhnologii mashinostroyeniya : monografiya / V.F. Bez"yazychnyy. – М. : Infra-inzheneriya, 2021. – 356 s.
3. Klepikov, V.V. Osnovy tekhnologii. Obrabotka otvetstvennykh detaley : uchebnoye posobiye / V.V. Klepikov, A.A. Cherepakhin, V.F. Soldatov. – Ser. 58 Bakalavr. Akademicheskii kurs. – 1-ye izd. – М., 2019.
4. Kane, M.M. Upravleniye kachestvom produktsii mashinostroyeniya / M.M. Kane, A.G. Suslov, O.A. Gorlenko. – М. : Nauchno-tekhnicheskoye izdatel'stvo «Mashinostroyeniye», 2010. – 416 s.
6. Venediktov, A.N. Opredeleniye effektivnogo koeffitsiyenta diffuzii vakansiy v ul'tradispersnom elektroliticheskom zheleze i yego vliyaniya na rezhimy termicheskoy obrabotki / A.N. Venediktov, V.Ye. Ovsyannikov, N.L. Venediktov // Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovaniye, instrumenty). – 2019. – Т. 21. – № 3. – С. 106–114.
9. Aleksandrova, Ye.V. Upravleniye riskami v sisteme menedzhmenta kachestva obrazovatel'noy organizatsii / Ye.V. Aleksandrova, V.Ye. Ovsyannikov // Aktual'nyye voprosy menedzhmenta i sistem kachestva : materialy regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kurgan, 16 dekabrya 2016 goda / otv. za vyp. V.V. Marfitsyn. – Kurgan : Kurganskiy gosudarstvennyy universitet, 2017. – С. 3–5.
10. Vasilega, D.S. Upravleniye kachestvom / D.S. Vasilega, N.A. Vasilega, M.S. Ostapenko, A.M. Tveryakov. – Tyumen' : Tyumenskiy industrial'nyy universitet, 2022. – 142 s.
11. Rogov, Ye.YU. Tekhnologicheskoye obespecheniye tochnosti formy v poperechnom sechenii detaley pri tokarnoy obrabotke na stankakh s CHPU / Ye.YU. Rogov, V.Ye. Ovsyannikov, Ye.M. Kuznetsova, R.YU. Nekrasov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 1(151). – С. 112–117.
12. Nekrasov, R.YU. Povysheniye kachestva proyektirovaniya operatsiy mekhanicheskoy obrabotki detaley iz materialov s obratnym raspredeleniyem tverdosti / R.YU. Nekrasov, V.V. Dolgushin, A.S. Gubenko // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 11(161). – С. 87–92.

УДК 658.5:69

И.Н. КРИОНИ, М.В. БОЛСУНОВСКАЯ

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого», г. Санкт-Петербург

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКТОВ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА АТТРИБУТОВ BIM-МОДЕЛИ

Ключевые слова: атрибуты; иерархическая модель; математическая модель; оценка качества; экспертный метод оценки; BIM; PATTERN.

Аннотация. Ключевым процессом в современном строительном проектировании остается процесс формирования комплектов проектной и рабочей документации. Гипотеза: необходима количественная оценка качества данного процесса на основании измеряемых критериев. Целью данной статьи является разработка математической модели оценки качества процесса формирования комплектов документации, основанной на иерархической системе требований к атрибутам BIM-модели и с учетом их значимости. Для достижения цели необходимо декомпозировать структуру документации, разработать алгоритм оценки значимости и математическую модель на основе данных оценок. Результатом исследования является математическая модель оценки качества процесса проектирования со взвешенными коэффициентами на основе атрибутивной информации BIM-модели.

Введение

Современное строительное проектирование активно цифровизируется, внедряя BIM-технологии (англ. *Building Information Modelling*) для автоматизации рутинных задач. Это вызвано новыми требованиями: увеличением числа проектов при сокращении сроков и затрат [1]. BIM-модель объединяет пространственные и семантические данные (атрибуты, параметры), обеспечивая управление объектом

на всех этапах жизненного цикла. Однако ключевым результатом проектирования остается комплект документации, содержащий все необходимые решения и сметы.

Важным моментом становится обеспечение качества проектной и рабочей документации, при этом качество определяется не только геометрической точностью, но и степенью информационного наполнения модели, что делает необходимым разработку количественных методов оценки качества процесса ее формирования. При этом в контексте автоматизации процесса проектирования важно выделить конкретные параметры или части модели, которые непосредственно влияют на качество, при этом процесс автоматизации может напрямую ими управлять, в итоге оказывая влияние на итоговое качество. Таким образом, необходимо определить степень влияния каждого элемента и параметра модели на итоговую оценку качества процесса формирования проектной документации, причем очевидно, что такую оценку невозможно произвести без привлечения экспертов. Именно в процессе контроля осуществляется сопоставление фактически достигнутых результатов с заранее установленными плановыми показателями, что обеспечивает обратную связь и возможность корректировки управленческих решений [2; 3].

Существующие подходы к контролю качества процесса формирования документации зачастую ограничиваются экспертной проверкой отдельных листов или разделов, что субъективно, трудоемко и плохо масштабируется. Существует ряд работ, направленных на исследование проблемы количественной оценки качества документации. Например, на основе количества корректировок и изменения сроков правок проектно-сметной документации [4]

или на основе применения многокритериальной методики [5]. Приведенные исследования рассматривают комплекты документации в целом, не применяя декомпозицию комплектов на отдельные составляющие. Таким образом, в работах не рассматривается отдельно вклад каждого элемента документации и не выделяются параметры модели, которые влияют на качество документации. Существуют также подходы к оценке качества на основе атрибутивной информации [6; 7], однако реализация подхода зависит от выбранной системы проектирования или модели представления данных, что свидетельствует о сложности подхода. Кроме того, все атрибуты рассматриваются как равнозначные, что не соответствует действительности.

Таким образом, существует потребность в процессно-ориентированной, формализованной модели оценки качества, которая:

- учитывает иерархию проектной документации (от атрибута до комплекта);
- основывается на объективных, измеримых показателях;
- позволяет выявить приоритетные направления для корректирующих мероприятий.

Целью настоящей статьи является разработка математической модели оценки качества процесса формирования комплектов документации, основанной на иерархической системе требований к атрибутам *BIM*-модели с учетом их значимости, оценка которой выполнена с помощью формализованного экспертного подхода.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- декомпонировать структуру комплектов проектной и рабочей документации, выделяя те параметры информационной модели, которые оказывают непосредственное влияние на полноту и корректность документации и которыми можно управлять в процессе автоматизации;
- разработать алгоритм определения весовых коэффициентов для параметров модели, которые комплексно отражают влияние каждого параметра на полноту и корректность документации;
- построить математическую модель оценки качества процесса формирования комплекта документации на основе построенной иерархической структуры комплектов докумен-

тации и весовых коэффициентов.

В рамках исследования была выдвинута гипотеза о том, что наибольшее влияние на корректность и полноту проектной и рабочей документации оказывают корректность и полнота заполнения атрибутивного состава информационной модели, которая была подтверждена практически. Эксперты также отмечают тот факт, что время на корректировку ошибок в атрибутах оказывает большое влияние на общие сроки реализации проекта. Кроме этого, не все атрибуты модели используются при составлении комплектов документации. Атрибуты модели представляют собой единственно непротиворечивый источник информации, который автоматизированные процессы могут использовать при формировании комплектов документации. В частности, атрибуты определяют:

- состав и полноту листов комплекта документации для любого раздела проектирования;
- количество чертежей, спецификаций и ведомостей на чертежах;
- наполнение и корректность информации, отраженной на чертежах (марки, размеры), спецификациях и ведомостях (поля).

В контексте автоматизации также важны и следующие два момента:

- полноту заполнения каждого атрибута можно объективно измерить;
- атрибуты модели – обязательная часть любой системы автоматизированного проектирования, основанной на *BIM*-концепции, следовательно, реализация подхода не будет сильно зависеть от выбранной системы и будет отличаться только методами извлечения данных из информационной модели.

Для процедуры определения весовых коэффициентов был выбран метод *PATTERN* (англ. *Planning Assistance Through Technical Evaluation from Relevance Number*) [8]. Данная методика содержит описание мероприятий и алгоритмов действий по структуризации и декомпозиции объекта, а также расстановки весовых коэффициентов. Несмотря на то, что оригинальная методика и большинство ее модификаций были предназначены для выбора наиболее приоритетных мероприятий, в частности направлений научной деятельности [9], гибкость методики позволяет ее адаптировать под самые различные задачи.

Первым шагом при применении методи-

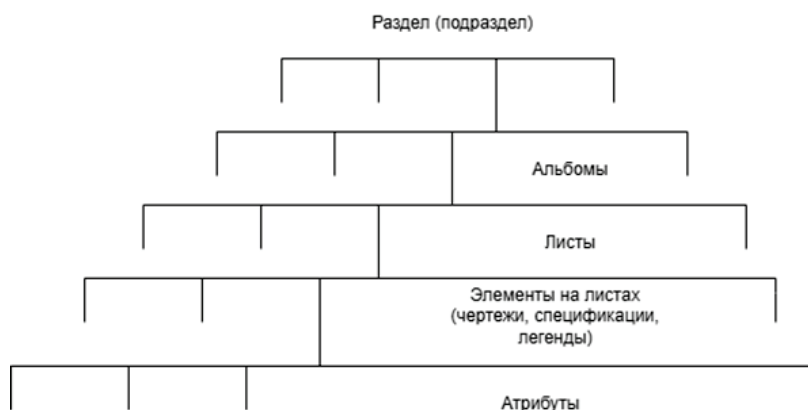


Рис. 1. Иерархическая структура проектной и рабочей документации

ки *PATTERN* являются декомпозиция объекта применения и составление иерархической структуры. В оригинальных версиях методики декомпозиция проводится на основе направлений деятельности (например, научно-исследовательских или национальных). В настоящем исследовании декомпозиция будет проводиться на основе структуры комплектов документации, принятых в рассматриваемой девелоперской компании и основанных на нормативных требованиях к проектной и рабочей документации [10]. Структура комплектов может меняться и адаптироваться в зависимости от изменений в общих и принятых внутри компании стандартов, однако это не повлияет на общий подход. Для проведения исследования была составлена экспертная группа из пяти человек, в состав которой вошли инженеры-проектировщики различной специализации из отдела проектирования девелоперской компании.

На основе интервьюирования экспертов и анализа принятой в компании нормативной документации была проведена декомпозиция структуры комплектов проектной и рабочей документации и составлена иерархическая схема. Схема содержит пять уровней иерархии. Важным моментом было выделение отдельного слоя атрибутов модели в иерархии. Элементы данного слоя являются самыми наполненными по количеству деталей в схеме. Также атрибуты становятся ключевым элементом схемы и будущей модели, представляя основу для получения объективных и измеримых показателей качества. Разработанная иерархическая структура представлена на рис. 1.

Затем необходимо было структурировать

элементы документации и распределить их по соответствующим уровням. Для этого по каждому разделу и альбому раздела были проанализированы листы, входящие в состав альбома, выделены типы листов. Для каждого типа листа документации были выделены элементы на этом листе, элементы также были объединены по группам (например, для листа «Разрезы стен лестнично-лифтового узла» создается несколько однотипных разрезов по количеству стен, входящих в узел – их можно объединить в один элемент иерархии).

Самым важным шагом в процессе структуризации является заполнение уровня атрибутов. Чтобы корректно его заполнить, необходимо детально проанализировать процесс формирования того или иного элемента листа, выявив те атрибуты, которые используются в процессе. Для этого важно декомпозировать сам процесс формирования, выделив отдельные блоки, отвечающие, например, за формирование чертежного вида (разреза, плана), марок или размеров элементов. В рамках исследования для каждого типа листа составлялись соответствующие бизнес-методики путем декомпозиции процесса «сверху вниз» [11]. Такой подход позволяет как сформировать полную иерархическую структуру вплоть до уровня атрибутов, так и систематизировать знания о процессе формирования элементов документации в виде методик для их дальнейшей автоматизации [12].

После последовательного заполнения всех уровней иерархии можно приступить к следующему шагу – проведению усложненной экспертной процедуры расстановки весовых коэффициентов для элементов иерархической

Таблица 1. Результат распределения баллов для определения весовых коэффициентов критериев

Эксперт	Соответствие нормативам (k_1)	Безопасность (k_2)	Стоимость (k_3)
1	30	50	20
2	40	30	30
3	35	40	25
4	45	25	30
5	35	45	20
Среднее значение	37	38	25

Таблица 2. Шаблон матрицы соответствия для каждого уровня

Критерий	Вес критерия	Элементы i -го уровня					
		A	B	...	J	...	N
k_1	q_{k1}	s_{a1}	s_{b1}	...	s_{j1}	...	s_{n1}
k_2	q_{k2}	s_{a2}	s_{b2}	...	s_{j2}	...	s_{n2}
k_3	q_{k3}	s_{a3}	s_{b3}	...	s_{j3}	...	s_{n3}
		r_{ia}	r_{ib}	...	r_{ij}	...	r_{in}

структуры. В методике выделяются три группы критериев оценки: относительной важности, взаимной полезности и «состояние – срок». Рассмотрим процесс подробнее для каждой оценки.

Для оценки относительной важности элементов уровня атрибутов рассмотрим следующие критерии.

1. Влияние на соответствие нормативным требованиям: насколько атрибут влияет на прохождение экспертизы, соблюдение различных СНиП, ГОСТ и других нормативов.

2. Влияние на безопасность и надежность объекта: насколько атрибут связан с безопасностью строительства, эксплуатации.

3. Влияние на стоимость строительства и эксплуатации: насколько атрибут влияет на капитальные или эксплуатационные затраты.

Данные критерии охватывают ключевые аспекты проектирования и позволяют экспертам объективно сравнивать атрибуты в рамках различных специальностей и разделов. Согласно методике критерии определяются для каж-

дого уровня иерархии отдельно. Однако критерии должны сохранять концептуальную согласованность. В описываемом случае логика определения критериев может быть успешно распространена на верхние уровни иерархии. Достаточно будет их масштабировать и переформулировать в соответствии с уровнем абстракции и функциональной ролью элементов иерархии.

Например, критерии для уровня листа иерархии могут быть переформулированы следующим образом.

1. Насколько лист в целом отражает требования нормативных документов (например, наличие всех обязательных отметок, размеров, маркировок)?

2. Насколько лист отвечает за безопасность системы?

3. Насколько лист содержит данные, влияющие на смету (объемы, спецификации, ведомости)?

После выявления критериев для каждого уровня с помощью экспертов необходимо определить веса данных критериев. Экспертам было

предложено распределить 100 баллов весомости по каждому из критериев. В табл. 1 представлено распределение баллов в процессе процедуры экспертной оценки.

Тогда вес критериев после нормализации будет следующим: $q_{k1} = 0,37$, $q_{k2} = 0,38$, $q_{k3} = 0,25$.

Далее необходимо составить матрицу соответствия элементов и критериев, принятых при их оценке. Матрица строится по каждому уровню. Общий шаблон такой матрицы показан в табл. 2.

В табл. 2 используются следующие обозначения: k_x – наименование критерия; q_{kx} – вес критерия, определенный оценкой, описанной выше; s_{jx} – относительный вес оцениваемого элемента по критерию k_x (другими словами, насколько важен j -й элемент для удовлетворения критерия k_x); r_{ij} – коэффициент относительной важности j -го элемента i -го уровня.

Согласно методике при заполнении данных таблиц необходимо предусмотреть условия нормализации оценок для выполнения условия однородности результатов. Условия существуют для весовых коэффициентов

$$\sum_{i=1}^3 q_{ki} = 1 \quad (1)$$

и для оценок относительной важности по каждому критерию

$$\sum_{i=1}^3 s_{jx} = 1. \quad (2)$$

Тогда коэффициент относительной важности j -го элемента i -го уровня определяется следующим образом:

$$r_{ij} = \sum_{j=1}^3 q_{kx} s_{jx}. \quad (3)$$

После выполнения процедуры оценивания необходимо проверить правильность полученных результатов:

$$\sum_{j=a}^n r_{ij} = 1. \quad (4)$$

Процедура оценки, как правило, начинается от верхнего уровня иерархической структуры и проводится последовательно по каждому из узлов. Итоговый коэффициент относительной важности любого из элементов рассчитывается как умножение оценки текущего уровня на аналогичные оценки всех элементов, которые находятся между этим элементом и вершиной иерархической структуры.

Оценка взаимной полезности, согласно исходной идее методики, означает рост научно-технического потенциала при создании одной подсистемы благодаря использованию знаний, полученных в ходе разработки другой (или нескольких других) подсистем. В рамках исследуемой задачи определим взаимную полезность атрибута как меру того, насколько информация, содержащаяся в данном элементе, используется другими разделами проекта или другими элементами модели для повышения точности, согласованности и эффективности проектирования. Данная оценка применяется только для элементов уровня атрибутов, так как оценить взаимную полезность элементов вышестоящих уровней (листов или альбомов) представляется затруднительным. Для удобства предлагалось расставить оценку взаимной полезности атрибута следующим образом:

- 0 – атрибут не используется в других разделах или элементах;
- 1 – используется редко;
- 2 – используется умеренно;
- 3 – используется активно.

Далее в расчетах использовались нормированные коэффициенты, то есть [0, 0,33, 0,66, 1] соответственно.

Последним шагом в заполнении коэффициентов является оценка состояния и сроков разработки. Определим оценку через показатель продолжительности и значимости использования атрибута на различных стадиях жизненного цикла объекта. Рассматривались следующие стадии: проектирование, строительство, эксплуатация и снос. Оценка определялась методом ранжирования аналогично оценке взаимной полезности:

- 1 – атрибут используется только на стадии проектирования;
- 2 – атрибут используется на стадии строительства;
- 3 – атрибут используется на стадии эксплуатации;
- 4 – атрибут используется на стадии

Таблица 3. Матрица соответствия атрибутов и коэффициентов

Критерий	Вес критерия	Элементы 4-го уровня				
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
k_1	0,37	0,15	0,23	0,15	0,23	0,23
k_2	0,38	0,08	0,25	0,17	0,25	0,25
k_3	0,25	0,11	0,33	0,11	0,22	0,22
		0,12	0,26	0,15	0,24	0,24

сноса.

Иными словами, чем дольше и на большем числе стадий используется атрибут, тем выше его долгосрочная ценность и больше ошибки в его формировании влияют на качество процесса проектирования. В расчетах также использовались нормированные коэффициенты, то есть [0,25; 0,5; 0,75; 1] соответственно.

Для того чтобы объединить оценки по группам критериев в комплексный коэффициент (итоговый вес) атрибута, необходимо расставить им веса. Расстановка весов для каждого коэффициента (относительной важности, взаимной полезности и «состояния – срок») происходит аналогично процессу расстановки весов для критериев класса относительной важности. Тогда можно рассчитать итоговый вес j -го атрибута следующим образом:

$$R_j = \omega_1 \cdot \prod_{i=1}^4 r_{ij} + \omega_2 \cdot u_j + \omega_3 \cdot t_j, \quad (5)$$

где $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – веса для каждого коэффициента ($\sum_i \omega_i = 1$); r_{ij} – коэффициент относительной важности j -го атрибута, рассчитанный с учетом коэффициентов родительских элементов иерархической структуры; u_j – коэффициент взаимной полезности j -го атрибута; t_j – коэффициент «состояние – срок» j -го атрибута.

Оценку текущего состояния j -го атрибута определим следующим образом:

$$S_j = \frac{x_j}{n_j}, \quad (6)$$

тогда с учетом (5) и (6) сформулируем итоговую математическую модель оценки качества процесса формирования проектной докумен-

тации:

$$Q = \sum_{j=1}^m R_j S_j, \quad (7)$$

где m – общее количество рассматриваемых в иерархической структуре атрибутов.

Важно отметить случай, когда в множестве рассматриваемых атрибутов оказывается несколько одинаковых элементов. Здесь необходимо упомянуть, что методика призвана оценить параметры, а не их количество. Следовательно, чтобы избежать искажения коэффициентов и результатов оценки, необходимо объединить атрибуты по типам. То есть одинаковые атрибуты (по имени и смыслу) рассматриваются как один тип, и для этого типа определяется единый коэффициент в каждой группе.

Модель такого вида позволяет также задать граничные значения оценок качества: какую модель можно считать качественной. Граничные оценки задаются путем выставления условий полноты заполнения атрибутов, например, чтобы атрибуты были заполнены в среднем на 80 %:

$$S_j = 0,8 \quad \forall j. \quad (8)$$

Также можно определить и идеальное значение для данного набора коэффициентов и весов путем определения соответствующего условия:

$$S_j = 1 \quad \forall j. \quad (9)$$

Приведем пример процесса расстановки коэффициентов и расчета оценки качества по данной модели на основе декомпозиции части ком-

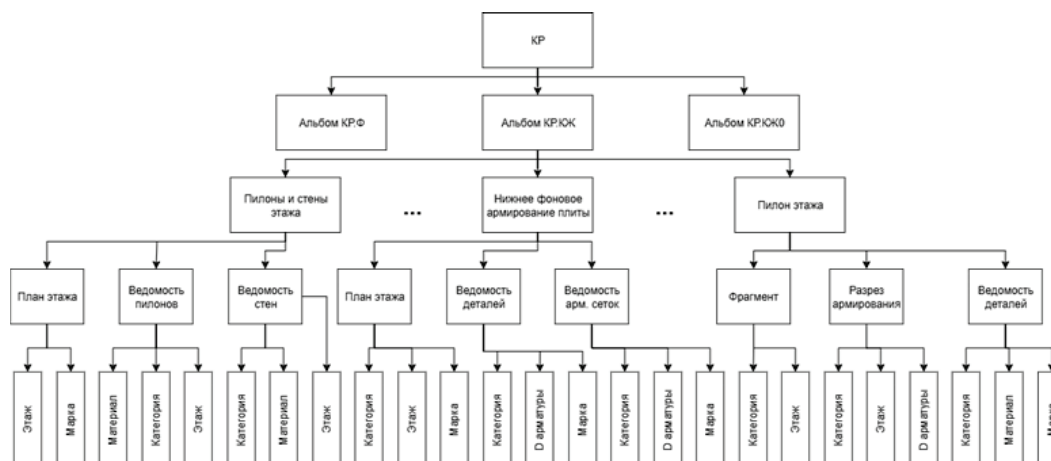


Рис. 2. Пример декомпозиции трех листов альбома КР.КЖ раздела конструктивных решений

Таблица 4. Значения коэффициентов взаимной полезности и «состояния – срок» для атрибутов модели

Атрибут	Коэффициент взаимной полезности	Коэффициент «состояние – срок»
a_1	1,00	1,00
a_2	0,66	1,00
a_3	0,66	0,25
a_4	0,33	0,50
a_5	0,33	0,75

Таблица 5. Веса для групп критериев

Группа критериев	Вес
Относительной важности	0,4
Взаимной полезности	0,3
«Состояние – срок»	0,3

плекта документации раздела конструктивных решений. Результат декомпозиции представлен на рис. 2.

На верхнем уровне разделов находится раздел конструктивных решений, на уровне альбомов представлены несколько альбомов раздела, в частности рассмотрен альбом КР.КЖ. На уровне листов рассмотрена декомпозиция трех типов листов: «Пилоны и стены n -го этажа», «Нижнее фоновое армирование плиты n -го

этажа» и «Пилон n -го этажа». Выделено пять типов атрибутов: «Этаж» (a_1), «Материал» (a_2), «Категория» (a_3), «Марка» (a_4) и «Диаметр арматуры» (a_5).

В табл. 3 представлены результаты процедуры экспертной оценки для уровня атрибутов. Нетрудно проверить, что условия (1)–(4) выполняются, и, следовательно, оценки корректны.

Для наглядности и большей читаемости в

Таблица 6. Оценка текущего состояния атрибута

Атрибут	Оценка для Модели 1	Оценка для Модели 2
a_1	0,96	1,00
a_2	0,80	0,96
a_3	0,84	1,00
a_4	0,80	0,90
a_5	0,60	1,00

Таблица 7. Результаты расчета качества процесса формирования проектной документации на основе данных информационных моделей по построенной математической модели

Модель	Q	$Q_{\min}$	$Q_{\max}$
Модель 1	1,91	1,88	2,35
Модель 2	2,29		

статье опустим расчеты коэффициентов относительной важности для остальных уровней.

В табл. 4 приведены значения коэффициентов взаимной полезности и «состояния – срок».

Веса для каждой группы критериев приведены в табл. 5.

Для тестирования модели были взяты две идентичных по параметрам модели типового объекта жилого строительства площадью около 25 тысяч квадратных метров. Первая модель была получена в результате классического ручного метода проектирования, выполненного в системе автоматизированного проектирования (САПР) (*Autodesk Revit*), вторая – в результате работы платформы автоматизированного проектирования, построенной согласно алгоритму, основанному на автоматизированных методиках проектирования в формате *IFC* [11]. Результаты оценки текущего состояния по каждому атрибуту S_j , выполненные по формуле (6) для обеих моделей, приведены в табл. 6.

На основе формулы (7) рассчитаем показатель качества на основе каждой из моделей. Также, воспользовавшись условиями (8)–(9), рассчитаем граничные значения показателя качества $Q_{\min}$ и $Q_{\max}$. Результаты расчетов представлены в табл. 7.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что качество в обоих слу-

чаях превышает определенный допустимый уровень, при этом автоматизированный процесс – на 21,8 %, в то время как ручной – лишь на 1,6 %. Также можно отметить, что автоматизированный процесс демонстрирует почти полное приближение к идеальному качеству по построенной модели (97,4 % от максимального показателя), а ручной уступает на 18,7 %. Что касается непосредственного сравнения качества двух процессов, то автоматизированный процесс обеспечивает на 20 % более высокое качество.

Исходя даже из упрощенного расчета по построенной модели, можно сделать вывод о том, что автоматизация существенно повышает качество проектной документации. Автоматизированный процесс близок к идеальному сценарию, что свидетельствует о высокой степени точности и полноты данных, достигнутых за счет проверок в реальном времени и минимизации влияния человеческого фактора на процесс. Достигнутые результаты согласуются с данными, полученными в ходе визуального экспертного контроля, а также проверок с помощью различных программных средств [13], что свидетельствует о соответствии модели реальному миру.

Также на основе рассчитанных коэффициентов можно сделать вывод о том, корректность заполнения каких атрибутов вносит наиболь-

ший вклад в качество процесса. Наибольшие общие итоговые коэффициенты у атрибутов «Этаж» ($R = 0,65$) и «Материал» ($R = 0,60$). Высокое значение коэффициентов обусловлено тем, что атрибут «Этаж» активно используется во всех разделах и элементах документации, а атрибут «Материал» используется на всех стадиях жизненного цикла проекта. Отметим, что высокие значения итоговых коэффициентов достигаются при не самых высоких значениях коэффициентов относительной важности (0,12 и 0,26 соответственно), что свидетельствует о комплексности подхода и высокой объективности полученной оценки. Данные результаты также согласуются с итоговой оценкой экспертов.

Заключение

В ходе проведенного исследования была разработана и апробирована модель оценки качества процесса формирования проектной документации жилых зданий в условиях применения технологии BIM-моделирования. Модель основана на иерархической системе требований к атрибутам информационной модели с учетом их значимости, оценка которой сделана на основе формализованного экспертного мнения. Модель опирается на принципы системного подхода и ориентирована на повышение управляемости, прозрачности и достоверности оценки качества процесса формирования проектной документации.

На основе существующих методов управления качеством и специфики отрасли строительного проектирования и решаемой за-

дачи была выбрана и адаптирована методика *PATTERN* для проведения процедуры экспертной оценки значимости параметров информационной модели, которые оказывают непосредственное влияние на полноту и корректность документации и которыми можно управлять в процессе автоматизации. Сама методика была трансформирована для рассматриваемой задачи.

На основе описанной в методике усложненной экспертной процедуры расстановки весовых коэффициентов был разработан алгоритм определения весовых коэффициентов для параметров модели, которые комплексно отражают влияние каждого параметра на полноту и корректность документации. На основе рассчитанных коэффициентов можно также определить приоритетные направления корректирующих работ: в первую очередь необходимо внести исправления для тех атрибутов, которые обладают наибольшим итоговым коэффициентом, то есть корректность их заполнения оказывает наибольший вклад в общее значение показателя качества процесса.

Разработанная математическая модель позволяет перейти от субъективной оценки качества к объективному, измеримому и управляемому процессу. Модель учитывает иерархию проектной документации, основывается на объективных, измеримых показателях корректности и полноты заполнения атрибутивной информации и позволяет определить приоритетные направления для внесения корректировок и изменений в информационную модель, а также оценить эффективность изменений в процессе проектирования.

