

ISSN 2221-5182

Импакт-фактор РИНЦ: 0,485

«НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ»

научно-практический журнал

№ 7(169) 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:

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

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

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

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ:

- Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства
- Региональная и отраслевая экономика
- Мировая экономика

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 экономической социологии Санкт-Петербургского государственного университета; тел.: 8(812)274-97-06; E-mail: elena.tarando@mail.ru.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«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.

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

Даниловский Алексей Глебович – д.т.н., профессор кафедры судовых 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

- Баширов М.Г., Волкова О.Г., Шаповалов Д.Ю., Митрофанов М.В.** Применение искусственного интеллекта в системе электроснабжения потребителей..... 8
- Гончаров К.А., Судаков В.А.** Использование технологий нечеткой регрессии и автоматизированного решения задач многокритериального анализа альтернатив в нечеткой информационной среде для решения задач принятия решений во времени..... 12
- Лобанов Д.К., Тимофеева С.В., Федорова П.С., Заславец В.С.** Нагрузочное устройство как элемент интеллектуального комплекса наземных электрических испытаний систем электропитания космических аппаратов..... 17

Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий

- Сулина О.В.** Реализация концепции междисциплинарного практико-ориентированного подхода в задачах создания и анализа электронных моделей деталей 23
- Сулина О.В.** Репозиторий параметрических моделей, чертежей и фрагментов по инженерно-графическим дисциплинам..... 30

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Машины, агрегаты и технологические процессы

- Полякова Т.В., Тляшева Р.Р., Галкин П.А.** Применение численного моделирования при исследовании конструктивных особенностей теплообменных аппаратов с пористой вставкой 36

Роботы, мехатроника и робототехнические системы

- Поезжаева Е.В., Реутов В.А., Кичигин М.Э., Кучев Н.Н., Трясцын Е.С.** Управление осязательными роботами с помощью системы управления RCM..... 41
- Поезжаева Е.В., Старцев М.К., Трясцын Е.С., Кучев Н.Н.** К вопросу о субоптимальном быстродейственном управлении манипуляционными роботами 45

Технология машиностроения

- Матонин Е.Э., Пидгурская Е.С., Серебренников А.В., Романов Г.Р.** Использование машинного обучения для прогнозирования дефектов в деталях, полученных методом DED

(Direct Energy Deposition) 49

Стихановский Б.Н., Черемисина С.А. Датчик для определения ударной скорости..... 53

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

Астафьев Р.У., Шамин Р.В. Формализация базы знаний в системе поддержки принятия решений в области качества программного обеспечения 57

Беклямишев М.О., Киселева Ю.А. Интеграция данных систем менеджмента качества в цифровые промышленные экосистемы 62

Бирюкова А.А., Поликарпов М.П. Совершенствование методов проведения анализа рисков..... 67

Щеглов Д.К. Концепция междисциплинарной теории организации проектно-конструкторской деятельности в условиях цифровой трансформации 70

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Региональная и отраслевая экономика

Курочкина А.А., Вершинин И.В. Обеспечение инновационного развития рекреационных услуг в условиях изменения климатических условий города Санкт-Петербурга 77

Курочкина А.А., Лукина О.В., Апевалова Л.В. Развитие инвестиционной деятельности в сфере строительства объектов социальной инфраструктуры..... 81

Трушина М.А., Бородин К.М., Шульженко Т.Г. Перспективы повышения эффективности транспортно-логистических процессов в рамках СМП с использованием цифровых сервисов и платформ 85

Яковлев Д.С., Царевникова В.Ю., Кузяшев А.Н., Рахматуллин Ю.Я. Актуальные вопросы совершенствования государственных закупок малого объема в условиях цифровизации 89

Мировая экономика

Гришкевич М.М., Гришкевич П.М., Романов Г.Р., Эйзлер А.М. Климатическая миграция как экономический вызов: сравнительный анализ адаптации рынков труда и инфраструктуры (кейсы ЕС, Персидского залива, РФ)..... 92

Contents

INFORMATION TECHNOLOGY

Mathematical Modeling and Numerical Methods

- Bashirov M.G., Volkova O.G., Shapovalov D.Yu., Mitrofanov M.V.** Application of Artificial Intelligence in the System of Power Supply to Consumers..... 8
- Goncharov K.A., Sudakov V.A.** Using Fuzzy Regression Technologies and Automated Solution of Multicriterial Analysis of Alternatives Problems in a Fuzzy Information Environment to Solve Decision-Making Problems in Time 12
- Lobanov D.K., Timofeeva S.V., Fedorova P.S., Zaslavets V.S.** Load Device as an Element of an Intelligent Complex of Ground Electrical Tests of Power Supply Systems of Space Vehicles 17

Engineering geometry and computer graphics. Digital life support product cycle

- Sulina O.V.** Implementation of the Concept of an Interdisciplinary Practice-oriented Approach in the Tasks of Creating and Analyzing Electronic Part Models 23
- Sulina O.V.** Repository of Parametric Models, Drawings and Fragments by Engineering and Graphic Disciplines 30

MECHANICAL ENGINEERING

Machines, Units and Processes

- Polyakova T.V., Tlyasheva R.R., Galkin P.A.** Application of Numerical Modeling in the Study of Design Features of Heat Exchangers with a Porous Insert..... 36

Robots, Mechatronics and Robotic Systems

- Poezzhaeva E.V., Reutov V.A., Kichigin M.E., Kuchev N.N., Tryastyn E.S.** Control over Sensitive Robots with the RCM Control System..... 41
- Poezzhaeva E.V., Startsev M.K., Tryastyn E.S., Kuchev N.N.** On Suboptimal High-Speed Control of Manipulation Robots 45

Engineering technology

- Matonin E.E., Pidgurskaya E.S., Serebrennikov A.V., Romanov G.R.** Using Machine Learning to Predict Defects in Parts Produced by Direct Energy Deposition (DED) Method..... 49
- Stikhanovsky B.N., Cheremisina S.A.** Impact Velocity Sensor..... 53

TECHNICAL SCIENCES

Product Quality Management. Standardization. Organization of Production

Astafiev R.U., Shamin R.V. Formalization of the Knowledge Base in the Software Quality Decision Support System	57
Beklyamishev M.O., Kiseleva Yu.A. Integrating Quality Management Systems Data into Digital Industrial Ecosystems.....	62
Biryukova A.A., Polikarpov M.P. Improvement of Risk Analysis Methods	67
Shcheglov D.K. The Concept of an Interdisciplinary Theory of Organizing Design and Engineering Activities in the Context of Digital Transformation	70

ECONOMIC SCIENCES

Regional and Sectoral Economy

Kurochkina A.A., Vershinin I.V. Ensuring the Innovative Development of Recreational Services in the Context of Changing Climate Conditions in the City of St. Petersburg.....	77
Kurochkina A.A., Lukina O.V., Apevalova L.V. Development of Investment Activities in the Field of Construction of Social Infrastructure Facilities.....	81
Trushina M.A., Borodina K.M., Shulzhenko T.G. Prospects for Increasing the Efficiency of Transport and Logistics Processes within the NSR Framework the Using Digital Services and Platforms.....	85
Yakovlev D.S., Tsarevnikova V.Yu., Kuzyashev A.N., Rakhmatullin Yu.Ya. Current Issues of Improving Small-Volume Public Procurement in the Context of Digitalization.....	89

World Economy

Grishkevich M.M., Grishkevich P.M., Romanov G.R., Eizler A.M. Climate Migration as an Economic Challenge: A Comparative Analysis of Labor Market And Infrastructure Adaptation (Case Studies of the EU, Persian Gulf, Russia).....	92
---	----

УДК 685.325.05

М.Г. БАШИРОВ, О.Г. ВОЛКОВА, Д.Ю. ШАПОВАЛОВ, М.В. МИТРОФАНОВ

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

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Ключевые слова: интеллектуальная система; мониторинг; прогнозирование потребления; цифровые технологии; электроснабжение; энергосбережение; *IoT*.

Аннотация. Целью разработки интеллектуальной системы электроснабжения конечных потребителей с применением современных цифровых технологий является создание эффективной системы управления энергопотреблением, позволяющей минимизировать потери и повысить надежность электроснабжения. Задачами исследования выступают анализ существующих методов управления электроэнергией и разработка интеллектуальной архитектуры.

Внедрение автоматизированных систем мониторинга, прогнозирования и адаптивного управления позволит существенно повысить эффективность распределения электроэнергии и снизить эксплуатационные расходы. Методы исследования включают анализ существующих систем электроснабжения, математическое моделирование, применение алгоритмов машинного обучения и цифровых технологий для прогнозирования нагрузки.

В результате разработана многоуровневая архитектура интеллектуальной системы электроснабжения, обеспечивающая снижение потерь электроэнергии на 15–20 %, оптимизацию нагрузки на сети и повышение устойчивости системы.

Современные системы электроснабжения сталкиваются с рядом вызовов, включая неравномерность потребления, потери энергии и необходимость повышения эффективности управления распределением электроэнергии. Рост энергопотребления и необходимость интеграции возобновляемых источников энергии

требуют применения новых технологических решений [1].

Внедрение интеллектуальных систем электроснабжения позволяет оптимизировать процесс распределения энергии, минимизировать потери и повысить надежность снабжения конечных потребителей. Основные направления развития таких систем включают внедрение цифровых технологий, алгоритмов прогнозирования потребления и автоматизированного управления энергосистемами.

Традиционные системы электроснабжения работают по централизованному принципу, что ведет к неэффективному распределению нагрузки и потерям энергии. Одним из главных недостатков является низкая гибкость таких систем, что затрудняет адаптацию к изменяющимся условиям потребления.

Среди современных решений можно выделить следующие.

1. Интернет вещей (*IoT*): внедрение умных счетчиков и датчиков позволяет анализировать потребление электроэнергии в реальном времени.

2. Искусственный интеллект и машинное обучение используются для прогнозирования потребления и оптимизации распределения энергии [2; 3].

3. Автоматизированные системы управления (АСУ) позволяют дистанционно контролировать подачу электроэнергии и оперативно реагировать на изменения нагрузки.

4. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ): интеграция солнечных и ветряных электростанций в интеллектуальные сети способствует снижению зависимости от традиционных генераторов.

Для проведения мониторинга параметров текущего состояния электрической сети и последующего анализа ее эксплуатационных

характеристик требуется использование современных измерительных устройств, обеспечивающих передачу данных в цифровом формате с минимальной задержкой. Это необходимо для интеграции с автоматизированной системой управления, архитектура которой должна быть организована по многоуровневому принципу. В такой системе важно предусмотреть гибкую структуру взаимосвязей между подсистемами, а также унифицированные протоколы и интерфейсы взаимодействия, обеспечивающие совместимость различных компонентов [4; 5].

Эффективное управление энергосистемой требует построения комплексной информационной модели, способной охватить все ключевые этапы ее функционирования – от генерации электрической энергии на производственных объектах до ее конечного потребления. Данная модель должна учитывать многоуровневую иерархию процессов, происходящих в электрической части энергосистемы, а также обеспечивать возможность применения различных стратегий адаптивного управления. В частности, особую роль играют механизмы, основанные на анализе прогнозных и эталонных моделей энергосистемы, которые позволяют оптимизировать распределение ресурсов, предсказывать возможные отклонения и оперативно корректировать параметры работы сети в соответствии с изменяющимися условиями [6].

Предлагаемая в данной статье интеллектуальная система электроснабжения включает в себя:

- систему мониторинга энергопотребления на основе датчиков и интеллектуальных счетчиков, передающих данные в реальном времени;
- автоматизированное управление распределением электроэнергии, позволяющее минимизировать потери и повышать эффективность использования ресурсов;
- применение машинного обучения для прогнозирования потребления и адаптации системы к изменениям спроса;
- интеграцию с возобновляемыми источниками энергии, что снижает нагрузку на традиционные сети и способствует повышению экологической устойчивости;
- цифровые двойники, позволяющие моделировать работу системы и предсказывать возможные сбои.

Для оценки эффективности предлагаемой системы было проведено моделирование на основе реальных данных энергопотребления.

Была осуществлена процедура обучения разработанной модели нейронной сети с использованием выбранного оптимизационного алгоритма. В качестве метода оптимизации параметров сети применялся алгоритм среднеквадратичного распространения ошибки, обеспечивающий минимизацию отклонений в процессе корректировки весов. Для оценки расхождений между предсказанными и фактическими значениями использовалась функция потерь, основанная на бинарной перекрестной энтропии, что позволяет эффективно учитывать вероятностные характеристики выходных данных. Контроль качества процесса обучения осуществлялся на основе метрики точности классификации, определяемой долей корректно предсказанных значений относительно общего количества проверяемых примеров [7]. Создание нейронной сети для обучения программы интеллектуальной системы электроснабжения потребителей представлено на рис. 1.

Практическая значимость разработанной программы заключается в возможности организации работ с физическими моделями электроэнергетических комплексов и расширения их функциональных возможностей путем дополнения реальными и виртуальными объектами электроэнергетических систем с регулируемыми параметрами и средствами управления режимами систем электроснабжения [8].

Основными показателями эффективности разработанной интеллектуальной системы электроснабжения являются:

- снижение потерь электроэнергии на 15–20 % за счет интеллектуального управления распределением;
- оптимизация нагрузки на сети и снижение пиковых перегрузок на 25 %;
- повышение стабильности электроснабжения конечных потребителей;
- экономия на операционных расходах энергетических компаний за счет автоматизированного мониторинга и управления.

В сравнении с традиционными системами предложенная интеллектуальная система демонстрирует более высокую гибкость и устойчивость к изменениям потребления.

```
[6] model = models.Sequential()
    model.add(layers.Dense(16, activation='relu', input_shape=(10000,)))
    model.add(layers.Dense(16, activation='relu'))
    model.add(layers.Dense(1, activation='sigmoid'))

    model.compile(optimizer='rmsprop', loss='binary_crossentropy', metrics=['accuracy'])

[7] from keras import losses
    from keras import metrics

    model.compile(optimizer=optimizers.RMSprop(learning_rate=0.001), loss=losses.binary_crossentropy, metrics=[metrics.binary_accuracy])

[8] x_val = x_train[:10000]
    partial_x_train = x_train[10000:]

    y_val = y_train[:10000]
    partial_y_train = y_train[10000:]

    model.compile(optimizer='rmsprop', loss='binary_crossentropy', metrics=['acc'])
```

Рис. 1. Создание нейронной сети для обучения программы

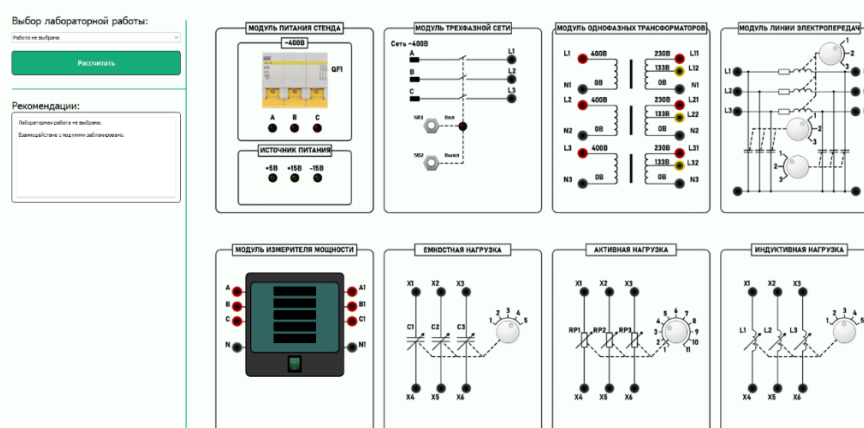


Рис. 2. Реализация интеллектуального электроснабжения в программе

Разработанная интеллектуальная система электроснабжения позволяет значительно повысить эффективность управления энергопотреблением, минимизировать потери и интегрировать современные технологии в энергетический

сектор. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение функционала системы, внедрение новых алгоритмов машинного обучения и увеличение масштабируемости системы.