Список литературы

1. Криони, И.Н. Обзор методов автоматизации проектирования жилых многоквартирных зданий / И.Н. Криони, М.В. Болсуновская // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – Т. 5(167). – С. 134–142.
2. Киселева, К.И. Система контроля качества проектной документации как составляющая часть системы менеджмента качества проектной организации / К.И. Киселева // Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития : материалы Всероссийской научно-практической онлайн-конференции с международным участием и элементами научной школы для молодежи. – Иркутск : ФГБОУ ВПО «Байкальский государственный университет экономики и права», 2014. – С. 188–196.
3. Лукманов, И.Г. Разработка систем обеспечения качества в проектных и строительных организациях в соответствии с МС ИСО 9000 / И.Г. Лукманов // Механизация строительства. – 2000. – Т. 6. – С. 29–31.
4. Голубова, О.С. Показатели оценки качества проектно-сметной документации в строительстве / О.С. Голубова // Актуальные вопросы экономики строительства и городского хозяйства : до-

клады Международной научно-практической конференции. – Минск, 2015. – С. 55–65.

5. Алиулова, В.А. Оценка качества проектной документации повторного использования / В.А. Алиулова, М.В. Петроченко // Вестник МГСУ. – 2021. – № 6. – С. 730–740.

6. Zadeh, P.A. Information Quality Assessment for Facility Management / P.A. Zadeh, G. Wang, H.B. Cavka // Advanced Engineering Informatics. – 2017. – Vol. 33. – P. 181–205.

7. Solihin, W. Toward robust and quantifiable automated IFC quality validation / W. Solihin, C. Eastman, Y.-C. Lee // Advanced Engineering Informatics. – 2015. – Vol. 29. – No. 3. – P. 739–756.

8. Волкова, В.Н. Теория систем и системный анализ / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – 3-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2025. – 562 с.

9. Лопухин, М.М. Паттерн – метод планирования и прогнозирования научных работ / М.М. Лопухин. – М. : Советское радио, 1971. – 160 с.

10. АО ЦНС. ГОСТ Р 21.101–2020. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации / АО ЦНС. – Москва, 2021.

11. Криони, И.Н. Подход к разработке технологии автоматизированного проектирования зданий с использованием стандарта IFC / И.Н. Криони, М.В. Болсуновская // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 8(158). – С. 74–82.

12. Криони, И.Н. Независимые программные комплексы для автоматизации строительного проектирования / И.Н. Криони // Теория и практика цифрового моделирования : монография. – Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – С. 119–136.

13. Криони, И.Н. Комплексная автоматизация проектирования: применение BIM-моделей / И.Н. Криони // Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 6.0 (ИНПРОМ-2025) : сборник трудов Международной научно-практической конференции. В 2 т. – Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2025. – С. 471–474.

References

1. Krioni, I.N. Obzor metodov avtomatizatsii proyektirovaniya zhilykh mnogokvartirnykh zdaniy / I.N. Krioni, M.V. Bolsunovskaya // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2025. – T. 5(167). – S. 134–142.

2. Kiseleva, K.I. Sistema kontrolya kachestva proyektnoy dokumentatsii kak sostavlyayushchaya chast' sistemy menedzhmenta kachestva proyektnoy organizatsii / K.I. Kiseleva // Problemy ekonomiki i upravleniya stroitel'stvom v usloviyakh ekologicheskoy oriyentirovannogo razvitiya : materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy onlayn-konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem i elementami nauchnoy shkoly dlya molodezhi. – Irkutsk : FGBOU VPO «Baykal'skiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki i prava», 2014. – S. 188–196.

3. Lukmanov, I.G. Razrabotka sistem obespecheniya kachestva v proyektnykh i stroitel'nykh organizatsiyakh v sootvetstvii s MS ISO 9000 / I.G. Lukmanov // Mekhanizatsiya stroitel'stva. – 2000. – T. 6. – S. 29–31.

4. Golubova, O.S. Pokazateli otsenki kachestva proyektno-smetnoy dokumentatsii v stroitel'stve / O.S. Golubova // Aktual'nyye voprosy ekonomiki stroitel'stva i gorodskogo khozyaystva : doklady Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Minsk, 2015. – S. 55–65.

5. Aliulova, V.A. Otsenka kachestva proyektnoy dokumentatsii povtornogo ispol'zovaniya / V.A. Aliulova, M.V. Petrochenko // Vestnik MGSU. – 2021. – № 6. – S. 730–740.

8. Volkova, V.N. Teoriya sistem i sistemnyy analiz / V.N. Volkova, A.A. Denisov. – 3-ye izd. – M. : Izdatel'stvo Yurayt, 2025. – 562 s.

9. Lopukhin, M.M. Pattern – metod planirovaniya i prognozirovaniya nauchnykh rabot / M.M. Lopukhin. – M. : Sovetskoye radio, 1971. – 160 s.

10. АО TSNS. GOST R 21.101–2020. Sistema proyektnoy dokumentatsii dlya stroitel'stva. Osnovnyye trebovaniya k proyektnoy i rabochey dokumentatsii / АО TSNS. – Moskva, 2021.

11. Krioni, I.N. Podkhod k razrabotke tekhnologii avtomatizirovannogo proyektirovaniya zdaniy s ispol'zovaniyem standarta IFC / I.N. Krioni, M.V. Bolsunovskaya // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 8(158). – S. 74–82.

12. Krioni, I.N. Nezavisimyye programmnyye komplekсы dlya avtomatizatsii stroitel'nogo proyektirovaniya / I.N. Krioni // Teoriya i praktika tsifrovogo modelirovaniya : monografiya. – Sankt-

Peterburg : POLITEKH-PRESS, 2024. – S. 119–136.

13. Krioni, I.N. Kompleksnaya avtomatizatsiya proyektirovaniya: primeneniye BIM-modeley / I.N. Krioni // Intellektual'naya inzhener'naya ekonomika i Industriya 6.0 (INPROM-2025) : sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 2 t. – Sankt-Peterburg : POLITEKH-PRESS, 2025. – S. 471–474.

© Р.У. Астафьев, Р.В. Шамин, 2025

УДК 631.3

С.Л. КУШНАРЕВ

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва

ЗАЩИТА ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Ключевые слова: качество; конкурентоспособность; машины; надежность; оборудование; технический сервис; фирма; эффективность.

Аннотация. Целью работы является повышение качества отечественного машиностроения путем обязательного внедрения инженерно-технического сопровождения фирмами-производителями машин своей продукции (фирменного технического сервиса).

Решаются задачи по обоснованию заинтересованности машиностроителей, потребителей машин и государства в создании системы фирменного сервиса, а также разработки нормативно-правовой базы для этого. Анализ требований потребителей к качеству машиностроительной продукции и услуг инженерно-технического сопровождения указывает на необходимость обратить внимание на полноту выполнения фирмами-производителями закона «О защите прав потребителей».

Методики по определению цены на машиностроительную продукцию и определению убытков от простоев машин, связанных с их отказами, позволяют обосновать экономическую эффективность всех участников системы.

По результатам работы изложены основные функции государства по соблюдению прав потребителей машиностроительной продукции, направленные на повышение эффективности машиноиспользования.

физический и моральный износ парка, спрос на продукцию отечественного машиностроения остается на весьма низком уровне даже в условиях санкционной политики Запада.

Значительные простои технологических машин и оборудования по техническим причинам не только снижают эффективность их использования, но и приводят сельхозтоваропроизводителей к снижению продуктивности животных и урожайности культур, а также к увеличению потерь уже выращенного урожая. В результате существенно снижается эффективность всей производственно-хозяйственной деятельности агрофирм и комплексов.

Необходимость решения этих проблем связана со значительным снижением потребительского спроса на машины и оборудование российского производства. Сельские товаропроизводители в последние годы отдавали предпочтение зарубежным аналогам, имеющим показатели надежности и эффективности значительно выше отечественных.

Безусловно, на это в определенной мере повлияло снижение потребности в производстве техники из-за распада Советского Союза: уменьшилось число предприятий-потребителей; снизился уровень доходности и уровень государственной поддержки этих предприятий; появились новые ресурсосберегающие технологии производства продукции и т.д.

Основываясь на ситуации, которая сложилась при изготовлении, инженерно-техническом сопровождении и эксплуатации, требуется проанализировать вопрос возможности повышения качества и эффективности сельскохозяйственной техники отечественного производства через изменение отношения фирмы-производителя, т.е. сопровождение им своей техники в течение всего жизненного цикла.

Для реализации масштабной модернизации промышленности в нашей стране потребуется

Введение

Несмотря на значительное снижение технического потенциала предприятий многих отраслей экономики, например предприятий агропромышленного комплекса (в 5–6 раз), а также

активное сотрудничество между государственными органами, промышленными предприятиями и научными учреждениями. Совместные усилия позволят не только модернизировать существующие производства, но и создать новые, основанные на передовых технологиях, что в конечном итоге приведет к повышению конкурентоспособности отечественной машиностроительной продукции.

Основная часть

Снижение уровня надежности машин и оборудования, старение машинного парка, физический и моральный износ ведут к росту потребности в техническом сервисе, к необходимости восстановления ранее существовавшего мощного специализированного ремонтного производства, что требует огромных единовременных капиталовложений, соизмеримых с потребностями предприятий в технике, машинах и оборудовании. Поэтому в складывающихся реальных производственных условиях необходим поиск альтернативных, более экономичных путей решения проблемы повышения уровня эффективности машиноиспользования. Это подтверждается и наличием в коллективных и крупных крестьянских хозяйствах Российской Федерации специализированной инженерно-технической службы и ее отсутствием в хозяйствах экономически развитых стран Западной Европы и Северной Америки, обеспечивающих свое производство высококачественной, надежной техникой [1; 2]. При этом машинный парк предприятий этих стран своевременно, каждые 5–6 лет, обновляется, а заменяемые машины и оборудование подвергаются фирмой-производителем диагностике и качественно-му ремонту, после которого они поступают на вторичный рынок техники и международные рынки техники и чаще всего развивающихся стран.

Такая государственная политика развитых стран по реновации парка машин и оборудования позволяет потребителям техники иметь только лишь простую ремонтно-техническую (а скорее эксплуатационную) базу и ее технологическое оснащение. Она предназначена в основном для определения технического состояния машин и оборудования и проведения регламентированных (плановых) периодических технических обслуживаний и мелких текущих ремонтных работ. Их частота и трудоемкость

настолько незначительны, что при среднегодовой загрузке сельскохозяйственной техники в хозяйствах достаточно проводить всего 1–2 обслуживания в год. А поскольку гарантийный период эксплуатации машин и оборудования превышает уже пятилетний срок, то, естественно, основная нагрузка при этом лежит на фирме-производителе и ее технических представителях, которыми чаще всего являются дилеры, реализующие эту технику. И это существенно сокращает потребности агропредприятий в ремонтно-технической базе.

Следовательно, с позиции потребителя для защиты его интересов оптимальным подходом является достижение необходимого уровня работоспособности оборудования не путем создания обширной базы системы технического сервиса, а посредством улучшения качества производства и надежности российской техники, машин и оборудования. Это позволит сократить производственные расходы предприятий, убытки от потери продукции и ухудшения ее качества, а также повысить эффективность использования машин. В реальности решением проблемы повышения качества отечественных машин и оборудования вплотную никто не занимается. Из-за этого для производства приобретают дорогую импортную технику, а предприятия машиностроения теряют спрос на свою продукцию.

Единственным способом, с помощью которого можно решить весь комплекс проблем, обеспечивающих права потребителей на качественную, надежную технику и повысить спрос на продукцию машиностроения – это решить проблемы повышения качества изготовления и надежности машин и оборудования. Достигнуть требуемого качественного уровня машин и оборудования возможно только на основе внедрения фирменного метода технического сервиса [3].

Чем выше качество, тем меньше потребности машин и оборудования в техническом сервисе в течение жизненного цикла, тем выше может быть ее цена реализации. Но одновременно ниже затраты производителя на ее поддержание в работоспособном состоянии в течение всего жизненного цикла.

В качестве исходной информации по оценке качества машины потребителями машиностроительной продукции в первую очередь рассматриваются материалы, полученные в результате наблюдений при использовании

отечественной и зарубежной техники в реальных производственных условиях: интенсивность использования и наработки на отказы, потребность в плановых и неплановых ремонтно-обслуживающих воздействиях, состояние ремонтно-эксплуатационной базы, численность и квалификация исполнителей, простои при техническом обслуживании (ТО) и ремонте и другие.

Фирмы-производители, организующие систему фирменного технического сервиса для инженерно-технического сопровождения техники, собирают и анализируют характеристики потоков требований на обслуживание и удельные трудоемкости и продолжительности их выполнения с использованием методов статистической обработки и теории надежности, сравнения, анализа и синтеза, которые позволяют определить оперативное значение коэффициента технической готовности машины или парка машин и оборудования, особенно для подготовки техники к напряженным периодам эксплуатации при ее сезонной или периодической загрузке.

Полученное расчетное значение коэффициента готовности может также дополнительно учитываться при корректировке текущих цен на реализуемые предприятиями машиностроения машины и оборудование.

При этом особо необходимо отметить, что при наступлении отказов в гарантийный период эксплуатации, т.е. тот период, когда их абсолютно не должно быть, фирма-производитель машин и оборудования несет полную экономическую ответственность за возникший простой машины. Естественно, это законно при условии полного соблюдения потребителем требований производителя по эксплуатации машин и оборудования [4].

Поэтому очень важно, чтобы выпускаемые машины и оборудование изначально имели высокий уровень надежности, исключаящий наступление отказов в гарантийный период. Для обеспечения этого необходимо контролировать условия и качество эксплуатации машин и оборудования, собирать информацию о появляющихся в процессе эксплуатации отказах, исследовать причины их возникновения, устанавливать скорость изнашивания деталей и наработку их на отказ, трудоемкость и продолжительность устранения последствий отказов. Это позволит с достаточно высокой точностью на стадии проектирования определять условия

и требования к эксплуатации машин и оборудования, принимать решения по ужесточению требований стандартов и технических условий. На стадии конструирования это позволит обосновать необходимость и целесообразность упрочнения и повышения качества изготовления ответственных поверхностей, деталей и сопряжений [5]. Практическая реализация этих требований при производстве составных частей (деталей, узлов и агрегатов) машин и оборудования будет обеспечивать гарантированное повышение ресурса и долговечности рабочих поверхностей деталей и машин. Эти мероприятия позволят фирме-производителю машин и оборудования значительно улучшить показатели качества изготовления и надежности машин и оборудования и сократить их простои по техническим причинам, прежде всего в гарантийный период эксплуатации [5; 6].

Также необходимо на стадии конструирования продумать вопросы улучшения доступности и удобства обслуживания и ремонта ответственных узлов и агрегатов, систем и механизмов машин и оборудования. Эти шаги позволят существенно снизить трудозатраты и продолжительность ремонтно-обслуживающих работ при проведении плановых мероприятий и наступлении внеплановых отказов и уменьшить время пребывания машины в сфере технического сервиса. А это напрямую повышает коэффициент готовности и снижает простои машин и оборудования по техническим причинам.

Кроме того, знание параметров потоков отказов, интенсивности, сложности и трудоемкости поступающих требований на техническое обслуживание и устранение последствий отказов позволяет обосновано совершенствовать систему технического сервиса машин и оборудования: видов и объемов работ, их периодичность, трудоемкость и продолжительность выполнения работ с учетом обеспеченности необходимыми ремонтно-обслуживающей базой, техническими средствами и персоналом. По мере сбора, накопления и обработки статистической информации могут быть изменены виды, их количество и периодичность плановых мероприятий, перечень и состав технологических операций технических обслуживаний и плановых текущих ремонтов. Повышение качества изготовления и надежности машин и оборудования приведет к увеличению периодичности плановых ремонтно-обслуживающих

воздействий, что при внедрении фирменного метода технического сервиса является дополнительным положительным моментом для фирмы-производителя [6].

Проведенные исследования по проектированию и организации систем технического сервиса (в том числе и фирменного) технологических машин и оборудования предприятий всех отраслей позволили разработать и предложить заинтересованным потребителям научно-технической продукции следующие современные методики:

- определения ущерба (потерь) потребителя машин и оборудования при их простоях по техническим причинам в гарантийный период эксплуатации;

- определения цен (обоснованных) реализации машиностроительной продукции повышенного качества.

Применение этих методик обеспечивает повышение ответственности предприятий машиностроения за производство некачественной техники, машин, оборудования и другой продукции производственно-технического назначения, а также стимулирует их в направлении повышения качества изготовления и надежности машин и оборудования.

Работа по реализации полученных научных результатов в реальных производственных условиях предприятий машиностроения, технического сервиса и потребителей техники, машин и оборудования требует контроля и координации со стороны государства. Внедрение инновационных форм и методов организации инженерно-технического сопровождения фирмами-производителями на протяжении всего жизненного цикла выпускаемой техники гарантированно обеспечивает повышение качества ее изготовления, надежности, эффективности и конкурентоспособности. Кроме того, четко проявляются направления рациональной диверсификации и технологической модернизации производства с углублением его специализации, что также способствует повышению качества выпускаемой машиностроительной продукции и производственных процессов, выполняемых машинами и оборудованием [7; 8].

Участие государства в реализации данного проекта должно носить функцию регулирования и заключаться в контроле за качеством продукции машиностроения при ее производстве, обеспечении работоспособности и эффективном использовании. Для этого в первую очередь

должны быть приняты два основополагающих законодательно-правовых акта – закон об обеспечении производителем техники и ее инженерно-технического сопровождения в течение всего жизненного цикла машин и оборудования и закон о защите прав потребителей продукции производственно-технического назначения. Их принятие и практическая реализация позволят создать нормативно-правовую базу системы фирменного инженерно-технического сопровождения, организационно-экономические условия и механизмы ее функционирования.

Заключение

Исследования демонстрируют, что обеспечение различных секторов экономики высокотехнологичным и безотказным оборудованием в совокупности с комплексным техническим обслуживанием на протяжении всего срока эксплуатации играет важнейшую роль в улучшении качества выпускаемой продукции и соблюдении интересов потребителей.

Предлагаемые к внедрению результаты исследований и разработанный организационно-экономический механизм требуют обсуждения со всеми заинтересованными сторонами, включая государственных представителей отраслевых министерств и ведомств. Учитывая современные экономические, технологические и организационные возможности производства российской машиностроительной продукции, направленные на повышение качества изготовления и в первую очередь надежности машин и оборудования, можно сделать следующие выводы.

1. Внедрение инновационных методов инженерно-технического сопровождения может принести огромный народно-хозяйственный эффект за счет повышения качества, надежности и эффективности техники. Это, в свою очередь, способствует росту производительности труда, снижению издержек и повышению конкурентоспособности отечественной продукции.

2. Рациональная диверсификация и технологическая модернизация производства с углублением специализации являются важными факторами повышения качества машиностроительной продукции.

3. Для успешной реализации инновационных проектов необходимо скоординировать усилия предприятий машиностроения, техни-

ческого сервиса и потребителей техники. Государство может выступить в роли координатора, обеспечивая взаимодействие между этими участниками.

4. Государство должно создать нормативно-правовую базу, контролирующую и координирующую взаимодействие всех участников отечественного рынка машиностроительной продукции и услуг. Для этого необходимо раз-

рабатывать и внедрить современные стандарты в области машиностроения, технического обслуживания и ремонта.

5. Государственная поддержка должна быть направлена на развитие отечественной машиностроительной базы, что позволит снизить зависимость от импорта и повысить конкурентоспособность отечественной продукции.

Список литературы

1. Чепурина, Е.Л. Проблемы технологической модернизации системы технического сервиса машин и оборудования АПК / Е.Л. Чепурина, А.В. Чепурин, С.Л. Кушнарев // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК : материалы Международной научно-практической конференции, 15–17 октября 2015 года. – Мичуринск : Издательство «2Д Мичуринск», 2015. – С. 297–305.
2. Хабардин, В.Н. Проблемы и концепция технического обслуживания машин в сельском хозяйстве : монография / В.Н. Хабардин. – Иркутск : Изд-во ИрГАУ, 2020. – 124 с.
3. Техническая эксплуатация сельскохозяйственных машин (с нормативными материалами). – М. : ГОСНИТИ, 1993.
4. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1990.
5. Чиркин, А.В. Построение профилей спутников многоспутниковых планетарно-цевочных передач / А.В. Чиркин // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 4(166). – С. 89–93.
6. Кушнарев, С.Л. Принципы организации фирменного обслуживания сельскохозяйственной техники / С.Л. Кушнарев // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2004. – № 1. – С. 35–37.
7. Кушнарев, Л.И. К проблеме повышения конкурентоспособности отечественной техники / Л.И. Кушнарев, С.Л. Кушнарев // Управление научно-техническими проектами : материалы Второй Международной научно-технической конференции. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – С. 127–129.
8. Kushnarev, S.L. Ensuring the performance of equipment during the warranty period of operation / S.L. Kushnarev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Modern Power Engineering (MPMB 2020), 8 September 2020, Moscow, Russian Federation. – 2020. – P. 012021.

References

1. Chepurina, Ye.L. Problemy tekhnologicheskoy modernizatsii sistemy tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya APK / Ye.L. Chepurina, A.V. Chepurin, S.L. Kushnarev // Inzhenernoye obespecheniye innovatsionnykh tekhnologiy v APK : materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 15–17 oktyabrya 2015 goda. – Michurinsk : Izdatel'stvo «2D Michurinsk», 2015. – S. 297–305.
2. Khabardin, V.N. Problemy i kontseptsiya tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin v sel'skom khozyaystve : monografiya / V.N. Khabardin. – Irkutsk : Izd-vo IrGAU, 2020. – 124 s.
3. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya sel'skokhozyaystvennykh mashin (s normativnymi materialami). – M. : GOSNITI, 1993.
4. GOST 27.003-90. Nadezhnost' v tekhnike. Sostav i obshchiye pravila zadaniya trebovaniy po nadezhnosti. – M. : Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam, 1990.
5. Chirkin, A.V. Postroyeniye profiley satellitov mnogosatellitnykh planetarno-tsevochnykh peredach / A.V. Chirkin // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2025. – № 4(166). – S. 89–93.
6. Kushnarev, S.L. Printsipy organizatsii firmennogo obsluzhivaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki / S.L. Kushnarev // Remont, vosstanovleniye, modernizatsiya. – 2004. – № 1. – S. 35–37.

7. Kushnarev, L.I. K probleme povysheniya konkurentosposobnosti otechestvennoy tekhniki / L.I. Kushnarev, S.L. Kushnarev // Upravleniye nauchno-tekhnicheskimi proyektami : materialy Vtoroy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. – M. : MGTU im. N.E. Baumana, 2018. – S. 127–129.

© С.Л. Кушнareв, 2025

УДК 658.528

А.Ю. ТУМАНОВ

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В НОТАЦИИ IThink

Ключевые слова: имитационная модель; инфраструктура; качество; повышение устойчивости; процессы; система.

Аннотация. Целью статьи является разработка процессной имитационной модели системы обеспечения устойчивости (СОУ) производственной инфраструктуры в нотации IThink.

Задачами исследования является построение двух моделей – табличной и процессной.

Гипотеза исследования заключается в том, что модель позволит более полно описать процессы СОУ.

Были использованы методы системного динамического моделирования. Основные результаты, полученные автором: для формализованного описания, выявления и решения проблем обеспечения качества в условиях воздействия факторов внешней среды разработана процессная имитационная модель СОУ производственной инфраструктуры в нотации IThink.

Введение

Концепция устойчивого развития имеет 17 целей, и цель № 9 целей устойчивого развития Организации Объединенных Наций (ЦУР ООН) предполагает разработку устойчивой инфраструктуры, в том числе и промышленных предприятий. Устойчивость предприятия определяется рядом факторов, представленных в работе [2], однако система менеджмента качества (СМК) организации [1] требует соблюдения ряда принципов, таких как принципы системности и процессности. Актуальность исследования определяется необходимостью формализации

процессов СОУ с точки зрения требований СМК и ЦУР. Таким образом, целью статьи является разработка процессной имитационной модели СОУ производственной инфраструктуры на основе метода системного динамического моделирования в нотации IThink для обеспечения качества процессов повышения устойчивости производственной инфраструктуры.

Модели и методы

Разработку процессной имитационной модели СОУ производственной инфраструктуры целесообразно провести в два этапа.

1. Для первоначального представления СОУ в виде наименования и содержания работ построим модель «как есть». Анализ документов [3; 4] показал, что можно выделить ряд работ и их содержание и представить в табличной форме. Такую табличную модель СОУ, пока не обладающую необходимыми свойствами системности и процессности, обозначим *M1SOU*. Для формализации модели *M1SOU* в табл. 1 даны названия работ и их содержание. Выделим десять основных работ по повышению устойчивости промышленного предприятия.

Последний столбец дает возможности перехода в нотацию IThink.

2. Метод системного динамического моделирования в нотации IThink достаточно известен и описан в ряде работ [3]. Обозначим разрабатываемую модель *M2SOU*. Для формализации модели *M2SOU* в табл. 1 даны названия работ – процессов для модельного уровня IThink. Модель *M2SOU* представлена на рис. 1.

Основные результаты, полученные автором: для формализованного описания, выявления и решения проблем обеспечения качества в

Таблица 1. Представление СОУ в виде процессов

№	Процесс и подпроцессы	№ процесса
1	Формирование рабочей ячейки управления СОУ процессами ПУ	П1
1.1	Анализ обеспечения устойчивости производственной инфраструктуры с существующей версией СОУ	П11
1.2	Идентификация несоответствий в СОУ производственной инфраструктуры к работе в условиях воздействия внешних факторов среды	П12
1.3	Предложения по устранению несоответствий, направленных на улучшение процессов устойчивости функционирования объектов и производственной инфраструктуры	П13
1.4	Планирование действий по повышению устойчивости, организации и производственной инфраструктуры	П14
1.5	Финансовое и материально-техническое обеспечение	П15
1.6	Мониторинг действий	П16
2	Действия по рациональному размещению (РР)	П2
2.1	РР на местности	П21
2.2	РР ПИ	П 222
2.2.1	РР цехов	П 221
2.2.2	РР оборудования	П 222
3	Защита рабочих от вредных факторов среды	П3
4	Надежность газовых и электрических сетей, а также водоснабжения	П4
5	Аварийно-спасательные и другие неотложные работы (АСДНР) (планирование мероприятий)	П5
6	АСДНР (проведение работ)	П6
7	Материально-технические запасы (МТ), продукция, медицинские средства	П7
8	Создание Страхового фонда документации (СФД)	П8
9	Устойчивость производственной инфраструктуры при воздействии на них внешних факторов среды	П9
9.1	Анализ уязвимости	П 9.1
9.2	Оценка устойчивости (1 итерация)	П 9.2
9.3	Разработка мероприятий	П 9.3
9.4	Планирование наращивания мероприятий	П 9.4
9.5	Организация мероприятий	П 9.5
9.6	Оценка устойчивости (2 итерация)	П 9.6
9.7	Корректировка плана	П 9.7
9.3 (2)	Разработка мероприятий (2 итерация)	П 9.3
9.8	Сохранение результатов в базе данных (БЗ)	П 9.8
10	Проведение мероприятий по обеспечению световой и других видов маскировки	П10

условиях воздействия факторов внешней среды разработана процессная имитационная модель СОУ производственной инфраструктуры в нотации *IThink*.