Список литературы

1. Bashirov, M. Development and research of an intelligent system for controlling the modes of power supply systems / M. Bashirov, I. Yusupova, M. Shvan, N. Daminov, K. Kuznetsov, T. Sagitov // International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology, Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023). – Les Ulis, France, 2024. – P. 3007.
2. Modelling the Data Aggregator Positioning Problem in Smart Grids / G. Rolim, D. Passos, I. Moraes, C. Albuquerque // 2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing, 2015.
3. Smart Grid Communication Using Open Smart Grid Protocol / M. Hussain, A. Zohair, U. Saeed, S. Mirsaeidi, S. Wang // Energy and Power Engineering. – 2021. – No. 13. – P. 52–64.
4. Баширов, М.Г. Разработка нейронной сети интеллектуальной системы управления режима-

ми системы электроснабжения / М.Г. Баширов, И.Г. Юсупова, К.В. Кузнецов // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2024: материалы Международной научно-методической конференции. – Уфа : УНПЦ «Издательство УГНТУ», 2024. – С. 300–301.

5. Foundations of Neuro-Fuzzy Systems / D. Nauck, F. Klawonn, R. Kruse – N.Y. : John Wiley & Sons, 1997. – 305 p.

6. Судавный, А.С. Применение искусственных нейронных сетей в электроэнергетическом комплексе / А.С. Судавный // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2012. – № 12-3. – С. 136–139.

7. Использование нейронных сетей в задачах эффективного электроснабжения конечных потребителей / Э.М. Баширова, Д.Ю. Шаповалов // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2024: материалы Международной научно-методической конференции / редкол.: Н.Г. Евдокимова и др. – Уфа: УНПЦ «Издательство УГНТУ», 2024. – С. 316–318.

8. Баширов, М.Г. Разработка учебного лабораторного комплекса для изучения интеллектуальных электроэнергетических комплексов / М.Г. Баширов // Актуальные вопросы и современные тенденции развития электроэнергетики и электротехники: сб. материалов Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 60-летию образования Электротехнического факультета ВятГУ. – Киров, 2023. – С. 45–48.

References

4. Bashirov, M.G. Razrabotka neyronnoy seti intellektual'noy sistemy upravleniya rezhimami sistemy elektrosnabzheniya / M.G. Bashirov, I.G. Yusupova, K.V. Kuznetsov // Integratsiya nauki i obrazovaniya v vuzakh neftegazovogo profilya – 2024: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii. – Ufa : UNPTS «Izdatel'stvo UGNTU», 2024. – S. 300–301.

6. Sudavnyy, A.S. Primeneniye iskusstvennykh neyronnykh setey v elektroenergeticheskom komplekse / A.S. Sudavnyy // Izvestiya TulGU. Tekhnicheskiye nauki. – 2012. – № 12-3. – S. 136–139.

7. Ispol'zovaniye neyronnykh setey v zadachakh effektivnogo elektrosnabzheniya konechnykh potrebiteley / E.M. Bashirova, D.YU. Shapovalov // Integratsiya nauki i obrazovaniya v vuzakh neftegazovogo profilya – 2024: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii / redkol.: N.G. Yevdokimova i dr. – Ufa: UNPTS «Izdatel'stvo UGNTU», 2024. – S. 316–318.

8. Bashirov, M.G. Razrabotka uchebnogo laboratornogo kompleksa dlya izucheniya intellektual'nykh elektroenergeticheskikh kompleksov / M.G. Bashirov // Aktual'nyye voprosy i sovremennyye tendentsii razvitiya elektroenergetiki i elektrotekhniki: sb. materialov Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 60-letiyu obrazovaniya Elektrotekhnicheskogo fakul'teta VyatGU. – Kirov, 2023. – S. 45–48.

© М.Г. Баширов, О.Г. Волкова, Д.Ю. Шаповалов, М.В. Митрофанов, 2025

УДК 519.816

К.А. ГОНЧАРОВ¹, В.А. СУДАКОВ^{1, 2}¹ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве

Российской Федерации»;

ФГУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша Российской академии наук», г. Москва

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НЕЧЕТКОЙ РЕГРЕССИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА АЛЬТЕРНАТИВ В НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ

Ключевые слова: искусственный интеллект; многокритериальный анализ; нечеткая информация; нечеткая регрессия; синтетические данные; *ANFIS*.

Аннотация. В статье рассматривается использование технологий нечеткой регрессии и автоматизированного решения задач многокритериального анализа альтернатив в нечеткой информационной среде для эффективного принятия решений во времени. Актуальность исследования обусловлена возрастающей сложностью и неопределенностью в современных системах принятия решений, где традиционные методы анализа часто оказываются недостаточно эффективными.

Основная цель работы – исследование возможности совместного применения технологий нечеткой регрессии и многокритериального анализа альтернатив в нечеткой информационной среде. Для решения основной цели исследовательской работы должны быть решены следующие задачи:

- анализ методологического аппарата нечеткой регрессии и многокритериального анализа;
- подбор практической задачи;
- решение практической задачи методами нечеткой регрессии и многокритериального анализа.

Основная научная гипотеза, которая будет исследована: для решения задач принятия решений во времени могут исполь-

зоваться технологии нечеткой регрессии и многокритериального анализа альтернатив. Их совместное применение может быть автоматизировано в программной среде. В качестве результата исследования приводится программная реализация. Программный код может быть использован в любом разрабатываемом программном обеспечении.

В первой части статьи представляются теоретические основы нечеткой регрессии и ее применение в контексте принятия решений. Далее рассматриваются ключевые аспекты многокритериального анализа альтернатив, включая основные методы и ограничения традиционных подходов. Особое внимание уделяется понятию нечеткой информации и ее влиянию на процесс принятия решений.

Статья также описывает методологию исследования, включая разработку модели нечеткой регрессии и алгоритмы автоматизированного анализа. Приводятся примеры практического применения предложенной методологии.

В заключение подчеркиваются основные выводы исследования и предлагаются рекомендации по практическому применению разработанных технологий.

Введение

Современные системы принятия решений сталкиваются с растущей сложностью и не-

определенностью, что обусловлено динамичными изменениями в экономической, социальной и технологической сферах. В условиях многокритериального анализа альтернатив, при решении задач которого очень часто возникает необходимость учитывать множество факторов и критериев, традиционные методы, применимые для обработки четко структурированных данных, часто оказываются недостаточно эффективными. Это приводит к необходимости разработки новых подходов, способных обеспечить более точное и адекватное принятие решений.

Одним из таких подходов является нечеткая регрессия, которая позволяет учесть факт наличия неопределенности и неточности, присущих реальным данным. Нечеткая логика, основанная на теории нечетких множеств, предоставляет инструменты для работы с нечеткой информацией, что делает ее особенно актуальной для задач, связанных с многокритериальным анализом.

Целью данной статьи является исследование возможностей применения технологий нечеткой регрессии и автоматизированного решения задач многокритериального анализа в нечеткой информационной среде. В данной научно-исследовательской работе будет продемонстрировано, как использование этих технологий может повысить эффективность и точность принятия решений в условиях неопределенности.

Задачи, которые были решены в рамках данной научно-исследовательской работы:

- анализ применимости методов нечеткой регрессии для расширения исходного набора данных решаемой задачи и учета фактора нечеткости информационной среды;
- применение автоматизированных средств решения задач многокритериального анализа альтернатив в нечеткой информационной среде на синтезированных данных для моделирования процесса принятия решений во времени.

В рамках исследования будут рассмотрены теоретические основы нечеткой регрессии, методы многокритериального анализа, а также подходы к автоматизации решения задач. Важным аспектом является анализ практического применения предложенной методологии, что позволит выявить преимущества и ограничения данного подхода.

Решаемая задача

В рамках этой научно-исследовательской работы будет решена задача оценки инвестиционной привлекательности объекта недвижимости (жилой фонд). Также набор данных будет расширен методами нечеткой регрессии для моделирования процесса дополнения набора в будущем. Задача будет решена автоматизированным средством, предназначенным для решения задач многокритериального анализа альтернатив в нечеткой информационной среде.

Методы. Нечеткая регрессия

Нечеткая регрессия представляет собой мощный инструмент для обработки и анализа данных, особенно в условиях наличия таких характеристик, как неопределенность и неполнота предоставляемой для решения задачи информации. Она позволяет моделировать сложные зависимости между исходными переменными, когда традиционные методы регрессии могут не справляться с поставленной задачей. Одним из ключевых применений нечеткой регрессии является расширение набора четких данных, что может быть полезно в различных областях, таких как экономика, медицина, экология и т.д. Применение метода нечеткой регрессии может служить исполнению множества целей, вот некоторые из них.

1. Улучшение качества данных: нечеткая регрессия может помочь в интерполяции недостающих или шумных данных, что позволяет создать более полное представление о рассматриваемом явлении.

2. Снижение влияния шумов: методы нечеткой регрессии могут быть более устойчивыми к выбросам и шумам в данных, что делает их особенно полезными при работе с реальными наборами данных.

3. Моделирование сложных зависимостей: нечеткая регрессия позволяет учитывать нелинейные и сложные зависимости между переменными, которые могут быть упущены в рамках традиционных методов.

Процесс расширения набора четких данных с помощью метода нечеткой регрессии состоит из следующих шагов.

1. Сбор и подготовка данных: сначала необходимо собрать четкие данные и провести их предварительную обработку. Это может включать стандартные этапы первоначальной

```

import pandas as pd
import numpy as np
import skfuzzy as fuzz
import matplotlib.pyplot as plt
# Загрузка данных
data = pd.read_csv('california_housing_train.csv')
# Предварительная обработка данных
data = data[['median_house_value', 'total_rooms', 'housing_median_age']]
data = data.dropna()
# Определяем переменные
X = data['total_rooms'].values
Y = data['median_house_value'].values

# Определяем нечеткие переменные
X_range = np.arange(0, 10001, 1)
Y_range = np.arange(0, 600001, 1)
|
X_low = fuzz.trimf(X_range, [0, 0, 2000])
X_medium = fuzz.trimf(X_range, [1000, 3000, 5000])
X_high = fuzz.trimf(X_range, [4000, 10000, 10000])

# Создаем нечеткие подмножества для цен
Y_low = fuzz.trimf(Y_range, [0, 0, 200000])
Y_medium = fuzz.trimf(Y_range, [100000, 300000, 500000])
Y_high = fuzz.trimf(Y_range, [400000, 600000, 600000])

# Функция для нечеткой регрессии
def fuzzy_regression(x):
    x_low = fuzz.interp_membership(X_range, X_low, x)
    x_medium = fuzz.interp_membership(X_range, X_medium, x)
    x_high = fuzz.interp_membership(X_range, X_high, x)
    # Применяем правила
    y = (x_low * Y_low + x_medium * Y_medium + x_high * Y_high)
    return y

# Генерируем новые данные
new_X = np.linspace(0, 10000, 100)
new_Y = [fuzzy_regression(x) for x in new_X]
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.scatter(X, Y, label='Исходные данные', color='blue', alpha=0.5)
plt.plot(new_X, new_Y, label='Новые данные (нечеткая регрессия)', color='red', linewidth=2)
plt.title('Расширение набора данных о стоимости недвижимости с помощью нечеткой регрессии')
plt.xlabel('Общее количество комнат')
plt.ylabel('Цена ($)')
plt.legend()
plt.grid()
plt.show()

```

Рис. 1. Нечеткая регрессия для расширения набора данных

обработки собранных для проводимого исследования данных: очистку данных, удаление выбросов и нормализацию.

2. Построение нечеткой модели: на основе имеющихся четких данных создается нечеткая модель, которая описывает зависимости между исходными переменными. Это может быть сделано с помощью нечетких правил, нечетких множеств и других методов.

3. Интерполяция и экстраполяция: с помощью построенной нечеткой модели можно интерполировать недостающие значения в пределах имеющихся данных или экстраполировать значения за пределами известного диапазона.

4. Оценка и валидация: полученные расширенные данные необходимо оценить и валидировать, чтобы убедиться в их качестве и достоверности. Это может включать сравнение с

другими источниками данных или использование методов кросс-валидации.

Использование нечеткой регрессии для расширения набора четких данных открывает новые возможности для анализа и интерпретации информации в условиях неопределенности. Это позволяет не только улучшить качество данных, но и повысить точность моделей, что в конечном итоге способствует более обоснованным решениям в различных областях.

Многокритериальный анализ в нечеткой среде

Многокритериальный анализ альтернатив представляет собой методику, используемую для оценки и выбора из множества альтернатив на основе нескольких критериев. В усло-

```
import numpy as np
import anfis
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler

# Загрузка данных
data = np.loadtxt('california_housing_train.csv', delimiter=',', skiprows=1)
X = data[:, :-1] # Все столбцы, кроме последнего (цена)
y = data[:, -1] # Последний столбец (цена)

# Предобработка данных
scaler = StandardScaler()
X = scaler.fit_transform(X)

# Разделение данных
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Обучение модели ANFIS
model = anfis.ANFIS(input_dim=X_train.shape[1], output_dim=1)
model.fit(X_train, y_train, num_epochs=100)

# Оценка модели
predictions = model.predict(X_test)
mae = np.mean(np.abs(predictions - y_test))
print(f'Mean Absolute Error: {mae}')
```

Рис. 2. Обучение нейросети

виях неопределенности и нечеткости, характерных для реальных ситуаций, традиционные методы принятия решений могут оказаться неэффективными. Нечеткая логика и нечеткие множества предлагают мощные инструменты для обработки информации, когда данные не являются четкими или точно определенными.

Многокритериальный анализ альтернатив в нечеткой среде предоставляет мощный инструмент для принятия решений в условиях неопределенности. Используя нечеткие множества и нечеткие правила, можно более точно оценивать альтернативы и принимать обоснованные решения, что особенно важно в сложных и динамичных ситуациях.

Задачи многокритериального анализа альтернатив решаются по следующему алгоритму.

1. Определение критериев. На данном этапе формируется список критериев, имеющих значение для решаемой задачи и выбора оптимальной альтернативы.
2. Формирование данных или заполнение данных о критериях каждой альтернативы.
3. Формулирование нечетких правил – назначение каждому нечеткому критерию соответствующей функции принадлежности.
4. Оценка альтернатив выбранным методом решения задачи многокритериального анализа.
5. Дефаззификация нечетких переменных.
6. Выбор альтернативы по принципу наибольшего итогового значения ранга альтернативы.

Результаты применения технологий автоматизации решаемой задачи многокритериального анализа альтернатив

Задачу многокритериального анализа альтернатив возможно решить с помощью автоматизированных средств интеллектуального анализа нечетких данных, а именно – гибридной системы *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Это гибридная система, объединяющая нейронные сети и нечеткую логику. Она позволяет моделировать сложные зависимости между входными и выходными данными, что делает ее полезной для решения задач, связанных с многокритериальным анализом альтернатив.

Для решения задачи был использован набор данных *california_housing* с открытой платформы *Kaggle*.

Алгоритм решения задачи состоит из следующих шагов.