Научная новизна

В отличие от существующих, модель *M2SOU* имеет обратные связи в своей струк-

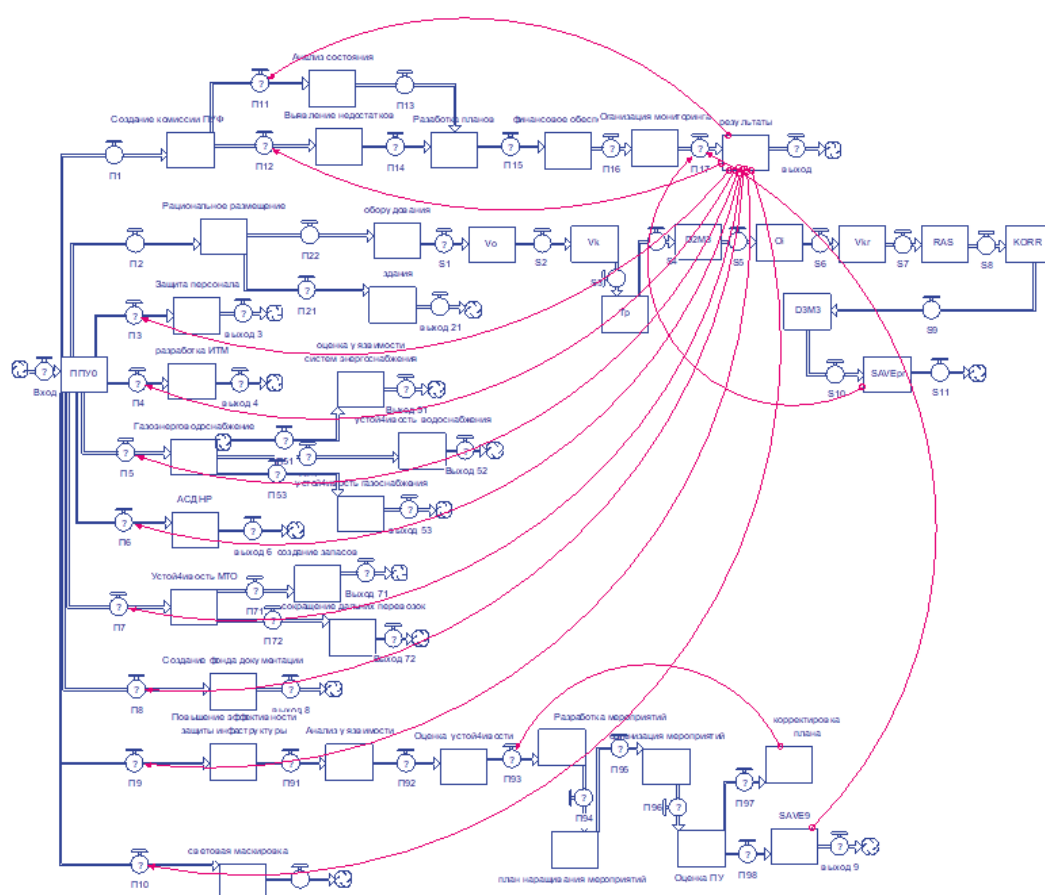


Рис. 1. Модель СОУ производственной инфраструктуры – Модель «как должно быть»

туре, обеспечивает взаимодействие процессов СОУ, имеет блочную структуру, что позволяет добавлять в структуру дополнительные процессы, позволяет задавать в интерактивном режиме характеристики исследуемого процесса повышения устойчивости производственной инфраструктуры к воздействиям факторов среды и итеративно за несколько шагов повысить

устойчивость инфраструктуры за счет более рациональной организации и размещения оборудования, организации мониторинга воздействия внешних факторов среды, добавления мероприятий пассивной защиты производственной инфраструктуры основных производственных фондов при воздействии на них внешних факторов среды.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001 — 2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М. : Стандартинформ, 2015. – 24 с.
2. ГОСТ Р 22.2.12-2020. Повышение устойчивости функционирования организаций в чрезвычайных ситуациях. Основные положения. – М. : Стандартинформ, 2020. – 27 с.
3. Горбунов, А.Р. Пакет структурного моделирования ITHINK / А.Р. Горбунов. – М. : ТОРА-Центр, 1997. – 24 с.
4. Туманов, А.Ю. Модель рационального размещения оборудования в концепции Индустрии 4.0 для решения задач обеспечения качества и устойчивости в условиях воздействия поражающих факторов / А.Ю. Туманов // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 8(158). – С. 88–91.

References

1. GOST R ISO 9001 — 2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya. – M. : Standartinform, 2015. – 24 s.
2. GOST R 22.2.12-2020. Povysheniye ustoychivosti funktsionirovaniya organizatsiy v chrezvychaynykh situatsiyakh. Osnovnyye polozheniya. – M. : Standartinform, 2020. – 27 s.
3. Gorbunov, A.R. Paket strukturnogo modelirovaniya ITHINK / A.R. Gorbunov. – M. : TORA-Tsentr, 1997. – 24 s.
4. Tumanov, A.YU. Model' ratsional'nogo razmeshcheniya oborudovaniya v kontseptsii Industrii 4.0 dlya resheniya zadach obespecheniya kachestva i ustoychivosti v usloviyakh vozdeystviya porazhayushchikh faktorov / A.YU. Tumanov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 8(158). – S. 88–91.

© А.Ю. Туманов, 2025

UDC 658.56

*E.V. SHALOMOVA, B.V. GRUSHENKO**Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir*

A STUDY OF POSSIBLE WAYS TO IMPROVE THE PROCESS OF PRODUCT QUALITY CONTROL AND THE PROCESS OF PROFILE PRODUCTION FROM WOOD POLYMER COMPOSITES

Keywords: wood-polymer composite; quality control systems; modular set of counters; automation of control.

Abstract. The purpose of the article is to investigate possible ways to improve product quality control and the process of producing a profile from a wood-polymer composite. The objectives of the study are to consider the key technological directions of modern quality control systems and develop a new system that combines a modular set of sensors located on a conveyor in critical control areas. The hypothesis of the study: we assume that the development of our proposed system will allow not only to determine the defective products and the type of discrepancy, with the subsequent removal of defective units from the line, but also open up opportunities for the transition to preventive quality management by building accurate correlation models. Research methods included analysis, generalization, synthesis. Research results are as follows: the research process proposed the development of a system with the introduction of predictive analytics, which opens up prospects for a complete transition to defect-free production.

The development of quality control technologies in the production of wood-polymer composite (DPC) is closely related to the evolution of automation and digitalization of industry. The first control systems were based on visual inspection by operators and selective measurements with a manual tool, which did not exclude subjectivity and errors. With the advent of computer vision in the 1980s, automated checks of geometry and surface defects became possible, contrary to efficiency, these solutions required

complex tuning and had limited adaptability. In the 2000s, the proliferation of the Internet of Things (IoT) and cloud computing made it possible to combine data from sensors into a single system, which significantly increased the accuracy and speed of monitoring. Today, advanced enterprises are introducing comprehensive systems that combine machine vision, IoT and predictive analytics, which opens up new opportunities for minimizing defects and optimizing production processes. In addition, the amount of statistical data collected can improve the understanding of fundamental aspects and optimize the production process.

Modern quality control systems rely on three key technological areas: machine vision, sensory measurements and integration into the Internet of Things.

Machine vision is a high-resolution (5–20 megapixel) industrial camera with neural network-based image processing algorithms. They are able to detect surface defects (scratches, chips, uneven color) with an accuracy of 0.1 mm, but require correct lighting and calibration.

Sensor technologies include laser scanners to monitor geometry, thermographic cameras to monitor extrusion temperature anomalies, and humidity sensors to check the composition of raw materials. A key aspect of the system under development should be a modular integrated system capable of detecting correlations and making micro adjustments in real time to the parameters of the production process with a minimum response time to maintain optimal values.

The Internet of Things (IoT) solves the problem of integration, but existing systems use standard industrial protocols (OPC UA, MQTT) are ineffective, since they do not adapt

Table 1.

Sensor type	Control parameters	Metrological characteristics	Installation site
Machine vision camera	Surface defects, color	Resolution: 10 MP, accuracy: ± 0.05 mm, FPS: 60	After extrusion
Laser scanner	Profile geometry	Accuracy: ± 0.02 mm, speed: 100 m/s	Before cutting machine
Thermocouple	Extrusion temperature	Range: 0–300 ° C, accuracy: ± 0.5 ° C	In the cooling zone
Moisture sensor	Composite moisture	Range: 0–30 %, accuracy: ± 0.1 %	Feed hopper
Vibration sensor	Extruder vibrations	Frequency: 0–1 kHz, sensitivity: 0.01 m/s^2	On conveyor supports

to the specifics of the bipolar serial code. This leads to delays in analysis and the inability to intervene.

The new system combines a modular set of sensors located on a conveyor in critical control areas.

Within the framework of this system, it is worth highlighting three aspects that allow you to get closer to your goal.

Synchronize data through a single IoT gateway with local processing (Edge Computing), which reduces the load on the cloud. Adaptive algorithms for adjusting to changes in raw material parameters (for example, automatic correction of camera lighting when changing the profile color). Flexible architecture – Add new sensors without reprogramming the entire system. The modularity of the proposed system will allow the enterprise to assemble the most effective product quality control system according to the critical control points existing at the enterprise. This approach eliminates budget expenditures for non-critical control areas, and also allows you to adapt the control system to most production processes.

When the geometry deviates, the laser scanner instantly transmits data to the control system, which adjusts the conveyor speed or sends a signal for rejection. In parallel, the thermocouple analyzes whether this is due to overheating of the extruder. The proposed system is a closed automated control loop, where each sensor performs a strictly defined function, and their joint work provides comprehensive monitoring of production. The central element of the system is an industrial computer with an Edge Computing module that processes data from all sensors in real time. Information from the machine vision camera is analyzed in parallel with the readings of the laser scanner, which allows not only to identify surface

defects, but also to associate them with possible geometric deviations. Thermocouples and vibration sensors form the second control loop that monitors the process parameters, while the humidity sensor performs incoming control of the raw materials.

The system is divided into 4 levels: primary level; middle tier; central level; output level.

Due to the exact arrangement of components into 4 levels, adaptive adjustment of each of the levels is possible, and as a result of the above features, the developed system allows for complete automation of the control process, eliminates the human factor, helps to identify obvious defects and the causes of their occurrence.

The novelty of the solution lies in the application of intelligent algorithms for analyzing the relationships between various production parameters by using neural self-learning networks. For example, the system is able to detect that an increase in extruder vibration of 15 % at a temperature of 185–190 ° C leads to the formation of microcracks invisible to the human eye, but fixed by a high-resolution camera. Such correlations make it possible not only to fix a marriage, but to prevent its formation, learning from the information received with each new batch.

The system provides the ability to build Shewhart control charts for any required period of the production process, which will allow you to track and control the statistical manageability of the production process in the long term, several times speeding up the preparation of quality reports and data to confirm compliance.

The problem area of the presented system, in our opinion, is the verification of the reliability of the information received from the sensors, as well as their calibration and verification. This aspect requires additional control by the

metrological department. With the help of the developed methodology and trained personnel, it is possible to reduce the negative impact on the cost of maintaining and maintaining this system.

The introduction of an automated quality control system for profiles from the KDP provides significant economic benefits due to several key factors. First of all, comprehensive monitoring of all stages of the production process allows you to reduce the percentage of rejects by 25–30 %, which directly affects the cost of production. According to industrial tests, the system detects up to 98 % of defects in the early stages of their formation, minimizing the cost of processing and disposal of substandard products.

Complete automation of control eliminates the need to maintain a staff of technical controllers, which for medium-sized production saves up to 1.5 million rubles annually in the wage fund. At the same time, improved measurement accuracy and constant control ensure product quality stability and expected to reduce the cost of complaint.

The system demonstrates particular efficiency in the analysis of latent scrap, which is traditionally detected only at the stage of operation. For example, the ability to detect microcracks and internal stresses in the material can prevent up to 80 % of complaints related to premature destruction of products. This not only reduces warranty costs, but also strengthens the manufacturer's reputation in the market.

The average payback period of the system, based on available data from key manufacturers, ranges from 8 to 14 months, depending on the scale of production. An additional economic effect is achieved by optimizing technological parameters – the system allows you to reduce raw material consumption by 3–5 % and energy consumption by 7–10 % due to accurate maintenance of optimal extrusion modes. It is important to note that the proposed solution is scalable and can be adapted for different types of production of polymer composites without significant additional costs. A separate aspect is the modularity of the system, which allows you to reduce the cost of purchasing, installing and operating the system, which will have a positive effect on both the payback period and the impact on the cost of production.

The prospects for further development of the system are associated with the integration of predictive analytics, which will allow predicting possible deviations in product quality, which will open up new opportunities for the transition from reactive to preventive quality management. This step will be the next step in the evolution of production technologies in the field of KDP.

The proposed solution not only solves the urgent problems of quality control in the production of bipolar serial code, but also sets a new standard for digitalization of similar technological processes in the processing industry, reducing the likelihood of the human factor and increasing the automation of the production process.

Список литературы

1. Автоматизированные системы управления фрезерованием: обзор [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://compositepanel.ru/blog/detail/avtomatizirovannyye-sistemy-upravleniya-frezerovaniem:-obzor>.
2. Анализаторы в производстве: как оптимизировать процесс с их помощью [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://miei.ru/analizatory/analizatory-v-proizvodstve-kak-optimizirovat-procress-s-ih-pomoshhyu>.
3. Хасанов, Т.А. Развитие интернета вещей и его роль в современной логистике / Т.А. Хасанов, Д.А. Скворцова, Б.А. Эдаев // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 5(155). – С. 113–117.

References

1. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya frezerovaniyem: obzor [Electronic resource]. – Access mode : <https://compositepanel.ru/blog/detail/avtomatizirovannyye-sistemy-upravleniya-frezerovaniem:-obzor>.
2. Analizatory v proizvodstve: kak optimizirovat' protsess s ikh pomoshch'yu [Electronic resource]. – Access mode : <https://miei.ru/analizatory/analizatory-v-proizvodstve-kak-optimizirovat>

process-s-ih-pomoshhyu.

3. Khasanov, T.A. Razvitiye interneta veshchey i yego rol' v sovremennoy logistike / T.A. Khasanov, D.A. Skvortsova, B.A. Edayev // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 5(155). – S. 113–117.

© E.V. Shalomova, B.V. Grushenko, 2025

УДК 65.330

Е.В. КОСТОУСТОВА, М.В. ЗУБОВА, И.В. ШАДРИНА, О.Г. ФЕОКТИСТОВ
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ключевые слова: искусственный интеллект; интеллектуальное месторождение; затраты; рентабельность; трудноизвлекаемые запасы нефти; цифровой двойник; цифровые технологии.

Аннотация. Целью статьи является оценка эффективности некоторых цифровых решений повышения нефтеотдачи месторождения. Обоснована гипотеза применения современных технологий для управления процессами добычи, что приведет к увеличению дебита и снижению эксплуатационных затрат. В исследовании применялись методы анализа и сопоставления. В процессе исследования сделан вывод о том, что применение «цифровых двойников» способствует улучшению внутренних процессов и укреплению конкурентоспособности компании.

Цифровизация приобретает все большую важность в нефтегазовой отрасли. В России ведущие нефтегазовые компании активно разрабатывают и внедряют современные информационные технологии и интеллектуальные устройства. Поскольку производственные объекты в этой сфере генерируют огромные объемы технологических данных, цифровые решения становятся ключевым инструментом для оптимизации процессов добычи и переработки нефти и газа.

Стратегия предприятий ориентирована на всестороннюю интеграцию информационных технологий во все сферы деятельности – от поиска нефти и газа до транспортировки и обработки полученных данных. Внедрение цифровых технологий значительно повышает эффективность эксплуатации месторождений и способствует снижению затрат на их разработку.

На каждом этапе разработки нефтегазовых запасов – от геологоразведки и бурения до экс-

плуатации и экологического контроля – использование накопленных за время работы больших массивов данных позволяет значительно ускорить процессы, снизить их стоимость и повысить эффективность. Благодаря анализу этих данных с применением искусственного интеллекта компании получают поддержку в принятии решений с высокой точностью – например, где и как бурить. Это ускоряет процесс принятия решений и может потенциально сократить сроки реализации всего проекта (табл. 1).

Поэтому в последнее время в нефтегазовой отрасли активно внедряются решения на базе искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых двойников. При этом особое внимание уделяется созданию больших данных о месторождениях и их анализу с использованием современных технологий, таких как нейронные сети.

Благодаря применению цифровых технологий возможно создание интегрированных моделей управления месторождениями, основанных на цифровых двойниках. Проект «Цифровое месторождение», который объединяет инновации в единую экосистему, является ярким примером успешной реализации цифровых технологий в нефтяной отрасли.

Технология цифровых двойников реализуется в таких проектах, как «Цифровое месторождение», «Умное месторождение», где объединяется информация о технологии бурения, разведки, цифрового управления процессами и производствами добычи нефти и газа в сочетании с искусственным интеллектом. Т.е. базой цифрового двойника являются два основных компонента – «цифровая тень» и математическая модель, полностью воспроизводящая поведение объекта. Помимо традиционных методов сбора данных, для получения необходимой информации активно используются современные цифровые технологии, в частности аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Полученные снимки проходят геопривязку и обработку с использованием

Таблица 1. Примеры использования искусственного интеллекта в разведке и добыче

Проект	Компания	Результат
«Когнитивный геолог» определяет наиболее вероятную концептуальную геологическую модель и выполняет подсчет запасов углеводородов	ПАО «Газпром нефть»	Анализ данных выполняется в шесть раз быстрее и при этом становится на 30 % точнее
«Система для поиска пропущенных залежей» – увеличение объемов добычи нефти на скважину за счет вовлечения в разработку пропущенных залежей	ПАО «НК «Роснефть»	Прирост добычи нефти в два раза выше на скважину
«Автоматический анализ керна» – автоматизация изучения образцов горной породы (керн)	ПАО «Газпром нефть»	Увеличение скорости обработки в десять раз
«Цифровое бурение» – внедрение инновационных решений в строительстве нефтегазовых скважин	АО «НафтаГаз»	Снижение непроизводительного времени, вызванного осложнениями при бурении, составляет 15 %
«Предсказание осложнений» направлен на снижение непроизводительного времени, связанного с осложнениями при бурении	Министерство энергетики России	Повышение эффективности проходки с пласта с 90 % до 95 %
«Инструмент подбора скважин-кандидатов» – автоматизация процесса выбора скважин для проведения геолого-технических мероприятий	ПАО «Газпром нефть»	50 % сокращение нерентабельных обработок
«DrillAI» – интеллектуальная система управления бурением, адаптирующая параметры бурения в реальном времени для повышения эффективности	ПАО «ЛУКОЙЛ»	Сокращение времени бурения на 15 %, снижен расход буровых материалов. Экономия до 300 млн руб/год за счет снижения времени бурения и сокращения аварий

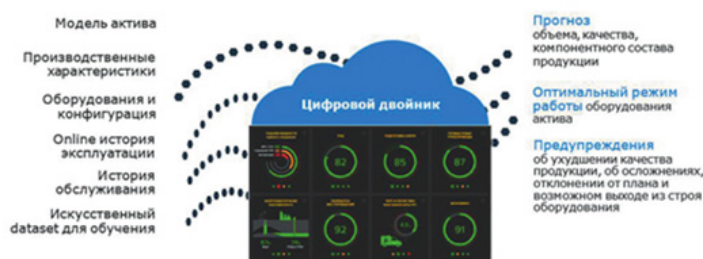


Рис. 1. Принцип работы цифрового двойника

специализированного фотограмметрического программного обеспечения. Этот процесс включает в себя определение и расстановку опорных точек, обеспечивающих высокую точность пространственной привязки создаваемой цифровой модели (рис. 1). На основе этих данных форми-

руется плотное облако точек, карта высот, орто-фотоплан и в конечном итоге цифровая модель местности. Создание таких цифровых моделей требует слаженной работы команды квалифицированных специалистов, а также наличия специализированного оборудования и программно-

Таблица 2. Результаты внедрения цифровых двойников

Компания			
ПАО «НК «Роснефть»	ПАО «Лукойл»	ПАО «Татнефть»	ПАО «Газпром нефть»
Цифровые технологии			
Цифровые двойники («РН-Ванкор», «Славнефть-Красноярскнефтегаз» (Правдинское месторождение))	Цифровые двойники, цифровой персонал, цифровая экосистема	«Цифровой двойник» оборудования; «Цифровая модель» месторождения	Цифровые двойники, единая система информационного моделирования объектов строительства
Результат внедрения			
К системе подключено 8 100 нефтяных скважин (более 70 % фонда), дополнительная добыча 70 тыс. т нефти, оптимизация затрат на пусконаладочные работы 35 %	К системе подключено более 4 тыс. скважин, увеличение производительности труда на 10 % (сокращение простоев), снижение расходов на ремонт до 15–20 %	Сокращение сроков ввода скважин в эксплуатацию на 15 %, снижение расходов на ремонт оборудования на 10 %, снижение себестоимости добычи до 30 %	Ожидаемый экономический эффект более 1 млрд руб. до 2030 г. Увеличен коэффициент извлечения нефти на 7 %, сокращение аварийных остановок на 18 %, операционных затрат на 12 %, экономия около 400 млн руб./год

го обеспечения.

Применение цифровых двойников способствует увеличению объема производства при минимизации затрат, снижению энергопотребления и риска аварийности, себестоимости продукции без изменения технологической цепочки, прогнозированию будущих событий с рекомендациями превентивных решений (табл. 2).

В условиях увеличения доли трудноизвлекаемых запасов нефти (ТРИЗ), включая высоковязкую нефть и нефть из низкопроницаемых слоев, цифровые двойники применяются для оптимизации процессов добычи. На месторождениях ведутся активные работы по моделированию различных сценариев разработки и эксплуатации с использованием цифровых

двойников, что позволяет выбирать наиболее эффективные методы добычи и прогнозировать возможные осложнения.

По прогнозу министерства энергетики России, в результате внедрения цифровых решений накопленный прирост денежного потока нефтегазовой отрасли в 2025–2030 гг. может составить 1,01 трлн руб., а в перспективе в 2020–2040 гг. – 2,95 трлн руб. Прирост добычи ресурсов будет способствовать притоку налогов в бюджет государства, ориентировочно в 2025–2030 гг. 0,8 трлн руб., а в 2025–2040 гг. 2,45 трлн руб.

В итоге цифровизация нефтегазовой отрасли способствует фундаментальному совершенствованию бизнес-процессов и конкурентным преимуществам.

Список литературы

1. Быкова, В.Н. Применение цифрового двойника в нефтегазовой отрасли / В.Н. Быкова, Е. Ким [и др.] // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2020. – Вып. 1(28). – С. 1–9.
2. Интеллектуальный upstream: стратегия выживания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://vygon.consulting>.
3. Костоунова, Е.В. Об инвестициях в трудноизвлекаемые запасы / Е.В. Костоунова, И.В. Шадрина, Л.Н. Ридель, Т.В. Дубровская // Наука и бизнес: пути развития. – 2023. – № 3. – С. 101–104.
4. Костоунова, Е.В. Технологии повышения рентабельности трудноизвлекаемой нефти / Е.В. Костоунова, И.В. Шадрина, Л.Н. Ридель, Т.В. Дубровская // Наука и бизнес: пути развития. – 2023. – № 10. – С. 72–75.

5. Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minenergo.gov.ru>.

References

1. Bykova, V.N. Primeneniye tsifrovogo dvoynika v neftegazovoy otrasli / V.N. Bykova, Ye. Kim [i dr.] // Aktual'nyye problemy nefti i gaza. – 2020. – Vyp. 1(28). – S. 1–9.
2. Intellektual'nyy upstream: strategiya vyzhivaniya [Electronic resource]. – Access mode : <http://vygon.consulting>.
3. Kostoustova, Ye.V. Ob investitsiyakh v trudnoizvlekayemye zapasy / Ye.V. Kostoustova, I.V. Shadrina, L.N. Ridel', T.V. Dubrovskaya // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2023. – № 3. – S. 101–104.
4. Kostoustova, Ye.V. Tekhnologii povysheniya rentabel'nosti trudnoizvlekayemoy nefti / Ye.V. Kostoustova, I.V. Shadrina, L.N. Ridel', T.V. Dubrovskaya // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2023. – № 10. – S. 72–75.
5. Ministerstvo energetiki Rossiyskoy Federatsii [Electronic resource]. – Access mode : <https://minenergo.gov.ru>.

© Е.В. Костоустова, М.В. Зубова, И.В. Шадрина, О.Г. Феоктистов, 2025

УДК 004.89

М.А. ХАЛИКОВ

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет
имени Г.В. Плеханова», г. Москва

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА «РОЯ ЧАСТИЦ»

Ключевые слова: алгоритм «роя частиц»; гибридизация; многокритериальная оптимизация; метаэвристики; нечеткая логика; управление рисками проекта.

Аннотация. Управление рисками имеет ключевое значение для обеспечения эффективной реализации проектов в условиях быстрого роста их масштабов и сложности. Целью статьи является разработка нового метода определения оптимальных параметров проекта, минимизирующих совокупный ущерб от реализации возможных рисков. Для решения задачи предложен гибридный метод, объединяющий возможности классического алгоритма «роя частиц», вдохновленного поведением роя в природе, а также адаптивной нейронечеткой системы для автоматической настройки вероятностей наступления потенциальных рисков. Разработанный программный инструмент реализован на языке программирования *Python*. Валидация предложенного метода путем сравнения результатов его работы с ручной настройкой показала снижение суммарного ущерба от реализации потенциальных рисков на 20 %, что подтверждает перспективность его использования для задач управления проектными рисками.

Введение

Проектный подход является одной из наиболее распространенных методологий управления в различных сферах деятельности, ориентированной на достижение конкретных целей в установленные сроки при ограниченных ресурсах. Эффективное управление проектами оказывает существенное влияние на реализацию

стратегических задач организации и повышение ее общей эффективности [1].

Современные проекты становятся все более сложными, что обусловлено влиянием следующих факторов:

- наличие большого числа взаимосвязанных задач и этапов для достижения общей цели проекта;
- использование в процессе реализации проекта новых технологий (цифровые двойники, интеллектуальные системы, облачные платформы и пр.);
- участие распределенных команд и удаленных участников, работающих из разных географических точек над проектом;
- значительное число участников, задействованных на разных этапах проекта (разработчики, подрядчики, поставщики, производители и т.п.);
- влияние нестабильной внешней среды (современной геополитической обстановки, нестабильной экономики, быстроменяющихся нормативных требований).

Совместное воздействие этих факторов на процессы управления современными проектами увеличивает как количество потенциальных рисков, так и вероятность их возникновения [2]. В связи с этим процессы управления рисками, включающие их идентификацию, анализ и формирование мер реагирования, приобретают особую значимость в проектном управлении.

В условиях повышения масштабов и сложности современных проектов значительно увеличивается объем информации, требуемой для принятия управленческих решений, что делает ручное управление рисками проекта трудоемким и подверженным возникновению ошибок. Это, в свою очередь, обуславливает актуальность разработки автоматизированных инстру-

ментов, позволяющих эффективно обрабатывать данные о проектах, ускорять процессы оценки и анализа потенциальных рисков, а также предотвращать их наступление за счет своевременного выявления и оптимизации управленческих решений.

Математическая постановка задачи управления рисками проекта

Согласно ГОСТ Р 56275-2014 в области менеджмента рисков проект представляет собой процесс, состоящий из множества скоординированных, управляемых действий и включающий различные ограничения (временные, бюджетные, ресурсные и т.д.). Основная цель управления рисками проектов заключается в нахождении такой конфигурации элементов, которая минимизирует суммарный ущерб от их реализации. Данная проблема может быть определена как задача условной многокритериальной оптимизации, где в качестве основных критериев выступают риски проекта (временные, бюджетные, технологические, организационные и т.д.), а в качестве ограничений – установленные границы по срокам, бюджету и пр. Поскольку задача характеризуется наличием более чем одного критерия оптимизации, то для ее решения задач применима многокритериальная оптимизация.

Математическая постановка задачи условной многокритериальной оптимизации может быть представлена следующим образом. Пусть множество возможных параметров проекта в многомерном пространстве поиска задано областью $D \subset \mathbb{R}^n$, в которой каждая точка $X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in D$ представляет собой его определенную конфигурацию. Пусть в проекте идентифицировано m рисков, принимаемых в качестве критериев оптимизации. Каждый риск характеризуется вероятностью наступления $P_i(X)$ и ущербом от реализации $H_i(X)$. Необходимо найти экстремум (минимум или максимум) целевой функции $F = (F_1, F_2, \dots, F_n) \rightarrow \text{extr}$ при соблюдении ряда условий G_i (временных, ресурсных, технологических и бюджетных).

Исходя из постановки задачи оптимизации процессов управления рисками проекта, где критерии являются независимыми и невозможно выделить главный, возможным методом решения является преобразование всех критериев

в один путем приведения к линейной свертке, т.е. применением метода скаляризации. Таким образом, целевая функция поставленной задачи примет следующий вид:

$$F(X) = \sum_{i=1}^m (P_i(X) \cdot H_i(X)). \quad (1)$$

В качестве критерия будет выступать минимизация значения целевой функции $F(X)$, т.е. значения суммарного ущерба от реализации всех потенциальных рисков. Метод позволяет учесть все критерии, преобразуя их в скалярную целевую функцию, а также обеспечивает простоту реализации и интерпретируемость результатов.

Даже в условиях небольшого проекта общее количество комбинаций его характеристик является довольно большим, а их ручной перебор с учетом ограничений является весьма трудоемкой задачей. Перспективным методом решения задач оптимизации, характеризующихся большой размерностью пространства поиска, наличием нескольких критериев оптимизации, а также ограничений, являются метаэвристики. Эти методы выступают в качестве вычислительной основы для поиска экстремума в задаче, представленной в скалярной форме, и позволяют найти близкие к оптимальным (квазиоптимальные) решения за приемлемое время.

Нечеткий алгоритм «роя частиц» для управления рисками проекта

Метаэвристики, в свою очередь, разделяются на несколько видов в зависимости от специфики явлений, на которой они основаны. Так, можно выделить три основные группы:

- генетические алгоритмы, имитирующие процессы естественного отбора в эволюции;
- биоинспирированные алгоритмы, имитирующие процессы деятельности различных природных систем;
- алгоритмы, имитирующие физико-химические явления.