1. Предварительная очистка данных, выбор целевых критериев.
2. Использование нечеткой регрессии для расширения набора данных. Данный этап позволяет разнообразить набор данных, добавив синтетические значения, являющиеся возможными значениями критериев для будущих альтернатив, что позволяет впоследствии симулировать процесс принятия решений во времени. На рис. 1 представлен фрагмент кода на языке *Python*.
3. Обучение и эксплуатация модели *ANFIS* для решения прикладной задачи. На рис. 2 представлен отрывок кода на языке *Python* для решения поставленной

задачи.

Вывод

В статье рассмотрено использование технологий нечеткой регрессии и автоматизированного решения задач многокритериального анализа альтернатив в нечеткой информационной среде. Основное внимание уделено тому, как эти методы могут быть применены для повышения эффективности принятия решений в условиях неопределенности и изменчивости.

Нечеткая регрессия позволяет моделировать сложные зависимости между переменными, что особенно актуально в ситуациях, когда данные могут быть неполными или неточными. Это дает возможность более ясно оценивать влияние различных факторов на результаты и учитывать их нечеткие характеристики.

Автоматизация процесса многокритериального анализа альтернатив обеспечивает более быстрое и объективное сравнение различных вариантов. Использование нечетких методов в этом контексте позволяет интегрировать экспертные оценки и субъективные предпочтения.

В результате применения предложенных технологий можно достичь значительных улучшений в качестве принимаемых решений, что особенно важно в динамичных и сложных областях.

Таким образом, внедрение нечетких методов и автоматизированных систем в процессы принятия решений не только оптимизирует анализ альтернатив, но и способствует более эффективному управлению ресурсами и рисками, что в конечном итоге ведет к лучшим результатам в условиях неопределенности.

Список литературы/References

1. Zadeh, L.A. Fuzzy Sets / L.A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – No. 3. – P. 338–353.
2. Ross, T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications / T.J. Ross. – McGraw-Hill, 2004.
3. Chen, S.M. Fuzzy Regression Analysis: A Review / S.M. Chen, C.H. Hsieh // Fuzzy Sets and Systems. – 2000. – Vol. 113. – No. 1. – P. 1–20.
4. Triantaphyllou, E. Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges / E. Triantaphyllou, S.H. Mann // International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice. – 1995. – Vol. 2. – No. 1. – P. 35–44.
5. Wang, L.X. Generating Fuzzy Rules by Learning from Examples / L.X. Wang, J.M. Mendel // Fuzzy Sets and Systems. – 1992. – Vol. 55. – No. 1. – P. 39–49.
6. Tzeng, G.H. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications / G.H. Tzeng, J.J. Huang // CRC Press, 2011.
7. Mikhailov, L. A Fuzzy Approach to the Analytic Hierarchy Process / L. Mikhailov // Fuzzy Sets and Systems. – 2003. – Vol. 139. – No. 2. – P. 177–199.

© К.А. Гончаров, В.А. Судаков, 2025

УДК 621

Д.К. ЛОБАНОВ, С.В. ТИМОФЕЕВА, П.С. ФЕДОРОВА, В.С. ЗАСЛАВЕЦ
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск

НАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО КАК ЭЛЕМЕНТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НАЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Ключевые слова: автоматизация; интеллектуальный комплекс; космический аппарат; нагрузочное устройство; наземные испытания; моделирование; система электропитания.

Аннотация. Целью исследования являются разработка и анализ структуры нагрузочного устройства (НУ) с рекуперацией энергии как ключевого элемента интеллектуального комплекса для наземных электрических испытаний систем электропитания космических аппаратов (СЭП КА).

Были поставлены следующие задачи: 1) изучить основные режимы работы нагрузочных устройств в составе испытательных комплексов СЭП КА (стабилизация тока, напряжения, мощности); 2) провести классификацию НУ по типу регулирующих элементов и проанализировать их преимущества и недостатки; 3) разработать структурную схему НУ с двойным регулированием (непрерывный и импульсный регулирующие элементы) и реализовать принцип рекуперации энергии; 4) интегрировать методы идентификации импедансной частотной характеристики (ИЧХ) для автоматизации анализа динамических свойств тестируемых систем.

Гипотеза исследования заключается в применении НУ с рекуперацией энергии и интеллектуальным управлением в составе наземных испытательных комплексов, что позволит существенно повысить энергетическую эффективность, автоматизацию, надежность и безопасность испытаний систем электропитания космических аппаратов по сравнению с традиционными решениями.

Введение

Наземные электрические испытания систем электропитания космических аппаратов – ключевой этап в обеспечении их надежности и работоспособности. Эти испытания являются неотъемлемой частью цикла создания космических аппаратов (КА), позволяя выявить и устранить возможные дефекты еще до запуска. В современных испытательных комплексах центральное место занимают НУ, способные имитировать различные режимы работы бортовых потребителей. Интеллектуализация этих устройств позволяет автоматизировать и повысить точность испытаний, а также интегрировать экспертные системы, которые помогают оператору контролировать последовательность действий, предупреждать о возможных ошибках и предотвращать аварийные ситуации. Таким образом, интеллектуальные комплексы (ИК) с НУ обеспечивают не только автоматизацию, но и повышение безопасности и эффективности испытаний.

Наземный испытательный комплекс и роль нагрузочных устройств

Наземные испытательные комплексы (НИК) используются для проведения испытаний СЭП КА в условиях, максимально приближенных к реальным. В состав НИК (рис. 1) входят: источник первичного электропитания – источник бесперебойного питания (ИБП), выпрямитель-стабилизатор (ВС), СЭП КА, НУ,

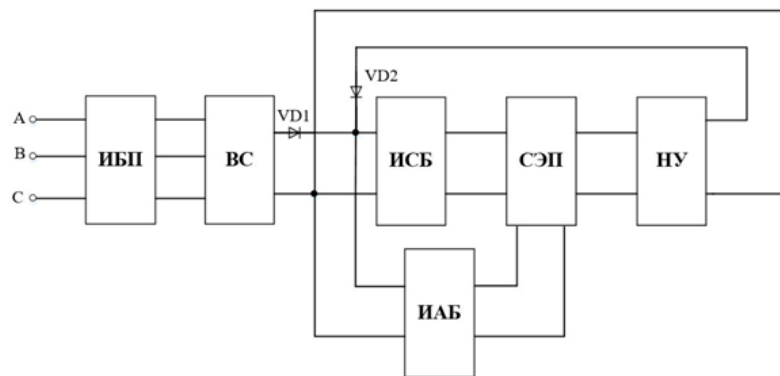


Рис. 1. Структурная схема наземного испытательного комплекса: ИБП – источник бесперебойного питания, ВС – выпрямитель-стабилизатор, ИСБ – имитатор солнечной батареи, СЭП – система электропитания, ИАБ – имитатор аккумуляторной батареи, НУ – нагрузочное устройство, VD1, VD2 – диоды

имитатор солнечной батареи (ИСБ) и имитатор аккумуляторной батареи (ИАБ). ИСБ содержит источник питания, имитирующий электрические характеристики солнечной батареи, а ИАБ может выступать как источником, так и потребителем энергии (например, при имитации режима заряда и разряда аккумулятора), что важно для полноты моделирования режимов работы СЭП КА.

Основные режимы работы нагрузочных устройств

Для имитации различных типов бортовых потребителей НУ работают в трех основных режимах:

- стабилизация тока;
- стабилизация сопротивления;
- стабилизация мощности.

Нагрузочные устройства в составе интеллектуального комплекса выполняют следующие задачи:

- имитация различных типов нагрузок (постоянное сопротивление, постоянная мощность, постоянный ток);
- автоматическая настройка параметров в зависимости от сценария испытаний;
- сбор и передача данных для анализа и принятия решений;
- обеспечение безопасности – защита от перегрузок и аварийных режимов.

В современных интеллектуальных системах управления НУ могут реализовывать различные вольт-амперные характеристики (ВАХ)

за счет применения переключаемых или функциональных обратных связей. В последнем случае возможно задание произвольной ВАХ с помощью функционального преобразователя, который может быть цифровым и совместимым с интерфейсами, например, через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и Ethernet.

Классификация нагрузочных устройств по типу регулирующих элементов

По типу регулирующих элементов (РЭ) НУ можно разделить на:

- резистивные НУ;
- транзисторные, работающие в непрерывном режиме (непрерывные НУ);
- транзисторные, работающие в импульсном режиме (импульсные НУ).

Комбинирование различных типов РЭ позволяет компенсировать недостатки каждого из них. Возможны следующие варианты построения НУ:

- с резистивным и непрерывным РЭ;
- с резистивным и импульсным РЭ;
- с непрерывным и импульсным РЭ (с двойным регулированием).

Варианты включения РЭ могут быть последовательными или параллельными (рис. 2а, 2б). При этом импульсные РЭ позволяют реализовать рекуперацию энергии – возврат части энергии обратно в питающую сеть, что существенно повышает энергетическую эффективность испытаний и снижает тепловыде-

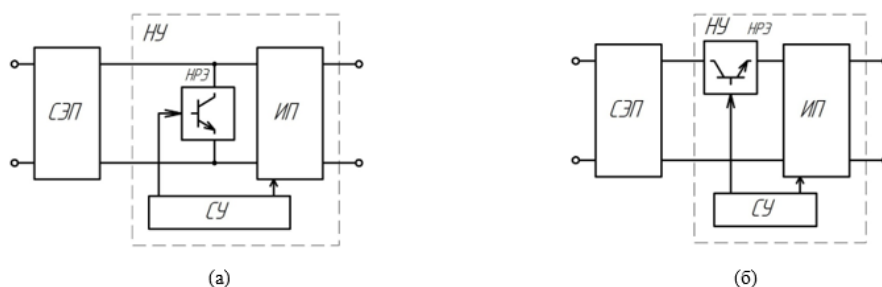


Рис. 2. Структурная схема нагрузочного устройства с двойным регулированием:
а) параллельное включение НРЭ; б) последовательное включение НРЭ

ление.

Структура и принципы работы нагрузочного устройства с двойным регулированием

НУ с двойным регулированием объединяют транзисторные РЭ, работающие в непрерывном режиме, с импульсным преобразователем (ИП). ИП потребляет большую часть мощности НУ, осуществляет рекуперацию энергии в сеть питания переменного или постоянного тока, ограничивает мощность, рассеиваемую непрерывным регулирующим элементом (НРЭ), путем стабилизации тока, напряжения или мощности НРЭ, что уменьшает массогабаритные характеристики последнего. НРЭ, благодаря высоким динамическим свойствам, позволяет имитировать быстропротекающие процессы реальной нагрузки. Возможны как последовательное, так и параллельное соединение НРЭ и ИП (рис. 2).

Принцип рекуперации энергии и преимущества импульсных регулирующих элементов

Рекуперация энергии возможна только в импульсных РЭ. Применение рекуперативных нагрузочных устройств (НУРТ) позволяет возвращать энергию обратно в питающую сеть вместо рассеивания ее в виде тепла, что обеспечивает высокий коэффициент полезного действия (КПД) и снижает тепловыделение в испытательном помещении. Это особенно важно при длительных испытаниях мощных систем электропитания КА, где традиционные резистивные нагрузки потребовали бы мощных систем охлаждения.

Двухконтурная система управления и реализация различных ВАХ

В рекуперативных НУ реализуется двухконтурная система управления: контур стабилизации входного тока НУ и контур стабилизации тока НРЭ. Такая архитектура обеспечивает высокую точность стабилизации параметров (ток, напряжение, мощность) и быстродействие переходных процессов. Внутренний контур (стабилизации тока НРЭ) обеспечивает защиту от перегрузок и стабилизацию мгновенных значений, а внешний контур (стабилизации входного тока НУ) поддерживает заданные параметры нагрузки с высокой статической и динамической точностью.

Реализация различных ВАХ возможна двумя способами:

- с помощью переключаемых обратных связей (для стандартных ВАХ);
- с помощью функционального преобразователя (для задания произвольной ВАХ, в том числе цифрового исполнения с возможностью интеграции с интерфейсами).

Сравнительный анализ структур нагрузочных устройств

Для выбора оптимальной структуры НУ для НИК проведем сравнительный анализ различных вариантов (табл. 1).

Таким образом, наиболее предпочтительной для современных НИК является структура с двойным регулированием (непрерывный + импульсный РЭ), совмещающая быстродействие, энергетическую эффективность, возможность рекуперации энергии и универсальность.

Структурная схема НУРТ представлена

Таблица 1. Сравнительный анализ структур нагрузочных устройств

Тип РЭ и схема включения	Энергетическая эффективность	Массо-габаритные показатели	Возможность рекуперации	Быстродействие	Универсальность
Резистивный	Низкая	Средние	Нет	Среднее	Средняя
Непрерывный транзисторный	Средняя	Средние	Нет	Высокое	Высокая
Импульсный	Высокая	Высокие	Да	Среднее	Средняя
Двойное регулирование	Высокая	Высокие	Да	Высокое	Высокая

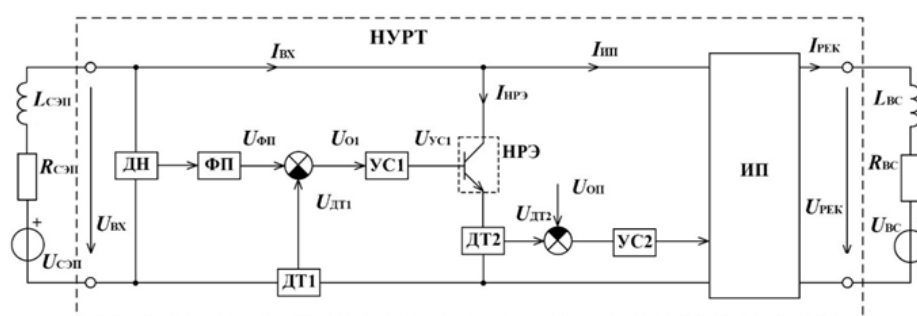


Рис. 3. Структурная схема нагрузочного устройства рекуперационного типа: СЭП – система электропитания, ДН – датчик напряжения, ДТ1, ДТ2 – датчики тока, ФП – функциональный преобразователь, НРЭ – непрерывный регулирующий элемент, ИП – импульсный преобразователь

на рис. 3.

Предложенная структурная схема НУ позволяет реализовать следующий функционал. В состав системы управления и функционального преобразователя вводится программируемый генератор тестовых сигналов, способный формировать многочастотные или псевдослучайные воздействия на объект испытаний. Одновременно с этим датчики тока (ДТ1, ДТ2) и датчик напряжения (ДН) обеспечивают регистрацию отклика системы на входное воздействие. С помощью преобразования Фурье и полученных временных рядов напряжения и тока вычисляется комплексное соотношение между спектрами входного и выходного сигналов, что позволяет определить импедансную частотную характеристику (ИЧХ) тестируемого объекта:

$$Z(f) = \frac{U(f)}{I(f)},$$

где $U(f)$ и $I(f)$ – амплитудные и фазовые спектры напряжения и тока на заданной частоте f .

Результаты идентификации позволяют не только контролировать соответствие динамических свойств объекта требованиям испытаний, но и реализовать адаптивное управление нагрузкой. На основе полученной ИЧХ система управления может автоматически корректировать параметры функционального преобразователя и режимы работы регулирующих элементов, обеспечивая точное воспроизведение требуемых нагрузочных профилей и предотвращая возникновение нежелательных резонансных явлений.

Таким образом, интеграция методов идентификации ИЧХ в структуру нагрузочного устройства рекуперационного типа обеспечивает:

- автоматизацию процесса анализа динамических свойств тестируемых систем;

- повышение энергетической эффективности за счет адаптивного управления и рекуперации энергии;
- повышение надежности и безопасности испытаний за счет своевременного обнаружения отклонений и автоматической корректировки режимов работы;
- возможность комплексного моделирования реальных эксплуатационных условий, включая динамические и переходные процессы, характерные для орбитальных режимов работы космических аппаратов.

Заключение

Были достигнуты следующие результаты:

- разработана структурная схема нагрузочного устройства с двойным регулированием и рекуперацией энергии, обеспечивающая высокую точность, быстродействие и универсальность испытаний;
- интеграция методов идентификации

ИЧХ обеспечила автоматизацию анализа динамических свойств испытуемых систем и адаптивное управление нагрузкой;

- доказано, что применение рекуперативных НУ существенно снижает тепловыделение, повышает энергетическую эффективность и позволяет моделировать реальные эксплуатационные условия, включая динамические и переходные процессы, характерные для орбитальных режимов работы КА.

Рекуперативные НУ с двухконтурным управлением представляют собой ключевую технологию для создания современных интеллектуальных комплексов испытаний СЭП КА. Их применение обеспечивает новый уровень испытаний – от простой имитации нагрузочных токов до комплексного моделирования реальных орбитальных условий с высокой энергетической эффективностью и возможностями автоматизации. Интеграция экспертных систем и цифровых интерфейсов дополнительно повышает надежность, безопасность и адаптивность испытательных процессов.

Список литературы

1. Юдинцев, А.Г. Многофункциональный энергосберегающий имитационный нагрузочный комплекс для систем электропитания космических аппаратов / А.Г. Юдинцев, В.М. Рулевский, Ю.А. Шиняков, Ю.А. Кремзуков // Доклады ТУСУРа. – Томск. – 2011. – № 2(24). – Ч. 1. – С. 275–282.
2. Кремзуков, Ю.А. Имитатор солнечной батареи // Электронные и электромеханические системы и устройства: Тез. докл. научно-техн. конф. молодых специалистов. – ОАО НПЦ «Полюс». – Томск, 2008. – С. 20–22.
3. Патент 4042830 США, МПК H02J4/00. Solid state programmable dynamic load simulator / Carl W. Kellenbenz, James P. Goodman, Randall C. – № 635021 ; заявл. 25.11.75 ; опубл. 16.08.77.
4. Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника / В.И. Мелешин. – М. : Техносфера, 2005. – 632 с.
5. Лобанов, Д.К. Исследование динамических характеристик нагрузочного устройства рекуперационного типа / Д.К. Лобанов, А.С. Федченко // Инновационный арсенал молодежи : труды третьей науч.-техн. конф. / ФГУП «КБ Арсенал» ; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб : 2012. – С. 200–202.

References

1. Yudinsev, A.G. Mnogofunktsional'nyy energosberegayushchiy imitatsionnyy nagruzochnyy kompleks dlya sistem elektropitaniya kosmicheskikh apparatov / A.G. Yudinsev, V.M. Rulevskiy, YU.A. Shinyakov, YU.A. Kremzakov // Doklady TUSURa. – Tomsk. – 2011. – № 2(24). – CH. 1. – S. 275–282.
2. Kremzakov, YU.A. Imitator solnechnoy batarei // Elektronnyye i elektromekhanicheskiye sistemy i ustroystva: Tez. dokl. nauchno-tekhn. konf. molodykh spetsialistov. – ОАО NPTS «Polyus». – Tomsk, 2008. – S. 20–22.
3. Patent 4042830 SSHA, MPK H02J4/00. Solid state programmable dynamic load simulator / Carl W. Kellenbenz, James P. Goodman, Randall C. – № 635021 ; yayavl. 25.11.75 ; opubl. 16.08.77.
4. Meleshin, V.I. Tranzistornaya preobrazovatel'naya tekhnika / V.I. Meleshin. – M. : Tekhnosfera,

2005. – 632 s.

5. Lobanov, D.K. Issledovaniye dinamicheskikh kharakteristik nagruzochnogo ustroystva rekuperatsionnogo tipa / D.K. Lobanov, A.S. Fedchenko // Innovatsionnyy arsenal molodezhi : trudy tret'yey nauch.-tekhn. konf. / FGUP «KB Arsenal» ; Balt. gos. tekhn. un-t. – SPb : 2012. – S. 200–202.

© Д.К. Лобанов , С.В. Тимофеева, П.С. Федорова, В.С. Заславец, 2025

УДК 004.925.8

О.В. СУЛИНА

Калужский филиал ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В ЗАДАЧАХ СОЗДАНИЯ И АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Ключевые слова: аналитическая геометрия; инженерная графика; информатика; начертательная геометрия; общепрофессиональная дисциплина; практико-ориентированная задача; система автоматизированного проектирования (САПР); электронная модель детали.

Аннотация. Проектирование и исследование технических изделий и процессов на основе моделирования и прототипирования являются ключевыми элементами учебной и практической деятельности будущих инженеров конструкторско-механических и машиностроительных направлений обучения и специальностей в технических вузах.

Целью исследования является развитие практической концепции междисциплинарного практико-ориентированного подхода к изучению базовых общепрофессиональных дисциплин. Были поставлены задачи: анализ целеполагания общепрофессиональных дисциплин базового цикла обучения в контексте создания и исследования электронных моделей изделий, генерация типов практических междисциплинарных задач, соответствующих уровню знаний, умений и навыков обучающихся конструирования, анализа геометрии и размеров изделий. В исследовании применялись теоретические методы анализа и синтеза, обобщения и систематизации, логико-смыслового моделирования и прогнозирования.

В результате исследования была смоделирована классификационная схема интеграции общепрофессиональных дисциплин базового

цикла обучения. Автором были разработаны типы задач, направленные на академическое обобщение дисциплин «Инженерной графики», «Аналитической геометрии», «Начертательной геометрии», «Информатики», «Компьютерной графики». В работе представлен пример решения задачи на исследование метрики модели детали различными методами. Сделан вывод о необходимости постановки междисциплинарных практико-ориентированных задач в рамках учебного процесса с первого курса обучения.

В современном мире глобальной цифровизации практически всех аспектов проектной работы инженеров профессиональная деятельность характеризуется высокой интенсивностью, большим объемом научно-технической информации и инноваций. В условиях динамичного развития систем управления жизненным циклом изделий (**ЖЦИ**) ориентация на опережающее образование является основой успешности и конкурентоспособности молодых специалистов [4; 7]. На сегодняшний день практико-ориентированный подход к реализации основных профессиональных образовательных программ в технических вузах является востребованным наукоемкой быстроизменяющейся техносферной средой [1; 5].

Формирование профессиональных компетенций у обучающихся основано на двусторонней интеграции учебной и профессиональной деятельности в рамках реализации учебного процесса по общепрофессиональным, про-



Рис. 1. Общепрофессиональные дисциплины базового цикла обучения

фессиональным и специальным дисциплинам, а также на внедрении деятельностно-компетентностной парадигмы обучения [3]. В контексте общепрофессионального цикла дисциплин практико-ориентированный подход может быть реализован посредством моделирования фрагментов будущей профессиональной деятельности, основанного на законах, постулатах и аксиомах фундаментальных дисциплин.

Проектирование и исследование технических изделий и процессов на основе моделирования и прототипирования являются ключевыми элементами учебной и практической деятельности будущих инженеров конструкторско-механических и машиностроительных направлений обучения и специальностей в технических вузах. В течение периода обучения общепрофессиональным дисциплинам смысловая и функциональная составляющие цифровых моделей изделий трансформируются и обогащаются: электронная модель изделия с определенными геометрическими формами, размерами и свойствами модифицируется в цифровой двойник, описывающий структуру, функциональность и поведение изделия.

Целью исследования является развитие практической концепции междисциплинарного практико-ориентированного подхода к изучению базовых общепрофессиональных дисциплин.

плин.

Были поставлены задачи: анализ целеполагания общепрофессиональных дисциплин базового цикла обучения в контексте создания и исследования электронных моделей изделий, генерация типов практических междисциплинарных задач, соответствующих уровню знаний, умений и навыков обучающихся конструирования, анализа геометрии и размеров изделий.

В исследовании применялись теоретические методы анализа и синтеза, обобщения и систематизации, логико-смыслового моделирования и прогнозирования.

На основании анализа системы знаний базовых дисциплин ключевым элементом исследования была определена электронная геометрическая модель детали как структурная единица модели изделия.

На рис. 1 показана классификационная схема интеграции общепрофессиональных дисциплин базового цикла обучения как система формирования знаний, умений и навыков конструирования и анализа электронной модели детали.

Геометрический блок дисциплин является теоретической базой для геометро-графического параметрического моделирования детали на основе декомпозиции согласно теории формообразования поверхностей, линий срезом и переходов, отсеков поверхностей и прямого

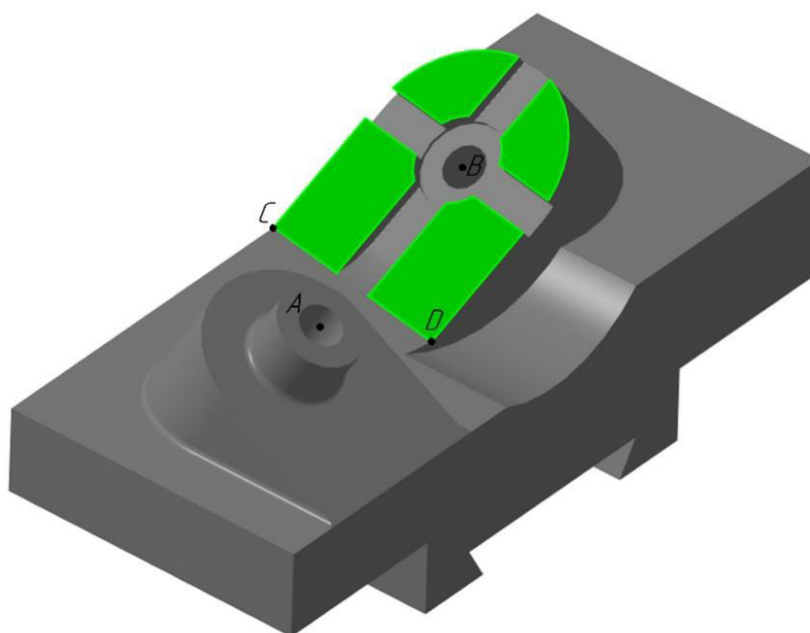


Рис. 2. Электронная геометрическая модель детали

моделирования твердых тел в декартовой системе координат. Аналитические методы решения задач на инцидентность и определение метрик составляющих элементов детали основаны на решении систем уравнений, описывающих методами алгебры геометрические фигуры (линии или поверхности как элементы детали). Графические методы решения метрических и позиционных задач основаны на применении алгоритмов путем отображения (проецирования) детали на взаимоперпендикулярные плоскости проекций методом Г. Монжа.

Цифровой блок дисциплин является необходимой теоретико-практической основой для создания, редактирования и анализа моделей деталей на базе технически грамотных и обоснованных решений применения инструментов САПР. Базовый уровень знания одного или нескольких языков программирования и умение пользоваться системами программирования может применяться для автоматизации решения рутинных геометрических задач, преобразований и вычислений.

Неотъемлемой частью теоретического фундамента знаний правил, требований и норм по разработке и оформлению моделей деталей является содержательно-смысловой блок дисциплин. В дисциплине «Инженерная графика»

геометрические модели деталей составляют основу создания и редактирования ассоциативно связанного комплекта конструкторской документации (КД) на изделие.

Уровень междисциплинарного обобщения теоретических знаний и методов анализа электронных моделей деталей на основе базовых общепрофессиональных дисциплин позволяет решать студентам задачи параметрического и прямого моделирования деталей, анализа и оптимизации геометрии деталей, автоматизации решений геометрических задач построения каркаса, исследования форм и размеров деталей путем считывания или генерации координат методами программирования или средствами САПР.

При академическом обобщении базовых дисциплин на основании деятельностно-методологического подхода были сформулированы следующие типы задач.

1. Гибридное моделирование деталей на основании заполнения поверхностей путем моделирования линий каркасов и поверхностей на основании применения функциональных зависимостей координат и системы направляющих и образующих линий.

2. Определение отношений инцидентности точек и линий на поверхностях дета-

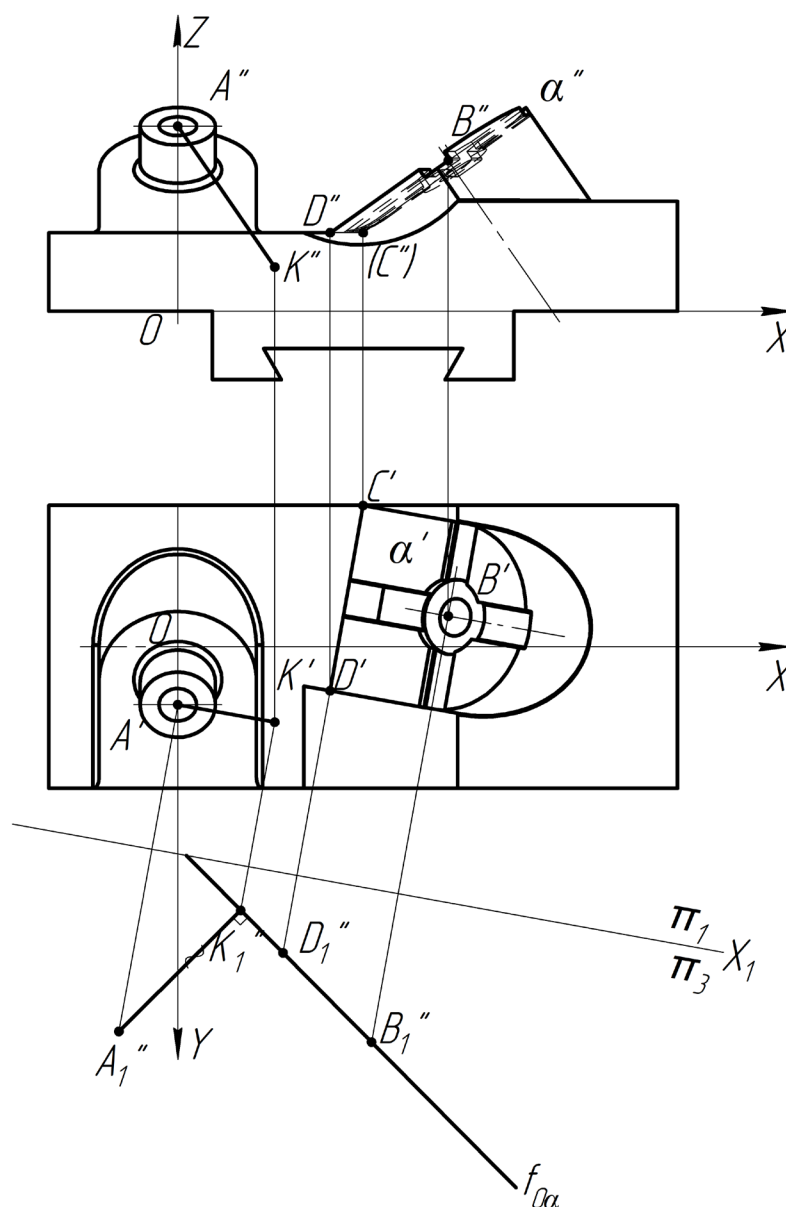


Рис. 3. Определение расстояние от точки до грани методом преобразования чертежа

лей графо-аналитическими методами с применением интегрированных алгоритмов оптимизации соотношений геометрических элементов.