Биоинспирированные алгоритмы составляют наиболее обширный вид семейства метаэвристик (около 45 %) и подразделяются на

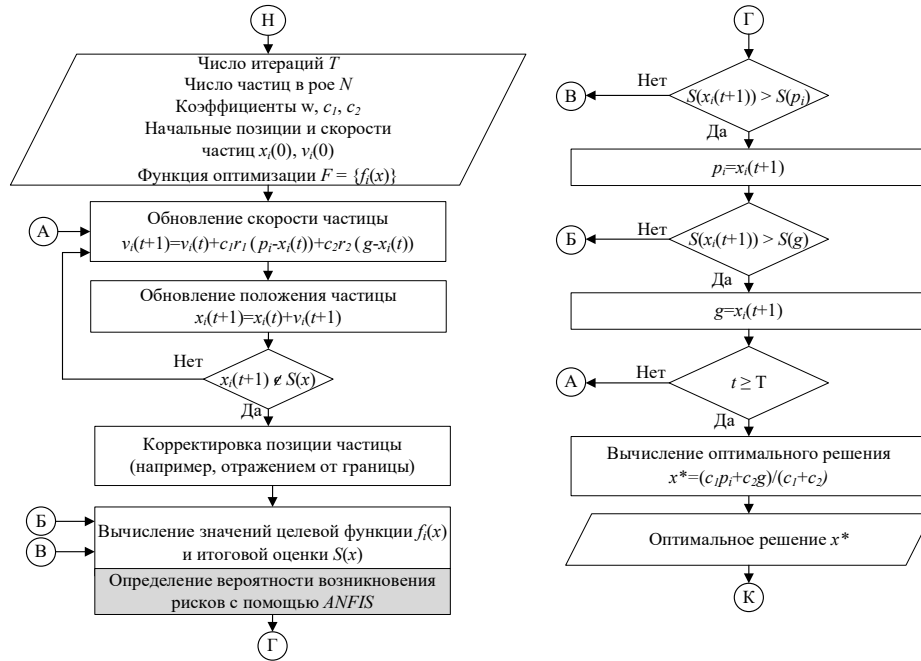


Рис. 1. Нечеткий алгоритм «роя частиц»

два типа: алгоритмы, моделирующие поведение одной особи, и алгоритмы, моделирующие поведение популяции особей (так называемый «роевой интеллект»). Алгоритмы второй группы основаны на принципах коллективного поведения агентов, взаимодействующих в процессе движения в пространстве поиска как между собой, так и с окружающей средой, что позволяет повысить вероятность нахождения «глобального» оптимума за счет исследования различных областей поиска и снижения вероятности застревания в «локальных» оптимумах.

Для решения поставленной оптимизационной задачи был выбран алгоритм «Роя частиц» (*Particle Swarm Optimization*), имитирующий поведение роя в природе (например, поведение стаи птиц или косяка рыб). Данный алгоритм был предложен в 1995 г. Дж. Кеннеди и Р. Эберхардом и является одним из самых известных и популярных алгоритмов оптимизации с самого момента его появления [3]. Алгоритм является эффективным в сложных задачах оптимизации с большим количеством аргументов функций.

Частицы обновляют скорость и положение по следующим формулам соответственно:

$$v_i(t+1) = w \cdot v_i(t) + c_1 \cdot r_1 \cdot (p_i - x_i(t)) + c_2 \cdot r_2 \cdot (g - x_i(t)), \quad (2)$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1), \quad (3)$$

где w – коэффициент инерции, контролирующий влияние предыдущей скорости; c_1, c_2 – веса когнитивной и социальной составляющих; $r_1, r_2 \sim (0,1)$ – случайные числа. При этом каждая частица $x_i \in \mathbb{R}^n$ характеризуется скоростью v_i , личным лучшим решением $p_i(p_{best})$ и глобальным лучшим решением $g(g_{best})$. Для сходимости алгоритма должны выполняться следующие условия: $w < 1$, $(c_1 + c_2) > 4$, $(2 - c_1 - c_2) > 0$.

Применение алгоритма «роя частиц» позволит ускорить процессы обработки данных о проекте и оценки потенциальных рисков. Однако процесс оптимизации с помощью алгоритма требует проведения экспертной оценки. Это связано с тем, что целевая функция задачи представляется в виде линейной свертки, где вероятности наступления каждого риска умножаются на ущерб от его реализации. Экспертная оценка вероятности наступления каждого возможного риска в зависимости от проекта является трудоемкой и может привести к возникновению оши-

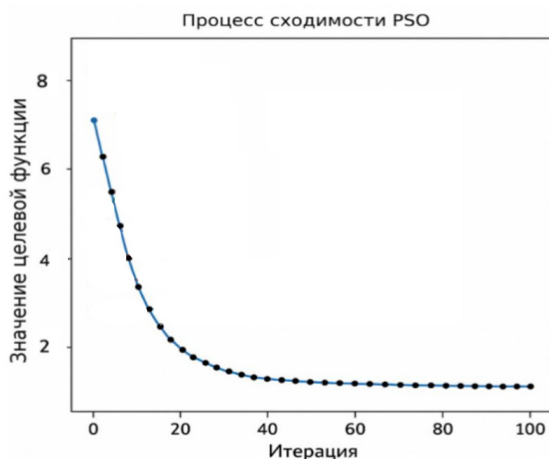


Рис. 2. График сходимости алгоритма «роя частиц»

бок, что обуславливает необходимость автоматизации данного этапа.

Перспективным методом интеллектуального анализа данных, который может эффективно применяться в контексте данной подзадачи, является адаптивная нейронечеткая система (*ANFIS*) [4]. Благодаря ее способности обучаться на основе прецедентов и автоматически выстраивать нечеткую систему, минимизируя потребность в экспертных оценках и не требуя ручного конструирования функций принадлежности и правил, значительно сокращаются трудозатраты на настройку модели.

Система принимает на вход нормализованные параметры проекта, а в качестве выхода формирует вероятности рисков. Основанием нечеткой системы вывода является *Sugeno*, которое использует следующую форму правил нечеткого вывода: «Rule: IF $X_1 = A_1$, $X_2 = B_1$ AND $X_3 = C_1$, THEN $F_1 = A_1 \cdot X_1 + B_1 \cdot X_2 + C_1 \cdot X_3$ ». Другие нечеткие системы, несмотря на простоту, требуют большого объема экспертных знаний для ручного формирования функций принадлежности и базы правил, что является трудоемким процессом в условиях многообразия параметров проекта и возможных рисков [5]. *ANFIS* будет применяться в качестве механизма динамической настройки вероятностей наступления каждого риска при вычислении фитнес-функции. Гибридный алгоритм «роя частиц», интегрирующий классический алгоритм и нейронечеткую систему, для решения поставленной задачи представлен на рис. 1.

В качестве языка разработки программного инструмента оптимизации выбран *Python* благодаря кроссплатформенности и наличию развитой экосистемы библиотек, необходимых для реализации численных расчетов и визуализации. Для хранения и управления параметрами запусков, историческими данными и результатами оптимизации в программном продукте используется система управления базами данных (СУБД) *PostgreSQL*. Для функционирования достаточно локального компьютера с установленной СУБД, *Python*-интерпретатором и необходимыми библиотеками, что позволяет запускать приложение без привязки к серверной инфраструктуре. Основной логикой работы программы является поэтапное взаимодействие пользователя с системой:

- ввод исходных параметров (размер популяции, число итераций, коэффициенты) и загрузка файла с данными для обучения *ANFIS*;
- запуск алгоритма оптимизации и обучение *ANFIS*;
- отображение процесса сходимости алгоритма в виде графиков;
- сохранение результатов в виде *CSV*-таблиц и *PNG*-изображений.

В целях проверки адекватности работы смоделированного программного средства была проведена валидация на основе сравнения его результатов с историческими данными, отражающими ранее выявленные потенциальные риски проектов. Выборка данных, на основе которой проводилась проверка адекватности

разработанного метода, содержит данные о 25 параметрах проекта (например, продолжительность этапов, стоимость ресурсов, квалификация подрядчиков и др.), а также о десяти потенциальных рисках (например, задержки поставок, рост стоимости, технологические сбои и т.п.). Применение разработанного гибридного метода позволило определить оптимальные характеристики проекта, минимизирующие суммарный ущерб от реализации рисков (значение целевой функции составило 1,2 млн рублей). Результаты ручного подбора определили приемлемые, но менее эффективные решения.

Суммарный ущерб от реализации рисков при ручном подборе оказался на 20 % выше (1,44 млн рублей), чем при оптимизации с помощью разработанного гибридного метода, что подтверждает его эффективность.

На рис. 2 показано снижение значения фитнес-функции. График сходимости отражает динамику изменения значений сводной целевой

функции в процессе работы алгоритма «роя частиц». Видно, что траектория демонстрирует быстрое снижение значения фитнес-функции с 7 до 1,2 млн рублей за первые 40 итераций, что свидетельствует о высокой скорости сходимости и способности алгоритма эффективно находить оптимальные параметры проектов, после чего значение стабилизируется на 55-й итерации на значении 1,2, что указывает на достижение оптимума.

Заключение

Практическая значимость гибридного метода оптимизации, интегрирующего преимущества биоинспирированного алгоритма «роя частиц», вдохновленного поведением роя в природе (например, косяка рыб или стаи птиц), и нейронечеткой системы *ANFIS*, заключается в возможности его использования для решения многокритериальных задач управления рисками проектов.

Список литературы

1. Морозова, И.А. Управление конкурентоспособностью бизнеса на основе искусственного интеллекта и больших данных для его устойчивого развития / И.А. Морозова, А.С. Сметанин, А.И. Сметанина // Современная конкуренция. – 2024. – Т. 18. – № 1(97). – С. 29–40.
2. Пучков, А.Ю. Интеллектуальная модель управления рисками нарушения характеристик электромеханических устройств в многостадийной системе переработки рудного сырья / А.Ю. Пучков, М.И. Дли, Н.Н. Прокимнов, А.М. Соколов // Прикладная информатика. – 2023. – Т. 18. – № 1(103). – С. 22–36.
3. Kennedy, J. Particle swarm optimization / J. Kennedy, R. Eberhart // Proceedings of ICNN'95 – International Conference on Neural Networks. – 1995. – Vol. 4. – P. 1942–1948.
4. Дли, М.И. Модель управления многозвенным роботом-манипулятором в условиях неопределенности внешней среды / М.И. Дли, Н.Н. Прокимнов, А.М. Соколов, М.Ю. Воротилова // Прикладная информатика. – 2025. – Т. 20. – № 1(115). – С. 68–84.
5. Дли, М.И. Программная модель интеллектуальной системы управления сложными процессами переработки мелкорудного сырья / М.И. Дли, А.Ю. Пучков, М.В. Максимкин // Прикладная информатика. – 2024. – Т. 19. – № 6(114). – С. 96–112.

References

1. Morozova, I.A. Upravleniye konkurentosposobnost'yu biznesa na osnove iskusstvennogo intellekta i bol'shikh dannykh dlya yego ustoychivogo razvitiya / I.A. Morozova, A.S. Smetanin, A.I. Smetanina // Sovremennaya konkurentsia. – 2024. – T. 18. – № 1(97). – S. 29–40.
2. Puchkov, A.YU. Intel'lektual'naya model' upravleniya riskami narusheniya kharakteristik elektromekhanicheskikh ustroystv v mnogostadiynoy sisteme pererabotki rudnogo syr'ya / A.YU. Puchkov, M.I. Dli, N.N. Prokimnov, A.M. Sokolov // Prikladnaya informatika. – 2023. – T. 18. – № 1(103). – S. 22–36.
4. Dli, M.I. Model' upravleniya mnogozvennym robotom-manipulyatorom v usloviyakh

neopredelennosti vneshney sredy / M.I. Dli, N.N. Prokimnov, A.M. Sokolov, M.YU. Vorotilova // Prikladnaya informatika. – 2025. – T. 20. – № 1(115). – S. 68–84.

5. Dli, M.I. Programmnaya model' intellektual'noy sistemy upravleniya slozhnymi protsessami pererabotki melkorudnogo syr'ya / M.I. Dli, A.YU. Puchkov, M.V. Maksimkin // Prikladnaya informatika. – 2024. – T. 19. – № 6(114). – S. 96–112.

© М.А. Халиков, 2025

УДК 314

Л.В. ГОРШКОВА

ГКОУ ВО «Российская таможенная академия», г. Люберцы

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РОЖДАЕМОСТЬ В РОССИИ

Ключевые слова: корреляционно-регрессионный анализ; демография; рождаемость; суммарный коэффициент рождаемости; факторное влияние.

Аннотация. Актуальность исследования рождаемости в России обусловлена снижением численности трудоспособного населения, его старением. Изучение факторов, влияющих на коэффициент рождаемости, поможет преодолеть сложившуюся тенденцию снижения рождаемости, разработать регионально-ориентированные программы поддержки населения. Целью исследования является выявление наиболее существенных факторов, определяющих значение суммарного коэффициента рождаемости, возможностей и перспектив улучшения демографической ситуации в Российской Федерации. Задачи: на основе множественного корреляционного анализа суммарного коэффициента рождаемости по регионам России, странам мира и в динамике за 45 лет, выявить факторы, влияющие на рождаемость. Гипотеза исследования: определение наиболее существенных факторов, влияющих на рождаемость, с целью построения уравнения регрессии. Используемые методы: корреляционно-регрессионный анализ. По итогам исследования определены факторы, наиболее существенно влияющие на рождаемость в России.

Снижение рождаемости приводит к уменьшению человеческого капитала и активной силы общества, и в то же время к увеличению доли пожилого населения, что создает серьезные проблемы, такие как рост расходов на пенсионное обеспечение, уход, здравоохранение и лечение пожилых людей.

На рождаемость влияют различные факторы, которые обычно разделяют на социально-экономические, культурные и демографические. К социально-экономическим факторам

относятся экономическая стабильность семьи, доступность социальной инфраструктуры, государственная поддержка. К культурным факторам – ценности семьи, религиозные убеждения, межпоколенческая передача ценностей. К демографическим факторам – численность женщин младшей фертильной группы 20–30 лет, семейное положение, количество уже рожденных детей, урбанизация.

Исследования в области выявления факторов, влияющих на рождаемость в России, показывают, что наиболее существенными из них являются: уровень доходов населения [2; 3; 5; 6], обеспеченность жильем, возможности трудоустройства [2; 3], желаемое число детей [5], количество зарегистрированных браков [1; 6].

Определение факторов, влияющих на рождаемость, позволяет решать задачу управления демографической динамикой, реализовывать механизмы повышения рождаемости. Одним из статистических показателей, используемых для измерения рождаемости, является суммарный коэффициент рождаемости (СКР), отражающий среднее количество детей, которое женщина родит за свою жизнь.

Целью настоящего исследования является обозначение наиболее существенных факторов, определяющих значение суммарного коэффициента рождаемости, возможностей и перспектив улучшения демографической ситуации в Российской Федерации.

Определение факторов и оценка их значимости на СКР проводилось по данным Росстата за 1980–2024 гг. [4], а также статистическим данным *World Bank* по странам мира за 2023 г. [7] с использованием метода множественного корреляционно-регрессионного анализа.

Корреляционный анализ факторов, влияющих на СКР

Суммарный коэффициент рождаемости

Социально-экономические факторы	Экономическая стабильность семьи	Среднедушевые денежные доходы в месяц Уровень безработицы
	Доступность социальной инфраструктуры	Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя Удельный вес обучающихся во вторую и третью смены в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам начального, основного и среднего общего образования
	Государственная поддержка	Удельный вес детей в возрасте до 16 (18) лет, на которых назначено ежемесячное пособие
Демографические факторы	Семейное положение	Общие коэффициенты брачности
	Урбанизация	Удельный вес городского населения
	Миграция	Коэффициенты миграционного прироста на 10 000 человек населения

Рис. 1. Показатели, используемые для множественного корреляционного анализа

Таблица 1. Коэффициенты линейной корреляции СКР с различными показателями по регионам России за 2023 г.

Показатели	Значение коэффициента корреляции	Значим ли коэффициент корреляции на уровне значимости 95 %
Среднедушевые денежные доходы в месяц	0,22	да
Уровень безработицы	0,42	да
Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя	–0,56	да
Удельный вес обучающихся во вторую и третью смены в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам начального, основного и среднего общего образования	0,51	да
Удельный вес детей в возрасте до 16(18) лет, на которых назначено ежемесячное пособие	0,33	да
Общие коэффициенты брачности на 1 000 человек населения	–0,13	нет
Удельный вес городского населения	–0,30	да
Коэффициенты миграционного прироста на 10 000 человек населения	–0,15	нет

в России в 2023 г. сильно варьировался в зависимости от региона: от 0,88 в Ленинградской области до 2,66 в Чеченской Республике. С целью определения причин такой вариации были рассмотрены показатели, представленные

на рис. 1.

Культурные факторы (ценности семьи, религиозные убеждения, межпоколенческая передача ценностей) не нашли отражение в существующих статистических

Таблица 2. Коэффициенты линейной корреляции СКР с различными показателями по странам мира за 2023 г.

Показатели	Значение коэффициента корреляции	Значим ли коэффициент корреляции на уровне значимости 95 %
Внутренний валовой продукт (ВВП) по паритету покупательной способности (ППС) на душу населения	-0,871	да
Уровень безработицы	-0,314	нет
Смертность детей в возрасте до 5 лет на 1 000 живорожденных	0,980	да
Охват средним образованием	-0,967	да
Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ)	-0,970	да
Средний возраст невест, вступающих в первый брак	-0,927	да

показателях. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Из приведенных расчетов (табл. 1) видно, что на СКР в регионах России отрицательно умеренное влияние оказывает общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя. То есть чем меньше площадь жилья на одного человека, тем выше суммарный коэффициент рождаемости. Это может объясняться тем, что жилищные условия не являются существенным фактором при определении количества детей, а также тем, что рождение каждого последующего ребенка уменьшает количество квадратных метров жилья, приходящихся на одного члена семьи.

Положительное умеренное влияние на СКР оказывает удельный вес обучающихся во вторую и третью смены в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам начального, основного и среднего общего образования, связано с тем, что в регионах с высокой рождаемостью, отмечается снижение доступности образовательных учреждений.

Слабое положительное влияние на СКР оказывает уровень безработицы. То есть чем выше этот показатель, тем больше СКР. Наличие слабой положительной связи можно объяснить случайной корреляцией при несущественности влияния данного фактора. Также слабое положительное влияние оказывает удельный вес детей в возрасте до 16 (18) лет, на которых назначено ежемесячное пособие. Это может быть объяснено тем, что в регионах с большим

количеством детей на семью среднедушевые доходы будут меньше, чем в регионах в среднем с одним ребенком в семье.

А вот среднедушевые доходы, коэффициенты брачности и миграционного прироста на СКР не влияют. Таким образом, выводы ряда исследователей [2; 3; 5; 6] о том, что для повышения рождаемости необходимо в первую очередь повысить доходы населения, не нашли своего подтверждения. Кроме того, и другой показатель экономической стабильности семьи, уровень безработицы, также не оказывает влияния на СКР.

Этот вывод подтверждается, если провести корреляционный анализ СКР с похожими факторами по странам мира (табл. 2).

Факторы, отражающие экономическую стабильность семьи, в табл. 2 представлены показателями валового внутреннего продукта (по паритету покупательной способности) на душу населения и уровнем безработицы. В данном случае присутствует сильная связь между ВВП (по ППС) на душу населения и СКР, но эта связь отрицательная. То есть в развитых странах с высоким уровнем жизни число детей, рождаемых одной женщиной, меньше, чем в развивающихся странах. Примечательно, что минимальные значения СКР в Республике Корея (0,72), где ВВП (по ППС) на душу населения более 52 тыс. долл., а максимальные значения СКР в Нигере (6,96), где ВВП (по ППС) на душу населения меньше 2 тыс. долл. [7]

Отрицательная тесная связь между СКР

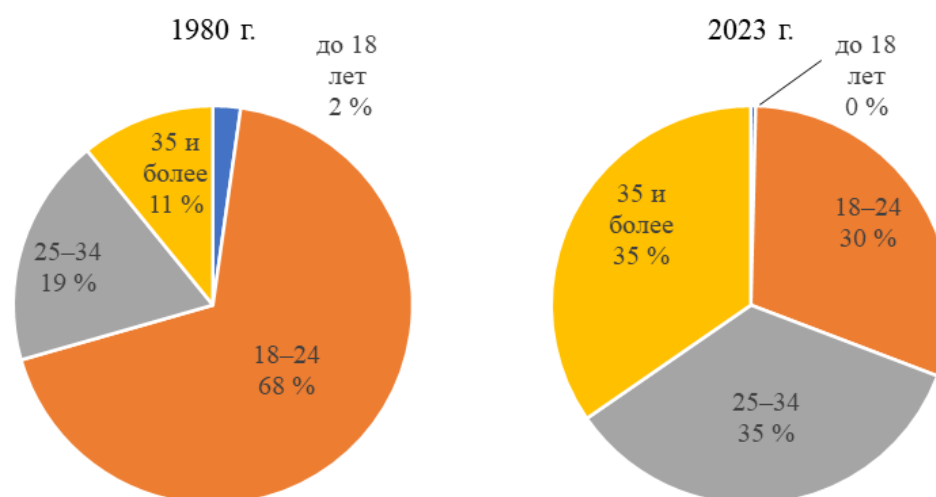


Рис. 2. Удельный вес браков в 1980 и 1923 гг. по возрасту невесты (составлено автором по данным Росстата [4])

Таблица 3. Коэффициенты линейной корреляции СКР с различными показателями России за 1980–2024 гг.

Показатели	Значение коэффициента корреляции	Значим ли коэффициент корреляции на уровне значимости 95 %
Общая площадь жилья на одного человека	–0,454	да
ОПЖ	0,370	да
Удельный вес браков с возрастом невесты 35 лет и более	–0,422	да
Удельный вес городского населения	–0,386	да
Общие миграционные изменения на 1 000 человек	–0,519	да

и охватом населения средним образованием, ожидаемой продолжительностью жизни при рождении (ОПЖ) и положительная тесная связь со смертностью детей в возрасте до 5 лет на 1 000 живорожденных также подтверждает, что рождаемость выше в странах с более худшими социально-экономическими условиями. Уровень безработицы так же, как и по данным по регионам России, не оказывает влияние на СКР. Таким образом, лучшие условия жизни и высокие денежные доходы не являются ключевыми факторами повышения рождаемости.

Отрицательная тесная связь между СКР и средним возрастом невест, вступающих в пер-

вый брак, показывает, что чем позже женщина вступает в брак, тем меньше детей она родит за свою жизнь. Более поздний возраст вступления в брак более характерен для невест из развитых стран: Испания (38,8), Нидерланды (37,6), Республика Корея (37,0), Норвегия (36,8). Это связано с особенностями общественных ценностей и представлений о семейной жизни в этих странах. Молодые женщины стремятся к саморазвитию, построению карьеры и достижению определенного материального положения до начала создания семьи и воспитания детей. Кроме того, в развитых странах произошло ослабление связи поколений. Молодые женщины, имея финансовую независимость от родителей,

также независимы и в принятии своих решений, мнение родственников для них почти не играет роли.

В России в 2023 г. средний возраст невест, вступающих в первый брак, составлял 26,0 лет, что соответствует среднемировому значению. Однако за последние 44 года этот возраст увеличился (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что если в 1980 г. подавляющее число невест было в возрасте от 18 до 24 лет, то в 2023 г. большее число невест старше 24 лет.

В табл. 3 приведены коэффициенты линейной корреляции СКР с показателями, отражающими социально-экономические и демографические факторы в России за период с 1980 по 2024 гг.

По данным таблицы видно, что ни один из отобранных показателей не имеет тесной связи с СКР. Отрицательная умеренная связь прослеживается только между рождаемостью и общими миграционными изменениями на 1 000 человек. Однако миграционный прирост за последние десятилетия можно скорее объяснить следствием снижения рождаемости, а не ее причиной.

Слабая отрицательная связь между СКР и общей площадью жилья на одного человека в очередной раз подтверждает вывод о несущественности влияния социально-экономических факторов на принятие решения о рождении ребенка. За 45 лет жилищные условия населения в России существенно улучшились, общая площадь жилья на одного человека выросла с 13,4 м² в 1980 г. до 29,4 м² в 2024 г., а СКР, наоборот, снизился с 1,87 до 1,40 [4].

Также слабая отрицательная связь прослеживается между СКР и удельным весом браков с возрастом невесты 35 лет и более, который вырос с 10,85 % до 34,63 %. Кроме этого, отрицательная связь наблюдается с удельным весом городского населения. Уровень рождаемости в сельской местности на протяжении всего наблюдаемого периода был выше, чем в городах. В 2023 г. в среднем на одну жительницу города приходилось 1,361 ребенка, а в сельской местности – 1,590 ребенка. Особенно заметен разрыв при рассмотрении появления в семье трех детей и более. В среднем по России коэффициент рождения третьего ребенка равен 0,33, самое высокое значение в Республике Тыва – 1,15, а в Москве и Санкт-Петербурге этот показатель составляет всего 0,24 и 0,23 [4]. Из этого мож-

но сделать вывод о том, что урбанизация также оказывает отрицательное влияние на СКР. Причина этого может быть связана с тем, что в сельской местности больше сохраняются связи между поколениями и традиционные взгляды на семью.

Слабая положительная связь между СКР и ОПЖ может быть объяснена тем, что минимальные значения СКР 1,157–1,394 приходились на 1994–2003 гг., когда наблюдалась и наименьшая ОПЖ (63,9–67,1 лет) [4].

Несмотря на то, что в отдельности эти факторы оказывают слабое влияние на СКР, коэффициент множественной корреляции от пяти факторов составил 0,920, что свидетельствует о тесной связи рождаемости и перечисленных в табл. 3 пяти факторах. В совокупности она объясняет 85 % вариации СКР.

Регрессионный анализ факторов, влияющих на СКР

По рассмотренным пяти факторам было построено уравнение множественной регрессии:

$$y = -4,29 - 0,041x_1 + 0,118x_2 - 0,021x_3 - 0,014x_4 + 0,012x_5,$$

где x_1 – общая площадь жилья на одного человека, м²; x_2 – ОПЖ, лет; x_3 – удельный вес браков с возрастом невесты 35 лет и более, %; x_4 – удельный вес городского населения, %; x_5 – общие миграционные изменения на 1 000 человек.

Полученное уравнение множественной регрессии является статистически значимым на уровне значимости 95 %, так как F статистика имеет значение менее 0,05. Свободный коэффициент уравнения, а также коэффициенты при объясняющих переменных x_1 , x_2 и x_3 также статистически значимы на уровне значимости 95 %, а коэффициенты при объясняющих переменных x_4 и x_5 не являются статистически значимыми, так как их P -значение лежит за пределами 0,05.

Подводя итог исследованию, можно сделать вывод о том, что на суммарный коэффициент рождаемости практически не влияют социально-экономические факторы (экономическая стабильность семьи, доступность социальной инфраструктуры, государственная поддержка), а в наибольшей степени определяют

культурные (ценности семьи, религиозные убеждения, межпоколенческая передача ценностей) и демографические (численность женщин младшей фертильной группы 20–30 лет, урбанизация). При этом приоритет следует отдавать именно культурным факторам, которые сложно поддаются оценке через статистические показатели.

Одним из главных факторов, влияющих на снижение рождаемости, является изменение ценностных ориентиров: россияне все чаще ставят самореализацию, карьеру и материальное благополучие выше семьи.

Так как четыре из пяти рассмотренных факторов, влияющих на СКР, имеют отрицательное значение коэффициента корреляции, показывают, что они, в свою очередь, являются не причиной снижения рождаемости, а, скорее, его следствием. Это показывает недооцененность в исследовании культурных факторов, которые в настоящее время не находят отражения в существующих статистических показателях. В связи с этим является актуальной разработка Росстатом показателей, отражающих семейные ценности, религиозные убеждения, межпоколенческую связь.

Список литературы

1. Кетова, К.В. Исследование зависимости рождаемости от влияющих региональных факторов и их корреляционных особенностей / К.В. Кетова, Д.Д. Вавилова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2024. – № 4. – С. 17–39.
2. Козлова, О.А. Методический подход к оценке факторного влияния на рождаемость в России / О.А. Козлова, Н.М. Макарова, В.Н. Архангельский // Уровень жизни населения регионов России. – 2024. – Т. 20. – № 1. – С. 76–90.
3. Позолотина, А.Е. Влияние социально-экономических факторов на рождаемость в России / А.Е. Позолотина // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 116, декабрь (Ч. 7). – С. 126–131.
4. Росстат. Статистика. Официальная статистика. Население [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>.
5. Сивоплясова, С.Ю. Уровень жизни и рождаемость: взаимосвязь двух неравенств на макро- и микроуровнях / С.Ю. Сивоплясова, Е.П. Сигарева, В.Н. Архангельский // Экономика. Налоги. Право. – 2022. – № 15(3). – С. 38–51.
6. Тарасенко, И.В. Оценка динамики рождаемости в федеральных округах азиатской части России и влияющих на нее факторов / И.В. Тарасенко, В.А. Лопухова, В.Р. Рукавицын, И.А. Довжик // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2024. – № 5. – С. 278–290.
7. World Bank Group. Data [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://data.worldbank.org/indicator>.