3. Сравнительный анализ результатов решения задач определения метрик форм и поверхностей деталей методами начертательной и аналитической геометрии, а также с применением САПР.

4. Проектирование деталей по сопряженным деталям и габаритам с проработкой поверхностей согласно заданным условиям: координаты центра масс, объем детали, мас-

са и т.п.

В качестве показательного примера задачи для определения метрики детали рассмотрим классическую задачу определения расстояния от характерной точки до грани детали. На рис. 2 показана электронная геометрическая модель детали.

Деталь расположена в трехмерном модельном пространстве таким образом, что центр отверстия в основании, на оси которого расположена точка A , совпадает с началом координат. Необходимо определить расстояние от точки A до грани, которая задана тремя точками B, C, D .

Координаты точек определены инструментами диагностики в модели: $A(0; -17; 29)$, $B(43; -3; 24)$, $C(29; 14; 12)$, $D(24; -15; 12)$.

На рис. 3 показано решение задачи методом проецирования детали на две плоскости проекций с последующим преобразованием чертежа способом замены одной плоскости проекций [6]. $A_1''K_1''$ – искомое расстояние от точки до грани $A_1''K_1'' \approx 27,412$.

Аналитический метод решения поставленной задачи основан на нахождении расстояния от точки до плоскости ρ по формуле [2]:

$$\rho = \frac{|AX_0 + BY_0 + CZ_0 + D|}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}, \quad (1)$$

где X_0, Y_0, Z_0 – координаты точки A ; A, B, C, D – коэффициенты полного уравнения плоскости (грани).

Уравнение плоскости (3), проходящей через три точки, не лежащие на одной прямой, может быть получено через определитель [2]:

$$\begin{vmatrix} X - X_1 & Y - Y_1 & Z - Z_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 & Z_2 - Z_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 & Z_3 - Z_1 \end{vmatrix} = 0, \quad (2)$$

где X_i, Y_i, Z_i – координаты точек, принадлежащих грани (плоскости) соответственно.

$$\begin{vmatrix} X - 43 & Y + 3 & Z - 24 \\ -14 & 17 & -12 \\ -19 & -12 & -12 \end{vmatrix} = 0, \quad (3)$$

$$-348X + 60Y + 491Z + 3360 = 0.$$

Искомое расстояние от точки до грани:

$$\rho(AK) = \frac{|-348 \times 0 + 60 \times (-17) + 491 \times 29 + 3360|}{\sqrt{348^2 + 60^2 + 491^2}} \approx 27,412.$$

Для решения данного типа задач может быть составлен алгоритм. Алгоритм был составлен на языке *Object Pascal* (Листинг 1):

```
program METRICA;
var
```

```
AX,BX,CX,DX,AY,BY,CY,DY,AZ,BZ,CZ,D
Z:real;
{координаты точки A, координаты точек,
принадлежащих плоскости:B,C,D}
A,B,C,D:real;
{коэффициенты в уравнении плоскости,
проходящей через три точки}
f,g,h,k,l,m:real;
{переменные для промежуточных рас-
четов}
r:real;
{искомое расстояние от точки до плос-
кости}
begin
  writeln('Последовательно введите значе-
ния координат точки A:X,Y,Z'); readln(AX);read
ln(AY);readln(AZ);
  writeln('Последовательно введите значе-
ния координат точки B:X,Y,Z'); readln(BX);read
ln(BY);readln(BZ);
  writeln('Последовательно введите значе-
ния координат точки C:X,Y,Z'); readln(CX);read
ln(CY);readln(CZ);
  writeln('Последовательно введите значе-
ния координат точки D:X,Y,Z'); readln(DX);read
ln(DY);readln(DZ);
  f:=CX-BX; g:=CY-BY; h:=CZ-BZ; k:=DX-
BX; l:=DY-BY; m:=DZ-BZ;
  A:=g*m-h*l; B:=h*k-f*m; C:=f*l-g*k; D:=-
BX*A-BY*B-BZ*C;
  r:=abs(A*AX+B*AY+C*AZ+D)/
sqrt(sqr(A)+sqr(B)+sqr(C));
  writeln(r:5:3);
  readln;
end.
```

Результат выполнения программы: 27,412.

Результаты решений можно сравнить и проверить командой измерения в САПР.

При изучении последующих общепрофессиональных дисциплин «Теория механизмов и машин», «Детали машин», «Сопротивление материалов», «Математическое моделирование», «Технология машиностроения» и других уровень, сложность и многогранность практико-ориентированных междисциплинарных задач расширяется: моделирование деталей может быть реализовано на основе компоновочной геометрии согласно общей цели проектирования, форма и размеры конструктивных и технологических элементов могут определяться на основании инженерных расчетов согласно предполагаемой технологии изготовления.

Список литературы

1. Гайнеев, Э.Р. Проблема отбора содержания обучения в соответствии с требованиями современного производства / Э.Р. Гайнеев // Профессиональное образование и рынок труда. – 2021. – № 1(44). – С. 36–47.
2. Задорожный, В.Н. Высшая математика для технических университетов. Ч. II: Аналитическая геометрия / В.Н. Задорожный [и др.] – 2 изд. — Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2010. – 398 с.
3. Молева, Н.Ю. Актуальность метапредметного подхода для современного инженерного образования / Н.Ю. Молева, В.А. Курина // Образование в современном мире: стратегии развития в условиях инновационных изменений: сборник научных трудов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, Самара, 28 февраля 2024 года. – Самара : Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2024. – С. 208–212.
4. Монахова, Л.Ю. Современные подходы к оценке качества образования в системе высшего инженерного образования / Л.Ю. Монахова, Е.А. Рябоконт, Л.А. Андреева // Развитие военной педагогики в XXI веке: Материалы X Межвузовской научно-практической конференции. Посвящается 200-летию со дня рождения К.Д. Ушинского, Санкт-Петербург, 20 апреля 2023 года / Под редакцией С.В. Костарева, И.И. Соколовой, Н.В. Ершова. – Санкт-Петербург : ООО «Издательство ВВМ», 2023. – С. 55–59.
5. Попов, А.Н. Практикоориентированное обучение: вызовы и перспективы // Вестник образования. – 2022. – № 8. – С. 40–48.
6. Фролов, С.А. Начертательная геометрия: учебник для вузов / С.А. Фролов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 285 с.
7. Швецова, В.В. Цифровые платформы и технологии как методы и инструменты развития начертательной геометрии и инженерной графики / В.В. Швецова // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 8(158). – С. 36–40.

References

1. Gayneyev, E.R. Problema otbora soderzhaniya obucheniya v sootvetstvii s trebovaniyami sovremennogo proizvodstva / E.R. Gayneyev // Professional'noye obrazovaniye i rynek truda. – 2021. – № 1(44). – S. 36–47.
2. Zadorozhnyy, V.N. Vysshaya matematika dlya tekhnicheskikh universitetov. CH. II: Analiticheskaya geometriya / V.N. Zadorozhnyy [i dr.] – 2 izd. — Tomsk : Izd-vo Tomskogo politekhn. un-ta, 2010. – 398 s.
3. Moleva, N.YU. Aktual'nost' metapredmetnogo podkhoda dlya sovremennogo inzhenernogo obrazovaniya / N.YU. Moleva, V.A. Kurina // Obrazovaniye v sovremennom mire: strategii razvitiya v usloviyakh innovatsionnykh izmeneniy: sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, Samara, 28 fevralya 2024 goda. – Samara : Samarskiy natsional'nyy issledovatel'skiy universitet imeni akademika S.P. Koroleva, 2024. – S. 208–212.
4. Monakhova, L.YU. Sovremennyye podkhody k otsenke kachestva obrazovaniya v sisteme vysshego inzhenernogo obrazovaniya / L.YU. Monakhova, Ye.A. Ryabokon', L.A. Andreyeva // Razvitiye voyennoy pedagogiki v XXI veke: Materialy X Mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Posvyashchayetsya 200-letiyu so dnya rozhdeniya K.D. Ushinskogo, Sankt-Peterburg, 20 aprelya 2023 goda / Pod redaktsiyey S.V. Kostareva, I.I. Sokolovoy, N.V. Yershova. – Sankt-Peterburg : ООО «Izdatel'stvo VVM», 2023. – S. 55–59.
5. Popov, A.N. Praktikooriyentirovannoye obucheniye: vyzovy i perspektivy // Vestnik obrazovaniya. – 2022. – № 8. – S. 40–48.

6. Frolov, S.A. Nachertatel'naya geometriya: uchebnik dlya vuzov / S.A. Frolov. – 3-ye izd., pererab. i dop. – M. : INFRA-M, 2019. – 285 s.

7. Shvetsova, V.V. Tsifrovyye platformy i tekhnologii kak metody i instrumenty razvitiya nachertatel'noy geometrii i inzhenernoy grafiki / V.V. Shvetsova // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 8(158). – S. 36–40.

© О.В. Сулина, 2025

УДК 004.925.8

О.В. СУЛИНА

Калужский филиал ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга

РЕПОЗИТОРИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, ЧЕРТЕЖЕЙ И ФРАГМЕНТОВ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Ключевые слова: ассоциативный чертеж; компоновочная геометрия; параметризация; плагиат; репозиторий; система автоматизированного проектирования (САПР); электронная модель изделия.

Аннотация. Создание заданий по инженерно-графическим дисциплинам в технических вузах с большой вариативностью или возможностью ежегодного обновления вариантов в автоматизированном режиме является наиболее перспективным вариантом улучшения показателей самостоятельности в индивидуальных работах студентов.

Целью статьи являются определение и анализ инструментов и функциональных возможностей формирования репозитория заданий по дисциплинам инженерно-графического цикла на основе генерации вариантов заданий с применением САПР. Задачи: сформулировать и систематизировать теорию о возможности разработки заданий с множественной вариативностью средствами САПР в логическую согласованную структуру и выработать механизм реализации, сформулировать требования к содержанию заданий и инструментарию для генерации различных вариантов и исполнений на базе итоговой индивидуальной работы по дисциплине «Инженерная графика»; на примере одной сборочной единицы рассмотреть принцип формирования множества вариантов учебной работы с применением САПР. Методы исследования: анализ, синтез, моделирование, обобщение и систематизация.

В результате исследования был разработан механизм формирования множества вариантов для типового задания посредством применения различных видов параметризации в

САПР. Сделан вывод о том, что применение вариационной, табличной и иерархической параметризаций позволяет создавать множество вариантов типовых моделей сборочных единиц и, соответственно, ассоциативных чертежей.

В настоящее время академическая «нечестность» в высшей школе принимает новые формы: помимо традиционного использования несанкционированных источников информации во время выполнения контрольных мероприятий, неправомерное заимствование, фальсификация результатов работы, получение результата работы посредством покупки, загрузки, обмена и неразрешенного сотрудничества, ложное авторство востребованы и укоренились в информационном цифровом пространстве [1; 3].

В технических вузах на конструкторско-механических и машиностроительных специальностях и направлениях обучения учебная работа по общепрофессиональной или профессиональной дисциплинам состоит, как правило, из графической и расчетной части. Графическая часть – это конструкторский или технологический уникальный документ, выполненный согласно заданию и оформленный в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД) или Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП) и Единой системой технологической документации (ЕСТД). Сервисы проверки детекции заимствования текстовых файлов, основанные на лексическом совпадении, синтаксическом и семантическом анализе, применяются для проверки расчетной части курсовых и квалифи-

кационных работ [6]. Сервисы проверки графической части, основанные на попиксельном сравнении или семантическом анализе файлов конструкторской и технологической документации, сложно применимы [5]. Достоверность применения сервисов не доказана исследованиями в области проверки технических документов, вследствие специфики их разработки и сличения отсутствуют сравнительная база данных и визуальный контроль результатов сравнения.

Безусловно, поэтапная проверка учебных графических работ и обязательный устный контроль понятийно-смысловой и инструментальной (например, команды САПР) составляющих работы, как средство измерения и определения степени самостоятельности выполнения, являются ключевым звеном в противодействии появлению различных форм академической «нечестности». Иной формой препятствия появлению плагиата в графических работах является разработка уникальных заданий или заданий с практически бесконечной вариативностью для учебных задач. При генерации возможно использование средств САПР, программирования для автоматизации обработки данных, сортировки и др., а также применение интеллектуальных информационных систем.

Создание репозитория заданий по инженерно-графическим дисциплинам в технических вузах с большой вариативностью или возможностью ежегодного обновления вариантов в автоматизированном режиме является, по мнению автора, наиболее перспективным вариантом улучшения показателей самостоятельности в индивидуальных работах студентов.

Цель статьи – определение и анализ инструментов и функциональных возможностей формирования репозитория заданий по дисциплинам инженерно-графического цикла на основе генерации вариантов заданий с применением САПР. Задачи: сформулировать и систематизировать теорию о возможности разработки заданий с множественной вариативностью средствами САПР в логическую согласованную структуру и выработать механизм реализации, сформулировать требования к содержанию заданий и инструментарию для генерации различных вариантов и исполнений на базе итоговой индивидуальной работы по инженерно-графическим дисциплинам; на примере одной сбор-

очной единицы рассмотреть принцип формирования множества вариантов учебной работы с применением САПР.

В исследовании применялись методы анализа, синтеза, моделирования, обобщения и систематизации.

Основой формирования содержания заданий по дисциплинам «Начертательная геометрия», «Инженерная графика», «Инженерная геометрия», «Компьютерная графика» являются целеполагание и фундаментальные основания дисциплин в сочетании с базовыми принципами педагогики высшей школы: эффективности, надежности, своевременности, справедливости и валидности. Содержание и оформление заданий должны соответствовать действующим стандартам ЕСКД и современному уровню развития науки и техники.

Для разработки вариантов заданий учебных работ и проверки их решений эффективным средством в САПР является параметризация. Различают вариационную, табличную, иерархическую и геометрическую параметризацию [4]. Применение различных видов параметризации и их сочетаний при создании графической части заданий позволит в автоматизированном режиме спроектировать задание и проанализировать результат его выполнения.

Для наглядной практической реализации предложенного способа генерации различных вариантов заданий рассмотрим итоговую работу по инженерно-графическим дисциплинам. Итоговой индивидуальной работой являются в подавляющем большинстве фондов оценочных средств дисциплины «Инженерная графика» создание электронной геометрической модели изделия и структуры изделия, создание сборочного чертежа и спецификации по чертежам оригинальных деталей сборочной единицы, описанию состава, порядка сборки и принципа работы изделия.

Для проектирования вариантов работы применялась система КОМПАС-3D. Программа позволяет создавать и оформлять в соответствии с ЕСКД все конструкторские документы (КД), входящие в полный комплект КД. Документы могут быть ассоциативно связаны между собой. В документах «Деталь» и «Сборка» возможно применение вариационной, табличной и иерархической параметризации [2; 7].

Для проектирования заданий выбираем

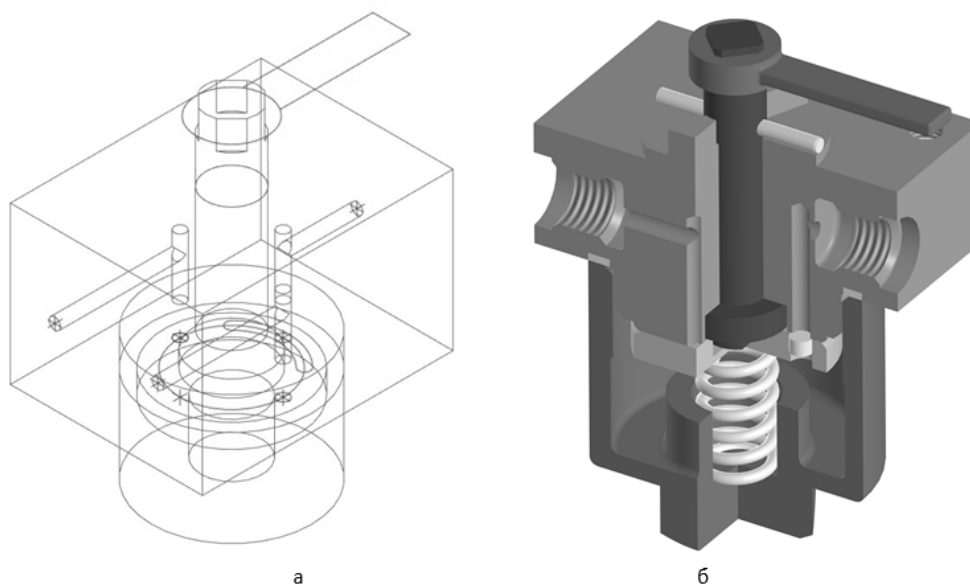


Рис. 1. Сборочная единица «золотниковый распределитель»: а – компоновочная геометрия изделия; б – вариант исполнения модели изделия

сборочные единицы с ограниченным числом оригинальных деталей (от 4 до 15): устройства гидравлические, пневматические и смазочные, станочные и контрольные приспособления, штампы и пресс-формы, муфты и т.д. Для разработки электронной модели изделия и детализировки создаем в пространстве сборки компоновочную геометрию. На рис. 1а показана компоновочная геометрия сборочной единицы «золотниковый распределитель». На рис. 1б показан один из вариантов исполнения модели изделия.

Файл компоновочной геометрии в иерархической параметризации будет являться исходным объектом для создания различных вариантов и исполнений изделия. Геометрия строится в следующей последовательности по иерархическому принципу.

1. Создание элементов каркаса в параметрическом режиме: компоновка расположения системы отверстий и паза в золотнике. Размеры элементов назначены внешними пользовательскими переменными.

2. Создание эскизов для сопрягаемых элементов. Переменные в эскизах также являются внешними, для ряда диаметров и длин созданы пропорциональные зависимости.

3. Создание граней и тел в местах сопряжений и габаритов оригинальных деталей.

Сконструированные элементы являются основой для создания моделей деталей, но не являются составной частью изделия.

4. Создание таблицы внешних переменных посредством последовательной генерации различных вариантов исполнений модели изделия. Проверка корректности выбранных значений может осуществляться на данном этапе проектирования путем последовательного выбора вариантов и перестроения компоновочной геометрии.

Далее компоненты оригинальных деталей проектируются в контексте сборки на основе компоновочной геометрии, добавляются стандартные изделия. Таким образом, при создании моделей оригинальных деталей сопряженные и габаритные размеры будут являться внешними переменными.

Процесс создания трех исполнений детали «крышка» с внешними табличными переменными показан на рис. 2. Рационально последующие операции по моделированию и созданию исполнений оригинальных деталей проводить в режиме редактирования детали в отдельном окне.

Таким образом, для типовой сборочной единицы могут быть спроектированы различные варианты исполнений и размеров.

Реализация множественной вариативности

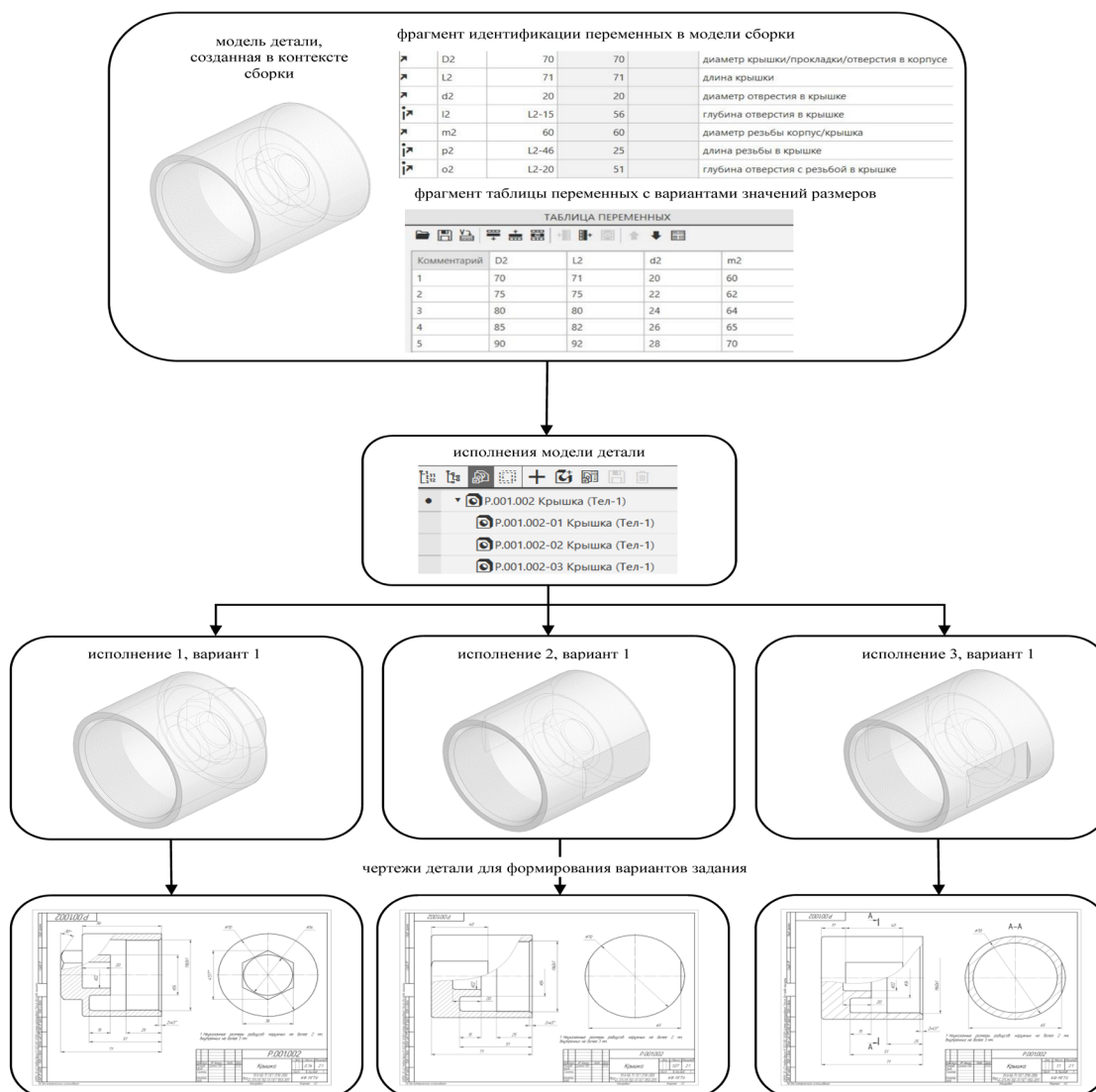


Рис. 2. Создание моделей и чертежей детали «крышка» в трех исполнениях

в заданиях с изображениями объектов на чертеже (например, «Построение сопряжений», «Соединения деталей») осуществляется посредством применения вариационной параметризации к двумерным объектам чертежа с на-

значением размеров геометрических элементов и их взаимного положения с помощью табличных внешних переменных.

С использованием инструментов параметризации в САПР создание репозитория

по инженерно-графическим дисциплинам ством создания заданий с большой вариативностью представляется весьма эффективным средством.

Список литературы

1. Бермус, А.Г. Академическое мошенничество и имитации в высшей школе как онтологический вызов образованию XXI века / А.Г. Бермус // Непрерывное образование: XXI век. – 2023. – Вып. 1(41).
2. Лысый, С.П. Разработка 3D-моделей технических узлов на занятиях по инженерной и компьютерной графике / С.П. Лысый, О.В. Снежкина, А.М. Волков // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 4(166). – С. 85–87.
3. Макарова, М.Н. Академическая этика за рубежом и в России: как предотвратить студенческие нарушения в вузах? Монография / М.Н. Макарова. – Ижевск : Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. – 256 с.
4. Норенков, И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии: [монография] / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 319 с.
5. Петухова, А.В. Плагиат в графических работах студентов технического вуза / А.В. Петухова, О.Б. Болбат // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения: Гуманитарные исследования. – 2018. – № 2(4). – С. 60–70.
6. Приказ Министерства образования и науки РФ от 29 июня 2015 г. № 636 «Об утверждении Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71045690>.
7. Солодилова, Н.А. Автоматизация машиностроительного проектирования. Разработка конструкторской документации в САПР КОМПАС-3D : Учебное пособие / Н.А. Солодилова, С.В. Мещеряков, Т.В. Маркова. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. – 89 с.

References

1. Bermus, A.G. Akademicheskoye moshennichestvo i imitatsii v vysshey shkole kak ontologicheskij vyzov obrazovaniyu XXI veka / A.G. Bermus // Nepreryvnoye obrazovaniye: XXI vek. – 2023. – Vyp. 1(41).
2. Lysyy, S.P. Razrabotka 3D-modeley tekhnicheskikh uzlov na zanyatiyakh po inzhenernoy i komp'yuternoy grafike / S.P. Lysyy, O.V. Snezhkina, A.M. Volkov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2025. – № 4(166). – S. 85–87.
3. Makarova, M.N. Akademicheskaya etika za rubezhom i v Rossii: kak predotvratit' studencheskiye narusheniya v vuzakh? Monografiya / M.N. Makarova. – Izhevsk : Izdatel'skiy tsentr «Udmurtskiy universitet», 2021. – 256 s.
4. Norenkov, I.P. Informatsionnaya podderzhka naukoyemkikh izdeliy. CALS-tekhnologii: [monografiya] / I.P. Norenkov, P.K. Kuz'mik. – M. : Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2002. – 319 s.
5. Petukhova, A.V. Plagiat v graficheskikh rabotakh studentov tekhnicheskogo vuza / A.V. Petukhova, O.B. Bolbat // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya: Gumanitarnyye issledovaniya. – 2018. – № 2(4). – S. 60–70.
6. Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki RF ot 29 iyunya 2015 g. № 636 «Ob utverzhdenii Poryadka provedeniya gosudarstvennoy itogovoy attestatsii po obrazovatel'nym programmam vysshego obrazovaniya – programmam bakalavriata, programmam spetsialiteta i programmam magistratury» [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71045690>.

7. Solodilova, N.A. Avtomatizatsiya mashinostroitel'nogo proyektirovaniya. Razrabotka konstruktorskoy dokumentatsii v SAPR KOMPAS-3D : Uchebnoye posobiye / N.A. Solodilova, S.V. Meshcheryakov, T.V. Markova. – Sankt-Peterburg : Sankt-Peterburgskiy politekhicheskiy universitet Petra Velikogo, 2024. – 89 s.

© О.В. Сулина, 2025

УДК 66.045.1

Т.В. ПОЛЯКОВА, Р.Р. ТЛЯШЕВА, П.А. ГАЛКИН

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ С ПОРИСТОЙ ВСТАВКОЙ

Ключевые слова: метод численного моделирования; пористая вставка; теплообменный аппарат; цифровое исследование; *CFD*.

Аннотация. Рациональное использование энергии в промышленности является основой для укрепления экономики страны. Повысить энергетическую эффективность теплообменных аппаратов можно за счет их модернизации. Целесообразность модификации оборудования должна опираться на комплексный анализ достигаемых теплофизических характеристик при необходимой сложности конструкционного исполнения, стоимости изготовления, затрат на эксплуатацию и обслуживание технологических аппаратов. Получение указанных данных возможно только в случае комплексного всестороннего исследования.

Для изучения работы теплообменного аппарата, модернизированного установкой пористой вставки, предложен метод вычислительной гидродинамики (*CFD*) с использованием программного комплекса *ANSYS Workbench* и модуля *Fluid Flow (CFX)*.

Разработана цифровая модель теплообменника с пористой вставкой, на основе которой получены распределения полей температуры и давления, а также направления потоков и векторов скорости.

Результаты моделирования демонстрируют влияние пористой вставки на гидродинамические и тепловые характеристики аппарата. Данные цифрового эксперимента могут быть использованы для дальнейшей оптимизации конструкции и повышения эффективности теплообмена.

Предложенный подход позволяет проводить виртуальные эксперименты, существенно снижая затраты времени и ресурсов на испыта-

ния в реальных условиях.

Введение

Увеличение показателей эффективности энергопотребления промышленного оборудования является принципиально важной задачей в вопросе создания надежного фундамента для технологического и производственного развития страны.

Теплообменные аппараты – одна из важнейших составляющих сектора промышленной экономики. Эффективность энергетической системы напрямую зависит от рационального использования энергии. Стимулировать повышение уровня энергоемкости промышленной цепочки можно двумя способами. В первом случае необходимо осуществить замену оборудования на его современные аналоги. Во втором варианте предполагается следование пути модернизации и частичной модификации имеющихся на предприятии технологических аппаратов.

Необходимость внедрения новых производственных решений устанавливается на основе специально разработанного экономического объяснения, которое принимает во внимание положительную динамику изменений в виде повышения энергоэффективности и отрицательную ее составляющую в виде увеличения финансовых затрат на начальных этапах интеграции технологий.

Оценка эффективности применения теплообменного аппарата осуществляется при детальном рассмотрении широкого перечня параметров, которые оказывают взаимное влияние друг на друга.

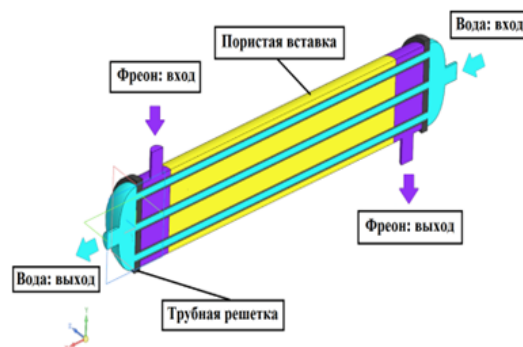


Рис. 1. Направление потоков теплоносителей

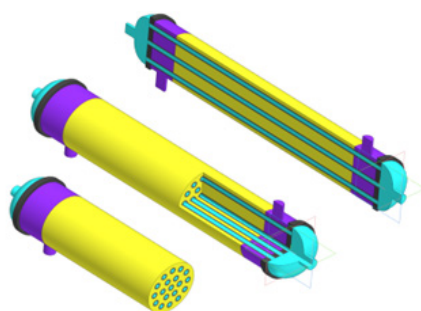


Рис. 2. Модель теплообменника с пористой вставкой

Осуществление экспериментального изучения теплообменного аппарата в условиях реальной действительности – несомненно сложная задача. Наиболее перспективным решением выступает виртуальный эксперимент.

Материалы и методы исследования

Вычислительная гидродинамика (*Computational fluid dynamics*), которая является методом численного моделирования, сосредоточенного на решении задач гидродинамики, газодинамики (аэродинамики), теплопереноса [1], используется в работе для исследования тепломассообменных процессов рассматриваемого объекта.

Например, применение метода *CFD*-моделирования позволило определить оптимальное расстояние между поперечными перегородками кожухотрубчатого теплообменного аппарата [2].