References

1. Ketova, K.V. Issledovaniye zavisimosti rozhdayemosti ot vliyayushchikh regional'nykh faktorov i ikh korrelyatsionnykh osobennostey / K.V. Ketova, D.D. Vavilova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravleniye. – 2024. – № 4. – S. 17–39.
2. Kozlova, O.A. Metodicheskiy podkhod k otsenke faktornogo vliyaniya na rozhdayemost' v Rossii / O.A. Kozlova, N.M. Makarova, V.N. Arkhangel'skiy // Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii. – 2024. – T. 20. – № 1. – S. 76–90.
3. Pozolotina, A.Ye. Vliyaniye sotsial'no-ekonomicheskikh faktorov na rozhdayemost' v Rossii / A.Ye. Pozolotina // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2024. – № 116, dekabr' (CH. 7). – S. 126–131.
4. Rosstat. Statistika. Ofitsial'naya statistika. Naseleniye [Electronic resource]. – Access mode : <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>.
5. Sivoplyasova, S.YU. Uroven' zhizni i rozhdayemost': vzaimosvyaz' dvukh neravenstv na makro- i mikrourovnyakh / S.YU. Sivoplyasova, Ye.P. Sigareva, V.N. Arkhangel'skiy // Ekonomika. Nalogi.

Pravo. – 2022. – № 15(3). – S. 38–51.

6. Tarasenko, I.V. Otsenka dinamiki rozhdayemosti v federal'nykh okrugakh aziatskoy chasti Rossii i vliyayushchikh na neye faktorov / I.V. Tarasenko, V.A. Lopukhova, V.R. Rukavitsyn, I.A. Dovzhik // Sovremennyye problemy zdavookhraneniya i meditsinskoy statistiki. – 2024. – № 5. – S. 278–290.

7. World Bank Group. Data [Electronic resource]. – Access mode : <https://data.worldbank.org/indicator>.

© Л.В. Горшкова, 2025

УДК 005.95

А.А. КУЗНЕЦОВ

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва

МОЛОДЕЖНАЯ ПОЛИТИКА КАК ИНСТРУМЕНТ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА В ПАО «ЛУКОЙЛ»

Ключевые слова: адаптация молодых работников; банк претендентов; кадровый резерв; модель молодого специалиста; молодежная политика; мотивационные факторы труда; система передачи опыта.

Аннотация. Последствия социально-экономических реформ в России, необходимость совершенствования военно-хозяйственного механизма государства, острый демографический кризис сокращают общую для страны базу потенциальных молодых работников и экономически активного населения. В данной связи повышается актуальность исследования молодежного направления кадровой политики организации. Цель исследования – повышение эффективности корпоративной молодежной политики. Задачи: выявить основные направления, недостатки, особенности, перспективы развития молодежной политики корпорации. Гипотеза исследования: проблемы корпоративной молодежной политики и пути их решения в условиях кризиса. Методы исследования: системный подход, обобщение, сравнительный анализ. Достигнутые результаты: разработана «модель молодого специалиста», предложен ряд мер по повышению эффективности молодежной корпоративной политики в условиях кризиса.

Негативные социальные явления способствуют оттоку молодежи из экономики страны. Ежегодные потери оцениваются отдельными исследователями до 2,5 млн человек [1]. В данной связи возрастает значение исследования проблем корпоративной молодежной политики.

Под корпоративной молодежной политикой подразумевается комплекс мер, направленных на привлечение, удержание и интеграцию в ор-

ганизационную среду корпорации молодых сотрудников, обладающих квалификацией, соответствующей потребностям компании, а также их развитие и повышение эффективности трудовой деятельности.

Основными направлениями экономической части молодежной политики являются:

- 1) оказание различных видов материальной помощи;
- 2) предоставление займов;
- 3) помощь в решении жилищных проблем;
- 4) предоставление льгот для обучения в высших и средних специальных учебных заведениях.

Практика свидетельствует о том, что в основном речь идет о молодых специалистах с высшим и средним специальным образованием в возрасте до 35 лет [2].

Молодежные программы содержат основные требования к администрации по организации и проведению работы с молодыми специалистами и включают следующие меры:

- 1) направление молодых перспективных работников на обучение с целью последующего замещения дефицитных для корпорации специальностей;
- 2) привлечение на производство выпускников профильных специальных учебных заведений;
- 3) планирование подготовки и служебного роста молодых специалистов;
- 4) организацию стажировки молодых специалистов и их обучение в системе непрерывного профессионального образования;
- 5) разработка мероприятий, направленных на ускорение адаптации молодых работников в коллективах;
- 6) формирование из среды молодого персонала кадрового резерва для выдвижения на руководящие должности.

Таблица 1. Корпоративная система продвижения молодых работников

Этапы	Содержание работы на данном этапе
Первый	Работа со студентами профильных вузов
Второй	Работа с молодым персоналом
Третий	Работа с руководителями нижнего звена управления до 35 лет
Четвертый	Работа с руководителями среднего звена управления до 35 лет
Пятый	Работа с руководителями высшего звена управления до 35 лет

В то же время в корпорациях часто не уделяется должного внимания основному содержанию молодежной политики, не учитываются мотивационные факторы труда, включающие механизмы адаптации молодых работников.

Продвижение молодого специалиста, по мнению автора, должно быть четко спланированным процессом движения кадров (табл. 1) [3; 4].

Каждый из этапов имеет конкретное содержание. Например, третий этап предполагает замещение отсутствующих руководителей; прохождение стажировки на этих должностях; зачисление в кадровый резерв. При появлении вакансий именно резерв является главным источником назначения на соответствующие должности. Определенный интерес представляет практика горизонтальных перемещений потенциальных руководителей, не только расширяющая их кругозор, но и увеличивающая «банк претендентов». Эта практика получила развитие в корпорациях и аппарате государственного управления Японии.

По мнению автора, целесообразно разработать «модель молодого специалиста», дополнить и уточнить требования к данной категории персонала.

«Модель молодого специалиста» содержит общие требования к этой категории персонала. Эти требования включают:

- 1) наличие теоретической подготовки;
- 2) свободное владение государственным языком, использование в своей профессиональной деятельности иностранного языка;
- 3) владение навыками работы на электронной вычислительной машине (ЭВМ);
- 4) способность творчески мыслить и уметь аргументировать свою позицию;
- 5) умение принимать правильные про-

фессиональные решения с учетом технологических, экологических и экономических последствий;

б) иметь потребность в постоянном профессиональном росте, духовном и физическом совершенстве.

Для формирования перспективного кадрового резерва необходима разработка дополнительных требований, связанных с должностными обязанностями. Среди этих требований должны присутствовать такие качества, как экономическое и стратегическое мышление, стремление к карьерному росту, активное участие в инновационных изменениях в корпорации.

По мнению ряда авторов, работе с молодежью в отраслевых тарифных соглашениях корпораций должен быть посвящен специальный раздел. Разработка и реализация этого направления имеют две специфические особенности: первая – меры, содержащиеся в этом разделе, должны носить рекомендательный, а не директивный характер, вторая – этот раздел должен укреплять социальную защищенность молодых специалистов [3; 4].

Вместе с тем ряд исследователей отмечает, что в настоящее время в большинстве корпораций содержание молодежной политики сводится к отбору молодежи для обучения в вузе, выделению субсидий на обучение, организации и проведению стажировок в корпорации и вне ее, подведение итогов стажировки.

Финансирование расходов на подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров осуществляется за счет средств, предусмотренных в бюджете центрального аппарата корпорации на подготовку кадров. Указанные расходы включаются в себестоимость продукции при условии заключения договоров на обучение с государственными и негосударствен-

Таблица 2. Рекомендуемая периодичность повышения квалификации работников
ПАО «ЛУКОЙЛ»

№ п/п	Должностная категория	По профилю деятельности	Управленческая подготовка
1	Генеральный директор	Один раз в два года	Один раз в два-три года
2	Руководитель самостоятельного подразделения	Ежегодно	Один раз в два-три года
3	Заместитель Генерального директора, главный инженер, главный бухгалтер	Ежегодно	Один раз в два года
4	Начальник самостоятельного подразделения, его заместитель	Один раз в два года	Один раз в два года
5	Консультант, советник	По индивидуальным планам	
6	Главный специалист, ведущий специалист	Один раз в три года	Индивидуально при условии включения в состав резерва
7	Специалист, инженер	Один раз в три года	–
8	Рабочий	Один раз в три года	–

ными профессиональными учреждениями с государственной аккредитацией, а также с зарубежными образовательными учреждениями.

Работники различных должностных категорий должны повышать свою квалификацию с различной периодичностью (табл. 2).

Применение новых технологий и оборудования, техническое развитие производства требуют повышения квалификации молодых работников и создают тенденцию сокращения занятости. При рассмотрении трудового договора эти положения требуют специального рассмотрения и решения вопросов с учетом условий высвобождения работников в соответствии с российским трудовым законодательством.

На основе исследования, проведенного автором, в статье предлагается ряд мер в рамках стратегического подхода к формированию мо-

лодежной корпоративной политики: активизировать привлечение молодежи в производство, создавать систему передачи опыта и профессиональных знаний старшего поколения новым производственным кадрам, предусмотреть специальный раздел в отраслевых тарифных соглашениях корпораций по работе с молодежью, уделять внимание мотивационным факторам труда, оказывать различные виды материальной помощи, планировать процесс движения молодых кадров, разработать систему непрерывного образования работников, предусмотреть расходы на подготовку, переподготовку и повышение квалификации кадров с включением их в себестоимость продукции, работ и услуг.

Реализация предложенных мероприятий позволит повысить эффективность корпоративной молодежной политики.

Список литературы

1. Omelchenko, I.N. Improving the procurement process in the corporation / I.N. Omelchenko, A.A. Kuznetsov // AIP Conference Proceedings: 44. – Moscow, 2021. – P. 070010.
2. Кузнецов А.А. Разработка производственной системы компании на основе инновационных материалов из отходов металлургического производства / А.А. Кузнецов // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 7(109). – С. 107–109.
3. Лобачева, Е.Н. Новые системы контроля современного высокотехнологичного производства / Е.Н. Лобачева, Т.И. Кузнецова, М.А. Кузнецов // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 7(133). – С. 108–110.
4. Тебекин, А.В. Стратегическое управление персоналом / А.В. Тебекин. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство «КноРус», 2020. – 720 с.

References

2. Kuznetsov A.A. Razrabotka proizvodstvennoy sistemy kompanii na osnove innovatsionnykh materialov iz otkhodov metallurgicheskogo proizvodstva / A.A. Kuznetsov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2020. – № 7(109). – S. 107–109.
3. Lobacheva, Ye.N. Novyye sistemy kontrolya sovremennogo vysokotekhnologichnogo proizvodstva / Ye.N. Lobacheva, T.I. Kuznetsova, M.A. Kuznetsov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2022. – № 7(133). – S. 108–110.
4. Tebekin, A.V. Strategicheskoye upravleniye personalom / A.V. Tebekin. – M. : Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Izdatel'stvo «KnoRus», 2020. – 720 s.

© А.А. Кузнецов, 2025

УДК 334

Т.И. КУЗНЕЦОВА

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ ПАО «ЛУКОЙЛ»: ЗАЩИТА ПРИРОДЫ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

Ключевые слова: затраты на охрану окружающей среды; управление экологической безопасностью; экологическая культура персонала; экологическая прозрачность; экологическая стратегия; экологически ориентированная компания; экологический мониторинг.

Аннотация. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами промышленного производства является одной из важнейших стратегических задач устойчивого развития производственных систем в рыночной экономике. При современном уровне технологического развития ряд отраслей промышленности создает опасность для окружающей среды. К таким отраслям относится прежде всего нефтехимическое производство. В связи с этим повышается актуальность исследования проблем разработки экологической политики на предприятиях нефтехимического комплекса. Цель исследования – разработка экологической стратегии интегрированной промышленной структуры на примере ПАО «ЛУКОЙЛ». Задачи: определение требований, предъявляемых к экологической политике предприятия; выявление подразделений и уровней управления охраной окружающей среды; определение ответственности персонала за нарушение экологического законодательства; расчет затрат на экологические мероприятия, разработка ряда мер по совершенствованию экологической политики. Гипотеза исследования: принципы и цели экологической стратегии и их реализация в условиях кризиса. Методы исследования: системный подход, обобщение, сравнительный анализ. Достигнутые результаты: проанализирована экологическая политика ПАО «ЛУКОЙЛ», разработан ряд мер по ее совершенствованию в условиях кризиса.

Каждая крупная корпорация, функционирующая в экологически опасных сферах деятельности, призвана разрабатывать экологическую программу. При этом особое внимание в этих программах уделяется приоритетным стратегическим мероприятиям с учетом масштабов воздействия негативных факторов, ограничений, содержащихся в нормативных правовых актах органов государственной, региональной и муниципальной власти, общественного мнения и т.д.

К экологической политике интегрированной промышленной структуры предъявляется ряд требований: выполнение действующих нормативно-правовых актов; образование специализированной структуры управления экологической деятельностью; взаимосвязь охраны окружающей среды с хозяйственной деятельностью; доступность эколого-экономической информации для персонала и других участников хозяйственной деятельности; мониторинг окружающей среды [3].

Анализ экологической политики в ПАО «ЛУКОЙЛ» выявил, что эффективное функционирование системы охраны окружающей среды достигается путем жесткой регламентации объемов и сроков выделения ресурсов для реализации программы, распределения ответственности за охрану окружающей среды, применения механизма контроля очередности и качества мероприятий по охране окружающей среды.

Для решения экологических проблем в интегрированной промышленной структуре разработано «Положение о системе управления охраной окружающей среды в ПАО «ЛУКОЙЛ» и его дочерних обществах», в котором отражена организационно-экономическая система, обес-



Рис. 1. ПАО «ЛУКОЙЛ» в системе экологического мониторинга



Рис. 2. Система управления экологической безопасностью ПАО «ЛУКОЙЛ»

печивающая взаимодействие всех органов управления на уровнях корпорации, дочерних предприятий, отраслевой системы, органов государственной власти соответствующего профиля, ответственных за решение экологических проблем (рис. 1) [4; 5].

Общее руководство организацией работ по обеспечению регулярного процесса управления экологическими программами корпорации осуществляется генеральным директором. Другие члены дирекции курируют экологические процессы в находящихся под их руководством сферах деятельности. Координатором системы управления охраной окружающей среды является отдел промышленной безопасности и экологии корпорации. Этот отдел и природоохранные службы дочерних предприятий об-

разуют единую систему обеспечения экологической безопасности. Структура экологического управления в ПАО «ЛУКОЙЛ» приведена на рис. 2. [1; 2].

Для активизации экологической политики на предприятиях ПАО «ЛУКОЙЛ» разработана система мотивационных мер по стимулированию персонала к повышению эффективности природоохранной деятельности, а также по обеспечению ответственности персонала за нарушения требований норм и правил по охране окружающей среды. Эта система предусматривает дисциплинарную, административную, материальную и юридическую ответственность.

Дисциплинарная ответственность существует в форме различных взысканий: замечаний, выговоров, увольнений. Административная

Таблица 1. Состав и структура затрат на экологические программы ПАО «ЛУКОЙЛ» в 2023 г.

Программа	Удельный вес в %
«Чистый воздух»	42,7
«Чистая вода»	30,1
«Чистая земля и растительность»	21,2
«Отходы»	1,0
«Аварийное реагирование»	2,2
«Рекультивация»	0,4
«Антикор»	0,2
«Обучение»	1,0
«Нормативно-правовое обеспечение и экологический менеджмент»	0,2
«Экологический мониторинг»	0,5
«Экологическая прозрачность»	0,5
ИТОГО	100,0

ответственность за нарушение природоохранного законодательства включает взыскание с должностных лиц денежного штрафа согласно Кодексу об административных правонарушениях (КоАП) РФ. Материальная ответственность работников выражается во взыскании с них штрафов и компенсаций за ущерб. Юридическая ответственность работников возникает, если результат их деятельности повлек за собой причинение вреда здоровью человека или окружающей среде.

В Программе экологической безопасности ПАО «ЛУКОЙЛ» уточняются и конкретизируются направления: планирование; использование экологически безопасных технологий; вторичное использование ресурсов и утилизация отходов; корпоративный экологический контроль; ликвидация последствий экологических аварий.

В 2023 г. затраты на реализацию мероприятий по охране окружающей среды составили более 760 млн руб. На выполнение мероприятий Программы экологической безопасности в 2024–2026 гг. планируется затратить 1 950 млн руб. [4].

Автором проведен анализ и сделан расчет состава и структуры затрат на экологические программы ПАО «ЛУКОЙЛ» (табл. 1).

Анализ структуры затрат на различные эко-

логические программы свидетельствует о том, что значительная часть расходов корпорации приходится на такие программы, как «Чистый воздух» (42,7 % всех затрат), «Чистая вода» (30,1 %), «Чистая земля и растительность» (21,2 %) [4; 5].

В целях совершенствования системы управления охраной окружающей среды в ПАО «ЛУКОЙЛ» автором предлагается ряд мер: усиление координации экологической деятельности всех подразделений предприятий группы; внедрение технологий, обеспечивающих экономное использование сырья, материалов, энергоносителей; осуществление постоянного экологического мониторинга; своевременная разработка и актуализация корпоративных регламентов в области охраны окружающей среды; повышение экологической культуры персонала; постоянное улучшение имиджа интегрированной промышленной структуры как экологически ориентированной компании, проведение образовательных мероприятий по экологии для повышения экологической осведомленности работников, вовлечение их в вопросы охраны окружающей среды.

Реализация предложенных в статье мер позволит улучшить систему управления охраной окружающей среды в ПАО «ЛУКОЙЛ» в условиях кризиса.

Список литературы

1. Кузнецов, А.А. Разработка производственной системы компании на основе инновационных материалов из отходов металлургического производства / А.А. Кузнецов // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 7(109). – С. 107–109.
2. Лобачева, Е.Н. Новые системы контроля современного высокотехнологичного производства / Е.Н. Лобачева, Т.И. Кузнецова, М.А. Кузнецов // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 7(133). – С. 108–110.
3. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823.
4. Политика Группы «ЛУКОЙЛ» в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды в XXI веке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://lukoil.ru/Sustainability/Environment>.
5. Omelchenko, I.N. Improving the procurement process in the corporation / I.N. Omelchenko, A.A. Kuznetsov // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 44. – P. 070010.

References

1. Kuznetsov, A.A. Razrabotka proizvodstvennoy sistemy kompanii na osnove innovatsionnykh materialov iz otkhodov metallurgicheskogo proizvodstva / A.A. Kuznetsov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2020. – № 7(109). – S. 107–109.
2. Lobacheva, Ye.N. Novyye sistemy kontrolya sovremennogo vysokotekhnologichnogo proizvodstva / Ye.N. Lobacheva, T.I. Kuznetsova, M.A. Kuznetsov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2022. – № 7(133). – S. 108–110.
3. Ob okhrane okruzhayushchey sredy [Electronic resource]. – Access mode : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823.
4. Politika Gruppy «LUKOYL» v oblasti promyshlennoy bezopasnosti, okhrany truda i okruzhayushchey sredy v XXI veke [Electronic resource]. – Access mode : <https://lukoil.ru/Sustainability/Environment>.

© Т.И. Кузнецова, 2025

УДК 338.001.36

*С.И. ТКАЧЕВ, Л.А. ВОЛОЩУК, В.В. КОНДАК**ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ключевые слова: доходы; расходы; сельскохозяйственное производство; финансовые ресурсы; финансовый результат; чистая прибыль.

Аннотация. Базовым компонентом функционирования экономического механизма субъектов хозяйствования коммерческого типа выступают наличие и эффективность использования финансовых ресурсов. Финансовые ресурсы формируются за счет движения денежных средств, их эквивалентов и прочих инструментов, формирующих источники возобновления материальных ресурсов и создающих основу финансовой устойчивости предприятия. Основным источником собственного накопления и источником финансирования соответствующих резервов выступает положительный финансовый результат в виде прибыли. Аккумуляция нераспределенной части чистой прибыли позволяет предприятию покрыть убытки прошлых периодов и сформировать накопительную часть собственного капитала. Данный аспект способствует повышению показателей платежеспособности, улучшению уровня конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности компании. Это предопределяет стабильность текущих операций и обеспечивает экономический рост на перспективу.

Актуальность темы исследования: финансовый результат деятельности любого предприятия характеризует эффективность принятых управленческих решений со стороны административно-управленческого аппарата по реализации стратегии развития компании, где наибольшую степень отдачи констатирует сальдированный результат в виде прибыли. Кроме того, объем балансовой прибыли позво-

ляет определить уровень налогового изъятия и сформировать доходную часть бюджетных поступлений. Данный аспект предопределил значимость и актуальность темы исследования.

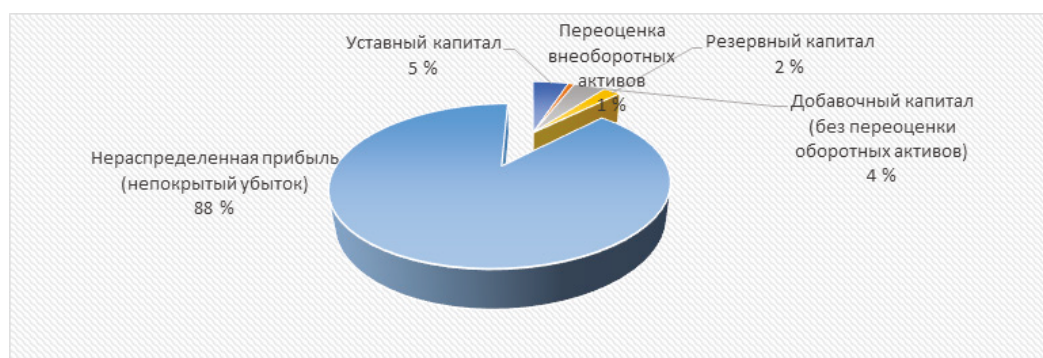
Цель работы заключается в раскрытии подходов к исследованиям в части анализа финансовых результатов. Достижению поставленной цели способствует решение следующих задач: проведение анализа динамики доходности и прибыльности сельскохозяйственных предприятий; сопоставление абсолютных показателей в неравенстве «золотого правила» экономического развития; мониторинг эффективности производственной деятельности предприятий аграрного сектора экономики. В качестве субъекта исследования выступили сельскохозяйственные предприятия Саратовской области. При проведении исследований использовались методы комплексного анализа хозяйственной деятельности: сравнение величин, графический, фактографический. Изучением проблем анализа финансовых результатов сельскохозяйственных предприятий занимались многие авторы, основными из которых выступают: И.Л. Вороников [2], Л.А. Волощук [1; 3; 4], К.П. Колотырин [2], В.В. Кондак [1; 3; 4; 7], М.В. Корышева [4], Т.А. Лысова [6], И.В. Полухина [5], И.А. Родионова [2], С.Н. Рубцова [1; 7], М.О. Санникова [6], С.И. Ткачев [3; 4; 7], И.В. Шарикова [1; 6; 7], Е.В. Шаронова [6].

Изучение состава и структуры прибыли необходимо для оценки финансовых показателей и экономического прогнозирования. Кроме того, отчисления из прибыли в виде налогов способствуют пополнению доходной части бюджетов всех уровней, что выступает гарантом решения социально-экономических проблем регионального уровня. Таким образом, изучение и обоснование вопросов учетно-ана-

Таблица 1. Динамика показателей деятельности предприятия исходя из «золотого правила экономики организации», тыс. руб.

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Отклонение 2023 г. от 2020 г.	
					(+, –)	%
Объем балансовой прибыли	18 118 975	22 335 989	18 522 497	16 801 562	–1 317 413	92,7
Выручка	64 699 443	68 182 408	73 230 981	86 301 635	21 602 192	133,4
Стоимость активов	98 954 804	126 045 322	154 167 279	174 379 815	75 425 011	176,2
«Золотое правило»	92,7 < 133,4 < 176,2					

*Составлено авторами на основе данных годовой финансовой отчетности сельскохозяйственных предприятий Саратовской области

**Рис. 1.** Структура совокупного объема собственного капитала сельскохозяйственных товаропроизводителей Саратовской области в 2023 г., %

литического обеспечения формирования финансовых результатов являются в настоящий период времени весьма актуальным направлением.

Основные результаты и обсуждение. Положительный финансовый результат в виде прибыли способствует улучшению показателей деловой активности, что, в свою очередь, повышает инвестиционную привлекательность субъекта хозяйствования.

На этапе расчета абсолютных показателей наиболее важными являются следующие: объем продаж товаров и услуг, прибыль, величина авансированного капитала. Необходимо сравнивать указанные показатели в динамике за определенные промежутки времени. Оптимальным соотношением между ними будет следующее неравенство, получившее название «золотого правила экономики организации»:

$$T_{\pi} > T_{\text{в}} > T_{\text{а}} > 100 \%,$$

где T_{π} – прирост прибыли, %; $T_{\text{в}}$ – прирост выручки от продаж, %; $T_{\text{а}}$ – прирост величины активов, %.

Из «золотого правила» видно, что прибыль должна увеличиваться более высокими темпами по сравнению с остальными параметрами. Из этого следует, что издержки производства должны снижаться, а имущество (активы организации) использоваться более рационально.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что в соответствии с «золотым правилом» все элементы экономического механизма сельскохозяйственных предприятий коллективного типа Саратовской области не имеют четкой обоснованной структуры, оптимально обеспечивающей возобновление производственного цикла за счет средств собственного капитала (табл. 1). В условиях высокого темпа инфляции данное соотношение в краткосрочном периоде, как следует из приведенных расчетов, выступает весьма уместным, поскольку достаточно

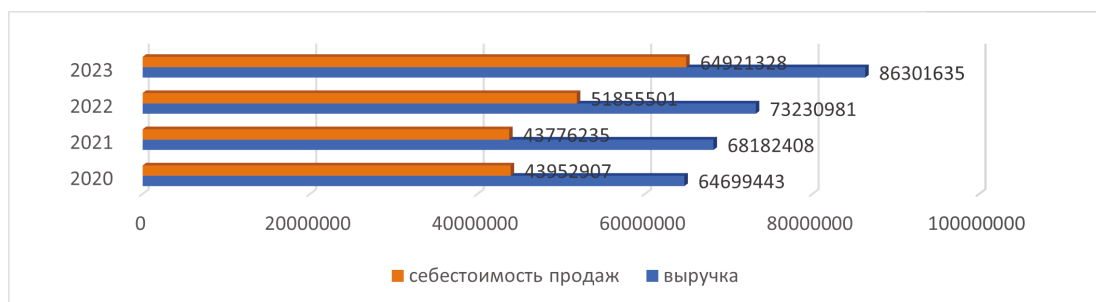


Рис. 2. Динамика соотношения объема выручки от продаж и себестоимости реализованной продукции в сельскохозяйственных предприятиях Саратовской области

Таблица 2. Динамика состава агрегированных показателей финансовых результатов деятельности сельскохозяйственных предприятий Саратовской области, тыс. руб.

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Отклонение 2023 г. от 2020 г.	
					(+, -)	%
Прибыль (убыток) от продаж	19 150 262	23 334 754	18 128 540	17 411 037	-1 739 225	90,9
Общая сумма брутто-прибыли отчетного периода	18 118 975	22 335 989	18 522 497	16 801 562	-1 317 413	92,7
Налог на прибыль	(70 067)	(126 768)	(122 370)	(144 079)	-74 012	В 2,1 раза
Прочие платежи из прибыли	(179 707)	(322 689)	(221 149)	(238 205)	-58 498	132,6
Чистая прибыль (убыток) отчетного периода	17 869 201	21 886 533	18 178 978	16 419 278	-1 449 923	91,9

большая часть активного капитала формируется за счет заемных (привлеченных) источников финансирования. При этом программы Государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей предусматривают использование льготных условий кредитования, а также приобретение специализированной техники на условиях лизинга.

Следующим этапом аналитической работы выступает определение структуры собственного капитала предприятия (рис. 1).

Проведенный анализ демонстрирует, что преимущественная часть собственного капитала в аграрном секторе Саратовской области формируется за счет объема нераспределенной прибыли (непокрытого убытка). По итогам 2023 г. доля данного показателя составила 88 %. Это следует отметить в качестве положительного момента деятельности аграрных предприятий, поскольку большинство из них являются прибыльными.