Цель нашей исследовательской деятельности состоит в разработке численной модели теплообменного аппарата с пористой вставкой.

Цифровое воспроизведение газогидродинамического процесса в контуре теплообменника было использовано в качестве инструмента для получения характера распределения полей температуры и давления, потоков и векторов скорости. Циркуляция теплоносителей показана на рис. 1.

Объектом экспериментального исследования выступает кожухотрубчатый теплообменный аппарат, оборудованный вставкой из пористого материала. Цифровая модель теплообменника приведена на рис. 2. Моделирование проводилось на основе исходных данных, полученных в источнике [3].

Результаты и выводы

Для решения *CFD*-задачи был использован вычислительный комплекс *ANSYS Workbench*, оснащенный системой анализа *Fluid Flow (CFX)* [4] для моделирования динамики жидкостей и газов.

В ходе проведения цифрового исследования были получены эпюры распределе-

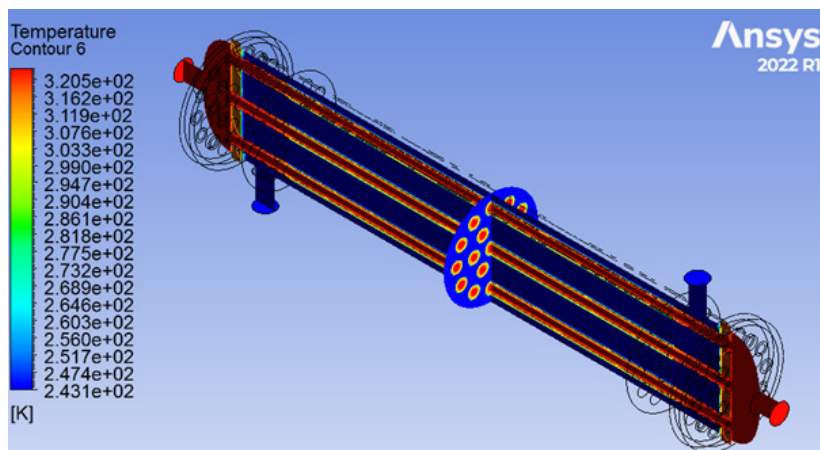


Рис. 3. Эпюра распределения поля температуры

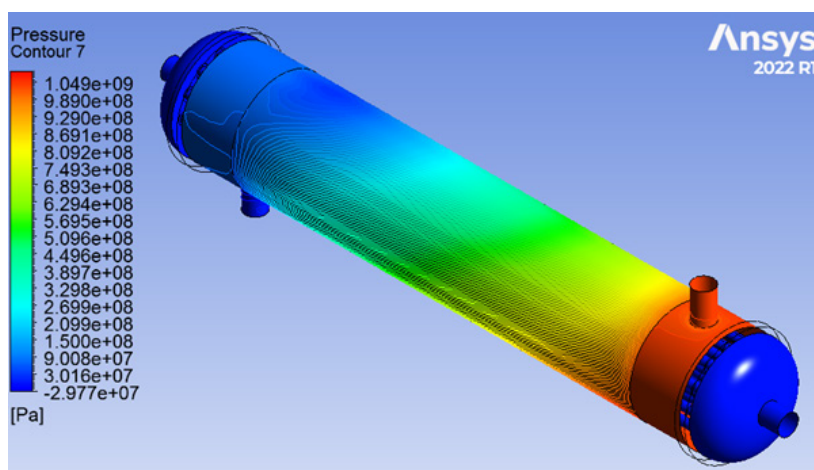


Рис. 4. Эпюра распределения поля давления

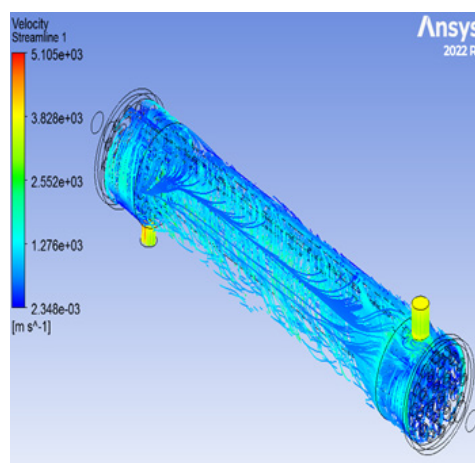


Рис. 5. Эпюра распределения потоков скорости

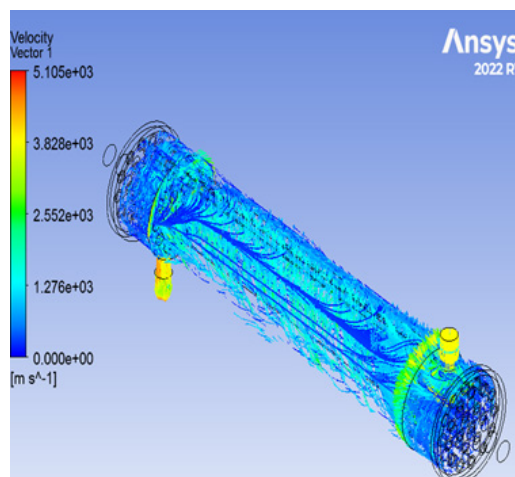


Рис. 6. Эпюра распределения векторов скорости

ния полей температуры (рис. 3) и давления (рис. 4), векторов и потоков скорости (рис. 5–6) для модели теплообменника с пористой вставкой.

Заключение

Выполнено моделирование пористого кожухотрубчатого теплообменного аппарата в системе анализа *Fluid Flow (CFX)* программной

среды *ANSYS Workbench*.

В результате осуществления исследований было получено представление о распределении полей температуры и давления, направлении векторов и потоков скорости для теплообменного аппарата с пористой вставкой. Полученные результаты могут быть использованы для комплексного цифрового исследования пористого кожухотрубчатого теплообменного аппарата.

Список литературы

1. Чегулов, В.В. Имитационное моделирование в задачах нефтегазовой отрасли / В.В. Чегулов, Д.И. Федоров, А.С. Москвин // Сборник трудов XX Международной научно-практической конференции, 2022. – С. 117–122.
2. Четверткова, О.В. Применение дополнительных перегородок для повышения эффективности кожухотрубчатых теплообменников / О.В. Четверткова, Р.Г. Ризванов, А.М. Файрушин // Нефтегазовое дело. – 2017. – № 3. – С. 67–83.
3. Рыдалина, Н.В. Теплоотдача и гидродинамика в теплообменных аппаратах с пористыми вставками: дисс. ... канд. тех. наук / Н.В. Рыдалина. – Тюмень, 2023. – 120 с.
4. Никитюк, Ю.В. Введение в технологии компьютерного моделирования. ANSYS WORKBENCH: практическое руководство / Ю.В. Никитюк, В.А. Прохоренко, А.А. Середа. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. – 43 с.

References

1. Chegulov, V.V. Imitatsionnoye modelirovaniye v zadachakh neftegazovoy otrasli / V.V. Chegulov, D.I. Fedorov, A.S. Moskvin // Sbornik trudov KHKH Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 2022. – S. 117–122.
2. Chetvertkova, O.V. Primeneniye dopolnitel'nykh peregorodok dlya povysheniya effektivnosti kozhukhotrubchatykh teploobmennikov / O.V. Chetvertkova, R.G. Rizvanov, A.M. Fayrushin // Neftegazovoye delo. – 2017. – № 3. – S. 67–83.

3. Rydalina, N.V. Teplootdacha i gidrodinamika v teploobmennyykh apparatakh s poristymi vstavkami: diss. ... kand. tekhn. nauk / N.V. Rydalina. – Tyumen', 2023. – 120 s.
 4. Nikityuk, YU.V. Vvedeniye v tekhnologii komp'yuternogo modelirovaniya. ANSYS WORKBENCH: prakticheskoye rukovodstvo / YU.V. Nikityuk, V.A. Prokhorenko, A.A. Sereda. – Gornel' : GGU im. F. Skoriny, 2023. – 43 s.
-

© Т.В. Полякова, Р.Р. Тляшева, П.А. Галкин, 2025

УДК 621.865

Е.В. ПОЕЗЖАЕВА, В.А. РЕУТОВ, М.Э. КИЧИГИН, Н.Н. КУЧЕВ, Е.С. ТРЯСЦЫН
ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический
университет», г. Пермь

УПРАВЛЕНИЕ ОЧУВСТВЛЕННЫМИ РОБОТАМИ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ RCM

Ключевые слова: архитектура системы управления; поведение системы управления; роботы; управление роботом-манипулятором.

Аннотация. В исследовании сконструирован универсальный метод обработки сенсорной информации для управления роботами на базе системы RCM, обеспечивающей точность и адаптивность. Гипотеза: модульная структура обработки данных в RCM повышает гибкость и точность управления. Задачи: проанализировать архитектуру RCM, классифицировать операторы, смоделировать коррекцию контура и определить оптимальные параметры усиления датчиков. Методы: системный анализ, моделирование и анализ режимов работы. Результаты: создана блок-схема обработки данных, сформулированы принципы работы операторов в реальном времени, предложены уравнения оптимального управления, определены критерии выбора параметров усиления. Подтверждена эффективность модульного подхода для управления роботами.

Для расширения области применения роботов необходимо, чтобы система управления роботом обладала способностью обрабатывать в реальном времени информацию, поступающую от сенсоров [1–4]. Система RCM является гибкой системой управления роботом (рис. 1) и может быть адаптирована для выполнения различных операций типа точечной и роликовой сварки, удаления заусенцев, сборки, складирования и так далее. Поэтому сенсорные функции, которыми пополняется такая система управления, должны иметь настолько гибкую структуру, чтобы каждую из них можно было приспособлять для решения широкого круга технологических задач. Для этого необходимо

создание в системе управления универсальных модулей, не зависящих от вида датчика, с помощью которых пользователь может численно обрабатывать сенсорную информацию [5].

Обработка сенсорной информации производится с помощью операторов, которые делятся на три основных категории: операторы передачи данных, операторы прерывания и циклические операторы. Пользователь имеет возможность составлять произвольный набор из этих операторов, исходя из условий конкретной задачи. Операторы передачи данных предназначены для передачи информации от сенсора в память через интерфейс. Операторы прерывания используются при обработке определенных цифровых сигналов, которые поступают во время выполнения текущей программы и требуют немедленного решения. Такими сигналами могут быть сигналы об изменении скорости, резких торможениях или резких перемещениях схвата робота. Циклические операторы делятся на две группы: группу базисных операторов, предназначенных для обработки в реальном времени сенсорных данных, и группу комплексных операторов, которые обрабатывают также в реальном времени результаты вмешательства системы управления. Примером базисных операторов являются операторы сравнения, вычисления арифметических выражений и нелинейных функций. Типичными комплексными операторами являются операторы коррекции контура и операторы управления скоростью движения по контуру. Циклические операторы объединяются пользователем в отдельный блок и хранятся в основной программе в виде одного сенсорного оператора, который может быть активирован посредством элементарной команды. Действие системы управления RCM можно рассмотреть подробнее на примере операции коррекции программного контура

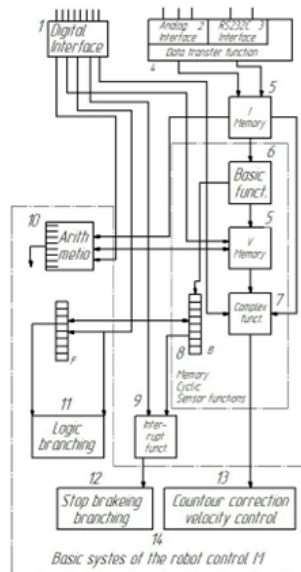


Рис. 1. Блок-схема обработки сенсорной информации системой RCM: 1 – цифровой интерфейс; 2 – аналоговый интерфейс; 3 – интерфейс; 4 – оператор передачи данных; 5 – запоминающее устройство; 6 – базисные операторы; 7 – комплексные операторы; 8 – внутренние циклические сенсорные операторы; 9 – операторы прерывания; 10 – арифметическое устройство; 11 – операции логического условного перехода; 12 – операции перехода по условию остановки и торможения; 13 – управление скоростью при коррекции контура; 14 – базисная система RCM

при отклонении его от реального контура. Для выполнения этой операции система содержит два оператора: оператор цифровой коррекции контура при использовании цифрового датчика и оператор аналоговой коррекции контура при использовании аналогового датчика. Коррекция осуществляется по двум направлениям, перпендикулярным реальному контуру: одно из них перпендикулярно направлению ориентации инструмента робота; второе лежит в плоскости, проходящей через касательную к реальному контуру и направлению, в котором ориентирован инструмент. Оператор цифровой коррекции контура определяет величину скорости движения инструмента по направлению коррекции с помощью цифрового сигнала:

$$L = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{Bmatrix},$$

получаемого от сенсора и характеризующего знак отклонения. Так, для первого направления величина скорости определяется по формуле:

$$V_1 = N1 \cdot V_{\text{contur prog}} \cdot L, \quad (1)$$

где $V_{\text{contur prog}}$ – заданная скорость инструмента на контуре; $N1$ – коэффициент усиления по первому направлению, $-1 \leq N1 \leq 1$. Оператор аналоговой коррекции контура определяет величину скорости по каждому направлению коррекции с помощью аналогового сенсорного сигнала $V1$, принимающего значения от 1 до -1 . Скорость по первому направлению определяется в данном случае по формуле:

$$V_1 = N1 \cdot V_{\text{contur prog}} \cdot V1. \quad (2)$$

Схема управления, осуществляющая коррекцию контура, представлена на рис. 2.

При выполнении операции коррекции контура параметры измерения, с которыми функционирует датчик, и коэффициенты усиления $N1$ и $N2$ следует выбрать таким образом, чтобы достигались оптимальный временной режим и высокая точность отслеживания контура. Рассмотрим датчик схемы на рис. 2 в случае, когда в ней содержится линейный датчик с насыщением. Ограничимся рассмотрением только тех сигналов датчика об отклонении реального контура от программного, при которых датчик не выходит на ограничения, и его коэффициент

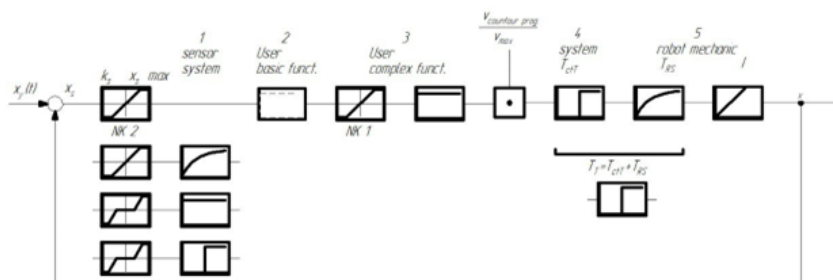


Рис. 2. Схема работы RCM: 1 – сенсорная система; 2 – базисные операторы пользователя; 3 – комплексные операторы пользователя; 4 – система; 5 – механическая система робота. Через T_{ct} обозначено время задержки блока управления, через T_{RS} – постоянная времени электромеханической системы робота, через T_T – общее время задержки

усиления является постоянной величиной. Если обозначить x_{smax} через максимальное отклонение, удовлетворяющее этому условию, то оптимальное значение коэффициента усиления K_S будет определяться по формуле:

$$K_S = \frac{V_{max} \cdot T_T}{x_{smax}}, \quad (3)$$

где V_{max} – наибольшая возможная скорость движения инструмента робота на контуре.