Визуализация данных (рис. 2) демонстри-

рует существенное превалирование объема выручки над общим объемом затрат на реализацию.

Представленные результаты аналитических данных свидетельствуют о том, что на формирование финансового результата деятельности сельскохозяйственных предприятий наибольшее влияние оказывают итоговые показатели по операционной деятельности в виде прибыли (убытка) от продаж (табл. 2).

По итогам 2023 г. объем прибыли от продаж в предприятиях коллективного типа, специализирующихся на производстве сельскохозяйственной продукции, составил 17 411 037 тыс. руб., что ниже базисного периода на 1 739 225 тыс. руб., или на 9,1 %. Стоит отметить, что кроме основной (операционной) деятельности, для данной категории предприятий характерными операциями могут выступать получение дохода и производство расходов по прочим видам деятельности. Соответствующие операции оказали влияние на сокращение прибыли до налого-

Таблица 3. Показатели эффективности деятельности сельскохозяйственных предприятий Саратовской области, %

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
1. Рентабельность продаж (величина прибыли от продаж в каждом рубле выручки). Нормальное значение для данной отрасли: 13 % и более	29,6	34,2	24,8	20,2
2. Рентабельность продаж по <i>EBIT</i> (величина прибыли до уплаты процентов и налогов в каждом рубле выручки)	28,0	32,8	25,3	19,5
3. Рентабельность продаж по чистой прибыли (величина чистой прибыли в каждом рубле выручки)	27,6	32,1	24,8	19,0
4. Прибыль от продаж на рубль, вложенный в производство и реализацию продукции (работ, услуг)	43,6	53,3	35,0	26,8

обложения, называемой общей брутто-прибылью (убытком) предприятия на 7,3 %. Поскольку сальдированный результат итогового показателя имеет положительное значение, то это условие означает, что финансовый результат от операционной деятельности вполне покрывает имеющие место расходы от прочих видов деятельности сельскохозяйственных предприятий Саратовской области.

Положительный финансовый результат в виде прибыли оказывает влияние на обобщающие относительные показатели эффективности деятельности субъектов хозяйствования (табл. 3), динамический ряд которых хотя и

имеет тенденцию сокращения по сравнению с базисным периодом, однако демонстрирует высокую степень рентабельности.

Динамический ряд показателей, характеризующих эффективность финансовых ресурсов деятельности сельскохозяйственных предприятий Саратовской области, имеет тенденцию сокращения. Однако в соответствующем секторе имеется потенциал развития. Административным кадрам необходимо мобилизовать в первую очередь внутренние резервы предприятий, способствующие росту показателей прибыли и, соответственно, рентабельности деятельности данных субъектов хозяйствования.

Список литературы

1. Волошук, Л.А. Анализ финансовых результатов сельскохозяйственных предприятий Саратовской области / Л.А. Волошук, В.В. Кондак, С.Н. Рубцова, И.В. Шарикова // Аграрная наука и образование: проблемы и перспективы, 2023. – С. 127–135.
2. Воротников, И.Л. Инновационный менеджмент АПК / И.Л. Воротников, И.А. Родионова, К.П. Колотырин [и др.]. – Саратов : Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2021. – 340 с.
3. Ткачев, С.И. Оценка использования материальных ресурсов отрасли растениеводства (на примере Саратовской области) / С.И. Ткачев, В.В. Кондак, Л.А. Волошук [и др.] // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 4(154). – С. 169–173.
4. Ткачев, С.И. Оценка обеспечения устойчивого развития АПК / С.И. Ткачев, Л.А. Волошук, В.В. Кондак, М.В. Корышева // Reports Scientific Society. – 2024. – № 5(49). – С. 29–33.
5. Полухина, И.В. Информационно-аналитическое обеспечение управления финансовыми результатами экономического субъекта / И.В. Полухина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2020. – № 2. – С. 90–104.
6. Шарикова, И.В. Развитие риск-ориентированного подхода при проведении контроля финансовых средств в сельском хозяйстве / И.В. Шарикова, М.О. Санникова, Е.В. Шаронова, Т.А. Лысова // Russian Economic Bulletin. – 2023. – Т. 6. – № 1. – С. 335–343.
7. Кондак, В.В. Учетно-аналитическое обеспечение процесса продаж / В.В. Кондак, И.В. Шарикова, С.Н. Рубцова, С.И. Ткачев // Учетно-аналитическое, налоговое и финансовое обеспечение

развития АПК. – 2023. – С. 88–94.

References

1. Voloshchuk, L.A. Analiz finansovykh rezul'tatov sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy Saratovskoy oblasti / L.A. Voloshchuk, V.V. Kondak, S.N. Rubtsova, I.V. Sharikova // *Agrarnaya nauka i obrazovaniye: problemy i perspektivy*, 2023. – S. 127–135.
2. Vorotnikov, I.L. Innovatsionnyy menedzhment APK / I.L. Vorotnikov, I.A. Rodionova, K.P. Kolotyurin [i dr.]. – Saratov : Saratovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. N.I. Vavilova, 2021. – 340 s.
3. Tkachev, S.I. Otsenka ispol'zovaniya material'nykh resursov otrasli rasteniyevodstva (na primere Saratovskoy oblasti) / S.I. Tkachev, V.V. Kondak, L.A. Voloshchuk [i dr.] // *Nauka i biznes: puti razvitiya*. – 2024. – № 4(154). – S. 169–173.
4. Tkachev, S.I. Otsenka obespecheniya ustoychivogo razvitiya APK / S.I. Tkachev, L.A. Voloshchuk, V.V. Kondak, M.V. Korysheva // *Reports Scientific Society*. – 2024. – № 5(49). – S. 29–33.
5. Polukhina, I.V. Informatsionno-analiticheskoye obespecheniye upravleniya finansovymi rezul'tatami ekonomicheskogo sub'yekta / I.V. Polukhina // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravleniye*. – 2020. – № 2. – S. 90–104.
6. Sharikova, I.V. Razvitiye risk-orientirovannogo podkhoda pri provedenii kontrolya finansovykh sredstv v sel'skom khozyaystve / I.V. Sharikova, M.O. Sannikova, Ye.V. Sharonova, T.A. Lysova // *Russian Economic Bulletin*. – 2023. – T. 6. – № 1. – S. 335–343.
7. Kondak, V.V. Uchetno-analiticheskoye obespecheniye protsessa prodazh / V.V. Kondak, I.V. Sharikova, S.N. Rubtsova, S.I. Tkachev // *Uchetno-analiticheskoye, nalogovoye i finansovoye obespecheniye razvitiya APK*. – 2023. – S. 88–94.

© С.И. Ткачев, Л.А. Волощук, В.В. Кондак, 2025

УДК 303.732.4

Е.В. ЯЛУНЕР^{1, 2}, А.В. ТАРАКАНОВ²¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»;²ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики», г. Санкт-Петербург

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НАПРАВЛЕНИЙ ТУРИСТСКОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОБОСОБЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Ключевые слова: коэффициент конкордации Кендалла; метод экспертных оценок; оценка инвестиционной привлекательности; туризм.

Аннотация. Целью статьи является обоснование возможности использования коэффициента конкордации Кендалла для определения степени согласованности экспертов в ранжировании факторов инвестиционной привлекательности и разработки приоритетных направлений развития туристского инвестиционного потенциала. Для исследования были выбраны методы математического анализа, в качестве примера был взят опрос экспертов по инвестиционному туристическому потенциалу Вологодской области, ранжирование мнений экспертов и методика обоснования согласованности мнений экспертов. В качестве результата обосновывается возможность применения предложенной методики в планировании стратегических инвестиционных направлений развития туристских дестинаций.

В настоящее время все больше внимания уделяется внутреннему туризму – утверждена Стратегия развития туризма в Российской Федерации до 2035 г. [1], разработан паспорт комплексной государственной программы РФ «Развитие туризма» [2], вышло постановление Правительства РФ «Развитие туризма» [3]. Внимательно изучив эти документы, можно прийти к выводу о том, что руководство страны осознает тот факт, что, несмотря на то, что сфера туризма обладает большим социально-экономическим потенциалом, проблемы и негативные тенденции все еще не дают раскрыться в полной мере заложенному возможному потенциа-

лу. Во-первых, каждый макрорегион обладает своей уникальностью, потенциалом развития. Невозможно одинаково эффективно реализовывать программы развития на отдельно взятой территории.

В связи с этим актуальным становится разработка методики комплексного анализа инвестиционной привлекательности территории, что важно как для создания ее цифрового двойника, так и для общей картины, открывающейся перед инвесторами, жителями региона и его руководством. В данном контексте можно использовать методику ранжирования факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность туристской микротерритории в разрезе формирования программы исследования экспертных мнений о факторах, влияющих на туристскую инвестиционную привлекательность. Целью данной исследовательской программы является выявление ключевых факторов, определяющих туристско-инвестиционную привлекательность территорий, посредством анализа экспертных оценок и формирования целостной системы критериев оценки привлекательности региона для туристов и инвесторов.

Выделим основные этапы программы исследования экспертных мнений.

Первый этап – определение выборочной совокупности экспертов. Главной задачей будет являться сбор команды квалифицированных специалистов и представителей бизнеса, разбирающихся в вопросах развития регионального туризма. Среди потенциальных кандидатов – сотрудники государственных органов, представители туристических ассоциаций, руководители турфирм, инвесторы и аналитики индустрии путешествий. Для подбора экспертов стоит обратиться к профессиональным ассоциациям и

Таблица 1. Группировка вопросов для ранжирования факторов инвестиционной привлекательности

Признак классификации вопросов	Вопросы
1. Вопросы, связанные с квалификацией эксперта	1.1. Как вы оцениваете свою квалификацию в области туристско-инвестиционной привлекательности территорий? 1.2. Какой у Вас опыт работы в данной области?
2. Вопросы о текущей ситуации региона (в качестве примера взята Вологодская область)	2.1. По 10-балльной шкале оцените туристскую привлекательность Вологодской области. Прокомментируйте свой ответ 2.2. По 10-балльной шкале оцените инвестиционную привлекательность региона для туристического бизнеса. Прокомментируйте 2.3. Какие ключевые факторы, по Вашему мнению, определяют туристско-инвестиционную привлекательность Вологодской области? (Природные ресурсы, культурное наследие, инфраструктура, законодательная поддержка и т.д.)
3. Вопросы о проблемах и барьерах	3.1. Какие основные барьеры препятствуют развитию туризма и притоку инвестиций в регион? (Например: слабая инфраструктура, бюрократия, недостаток маркетинга и т.д.) 3.2. По 10-балльной шкале оцените уровень поддержки туризма и инвестиций со стороны региональных властей
4. Вопросы о регуляторных механизмах	4.1. Какие меры, по Вашему мнению, могли бы повысить туристско-инвестиционную привлекательность региона? 4.2. Насколько эффективны существующие программы поддержки туризма и инвестиций в Вологодской области?
5. Вопросы о перспективах	5.1. Какие меры, по Вашему мнению, могли бы повысить туристско-инвестиционную привлекательность региона? (Например: налоговые льготы, упрощение визового режима для иностранных туристов, развитие транспортной сети) 5.2. Насколько эффективны существующие программы поддержки туризма и инвестиций в Вологодской области?

организациям в сфере туризма, изучить публикации и выступления лидирующих экспертов отрасли, обратиться к известным компаниям отрасли.

Вторым этапом обычно является формирование вопросов анкеты, включающей следующие аспекты.

1. Какова роль природных богатств региона (рельеф местности, погодные условия)?

2. Насколько развита инфраструктура (транспорт, гостиницы, инженерные системы)?

3. Какой уровень безопасности ожидает турист (законы, защита здоровья, криминогенная обстановка)?

4. Какие культурные и исторические достопримечательности привлекают гостей?

5. Оцените состояние экологии и экологическую политику местных властей.

6. Каково экономическое благополучие региона (доходы жителей, занятость, налоговые льготы)?

7. Проводят ли местные власти активные кампании по привлечению туристов (реклама, выставки, форумы)?

В анкете необходимо использовать такие типы вопросов, как закрытые вопросы с оценкой важности отдельных факторов по шкале Лайкерта (например, пятибалльная шкала) и открытые вопросы для сбора дополнительной информации и комментариев экспертов относительно конкретных аспектов привлекательности. На третьем этапе проводятся интервью

Таблица 2. Сводная матрица рангов согласно оценке экспертов

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4	5	6
1	6	6	6,5	6	7	7
2	5	5,5	5	5	5	6
3	5	5,5	5	5	5	5

фокус-групп. Для более углубленного анализа стоит привлечь экспертов, представителей разных категорий экспертов, таких как инвесторы, ученые, специалисты региональных органов власти. Интервью стоит проводить индивидуально или в группах по соответствующим направлениям.

1. Ключевые факторы и их влияние на принятие решений об инвестировании средств в регион.

2. Меры, необходимые для повышения инвестиционной привлекательности конкретного региона.

3. Поддержка региональных органов власти и возможность привлечения инвесторов в туристскую отрасль.

Для обработки результатов интервью стоит использовать такие методики обработки результатов, как аудиофиксация интервью и протоколирование. Далее информация обрабатывается методом анализа ответов и их классификацией.

На четвертом этапе полученные данные систематизируются и обрабатываются с применением методов корреляционного анализа, факторного анализа и кластеризации для определения наиболее значимых факторов и выявленных взаимосвязей между ними.

На пятом этапе составляется отчет по следующей структуре.

1. Описание целей и методов исследования.

2. Краткое изложение методологии анкетирования и интервьюирования.

3. Представление и интерпретация количественных данных, полученных в результате анкетирования.

4. Анализ качественных данных, извлеченных из интервью и обсуждений в фокус-группах.

Таким образом, программа разработки, прошедшая все этапы, позволит выявить объективные критерии оценки привлекательности

территорий для инвестиционных вложений в туристскую сферу и разработать конкретные рекомендации для региональных властей и бизнес-сообщества. Это позволит создать единый информационный ресурс о регионе для потенциальных инвесторов, поможет корректировать региональную политику поддержки малого и среднего предпринимательства в сфере туризма, привлечь частные инвестиции путем государственных гарантий и льготных условий кредитования, улучшить транспортную доступность и позволит создать комфортную среду проживания и отдыха, повысить качество услуг и сервисного обслуживания в туристских зонах, привлечь частных инвесторов путем государственных гарантий и льготных условий кредитования. В анкете целесообразно вставить следующие группы вопросов (табл. 1).

Анализ полученных данных позволяет нам выявить ключевые факторы, препятствующие и способствующие повышению туристско-инвестиционной привлекательности конкретной туристической дестинации. Результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций и стратегий, направленных на улучшение имиджа региона и повышение его инвестиционного потенциала.

На взгляд авторов, ранжирование факторов инвестиционной привлекательности можно проводить с помощью коэффициента конкордации Кендалла (W), который показывает уровень согласованности мнений, что говорит о минимизации или максимизации субъективных оценок. Коэффициент конкордации применяется для оценки согласованности ранжировок или оценок, данных экспертами по нескольким объектам (факторам). В данном случае можно рассмотреть оценки экспертов по вопросам, где они выставили баллы (например, 2.1, 2.2, 3.2).

Возьмем оценки туристской привлекательности Вологодской области (вопрос 2.1) и преобразуем оценки в ранги (если эксперты дали

Таблица 3. Сводная таблица переформатирования рангов без изменения мнения экспертов

Номера мест в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке эксперта					Новые ранги				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	5	5,5	5	5	5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2	5	5,5	5	5	5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
3	6	6	6,5	6	7	3	3	3	3	3

Таблица 4. Матрица рангов на основе переформатирования

Факторы / Эксперты	1	2	3	4	5	6	Сумма рангов	d	d^2
x_1	3	3	3	3	3	3	18	6	36
x_2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	9,5	-2,5	6,25
x_3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	8,5	-3,5	12,25
Σ							36		54,5

Таблица 5. Расположение факторов по значимости

Факторы / Эксперты	Сумма рангов
x_3	8,5
x_2	9,5
x_1	18

одинаковые оценки, присвоим им средний ранг). Таким образом, шесть экспертов будут рассматривать три фактора по степени значимости параметров – эксперты ранжируют их в порядке значимости (достаточно субъективная оценка). Если эксперт дал фактору наивысшую из возможных оценку, присвоим ему ранг 1. При равнозначности рангов с точки зрения эксперта присвоим им одинаковые ранги, результаты сведем в табл. 2.

В случаях, когда эксперты присваивали факторам инвестиционной привлекательности одинаковые ранги, необходимо осуществить их переформатирование, пример которого приведен в табл. 3, где:

$$d = \Sigma_j^{x_i} - \frac{\Sigma \Sigma x_{ij}}{n} = \Sigma x_{ij} - 12. \quad (1)$$

Проведем проверку правильности составления матрицы – для этого рассчитаем контрольную сумму:

$$\Sigma x_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = \frac{(1+3)}{2} = 6. \quad (2)$$

Сумма по столбцам матрицы равна между собой – матрица составлена правильно. Далее проведем анализ распределения значимости исследуемых факторов (табл. 5).

Все эксперты на первое место поставили туристскую привлекательность Вологодской области как самый значимый фактор повышения инвестиционного потенциала. Инвестиционная привлекательность региона для туристического бизнеса уже вызвала некоторые сомнения у представителей экспертного сообщества, по-

следнее место занял уровень поддержки туризма и инвестиций со стороны региональных властей. Проведем оценку средней степени согласованности мнений всех экспертов.

Воспользуемся коэффициентом конкордации Кендалла, рассчитываемого для случаев одинаковых значений рангов в оценках одного эксперта:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 (n^3 - n) - m \sum T_i}, \quad (3)$$

где $S = 54,5$; $n = 3$; $m = 6$; L_i – число связок (видов повторяющихся элементов) в оценках i -го эксперта; t_l – количество элементов в l -й связке

для i -го эксперта (количество повторяющихся элементов).

$$\sum T_i = 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 = 2,5;$$

$$W = \frac{54,5}{\frac{1}{12} \cdot 6^2 (3^3 - 3) - 6 \cdot 2,5} = 0,96.$$

$W = 0,96$ говорит о наличии высокой степени согласованности мнений экспертов. Таким образом, данная методика позволит не только ранжировать факторы инвестиционной привлекательности по значимости с точки зрения экспертов, но и определять степень их согласованности.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 20.09.2019 № 2129-р «Об утверждении Стратегии развития туризма в РФ на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW.
2. Паспорт государственной программы РФ «Развитие туризма» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : gos_programma_rf_razvitie_turizma.
3. Постановление Правительства РФ от 24 декабря 2021 г. № 2439 «Об утверждении государственной программы РФ «Развитие туризма» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://base.garant.ru/403336467>.
4. Ялунер, Е.В. Изменение подхода к формированию современных бизнес-моделей / Е.В. Ялунер, М.Г. Воронин, А.Б. Зеленский // Глобальный научный потенциал. – 2024. – № 4-2(157). – С. 243–245.

References

1. Rasporyazheniye Pravitel'stva RF ot 20.09.2019 № 2129-r «Ob utverzhdenii Strategii razvitiya turizma v RF na period do 2035 goda» [Electronic resource]. – Access mode : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW.
2. Pasport gosudarstvennoy programmy RF «Razvitiye turizma» [Electronic resource]. – Access mode : gos_programma_rf_razvitie_turizma.
3. Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 24 dekabrya 2021 g. № 2439 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy RF «Razvitiye turizma» [Electronic resource]. – Access mode : <https://base.garant.ru/403336467>.
4. Yaluner, Ye.V. Izmeneniye podkhoda k formirovaniyu sovremennykh biznes-modeley / Ye.V. Yaluner, M.G. Voronin, A.B. Zelenskiy // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2024. – № 4-2(157). – S. 243–245.

© Е.В. Ялунер, А.В. Тараканов, 2025

УДК 331

Л.С. ВЕРЕЩАГИНА¹, Л.А. ОЛЬХОВА², Д.Ф. РАШИДОВ¹, В.В. ТАРАТОРКИН¹

¹ФГБОУ ВО «Саратовской государственной технической университет имени Ю.А. Гагарина», г. Саратов;

²Поволжский кооперативный институт (филиал)

АНОО ВО Центрсоюза РФ «Российский университет кооперации», г. Энгельс

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОЦЕНКИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ГРАЖДАНСКИХ СЛУЖАЩИХ

Ключевые слова: автоматизация; государственный служащий; ключевые показатели эффективности (**KPI**); методика «360°»; технология оценки; эффективность.

Аннотация. Традиционный характер методов и инструментов, недостаточная прозрачность и объективность являются серьезными ограничениями эффективности обязательной деятельности по оценке и аттестации государственных гражданских служащих. Цель статьи – обоснование предложений по повышению эффективности процесса оценки персонала государственных органов. К задачам относятся: разработка рекомендаций по реализации процедуры «круговой» оценки, внедрению системы **KPI** линейных руководителей и специалистов на государственной службе, обоснование эффективности данных рекомендаций. Объектом работы являются органы государственной власти субъекта федерации, предмет работы: предложения по совершенствованию технологии оценки государственных служащих региона. Методы исследования: диалектический метод познания, системный подход, экономико-статистические и социологические методы. Результаты работы: рекомендации по использованию метода «360°», **KPI** линейных руководителей и специалистов в системе государственного управления.

Теоретико-методологический и эмпирический анализ существующих подходов к оценке персонала в системе государственной службы выявил ряд значительных ограничений в существующей оценочной процедуре. Действующая типовая система оценки профессиональной де-

ятельности государственных гражданских служащих характеризуется чрезмерной формализованностью и недостаточной объективностью. Практика использования ключевых показателей эффективности (**KPI**) в оценочных процедурах не охватывает категории линейных руководителей и специалистов, что снижает полноту и практическую значимость оценки. Кроме того, функциональные возможности «Единой информационной системы управления кадровым составом государственной гражданской службы Российской Федерации» (**ЕИСУКС**) в сфере оценки сотрудников требуют доработки. В соответствии с вышесказанным актуальность внедрения инновационных методов и технологий оценки государственных служащих в органах государственной власти обусловлена возможностью повышения эффективности и большей независимости анализа государственных служащих, снижения трудоемкости за счет использования инновационных и цифровых технологий. Современные методы и инструменты позволят адаптировать данную систему к задачам конкретного органа власти и особенностям компетентностного подхода, активизировать честную конкуренцию, повысить мотивацию госслужащих, рационализировать процесс обучения и снизить текучесть кадров.

Теоретические и методологические основы работы заложены в исследованиях многих ученых экономистов и психологов. Например, Т.Ю. Базаров проанализировал практические аспекты использования компетентностных оценочных инструментов, А.Я. Кибанов уточнил сущность и типологию методов оценки, Т.О. Соломанидина, В.Г. Соломанидин исследовали влияние оценочных технологий на кадровую безопасность организации [1; 2].

Таблица 1. Показатели результативности линейного руководителя

№				0 процентов	20 процентов	50 процентов	60 процентов
	Цель	Ключевой показатель	Доля, %	Уровни			
				критически низкий	низкий	плановый	выше планового
1	Результативность работы подразделения	Выполненные задания, факт / Выполненные задания, план	30	< 0,7	0,8–0,9	1	> 1
2	Качество и скорость работы	Соблюдение сроков и обеспечение качества работы	30	Дефекты и серьезные замечания, значительное превышение сроков	Неточности, сдача позже установленного срока	Точность выполнения, соблюдение утвержденных сроков	Безошибочность, досрочность, реализован инновационный подход
3	Трудовое поведение	Нарушения трудовой дисциплины	20	> 7 ситуаций	< 7 ситуаций	0 (ноль)	Соблюдение дополнительных правил поведения
	Обучение	Фактически обучались / Обучались (плановое количество)	20	< 0,8	$0,8 < K < 1$	1	> 1
	Итого		100				

Недостаточно разработанными остаются вопросы практической реализации инновационных методов оценки чиновников в органах государственной власти в условиях цифровизации.

Цель статьи – обоснование предложений по повышению эффективности процесса оценки персонала государственных органов посредством использования инновационных технологий, а также эмпирическая верификация их результативности. Методологической основой работы являются диалектические принципы познания, системный, функционально-структурный подходы, экономико-статистический и социологический методы исследования.

Основные результаты работы: рекомендации по использованию метода «360°», KPI линейных руководителей и специалистов в системе государственного управления, автоматизация функций по оценке государственных служащих.

В целях повышения объективности процедур формирования и оценки кадрового резерва, а также в рамках проведения аттестации государственных гражданских служащих целесообразно применение метода полисубъектной оценки «360°». Он предполагает получение комплексной информации о трудовом поведении сотрудника за счет вовлечения в оценочный процесс различных категорий респондентов – руководителей, коллег по работе, подчиненных, а также самих оцениваемых лиц, что обеспечивает всесторонний анализ и снижает уровень субъективности оценки [1]. Преимуществами метода оценки «360°» выступают его комплексность и многоплановость: он позволяет оценивать не только компетентность и адекватность оценки, но и особенности трудового поведения, сопоставляя различные точки зрения на деятельность и личностные характеристики оцениваемых чиновников. Такой подход способствует выявлению личностных недостат-

ков, корректировке когнитивного диссонанса, определению потенциала для развития, а также отличается относительной экономичностью и обеспечивает анонимность получаемой информации. Ключевым этапом в реализации данной процедуры является определение целей оценки – профессиональные и деловые качества, лидерский потенциал, коммуникативные навыки, способности к решению нестандартных задач, перспективы карьерного роста и т.д. Процесс предоставления обратной связи прошедшим оценку сотрудникам должен способствовать развитию их деловой и профессиональной карьеры на основе качественно подготовленных индивидуальных планов и карьерограмм.

Руководителям структурных подразделений органов государственной власти региона необходимо разработать *KPI*, соответствующие специфике возглавляемых служб. Расчет *KPI* производится путем сравнения фактического уровня целевых показателей с плановыми. В табл. 1 представлены ключевые показатели эффективности, разработанные для руководителей структурных подразделений, на примере начальника отдела организационной и документационной работы. Рекомендуется осуществлять оценку результативности работы с периодичностью один раз в квартал.

Предположим, базовый оклад в рассматриваемом примере – 40 000 руб., тогда итоговая сумма премии составит 24 000 рублей. С целью объективной оценки результативности труда рекомендуется внедрение системы ключевых показателей эффективности (*KPI*) для специалистов структурных подразделений органов государственной власти. Реализация ре-

комендаций будет способствовать повышению эффективности и качества профессиональной деятельности руководителей и специалистов, обеспечит укрепление исполнительской и трудовой дисциплины в системе государственного управления [2].

Для внедрения современных технологий оценки персонала, психологической диагностики и расчета *KPI* целесообразно доработать функционал ЕИСУКС или обеспечить взаимодействие с «1С: Оценка персонала» [3]. Предложенные рекомендации по совершенствованию деятельности по оценке государственных гражданских служащих будут способствовать снижению трудозатрат на осуществление процесса оценки, ликвидации потерь рабочего времени сотрудниками, улучшению трудовой дисциплины, повышению качества работы.

Выводы: разработанные рекомендации нацелены на повышение качества, прозрачности и объективности процедуры оценки государственных гражданских служащих. Их реализация будет способствовать формированию лояльного отношения сотрудников к системе оценки, созданию более справедливой и стимулирующей модели социально-трудовых отношений. Разработки могут использоваться в деятельности федеральных и региональных органов государственной власти, органов местного самоуправления для совершенствования оценочной деятельности служащих. В качестве предмета дальнейших научных исследований может быть избран анализ рисков, сопровождающих процесс изменения системы оценки государственных гражданских служащих.

Список литературы

1. Базаров, Т.Ю. Технология центра оценки персонала: процессы и результаты (практическое руководство) / Т.Ю. Базаров // Кнорус, 2011. – С. 54.
2. Верещагина, Л.С. О повышении эффективности системы менеджмента качества промышленного предприятия / Л.С. Верещагина // Перспективы науки. – 2013. – № 2(41). – С. 102–104.
3. Иванова, Н.А. Человеческий капитал и его влияние на инновационное развитие компании / Н.А. Иванова, И.М. Кублин, М.В. Попов // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. – 2023. – № 1(37). – С. 32–39.

References

1. Bazarov, T.YU. Tekhnologiya tsentra otsenki personala: protsessy i rezul'taty (prakticheskoye rukovodstvo) / T.YU. Bazarov // Knoruz, 2011. – S. 54.
2. Vereshchagina, L.S. O povyshenii effektivnosti sistemy menedzhmenta kachestva promyshlennogo predpriyatiya / L.S. Vereshchagina // Perspektivy nauki. – 2013. – № 2(41). – S. 102–104.

promyshlennogo predpriyatiya / L.S. Vereshchagina // Perspektivy nauki. – 2013. – № 2(41). – S. 102–104.

3. Ivanova, N.A. Chelovecheskiy kapital i yego vliyaniye na innovatsionnoye razvitiye kompanii / N.A. Ivanova, I.M. Kublin, M.V. Popov // Aktual'nyye problemy ekonomiki i menedzhmenta. – 2023. – № 1(37). – S. 32–39.

© Л.С. Верецагина, Л.А. Ольхова, Д.Ф. Рашидов, В.В. Тараторкин, 2025

УДК 331.101.3

А.Д. ТЕРЛЕЦКАЯ, Ю.Е. СЕМЕНОВА, А.Ю. ПАНОВА, Е.Н. ОСТРОВСКАЯ
ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический
университет», г. Санкт-Петербург

ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ В СИСТЕМАХ МОТИВАЦИИ МОЛОДЫХ СОТРУДНИКОВ

Ключевые слова: менеджмент персонала; молодые специалисты; мотивация персонала.

Аннотация. В условиях современной экономики и цифровизации всех сфер деятельности особую актуальность приобретает проблема мотивации молодых специалистов. Целью данной статьи являются анализ основных трендов в системах мотивации молодого поколения работников и выявление наиболее эффективных инструментов стимулирования их трудовой деятельности. Гипотеза исследования заключается в предположении, что традиционные методы мотивации утратили свою эффективность в отношении молодых сотрудников. Это требует разработки новых подходов к их стимулированию. Основными методами исследования являются анализ научной литературы, обобщение практического опыта российских компаний, сравнительный анализ традиционных и современных моделей мотивации. По результатам исследования выявлены ключевые тенденции в системах мотивации молодых сотрудников, определены наиболее эффективные инструменты стимулирования и сформулированы рекомендации по совершенствованию существующих систем мотивации с учетом потребностей нового поколения работников.

В современных условиях развития экономики и цифровизации всех сфер жизни проблема мотивации молодых сотрудников становится все более актуальной. Особенно остро стоят вопросы адаптации новичков в условиях гибридного формата работы, где требуются высокая самоорганизация и умение эффективно работать как в команде, так и самостоятельно. Молодые специалисты часто сталкиваются с информационной перегрузкой, синдромом *Fear Of Missing Out (FOMO)* [4] и выгоранием, что требует от работодателей разработки новых

подходов к поддержанию их вовлеченности и продуктивности.

Цифровая трансформация бизнеса, изменение ценностных ориентиров молодого поколения и новые форматы трудовой деятельности создают необходимость переосмысления традиционных подходов к управлению персоналом [3]. Разберем основные причины неэффективности классических систем мотивации: ценностные ориентиры молодого поколения существенно отличаются – приоритет самореализации над материальным вознаграждением, стремление к гибкому графику и возможности удаленной работы; информационная среда сформировала особые паттерны поведения: потребность в постоянном развитии, быстрая адаптация к изменениям, многозадачность; социальные ожидания молодежи включают не только профессиональный рост, но и возможность участия в социально значимых проектах.

Рассмотрим ключевые различия в системе мотивации между поколениями. Проведем сравнительный анализ традиционных и современных моделей мотивации персонала. Традиционная модель мотивации базировалась на иерархическом принципе построения системы стимулирования, где основным драйвером выступала материальная заинтересованность сотрудников. В основе данной модели лежали следующие компоненты: иерархическая структура организации определяла четкие границы ответственности и уровни вознаграждения; система *KPI* выступала основным инструментом оценки эффективности работы; материальное стимулирование включало фиксированный оклад, премии и бонусы за достижение показателей; формализованные процессы оценки иощерения сотрудников. Механизмы реализации традиционной модели строились на следующих принципах: строгое соблюдение должностных инструкций, четкое распределение полномочий,

регулярная аттестация персонала, стандартизация рабочих процессов.

Трансформация модели мотивации в современных условиях требует принципиально иного подхода к мотивации молодых специалистов. Основные элементы новой модели включают: возможность для творчества и самовыражения, персонализированные карьерные траектории, гибкие форматы работы, развитую корпоративную культуру, возможности для непрерывного обучения [5]. Интегративный подход к мотивации в современной модели предполагает синергетическое взаимодействие всех компонентов системы, что создает условия для максимальной реализации потенциала молодых специалистов и их долгосрочной лояльности к организации.

Таким образом, трансформация модели мотивации отражает фундаментальные изменения в ценностных установках молодого поколения, требованиях к условиям труда и ожиданиях от работодателя, что обязывает компании более гибко формировать систему стимулирования [8]. Наиболее перспективными направлениями мотивации работников, на наш взгляд, являются следующие.

Во-первых, создание комфортных условий труда для сотрудников, которые могут раскрепостить их творческий подход к работе. Руководитель может применять следующие приемы: разрешать обустроить свое рабочее место, например, располагать на нем фотографии родных, различные статуэтки, сувениры для улучшения настроения сотрудника; обеспечить сотрудников минимальным набором для чаепития (чай, кофе, молоко, сахар, конфеты, печенье и т.д.). Желательно обустроить комнату отдыха. Многие руководители пренебрегают перерывами сотрудников, хотя они в работе немаловажны. Необходимо создать визуальный комфорт в местах работы. Современная концепция офисного дизайна учитывает, что чистота и порядок напрямую влияют на когнитивные способности работников. Возможно ввести гибкую политику использования оборудования, которая позволит сотрудникам применять личные устройства (ноутбуки, планшеты, наушники) и программное обеспечение, если это повышает эффективность работы. Такой подход учитывает индивидуальные предпочтения и способствует достижению лучших результатов в проектах.

Во-вторых, необходимо увеличивать вовлеченность сотрудников в рабочий процесс. Если

сотрудник не только хорошо работает, но и вносит большой вклад в развитие компании, то его необходимо продвигать по карьерной лестнице, используя различные программы повышения квалификации активных сотрудников. Ее можно повысить, в случае если знаний или умений немного не хватает, чтобы занимать более высокую должность. Например, незнание иностранного языка или особых программ может стать преградой для человека. В этом случае руководитель отправляет сотрудника на повышение квалификации и дополнительные курсы, чтобы он улучшил свои навыки и дальше совершенствовал свою профессиональную деятельность. Программы подготовки молодых специалистов должны быть направлены на раскрытие профессионально-личностного потенциала, повышение эффективности работы, закрепление их в организации. Например, к молодым сотрудникам может быть прикреплен наставник или адаптер, который будет помогать им изучать специфику профессии. В настоящее время система наставничества как ключевой элемент развития молодых специалистов потерпела важные изменения в законодательстве. С 1 января 2024 г. вступил в силу Федеральный закон, обязывающий работодателей теперь оплачивать работу наставников, что существенно повысило эффективность данного процесса [7].

Важным дополнением к традиционной системе является концепция обратного наставничества, где роли ментора и ученика меняются местами [2]. В современных условиях молодые специалисты, обладающие уникальными цифровыми компетенциями и свежим взглядом на бизнес-процессы, становятся наставниками для более опытных коллег. Мотивационный эффект от обратного наставничества проявляется в повышении самооценки молодых сотрудников, а также в укреплении их профессиональной идентичности и формирования чувства значимости для компании. Эти процессы создают условия для развития всей организации, укрепляя межпоколенческое взаимодействие и формируя культуру непрерывного обучения.

Многие крупные современные компании уже довольно давно развивают культуру признания – регулярные церемонии награждения, публичное признание достижений и система внутренних номинаций. Газпром внедрил ежеквартальные церемонии награждения лучших сотрудников с публикацией их достижений во внутренних медиа. Проводятся мероприятия по

обучению командному взаимодействию – организация офлайн- и онлайн-мероприятий для укрепления командного духа. Так, например, СберУниверситет проводит регулярные нетворкинг-события для сотрудников разных подразделений.

Хорошо зарекомендовали себя персонализированные программы развития – создание индивидуальных карьерных траекторий с учетом личных целей сотрудников. Тинькофф Банк разработал систему «карт развития», где каждый сотрудник может выбрать свой путь роста. Карьерный маркетплейс – создание внутренней платформы для поиска возможностей развития и менторства. *Avito* разработала систему внутренних вакансий и обучающих курсов, доступную всем сотрудникам. Важно формировать у сотрудников социальную ответственность – вовлечение работников в благотворительные проекты компании. «Магнит», например, запустил программу волонтерства, где работники могут участвовать в социальных инициативах с оплатой рабочего времени. Становится популярной геймификация рабочих процессов – внедрение элементов игры в повседневную работу: системы баллов, уровней достижений, виртуальных наград [1]. Например, компания Сбербанк использует внутренние платформы для отслеживания *KPI* в формате игровых достижений.

В-третьих, переход на гибкие форматы работы, в том числе удаленную работу. Формат удаленной работы подходит для молодых женщин, которые ушли в декретный отпуск по уходу за ребенком, но хотят подработать и «не выпадать» из профессии, сохраняя актуальные знания и профессиональные навыки. Следовательно, руководитель может обеспечить им удаленную работу в виде подработки, чтобы женщина могла и зарабатывать, и ухаживать за малышом [6]. Также данный формат может использоваться для студентов, которые не могут постоянно находиться в офисах. Возможно ис-

пользование формата сокращенного рабочего дня / недели или применение гибкого графика работы. Этот формат обычно могут использовать молодые семьи, которым нужно забрать детей из детского сада или школы.

В настоящее время мы можем наблюдать новые тренды, формирующие мотивацию сотрудников. Их необходимо четко представлять как руководству компаний, так и специалистам кадровой службы. На сегодняшний день система мотивации сотрудников в российских компаниях претерпела значительные изменения, адаптируясь к потребностям нового поколения работников и реалиям цифровой экономики. Особенно заметными стали трансформации в подходах к мотивации молодых специалистов, которые требуют особого внимания к своему профессиональному и личностному развитию. Проведенный анализ современных трендов в системах мотивации молодых сотрудников показал, что многие подходы утратили свою актуальность. Строгая иерархия, исключительно материальное стимулирование, жесткая привязка к офисной работе, стандартизация рабочих процессов перестали влиять на молодое поколение. Ведь на смену им появились более эффективные практики, которые направлены на индивидуальный подход к сотруднику и создание для него условий саморазвития. Несмотря на значительные успехи в развитии систем мотивации, остается ряд задач для дальнейшего совершенствования. Необходимо продолжать работу над улучшением баланса между работой и личной жизнью сотрудников, развитием программ ментального здоровья, а также адаптацией корпоративных культур под потребности разных поколений работников. Перспективным направлением остается развитие гибридных форматов работы и расширение возможностей для профессионального роста сотрудников через внутренние карьерные маркетплейсы и системы менторства.

Список литературы

1. Иванова, А.П. Геймификация в бизнесе: практическое руководство по внедрению игровых механик в рабочие процессы / А.П. Иванова, М.И. Петров // Бизнес-технологии, 2024. – С. 256.
2. Петрушенко, Е.Д. Обратное наставничество / Е.Д. Петрушенко, Ю.Е. Семенова // Актуальные вопросы развития современного общества: сб. научных статей 10-й Всерос. науч.-практ. конф, 2020. – С. 328–331.
3. Семенова, Ю.Е. Проблема «порога сытости» в системе мотивации персонала / Ю.Е. Семенова // Вестник Балтийской педагогической академии. – 2013. – № 110. – С. 29–33.
4. Семенова, Ю.Е. Управление персоналом в условиях цифровизации общества / Ю.Е. Се-

менова // Наука на рубеже тысячелетий: сб. материалов 11-й Всерос. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 74–76.

5. Семенова, Ю.Е. Методы преодоления демотивации у линейных сотрудников / Ю.Е. Семенова, Л.Г. Десфонтейнес // Проблемы развития современного общества: сб. научных статей 5-й Всерос. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 111–114.

6. Семенова, Ю.Е. Проблемы организации дистанционной работы предприятия / Ю.Е. Семенова, Е.Н. Островская, Т.С. Хныкина // Глобальный научный потенциал. – 2020. – № 6(111). – С. 174–176.

7. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 25.12.2024) / РФ // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 1(ч. 1). – Ст. 3.

8. Semenova, Yu.E. Transformation of the Labor Market in the Context of Digitalization of the Economy / Yu.E. Semenova, E.N. Ostrovskaya, A.Yu. Panova // Components of Scientific and Technological Progress. – 2020. – No. 12(54). – P. 18–21.

References

1. Ivanova, A.P. Geymifikatsiya v biznese: prakticheskoye rukovodstvo po vnedreniyu igrovyykh mekhanik v rabochiye protsessy / A.P. Ivanova, M.I. Petrov // Biznes-tehnologii, 2024. – S. 256.

2. Petrushenko, Ye.D. Obratnoye nastavnichestvo / Ye.D. Petrushenko, YU.Ye. Semenova // Aktual'nyye voprosy razvitiya sovremennogo obshchestva: sb. nauchnykh statey 10-y Vseros. nauch.-prakt. konf, 2020. – S. 328–331.

3. Semenova, YU.Ye. Problema «poroga sytosti» v sisteme motivatsii personala / YU.Ye. Semenova // Vestnik Baltiyskoy pedagogicheskoy akademii. – 2013. – № 110. – S. 29–33.

4. Semenova, YU.Ye. Upravleniye personalom v usloviyakh tsifrovizatsii obshchestva / YU.Ye. Semenova // Nauka na rubezhe tysyacheletiy: sb. materialov 11-y Vseros. nauch.-prakt. konf. – 2018. – S. 74–76.

5. Semenova, YU.Ye. Metody preodoleniya demotivatsii u lineynykh sotrudnikov / YU.Ye. Semenova, L.G. Desfonteynes // Problemy razvitiya sovremennogo obshchestva: sb. nauchnykh statey 5-y Vseros. nauch.-prakt. konf. – 2020. – S. 111–114.

6. Semenova, YU.Ye. Problemy organizatsii distantsionnoy raboty predpriyatiya / YU.Ye. Semenova, Ye.N. Ostrovskaya, T.S. Khnykina // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2020. – № 6(111). – S. 174–176.

7. Trudovoy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 30 dekabrya 2001 g. № 197-FZ (red. ot 25.12.2024) / RF // Sobraniye zakonodatel'stva RF. – 2002. – № 1(ch. 1). – St. 3.

© А.Д. Терлецкая, Ю.Е. Семенова, А.Ю. Панова, Е.Н. Островская, 2025

Abstracts and Keywords

I.D. Andrianov, M.G. Dorrer

Extracting and Adapting Data in Documents Using Data Mining Techniques

Keywords: data extraction and adaptation; artificial intelligence; clustering; data processing; natural language processing; unification.

Abstract. The article presents an approach to the unification and clusterization of information from customs declarations. This approach should help improve price monitoring for key product groups, which can have a positive impact on trading activities in general. This solution should not only simplify the execution of time-consuming processes, but also increase the transparency and clarity of the entire system.

The technology of large language models and the named entity recognition method, which can be used to implement this approach, are also considered. These innovations will help to process data more efficiently, which will make trading operations more streamlined and accessible for analysis.

M.A. Arutiunian, S.V. Kolesnichenko

Development of a Mathematical Model and Refinement of the Numerical Method for Solving the Problem of Rational Placement of Technical Means of Traffic Management

Keywords: mathematical model; numerical methods; gradient descent method; Newton-Raphson method; technical means of traffic management; road safety.

Abstract. The study has developed nonparametric analogues of the gradient descent method and the Newton-Raphson method, oriented towards optimization in functional space. A modification of the numerical method based on their combination is proposed, which allows increasing the efficiency of finding solutions while maintaining accuracy and stability. The study continues the research initiated in our previous publications and deepens the theoretical basis for solving the problem by expanding the toolkit of numerical optimization.

B.S. Sadovskiy

Comparison of the Effectiveness of the IF/ELSE and SWITCH Conditional Statements in C++

Keywords: if/else; switch; conditional statements; C++ performance.

Abstract. The purpose of the article is to identify efficient-to-use C ++ constructs that implement polymorphism. The objectives are to define language constructs that implement polymorphism and define performance criteria; to write a program that implements polymorphism; to conduct testing to compare the results obtained. The hypothesis of the research is the assumption that virtual methods are slower than conventional ones. The research method is experimental testing of the performance of method (function) calls for sorting an array using an algorithm with simple exchanges. The result is a method call execution speed that can be used in the future to develop applications in C ++.

Development of a Search Information Bot with the Possibility of Using Artificial Intelligence Technologies

Keywords: information bot; algorithms; program testing; artificial intelligence; search engines.

Abstract. This article discusses the features of developing a search information bot based on modern programming tools and plug-in libraries, providing for the possibility of performing a search query using artificial intelligence technologies. Based on the optimal technologies choosing results for developing an information bot, its modular architecture was designed, a dialog interface for interaction has been developed, then the algorithms for the bot's operation were developed and implemented. The paper considers the implementation and realization features of search queries based on modern artificial intelligence tools. In conclusion, the designed and implemented information bot was tested using various methods, which allowed for a comprehensive check of the project's functionality.

The study aims to develop a search information bot to improve the convenience and simplify the search for information.

The tasks of the study included the analysis and selection of the optimal set of technologies for developing an information bot with the possibility of using artificial intelligence technologies; development and implementation of the bot architecture; development of algorithms for implementing the bot's functionality; description of key elements of interaction with the user; testing the project.

S.A. Merkulov, M.I. Bocharov

Integration of External Data Resources: Strategies and Threats

Keywords: data; integration; data integration; information; data sources; technologies.

Abstract. The article discusses the ways, modern technologies, and methods of integrating data from external sources. The most important trends in this area are highlighted. The key strategies for effective data integration, as well as the potential threats associated with their implementation, are considered. In addition, an innovative intelligent hybrid model of secure integration has been created to reduce existing risks.

The purpose is to analyze the strategies and potential risks associated with the integration of data from external sources.

The objectives are to study the essence, features and types of data integration from external sources; to consider popular modern methods and the latest technologies of data integration; to identify key trends in the field of data integration; to explore modern data integration strategies; to identify the risks associated with database integration; to develop an intelligent hybrid model for secure integration of external data.

The research hypothesis suggests that the development of a new intelligent hybrid model of secure data integration from external sources will minimize the risks associated with this process. Research methods included analysis, synthesis, modeling, comparison, review of scientific literature. The results are as follows: during this research, the essence and types of data integration from external sources were analyzed; modern technologies and methods of data integration from external sources were studied; key trends in the field of data integration were identified; modern data integration strategies were investigated; the risks associated with database integration were identified; an intelligent hybrid model of secure data integration from external sources was developed.

The Use and Disadvantages of Various Data Collection Automation Technologies

Keywords: automation; data; data collection; DBMS; technologies; IoT; PostgreSQL.

Abstract. The article discusses modern technologies of data collection automation and carries out their comparative analysis with highlighting advantages and disadvantages. Features and areas of their application are studied. Recommendations are listed, which contribute to more effective use of data collection automation technologies. The optimal method of using these technologies is proposed, namely, a hybrid approach, which combines the advantages of different data collection automation technologies. It involves the use of IoT devices for data collection, pre-processing using scripts, and subsequent storage in a cloud-based database system. The results show that the proposed method for automating data collection is effective and reliable. The hybrid approach allows for the optimization of data collection and processing processes.

The purpose is to explore the features and disadvantages of various data collection automation technologies.

The objectives are to review modern data collection automation technologies; to conduct a comparative analysis of modern data collection automation technologies; to develop recommendations for working with various data collection automation technologies; to confirm the effectiveness of a hybrid approach to using modern data collection automation technologies.

The research hypothesis suggests that the hybrid approach that combines the advantages of several technologies and implies the use of IoT devices for data collection, their pre-processing using scripts and subsequent storage in a cloud DBMS is more effective compared to traditional approaches, as it allows to achieve greater flexibility and adaptability of the system to changes in the business environment. Research methods included analysis, synthesis, modeling, comparison, and review of scientific literature. The results are as follows: in the course of this study, modern technologies of data collection automation were considered; a comparative analysis of modern technologies of data collection automation was carried out; recommendations for working with various technologies of data collection automation were developed; the effectiveness of a hybrid approach to the use of modern technologies of data collection automation was confirmed. Using the example of air quality monitoring using IoT and a cloud platform, it was proven that a hybrid approach can optimize the process of data collection and processing.

Modern Methods and Technologies of Big Data Processing and their Application

Keywords: big data; data processing; information; methods; technologies.

Abstract. The article discusses modern methods and technologies of data processing. It provides examples of their application using developed Python codes. The scientific novelty of the study lies in the proposed innovative method of analyzing large data by implementing automated machine learning (AutoML) models and its advantages.

The purpose is to research up-to-date methods and technologies for dealing with big data and their using.

The objectives are to consider modern methods and technologies for processing big data; to develop an innovative method for analyzing big data by implementing AutoML and underline its advantages.

The research hypothesis is that the proposed innovative method for analyzing big data, based on the implementation of AutoML, has many advantages and can optimize the information processing process.

Methods: analysis, synthesis, modeling, comparison, and review of scientific literature.

The results are as follows: the study aimed to reveal the essence of modern and currently most widespread technologies and methods for processing big data. In addition, special attention was paid to developing and confirming the effectiveness of an innovative method for analyzing big data, which

involves the implementation of AutoML in the information processing process.

Yu.A. Zharinov, T.M. Levina, R.R. Latypov

Creating a Virtual Simulator of an Unmanned Aerial Vehicle

Keywords: unmanned aerial vehicle; virtual reality; simulator; skills.

Abstract. In the modern world, the use of unmanned aerial vehicles in the military industry, agriculture, geology, geodesy, environmental monitoring and other industries is becoming more common. Unmanned aerial vehicles are used to detect hotbeds of emergency situations, perform dangerous tasks without risking the operator's life, safe monitoring, collect data, and monitor areas inaccessible to airplanes and helicopters. The creation of a virtual reality simulator provides users with the opportunity to practice specific skills in a safe and controlled environment while performing various complex tasks or work with hazardous materials, and gain experience without health-threatening risks. Virtual reality learning simulation can be customized according to the level of acquired skills and specific learning goals. The field of research is a specific algorithm of actions preceding the launch of an unmanned aerial vehicle. The development resulted in the creation of a virtual simulator on the Unity platform, including 3D models of UAVs and control panels, as well as a user action assessment system.

S.V. Murkin

The Strength Estimation of Threaded Joints of Drives

Keywords: threaded joint; fatigue resistance; contact layer; contact pliability.

Abstract. The article presents a strength estimation method for the threaded joints of drives, which increases the calculation accuracy taking into account the contact pliability of the connected parts. During the operation of drive equipment, there are cases of destruction of nominally strong threaded joints, which can be explained by overestimating the strength estimate during calculations. The purpose of the paper is to refine the methodology for assessing the strength of threaded connections, taking into account the design features and the loading mode of the drives. To achieve this goal, the tasks of substantiating the choice of a strength assessment criterion, determining the parameters of the contact surfaces and modeling the joint of the parts to be joined were solved. The tasks were solved by analyzing scientific and technical literature and mathematical modeling. The hypothesis assumes that neglecting contact pliability overestimates the strength rating. It is shown that the threaded joints of the drives experience multi-cycle loading. In this case, the main criterion of operability is the safety margin for alternating stress. The joint of the rough flange surfaces behaves like an elastic gasket, increasing the variable component of the load on the screws and, consequently, reducing the margin of safety. In the calculation scheme of the technique, the contact zone of the parts is modeled by a contact layer, the pliability of which depends on the pre-tightening force, roughness and undulation of the contact surfaces. The technique makes it possible to obtain more accurate values of the safety margin coefficients, as well as to justify the need to increase pre-tightening and use more accurate methods of its control, improve the quality of contact surface treatment, and use high-strength screws.

S.V. Kurovsky, D.A. Mishin, N.D. Ivanov, V.A. Gafarova

Study of the Efficiency of Using Composite Materials for Repair and Strengthening Damaged Sections of Oil and Gas Pipelines

Keywords: composite materials; oil industry; repair of damaged sections; oil and gas pipelines; efficiency research.

Abstract. The purpose of the article is to present the results of a study of the effectiveness of using composite materials to repair and strengthen damaged sections of oil and gas pipelines. The objectives of the study are to provide a brief overview of existing technologies for repairing damaged sections

of oil and gas pipelines; to outline the methodology and results of a study of the effectiveness of using composite materials to repair and strengthen damaged sections of oil and gas pipelines. The hypothesis of the study is that the use of composite materials based on polymer matrices with reinforcement allows not only to restore the bearing capacity of damaged sections of oil and gas pipelines, but also to surpass traditional repair methods in terms of strength and tightness. The results that were achieved during the study: existing technologies for repairing damaged sections of oil and gas pipelines were considered, the effectiveness of using composite materials for repairing and strengthening damaged sections of oil and gas pipelines was substantiated.

N.N. Saveleva

Application of Polymer Pipes for Hydrocarbon Deposits Collection Systems

Keywords: collection systems; oil field; hydrocarbons; oil; well fluid; produced water; flexible polymer reinforced pipes.

Abstract. An urgent task of the oil and gas complex is to increase the terms of trouble-free service of hydrocarbon transportation through collection systems from fields. Currently, most collection systems have long service lives and consist of metal pipes and process equipment, which have a number of disadvantages. The main problem in the operation of metal structures is corrosion, which is a trigger for destruction. The purpose of the study is to propose a technical solution to reduce the impact of corrosion on collection systems from fields and thereby increase their durability and reliability. The article proposes to minimize emergency situations associated with corrosive wear of the pipeline network and process equipment, replacing steel pipeline sections highly susceptible to corrosion with flexible polymer reinforced pipes. As a result, we will reduce the downtime of the pipeline system, reduce leaks of well products, oil, and bottom water in the event of accidents. We will increase the durability of the collection systems and reduce the costs of maintenance and repair of pipelines.

M.M. Grishkevich, P.M. Grishkevich, G.R. Romanov

Development of Mechanical Gyroscope for UAV Autonomous Navigation under Satellite Signal Denial Conditions

Keywords: UAV; mechanical gyroscope; autonomous navigation; GPS-denied navigation; emergency monitoring.

Abstract. The aim of the research is to develop a high-precision mechanical gyroscope for autonomous UAV navigation in the absence of a satellite signal (**GPS/GLONASS**). The main tasks include creating a compact and interference-resistant structure, ensuring measurement accuracy, and integrating the system with on-board software for autonomous route correction. The hypothesis of the study was that a mechanical gyroscope based on the classical principle of conservation of angular momentum, complemented by modern materials (composites, ceramic bearings) and vacuum damping, would surpass electronic analogues (**MEMS**) in reliability and resistance to vibrations, EM interference and temperature fluctuations. During the research, CAD modeling (SolidWorks), 3D body printing (**SLS**), precision component processing, bench tests (vibration stand, thermal chambers) were used. The result is a prototype used in emergency monitoring and various missions.

A.V. Kravtsov, A.S. Yatsun

Features of Development and Implementation of a Robotic Line at a Dairy Production Enterprise

Keywords: production; milk; robotics; control; efficiency; management.

Abstract. The advent of industrial robots and robotic systems marks an era of transformation in the

traditional food industry and heralds a paradigm shift in food production methods. The purpose of the article is to consider the features of the development and implementation of a robotic line at a dairy production enterprise. The article is devoted to the consideration of the features of the development and implementation of a robotic line at enterprises manufacturing dairy products. The specifics of using the mathematical method of multi-criteria decision-making to select priority technologies and areas of their implementation are determined. In addition, the main technical parameters necessary for the design and implementation of robotic lines at dairy enterprises are identified.

S.V. Detkin, A.V. Detkin, D.Yu. Kolodyazhny

Removal of Thermally Damaged Layer after Electrical Discharge Machining

Keywords: homogenization annealing; electrical discharge machining; thermally damaged layer; Inconel 718; Laves phase; δ -phase; electrochemical polishing; phase diagrams.

Abstract. This study explores the application of homogenization heat treatment (**HT**) as a surface preparation method for nickel-based superalloys, particularly Inconel 718, prior to the removal of the thermally damaged layer (recast layer) formed during wire electrical discharge machining (**WEDM**). The aim of the research is to theoretically substantiate the effectiveness of homogenization treatment in reducing the resistance of recast layer phases to electrochemical dissolution. The following tasks were addressed: analysis of the nature and structure of the recast layer after WEDM, identification of stable phases formed in the surface layer, modeling of their thermal behavior using phase diagrams, and formulation of a hypothesis regarding the enhanced conditions for electrochemical polishing (**ECP**) due to homogenization.

The central hypothesis of this study is that homogenization at 1 080–1 140 °C for 1–4 hours promotes the partial or complete dissolution of intermetallic phases such as Laves ((Ni,Fe)₂Nb) and δ (Ni₃Nb), as well as the redistribution of alloying elements, thereby reducing the chemical and mechanical stability of the recast layer. The methodology includes analysis of published data, thermodynamic modeling using binary phase diagrams (Ni–Nb, Ni–Mo, Ni–Ti), and comparison of known experimental results on microstructure and hardness following WEDM and HT. The results confirm that homogenization facilitates the weakening of thermally stable and chemically inert phases within the recast layer, thus improving the efficiency of subsequent electrochemical removal. Although the hypothesis requires experimental validation, the theoretical framework already demonstrates significant applicability in the context of import substitution and turbine blade repair practices.

V.Ye. Ovsyannikov, S.S. Chuikov, M.O. Chernyshov, D.V. Fadyushin, D.A. Maslov

Increased Stability of Production of Parts from Non-Ferrous Alloys by Using Tools with Coatings

Keywords: manufacturing; tool; coating; stability; technology; machining.

Abstract. This article discusses the use of wear-resistant coating technology to increase the efficiency of processing parts that are made of non-ferrous alloys. The purpose of the study is to investigate the possibility of increasing the stability of the production of non-ferrous alloy parts based on the use of coated cutting tools made in small series. The objectives of the study are to manufacture cutting tools with different geometries and coatings and select the optimal option for processing parts made of non-ferrous alloys. Research methods included planning and organization of the experiment, methods of engineering technology and qualimetry. As a result of testing and evaluation by the differential method, the optimal design of the milling cutter was established, which allows to ensure stable obtaining of the required surface quality when processing parts made of non-ferrous alloys.

A Mathematical Model for Assessing the Quality of the Design Documentation Development Process Based on BIM Model Attribute Analysis

Keywords: mathematical model; quality assessment; BIM; hierarchical model; attributes; expert evaluation method; PATTERN.

Abstract. The key process in modern construction design remains the process of forming sets of design and working documentation. The hypothesis suggests that it is necessary to quantify the quality of this process based on measurable criteria. The purpose of this article is to develop a mathematical model for assessing the quality of the process of forming sets of documentation based on a hierarchical system of requirements for the attributes of the BIM model and taking into account their significance. To achieve this goal, it is necessary to decompose the documentation structure, develop an algorithm for assessing significance and a mathematical model based on these estimates. The result of the research is a mathematical model for evaluating the quality of the design process with weighted coefficients based on the attribute information of the BIM model.

S.L. Kushnarev

Protection of the Rights of Consumers Of Engineering Products

Keywords: machinery; equipment; quality; reliability; efficiency; firm; competitiveness; technical service.

Abstract. The aim of the study is to improve the quality of domestic engineering through the mandatory introduction of engineering and technical support by manufacturers of machines of their products (branded technical service).

The research tasks are to justify the interest of machine builders, consumers of machines and the state in creating a proprietary service system, to develop a regulatory framework for this.

The analysis of consumer requirements for the quality of engineering products and engineering and technical support services indicates the need to pay attention to the completeness of the implementation of the law "On Protection of Consumer Rights" by manufacturing companies.

Methods for determining the price of engineering products and determining losses from downtime of machines associated with their failures make it possible to justify the economic efficiency of all participants in the system.

Based on the results of the work, the main functions of the state for the observance of the rights of consumers of engineering products are outlined to increase the efficiency of machine use.

A.Yu. Tumanov

Development of a Process Simulation Model of the Sustainability Management System of the Production Infrastructure in the IThink Notation

Keywords: quality; simulation model; processes; system; sustainability improvement; infrastructure.

Abstract. The aim of the study is to develop a process simulation model of the sustainability management system (SMS) of the production infrastructure in the IThink notation. The objectives of the study are to build two models – tabular and process models. The hypothesis of the study is that the model will allow describing the activities of the SMS and interactively defining the characteristics of the process under study to increase the sustainability of the production infrastructure when exposed to external environmental factors. Research methods included methods of system dynamic modeling. The main results obtained by the author are as follows. For a formalized description, identification and solution of quality assurance problems under the influence of environmental factors, a process simulation

model of the production infrastructure in the IThink notation has been developed.

Е.В. Шаломова, Б.В. Грушенко

Исследование возможных путей усовершенствования процесса контроля качества продукции и процесса производства профиля из древесно-полимерного композита

Ключевые слова: автоматизация контроля; древесно-полимерный композит; модульный набор счетчиков; системы контроля качества.

Аннотация. Цель статьи – исследовать возможные пути усовершенствования контроля качества продукции и процесса производства профиля из древесно-полимерного композита. Задачи исследования: рассмотреть ключевые технологические направления современных систем контроля качества и разработать новую систему, объединяющую модульный набор датчиков, размещенных на конвейере в зонах критического контроля. Гипотеза исследования: мы предполагаем, что развитие предложенной нами системы позволит не только определять бракованную продукцию и тип несоответствия с последующим изъятием бракованных единиц с линии, но и откроет возможности к переходу к превентивному управлению качеством путем построения точных корреляционных моделей. Методы исследования: анализ, обобщение, синтез. Достигнутые результаты исследования: в процессе исследования предложено развитие системы со внедрением предиктивной аналитики, которая открывает перспективы для полного перехода к бездефектному производству.

E.V. Kostoustova, M.V. Zubova, I.V. Shadrina, O.G. Feoktistov

Digital Solutions for Increasing Oil Recovery from Deposits

Keywords: digital twin; artificial intelligence; hard-to-recover oil reserves; costs; profitability; smart field; digital technologies.

Abstract. The purpose of the article is to evaluate the effectiveness of some digital solutions for increasing the oil recovery of a field. The hypothesis of using modern technologies to manage production processes is substantiated, which will lead to an increase in production and a decrease in operating costs. The study used analysis and comparison methods. The study concluded that the use of "digital twins" helps to improve internal processes and strengthen the competitiveness of the company.

M.A. Khalikov

Project Risk Management Based on Hybrid Particle Swarm Optimization Algorithm

Keywords: project risk management; multi-criteria optimization; metaheuristics; "particle swarm" optimization algorithm; fuzzy logic; hybridization.

Abstract. Risk management is the key to ensuring the effective implementation of projects in an environment of rapid growth in their scale and complexity. The purpose of the article is to develop a new method for selecting optimal project parameters that minimize the cumulative damage caused by potential risks. To solve this problem, a hybrid method was proposed that combines the capabilities of the classical "particle swarm" optimization algorithm, inspired by the behavior of swarms in nature, as well as the adaptive neuro-fuzzy system for automatically adjusting the probabilities of potential risks. The developed software tool is implemented in the Python programming language. Validation of the proposed method by comparing the results of its operation with manual configuration showed a 20 % reduction in the total damage caused by potential risks, which confirms the prospects of its use to solve project risk management problems.

Assessment of Factors Influencing the Birth Rate in Russia

Keywords: demography; birth rate; total fertility rate; factor influence; correlation and regression analysis.

Abstract. The relevance of the study of the birth rate in Russia is due to the decrease in the number of the working-age population, its aging. The study of the factors influencing the birth rate will help to overcome the current trend of declining birth rates, development of regionally oriented programs to support the population. The purpose of this study is to identify the most significant factors that determine the total fertility rate, as well as the opportunities and prospects for improving the demographic situation in the Russian Federation. Objectives: based on multiple correlation analysis of the total fertility rate by regions of Russia, countries of the world and in dynamics over 45 years, to find out the factors influencing the birth rate. Research hypothesis: to identify the most significant factors influencing the birth rate in order to construct a regression equation. Methods used: correlation and regression analysis. Based on the results of the study, the factors most significantly influencing the birth rate in Russia were determined.

A.A. Kuznetsov

Youth Policy as a Tool for Staff Motivation at PJSC LUKOIL

Keywords: youth policy; young specialist model; motivational factors of work; experience transfer system; bank of applicants; personnel reserve; adaptation of young workers.

Abstract. The consequences of socio-economic reforms in Russia, the need to improve the military and economic mechanism of the state, and the acute demographic crisis are reducing the country's common base of potential young workers and economically active population. In this regard, the relevance of the study of the youth direction of the organization's personnel policy increases. The purpose of the study is to increase the effectiveness of corporate youth policy. The objectives are to identify the main directions, shortcomings, features, and prospects for the development of the corporation's youth policy. Research hypothesis suggests that the problems of corporate youth policy and ways to solve them in a crisis. Research methods included a systematic approach, generalization, comparative analysis. The results are as follows: a "young specialist model" has been developed, and a number of measures have been proposed to improve the effectiveness of youth corporate policy in times of crisis.

T.I. Kuznetsova

Environmental Strategy of PJSC LUKOIL: Nature Protection and Sustainable Development through Crisis

Keywords: environmental strategy; environmental safety management; environmental protection costs; environmental monitoring; environmental transparency; environmental culture of personnel; environmentally oriented company.

Abstract. Environmental protection from industrial waste pollution is one of the most important strategic objectives for the sustainable development of production systems in a market economy. With the current level of technological development, a number of industries pose a danger to the environment. These industries include, first of all, petrochemical production. In this regard, the relevance of studying the problems of developing environmental policy at petrochemical enterprises is increasing. The purpose of the study is to develop an environmental strategy for an integrated industrial structure based on the example of PJSC LUKOIL. The tasks are to determine the requirements for the environmental policy of the enterprise, to identify departments and levels of environmental management, to determine the responsibility of personnel for violations of environmental legislation, to calculate the costs of

environmental measures, to develop a number of measures to improve environmental policy. Research hypothesis: principles and objectives of the environmental strategy and their implementation in a crisis. Research methods included a systematic approach, generalization, and comparative analysis. The results are as follows: the environmental policy of PJSC LUKOIL has been analyzed, and a number of measures have been developed to improve it in the context of the crisis.

S.I. Tkachev, L.A. Voloshchuk, V.V. Kondak

Analysis of the Efficiency of Financial Resources of Agricultural Enterprises

Keywords: financial resources; financial result; agricultural production; net profit; income; expenses.

Abstract. The basic component of the functioning of the economic mechanism of business entities of commercial type is the availability and efficiency of the use of financial resources. Financial resources are formed at the expense of cash flow, their equivalents and other instruments that form the sources of renewal of material resources and create the basis for the financial stability of the enterprise. The main source of own accumulation and the source of financing of the corresponding reserves is a positive financial result in the form of profit. The accumulation of the retained part of net profit allows the enterprise to cover the losses of previous periods and form the cumulative part of equity. This aspect contributes to an increase in solvency indicators, improving the level of competitiveness and investment attractiveness of the company. This determines the stability of current operations and ensures economic growth for the future.

E.V. Yaluner, A.V. Tarakanov

Development of a Method for Assessing the Directions of Tourist Investment Potential of a Separate Territory

Keywords: tourism; assessment of investment attractiveness; expert assessment method; Kendall concordance coefficient.

Abstract. The purpose of the article is to substantiate the possibility of using the Kendall concordance coefficient to determine the degree of agreement of experts in ranking factors of investment attractiveness and developing priority areas for the development of tourist investment potential. For the study, mathematical analysis methods were selected, as an example, a survey of experts on the investment tourism potential of the Vologda region, ranking of expert opinions and a methodology for substantiating the consistency of expert opinions were taken. As a result, the possibility of using the proposed methodology in planning strategic investment directions for the development of tourist destinations is substantiated.

L.S. Vereshchagina, L.A. Olhova, D.F. Rashidov, V.V. Taratorkin

Using Modern Technologies for Assessment of Civil Servants

Keywords: assessment technology; "360°" methodology; key performance indicators (KPI); automation; civil servant; efficiency.

Abstract. The traditional nature of the methods and tools, insufficient transparency and objectivity are serious limitations to the effectiveness of mandatory activities for the assessment and certification of state civil servants. The purpose of the article is to substantiate proposals to improve the efficiency of the process of assessing the personnel of state bodies. The objectives of the study include: developing recommendations for the implementation of the "circular" assessment procedure, the introduction of a KPI system for line managers and specialists in the civil service, substantiating the effectiveness of these recommendations. The object of the study is the state authorities of the constituent entity of the federation, the subject of the work: proposals to improve the technology for assessing civil servants in

the region. Research methods included dialectical method of cognition, systems approach, economic-statistical and sociological methods. Results of the work: recommendations for the use of the "360" method, KPIs of line managers and specialists in the public administration system, etc.

A.D. Terletskaya, Yu.E. Semenova, A.Yu. Panova, E.N. Ostrovskaya

Key Trends in Motivation Systems for Young Employees

Keywords: staff motivation; young professionals; and personnel management.

Abstract. In the context of the modern economy and the digitalization of all areas of activity, the problem of motivating young professionals has become particularly relevant. The purpose of this article is to analyze the main trends in the systems of motivating the younger generation of employees and identify the most effective tools for stimulating their work. The hypothesis of the study is that traditional methods of motivation have lost their effectiveness in relation to young employees, which requires the development of new approaches to their stimulation. The main research methods include the analysis of scientific literature, the generalization of the practical experience of Russian companies, and the comparative analysis of traditional and modern models of motivation. The study identified key trends in the motivation systems of young employees, determined the most effective incentive tools, and formulated recommendations for improving existing motivation systems to meet the needs of the new generation.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

List of Authors

И.Д. АНДРИАНОВ аспирант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск E-mail: and_i24@mail.ru	I.D. ANDRIANOV Postgraduate Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk E-mail: and_i24@mail.ru
М.Г. ДОРРЕР кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск E-mail: dorrer_mg@sibsau.ru	M.G. DORRER Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information and Control Systems, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk E-mail: dorrer_mg@sibsau.ru
М.А. АРУТЮНЯН старший преподаватель кафедры математического моделирования и прикладной информатики Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург E-mail: melanya.arutyunyan@yandex.ru	M.A. ARUTIUNIAN Senior Lecturer, Department of Mathematical Modeling and Applied Informatics, Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg E-mail: melanya.arutyunyan@yandex.ru
С.В. КОЛЕСНИЧЕНКО доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой математического моделирования и прикладной информатики Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, г. Санкт-Петербург E-mail: serjkop@yandex.com	S.V. KOLESNICHENKO Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Mathematical Modeling and Applied Informatics, Admiral S.O. Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg E-mail: serjkop@yandex.com
Б.С. САДОВСКИЙ старший преподаватель кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва E-mail: sadovskiy@mgsu.ru	B.S. SADOVSKIY Senior Lecturer, Department of Information Systems, Technologies, and Automation in Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow E-mail: sadovskiy@mgsu.ru
Я.А. ФЕДУЛОВ кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники филиала Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Смоленск E-mail: fedulov_yar@mail.ru	YA.A. FEDULOV Candidate of Science(Engineering), Associate Professor, Department of Computer Engineering, National Research University MPEI, Smolensk Branch E-mail: fedulov_yar@mail.ru

Е.А. ГРИЦ ассистент кафедры вычислительной техники филиала Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Смоленск E-mail: radyuk.elizavetka@mail.ru	E.A. GRITZ Assistant Lecturer, Department of Computer Engineering, National Research University MPEI, Smolensk Branch E-mail: radyuk.elizavetka@mail.ru
Ю.Д. МАРАКУЛИНА ассистент кафедры вычислительной техники филиала Национального исследовательского университета «МЭИ», г. Смоленск E-mail: yulya.marakulina.03@bk.ru	YU.D. MARAKULINA Assistant Lecturer, Department of Computer Engineering, National Research University "МPEI" Branch, Smolensk E-mail: yulya.marakulina.03@bk.ru
С.А. МЕРКУЛОВ аспирант Финансового университета при Пра- вительстве Российской Федерации, г. Москва E-mail: smerkulov98@yandex.ru	S.A. MERKULOV Postgraduate Student, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow E-mail: smerkulov98@yandex.ru
М.А. БОЧАРОВ кандидат педагогических наук, доцент ка- федры информационных технологий Фи- нансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва E-mail: Kharlashina.v@mail.ru	M.A. BOCHAROV Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Information Technology, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow E-mail: Kharlashina.v@mail.ru
Ю.А. ЖАРИНОВ кандидат педагогических наук, доцент ка- федры информационных технологий Института нефтепереработки и нефтехимии Уфим- ского государственного нефтяного техниче- ского университета (филиала), г. Салават E-mail: zharinovya@mail.ru	YU.A. ZHARINOV Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Information Technologies, Institute of Oil Refining and Petrochemistry of Ufa State Oil Technological University (branch), Salavat E-mail: zharinovya@mail.ru
Т.А. ЛЕВИНА кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Института нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета (филиала), г. Салават E-mail: tattin76@mail.ru	T.A. LEVINA Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Information Technology, Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University (branch), Salavat E-mail: tattin76@mail.ru
Р.Р. ЛАПЫТОВ студент Института нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета (фи- лиала), г. Салават E-mail: rus.latypov.1975@mail.ru	R.R. LAPYTOV Student, Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University (branch), Salavat E-mail: rus.latypov.1975@mail.ru

С.В. МУРКИН кандидат технических наук, доцент кафедры основ конструирования машин Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва E-mail: svmurkin@bmstu.ru	S.V. MURKIN Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Machine Design Fundamentals, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow E-mail: svmurkin@bmstu.ru
С.В. КУРОВСКИЙ руководитель научно-исследовательского подразделения ООО «Высшая Школа Образования», г. Одинцово E-mail: 8917564@gmail.com	S.V. KUROVSKY Head of Research Department, Higher School of Education, Odintsovo E-mail: 8917564@gmail.com
Д.А. МИШИН руководитель редакционно-издательского отдела ООО «Высшая Школа Образования», г. Одинцово E-mail: 9651530@gmail.com	D.A. MISHIN Head of Editorial and Publishing Department, Higher School of Education, Odintsovo E-mail: 9651530@gmail.com
Н.Д. ИВАНОВ аспирант Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа E-mail: niksonufa@yandex.ru	N.D. IVANOV Postgraduate Student, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa E-mail: niksonufa@yandex.ru
В.А. ГАФАРОВА кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа E-mail: gafarova.vika@bk.ru	V.A. GAFAROVA Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa E-mail: gafarova.vika@bk.ru
Н.Н. САВЕЛЬЕВА кандидат педагогических наук, доцент кафедры нефтегазового дела Тюменского индустриального университета, г. Тюмень E-mail: nnsavelieva@yandex.ru	N.N. SAVELEVA Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor, Department of Oil and Gas Engineering, Tyumen Industrial University, Tyumen E-mail: nnsavelieva@yandex.ru
М.М. ГРИШКЕВИЧ магистрант Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск E-mail: griskevic@yandex.com	M.M. GRISHKEVICH Master's Student, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk E-mail: griskevic@yandex.com
М.П. ГРИШКЕВИЧ аспирант Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск E-mail: pavlik@ex.istu.edu	M.P. GRISHKEVICH Postgraduate Student, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk E-mail: pavlik@ex.istu.edu

Г.Р. РОМАНОВ кандидат технических наук, доцент Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск E-mail: grom123456@mail.ru	G.R. ROMANOV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk E-mail: grom123456@mail.ru
А.В. КРАВЦОВ аспирант Юго-Западного государственного университета, г. Курск E-mail: kravtsov@amgr.su	A.V. KRAVTSOV Postgraduate Student, Southwestern State University, Kursk E-mail: kravtsov@amgr.su
А.С. ЯЦУН кандидат технических наук Юго-Западного государственного университета, г. Курск E-mail: ayatsun@ya.ru	A.S. YATSUN Candidate of Science (Engineering), Southwestern State University, Kursk E-mail: ayatsun@ya.ru
С.В. ДЕТКИН студент Московского государственного технологического университета «Станкин», г. Москва E-mail: s.detkin14101@gmail.com	S.V. DETKIN Student, Moscow State Technological University "Stankin", Moscow E-mail: s.detkin14101@gmail.com
С.А. ДЕТКИН студент Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва E-mail: s.detkin14101@gmail.com	S.A. DETKIN Student, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow E-mail: s.detkin14101@gmail.com
Д.Ю. КОЛОДЯЖНЫЙ доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения Московского государственного технологического университета «Станкин», г. Москва E-mail: kolod@mail.ru	D.YU. KOLODYAZHNY Doctor of Engineering, Professor, Department of Mechanical Engineering, Moscow State Technological University "Stankin", Moscow E-mail: kolod@mail.ru
В.Е. ОВСЯННИКОВ доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения Тюменского индустриального университета, г. Тюмень E-mail: vik9800@mail.ru	V.E. OVSYANNIKOV Doctor of Engineering, Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, Tyumen Industrial University, Tyumen E-mail: vik9800@mail.ru
С.С. ЧУЙКОВ кандидат технических наук, заведующий кафедрой станков и инструментов Тюменского индустриального университета, г. Тюмень E-mail: vik9800@mail.ru	S.S. CHUIKOV Candidate of Science (Engineering), Head of Department of Machine Tools and Tools, Tyumen Industrial University, Tyumen E-mail: vik9800@mail.ru
М.О. ЧЕРНЫШЕВ кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения Тюменского индустриального университета, г. Тюмень E-mail: vik9800@mail.ru	M.O. CHERNYSHEV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, Tyumen Industrial University, Tyumen E-mail: vik9800@mail.ru

Д.В. ФАДЮШИН кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроения Курганского государственного университета, г. Курган E-mail: fadyushin_87@mail.ru	D.V. FADYUSHIN Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Kurgan State University, Kurgan E-mail: fadyushin_87@mail.ru
Д.А. МАСЛОВ старший преподаватель кафедры машиностроения Курганского государственного университета, г. Курган E-mail: fadyushin_87@mail.ru	D.A. MASLOV Senior Lecturer, Department of Mechanical Engineering, Kurgan State University, Kurgan E-mail: fadyushin_87@mail.ru
И.Н. КРИОНИ аспирант Высшей школы передовых цифровых технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: ilya.krioni@spbpu.com	I.N. KRIONI Postgraduate Student, Higher School of Advanced Digital Technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: ilya.krioni@spbpu.com
М.В. БОЛСУНОВСКАЯ кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией промышленных систем потоковой обработки данных Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: bolsun_mv@spbstu.ru	M.V. BOLSUNOVSKAYA Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Head of Laboratory of Industrial Stream Data Processing Systems, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: bolsun_mv@spbstu.ru
С.Л. КУШНАРЕВ кандидат технических наук, доцент основ конструирования машин Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва E-mail: serg-leo@mail.ru	S.L. KUSHNAREV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Machine Design Fundamentals, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow E-mail: serg-leo@mail.ru
А.Ю. ТУМАНОВ кандидат технических наук, доцент кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, г. Санкт-Петербург E-mail: toumanov@mail.ru	A.Yu. TUMANOV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Department of Metrological Support of Innovative Technologies and Industrial Safety, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg E-mail: toumanov@mail.ru
Е.В. ШАЛОМОВА кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков профессиональной коммуникации Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир E-mail: shalomova2013@mail.ru	E.V. SHALOMOVA Candidate of Science (Pedagogy), Associate Professor of the Department of Foreign Languages and Professional Communication, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir E-mail: shalomova2013@mail.ru

Б.В. ГРУШЕНКО магистрант Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир E-mail: b.gvg4411@gmail.com	B.V. GRUSHENKO Master's student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir E-mail: b.gvg4411@gmail.com
Е.В. КОСТОУСТОВА старший преподаватель кафедры бизнес-информатики и моделирования бизнес-процессов Сибирского федерального университета, г. Красноярск E-mail: Kost-elen@yandex.ru	E.V. KOSTOUSTOVA Senior Lecturer, Department of Business Informatics and Business Process Modeling, Siberian Federal University, Krasnoyarsk E-mail: Kost-elen@yandex.ru
М.В. ЗУБОВА кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-информатики и моделирования бизнес-процессов Сибирского федерального университета, г. Красноярск E-mail: mvzubova@mail.ru	M.V. ZUBOVA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Business Informatics and Business Process Modeling, Siberian Federal University, Krasnoyarsk E-mail: mvzubova@mail.ru
И.В. ШАДРИНА кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-информатики и моделирования бизнес-процессов Сибирского федерального университета, г. Красноярск E-mail: ivshadrina@mail.ru	I.V. SHADRINA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Business Informatics and Business Process Modeling, Siberian Federal University, Krasnoyarsk E-mail: ivshadrina@mail.ru
О.Г. ФЕОКТИСТОВ кандидат технических наук, доцент кафедры бизнес-информатики и моделирования бизнес-процессов Сибирского федерального университета, г. Красноярск E-mail: fog-ido@mail.ru	O.G. FEOKTISTOV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Business Informatics and Business Process Modeling, Siberian Federal University, Krasnoyarsk E-mail: fog-ido@mail.ru
М.А. ХАЛИКОВ доктор экономических наук, профессор кафедры математических методов в экономике Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, г. Москва E-mail: michail.alfredovich@mail.ru	M.A. KHALIKOV Doctor of Economics, Professor, Department of Mathematical Methods in Economics, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow E-mail: michail.alfredovich@mail.ru
Л.В. ГОРШКОВА кандидат экономических наук, доцент кафедры мировой экономики и таможенной статистики Российской таможенной академии, г. Люберцы E-mail: l.gorshkova@customs-academy.ru	L.V. GORSHKOVA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of World Economy and Customs Statistics, Russian Customs Academy, Lyubertsy E-mail: l.gorshkova@customs-academy.ru

А.А. КУЗНЕЦОВ кандидат экономических наук, доцент кафедры промышленной логистики Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва E-mail: kuznetsovaaa@bmstu.ru	A.A. KUZNETSOV Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Industrial Logistics, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow E-mail: kuznetsovaaa@bmstu.ru
Т.И. КУЗНЕЦОВА кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и бизнеса Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Москва E-mail: kuznetsovati@bmstu.ru	T.I. KUZNETSOVA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Economics and Business, Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow E-mail: kuznetsovati@bmstu.ru
С.И. ТКАЧЕВ кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и статистики Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов E-mail: tkachevsi@vavilovsar.ru	S.I. TKACHEV Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Accounting and Statistics, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov E-mail: tkachevsi@vavilovsar.ru
Л.А. ВОЛОЩУК кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и статистики Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов E-mail: voloshuk@vavilovsar.ru	L.A. VOLOSHCHUK Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Accounting and Statistics, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov E-mail: voloshuk@vavilovsar.ru
В.В. КОНДАК кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и статистики Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов E-mail: kondakvera@yandex.ru	V.V. KONDAK Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Accounting and Statistics, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov E-mail: kondakvera@yandex.ru
Я.В. ЯЛУНЕР доктор экономических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного экономического университета и Санкт-Петербургского университета технологий управления и экономики, г. Санкт-Петербург E-mail: yaluner@yandex.ru	Ya.V. YALUNER Doctor of Economics, Professor, Saint Petersburg State University of Economics and Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics, Saint Petersburg E-mail: yaluner@yandex.ru
А.В. ТАРАКАНОВ аспирант Санкт-Петербургского университета технологий управления и экономики, г. Санкт-Петербург E-mail: tarakanov-av@mail.ru	A.V. TARAKANOV Postgraduate Student, Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics, Saint Petersburg E-mail: tarakanov-av@mail.ru

Л.С. ВЕРЕЩАГИНА доктор экономических наук, профессор кафедры отраслевого управления и экономической безопасности Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов E-mail: vereshchaginals@sstu.ru	L.S. VERESHCHAGINA Doctor of Economics, Professor, Department of Industry Management and Economic Security, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov E-mail: vereshchaginals@sstu.ru
Л.А. ОЛЬХОВА кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и товароведения АНОО ВО Центрсоюза РФ Российского университета кооперации – филиала Поволжского кооперативного института, г. Энгельс E-mail: 766627@mail.ru	L.A. OLHOVA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Economics and Commodity Science, Academy of Public Education, Higher Education Center, Russian University of Cooperation, Branch of Volga Region Cooperative Institute, Engels E-mail: 766627@mail.ru
Д.Ф. РАШИДОВ аспирант Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов E-mail: dzharula888888@gmail.com	D.F. RASHIDOV Postgraduate Student, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov E-mail: dzharula888888@gmail.com
В.В. ТАРАТОРКИН аспирант Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина, г. Саратов E-mail: vladtaratorkin@yandex.ru	V.V. TARATORKIN Postgraduate Student, Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov E-mail: vladtaratorkin@yandex.ru
А.Д. ТЕРЛЕЦКАЯ специалист по кадрам Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург E-mail: sashater3313@gmail.com	A.D. TERLETSKAYA HR Specialist, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg E-mail: sashater3313@gmail.com
Ю.Е. СЕМЕНОВА кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономики и управления Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург E-mail: sashater3313@gmail.com	YU.E. SEMENOVA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Head of Department of Economics and Management, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg E-mail: sashater3313@gmail.com
А.Ю. ПАНОВА кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург E-mail: sashater3313@gmail.com	A.YU. PANOVA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Economics and Management, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg E-mail: sashater3313@gmail.com

Е.Н. ОСТРОВСКАЯ

кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург

E-mail: sashater3313@gmail.com

E.N. OSTROVSKAYA

Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Economics and Management, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg

E-mail: sashater3313@gmail.com

ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ
SCIENCE AND BUSINESS: DEVELOPMENT WAYS
№ 8(170) 2025
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Подписано в печать 23.08.2025 г.
Формат журнала 60×84/8
Усл. печ. л. 24,19. Уч.-изд. л. 11,49.
Тираж 1000 экз.