В работе рассмотрена архитектура системы управления RCM, использующей модульную обработку сенсорной информации для повы-

шения точности и адаптивности управления промышленными роботами. Представлены основные типы операторов, задействованных в обработке данных в реальном времени, а также проанализированы механизмы коррекции программного контура. Полученные результаты подтверждают эффективность предлагаемого подхода для реализации сложных технологических операций в условиях изменяющейся среды. Разработка универсальных сенсорных модулей позволяет расширить функциональные возможности робототехнических систем и адаптировать их к различным задачам без существенной модификации базовой архитектуры управления.

Список литературы

1. Ковалев, А.Ю. Робот-манипулятор на базе шагового электропривода с числовым программным управлением / А.Ю. Ковалев, В.В. Аникин, И.Р. Камалиев // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. – 2015. – № 1. – С. 199–203.
2. Лелянов, Б.Н. Математическая модель многосвязного объекта типа «Робот-манипулятор» / Б.Н. Лелянов, Е.А. Шеленок // Ученые заметки ТОГУ. – 2011. – Т. 2. – № 1. – С. 10–15.
3. Власов, Я.С. Компактный модульный робот-манипулятор в качестве современного решения проблем автоматизации / Я.С. Власов // Universum: технические науки. – 2016. – № 10(31). – С. 16–23.
4. Горячев, В.А. Робот-манипулятор с технологией «машинного» зрения / В.А. Горячев, А.В. Одинцев, В.Ю. Незнамов // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2021. – № 1-1. – С. 111–114.
5. Разработка инновационной конструкции робота-манипулятора для высокоточного позиционирования / Е.В. Поезжаева, Е.Ю. Тонков, Д.Н. Кучев, Э.Х. Гумаров // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 11. – С. 42–46.

References

1. Kovalev, A.YU. Robot-manipulyator na baze shagovogo elektroprivoda s chislovym programmnyim upravleniyem / A.YU. Kovalev, V.V. Anikin, I.R. Kamaliyev // Rossiya molodaya: peredovyie tekhnologii – v promyshlennost'. – 2015. – № 1. – S. 199–203.

2. Lelyanov, B.N. Matematicheskaya model' mnogosvyaznogo ob'yekta tipa «Robot-manipulyator» / B.N. Lelyanov, Ye.A. Shelenok // Uchenyye zametki TOGU. – 2011. – T. 2. – № 1. – S. 10–15.
 3. Vlasov, YA.S. Kompaktnyy modul'nyy robot-manipulyator v kachestve sovremennogo resheniya problem avtomatizatsii / YA.S. Vlasov // Universum: tekhnicheskiye nauki. – 2016. – № 10(31). – S. 16–23.
 4. Goryachev, V.A. Robot-manipulyator s tekhnologiyey «mashinnogo» zreniya / V.A. Goryachev, A.V. Odintsev, V.YU. Neznamov // Sbornik izbrannykh statey nauchnoy sessii TUSUR. – 2021. – № 1-1. – S. 111–114.
 5. Razrabotka innovatsionnoy konstruksii robota-manipulyatora dlya vysokotochnogo pozitsionirovaniya / Ye.V. Poyezzhayeva, Ye.YU. Tonkov, D.N. Kuchev, E.KH. Gumarov // Stroitel'nyye i dorozhnyye mashiny. – 2022. – № 11. – S. 42–46.
-

© Е.В. Поезжаева, В.А. Реутов, М.Э. Кичигин, Н.Н. Кучев, Е.С. Трясцын, 2025

УДК 621.865

Е.В. ПОЕЗЖАЕВА, М.К. СТАРЦЕВ, Е.С. ТРЯСЦЫН, Н.Н. КУЧЕВ
ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь

К ВОПРОСУ О СУБОПТИМАЛЬНОМ БЫСТРОДЕЙСТВЕННОМ УПРАВЛЕНИИ МАНИПУЛЯЦИОННЫМИ РОБОТАМИ

Ключевые слова: быстродействие; модели управления; робот-манипулятор; субоптимальное быстродействие; управление.

Аннотация. В статье рассматривается задача синтеза субоптимального управления для манипуляционных роботов с целью максимального быстродействия при движении к целевой точке в условиях нелинейной динамики системы. Гипотеза: использование метода усреднения динамических характеристик и разложения модели на независимые подсистемы позволит приблизиться к оптимальному управлению. Задачи: разработать метод субоптимального управления на основе разложения системы и синхронизации подсистем. Методы: математическое моделирование, метод усреднения, анализ динамики подсистем. Результаты: предложен метод субоптимального управления, близкий к оптимальному, обеспечивающий высокую скорость движения манипулятора.

Современные манипуляционные роботы активно применяются в промышленных и научных задачах, где ключевыми требованиями являются точность, устойчивость и быстродействие управления [1–3]. Роботизированные манипуляторы применимы в различных отраслях промышленности, а также в медицине и в сельскохозяйственной отрасли [4–5]. При этом многие задачи управления, основанные на точных математических моделях, остаются сложными из-за нелинейной динамики систем и высокой размерности уравнений движения. Одной из актуальных задач является построение управления, приближенного к оптимальному по времени управления для нелинейных систем до

настоящего времени не имеет общего решения. В связи с этим целесообразно разрабатывать методы субоптимального управления, которые обеспечивают высокие показатели быстродействия, оставаясь вычислительно реализуемыми. Ниже предлагается метод построения субоптимального управления для манипуляционного робота. В методе строится такое управление, которое разбивает нелинейную систему, описывающую динамику манипулятора, на независимые двойные интеграторы. Двойной интегратор описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_2 & x_1(0) &= x_{10} & x_{1f} &= 0; \\ \dot{x}_2 &= u & x_2(0) &= x_{20} & x_{2f} &= 0; \\ u_- &\leq u \leq u_+. \end{aligned} \quad (1)$$

Решение задачи максимального быстродействия для системы (1) известно. Так как движения подсистем, на которые разбивается система манипулятора, должны быть согласованными, возникает задача их синхронизации. Для ее решения рассматривается критерий качества:

$$J = \int_0^T \lambda dt, \quad (2)$$

с помощью которого можно оценить время движения системы (1) к конечной точке.

При наличии нескольких подсистем типа (1), которые должны одновременно достичь соответствующие конечные точки, величина A для каждой подсистемы выбирается так, чтобы их движения были синхронизированы. Для этого рассматривается время $t_f = \max T_i$, где T_i – минимальное время движения системы с номером i к конечной точке.

Формула вычисления T_i для системы типа (1) известна. Обеспечить прибытие всех под-

систем в конечную точку за время t_f можно, если для каждой из них ввести новую шкалу времени $\tau_i = \lambda_i t$. Критерий качества (2) для i -ой подсистемы примет вид:

$$J_i = \int_0^{T_i} \lambda_i dt = \int_0^{\lambda_i T_i} dt, \quad (3)$$

где

$$\lambda_i = \frac{t_f}{T_i} \geq 1. \quad (4)$$

Каждая подсистема при переходе к новой шкале времени запишется в виде:

$$\begin{aligned} \dot{x}_{1i} &= \frac{dx_{1i}}{d\tau_i} \frac{d\tau_i}{dt} = \frac{dx_{1i}}{d\tau_i} \lambda_i = x_{2i}; \\ \dot{x}_{2i} &= \frac{dx_{2i}}{d\tau_i} \frac{d\tau_i}{dt} = \frac{dx_{2i}}{d\tau_i} \lambda_i = u_i. \end{aligned}$$

С помощью замены переменных

$$z_{1i} = x_{1i}, \quad z_{2i} = \frac{x_{2i}}{\lambda_i}$$

эти уравнения переписываются в форме системы уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dz_{1i}}{d\tau_i} &= z_{2i}, \\ \frac{dz_{2i}}{d\tau_i} &= \frac{u_i}{\lambda_i^2}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $u_{i-} \leq u_i \leq u_{i+}$.

Оптимальное управление для i -й подсистемы по шкале времени τ_i определяется формулой:

$$u_i^* = \begin{cases} u_{i+} / \lambda_i^2, & \text{если выполняется условие,} \\ u_{i-} / \lambda_i^2, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (6)$$

где условие

$$i: \left(x_{1i} > \frac{1}{2} \frac{x_{2i}^2}{u_{i-}} \text{ и } x_{2i} > 0 \right) \quad (7)$$

или

$$\left(x_{1i} \geq \frac{1}{2} \frac{x_{2i}^2}{u_{i+}} \text{ и } x_{2i} \leq 0 \right).$$

Метод построения субоптимального управления манипулятором основан на усреднении его динамических характеристик. Уравнение движения манипулятора представим в виде:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= A(x_1, x_2) + B(x_1)u. \end{aligned} \quad (8)$$

Вместо того, чтобы в каждый момент времени рассматривать полное нелинейное динамическое описание манипулятора (8), предлагается воспользоваться усредненными значениями матриц A и B . Для этого в каждый момент времени t на основе измеренных значений x_1 , x_2 вычисляются матрицы:

$$\begin{aligned} \bar{A} &= \frac{1}{2} [A(x_1(t), x_2(t)) + A(x_{1f}, x_{2f})], \\ \bar{B} &= \frac{1}{2} [B(x_1(t)) + B(x_{1f})], \end{aligned} \quad (9)$$

где x_{1f} , x_{2f} описывают заданное конечное состояние манипулятора. Подстановка $\bar{A}$ и $\bar{B}$ в (8) вместо матриц A и B переводит уравнение в систему линейных уравнений с постоянными матричными коэффициентами. Применение преобразования

$$\begin{aligned} y_1 &= \bar{B}^{-1} x_1 \\ y_2 &= \bar{B}^{-1} x_2 \end{aligned} \quad (10)$$

позволяет переписать эту линейную систему в форме:

$$\begin{aligned} \dot{y}_1 &= y_2, \\ \dot{y}_2 &= C + u, \\ C &= \bar{B}^{-1} \bar{A} = \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (11)$$

После проведения синхронизации управление для i -й подсистемы запишется в виде:

$$u_i = \begin{cases} (u_{i+} / \lambda_i^2) - c_i, & \text{если выполняется условие,} \\ (u_{i-} / \lambda_i^2) - c_i & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad |u_i| \leq M_i. \quad (12)$$

где условие i имеет форму (7) при замене x_{1i} , x_{2i} на y_{1i} , y_{2i} соответственно. Параметры, содержащиеся в формуле (12), имеют следующий смысл:

$$\begin{aligned} u_{i+} &= M_i + c_i, \\ u_{i-} &= -M_i + c_i, \\ \lambda_i &= \frac{t_f}{T_i}, \\ t_f &= \max_i T_i. \end{aligned} \quad (13)$$

Здесь числа M_i задают интенсивность управлений u_i , т.е.:

Время T_i определяется так же, как в задаче максимального быстродействия для (1).

Разработанный в статье метод построения субоптимального управления позволяет решать задачу приближения к максимально быстрому движению манипуляционного робота к целевому положению. Предложенный подход отличается вычислительной простотой, допускает реализацию в реальном времени и обеспечивает согласованное управление всеми звеньями системы. Метод на основе усредненных динамических характеристик удобен в условиях ограниченного объема информации о полной модели. Полученные результаты могут быть использованы при разработке систем управления робототехническими комплексами, ориентированными на высокоскоростное выполнение операций.

Список литературы

1. Дема, Н.Ю. Исследование методов решения обратной задачи кинематики для манипуляторов избыточной кинематики / Н.Ю. Дема, А.О. Овчаров // Альманах научных работ молодых ученых университета ИТМО : XLVII научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО, Санкт-Петербург, 30 января – 02 февраля 2018 года. Т. 1. – Санкт-Петербург : Национальный исследовательский университет ИТМО, 2018. – С. 211–213.
2. Колюбин, С.А. Энергоэффективное траекторное управление манипуляторами с избыточным числом степеней свободы / С.А. Колюбин, О.Д. Заводовский // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2018. – Т. 61. – № 2. – С. 141–147.
3. Колтыгин, Д.С. Метод и программа решения прямой и обратной задачи кинематики для управления роботом-манипулятором / Д.С. Колтыгин, И.А. Седельников // Системы. Методы. Технологии. – 2020. – № 4(48). – С. 65–74.
4. Коровин, О.С. Обзор методов решения обратной задачи кинематики для манипулятора с избыточностью / О.С. Коровин // Политехнический молодежный журнал. – 2022. – № 12(77).
5. Каганов, Ю.Т. Математическое моделирование кинематики и динамики робота-манипулятора типа «хобот». 1. Математические модели секции манипулятора как механизма параллельной кинематики типа «трипод» / Ю.Т. Каганов, А.П. Карпенко // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2009. – № 10. – С. 4.
6. Бошляков, А.А. Об ограничениях решения обратной задачи кинематики манипулятора с избыточными степенями подвижности с обходом препятствий / А.А. Бошляков, А.В. Новак // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 109-13. – С. 27–31.

References

1. Dema, N.YU. Issledovaniye metodov resheniya obratnoy zadachi kinematiki dlya manipulyatorov izbytochnoy kinematiki / N.YU. Dema, A.O. Ovcharov // Al'manakh nauchnykh rabot molodykh uchenykh universiteta ITMO : XLVII nauchnaya i uchebno-metodicheskaya konferentsiya Universiteta ITMO, Sankt-Peterburg, 30 yanvarya – 02 fevralya 2018 goda. T. 1. – Sankt-Peterburg : Natsional'nyy issledovatel'skiy universitet ITMO, 2018. – S. 211–213.
2. Kolyubin, S.A. Energoeffektivnoye trayektornoye upravleniye manipulyatorami s izbytochnym

chislom stepeney svobody / S.A. Kolyubin, O.D. Zavodovskiy // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroyeniye. – 2018. – T. 61. – № 2. – S. 141–147.

3. Koltygin, D.S. Metod i programma resheniya pryamoy i obratnoy zadachi kinematiki dlya upravleniya robotom-manipulyatorom / D.S. Koltygin, I.A. Sedel'nikov // Sistemy. Metody. Tekhnologii. – 2020. – № 4(48). – S. 65–74.

4. Korovin, O.S. Obzor metodov resheniya obratnoy zadachi kinematiki dlya manipulyatora s izbytochnost'yu / O.S. Korovin // Politekhnichestkiy molodezhnyy zhurnal. – 2022. – № 12(77).

5. Kaganov, YU.T. Matematicheskoye modelirovaniye kinematiki i dinamiki robota-manipulyatora tipa «khobot». 1. Matematicheskiye modeli seksii manipulyatora kak mekhanizma parallel'noy kinematiki tipa «tripod» / YU.T. Kaganov, A.P. Karpenko // Nauka i obrazovaniye: nauchnoye izdaniye MGTU im. N.E. Bauman. – 2009. – № 10. – S. 4.

6. Boshlyakov, A.A. Ob ogranicheniyakh resheniya obratnoy zadachi kinematiki manipulyatora s izbytochnymi stepenyami podvizhnosti s obkhodom prepyatstviy / A.A. Boshlyakov, A.V. Novak // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2024. – № 109-13. – S. 27–31.

© Е.В. Поезжаева, М.К. Старцев, Е.С. Трясцын, Н.Н. Кучев, 2025

УДК 004.8: 3

Е.Э. МАТОНИН, Е.С. ПИДГУРСКАЯ, А.В. СЕРЕБРЕННИКОВ, Г.Р. РОМАНОВ
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский
технический университет», г. Иркутск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ В ДЕТАЛЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ DED (DIRECT ENERGY DEPOSITION)

Ключевые слова: гибридные модели; дефекты; машинное обучение; *Directed Energy Deposition (DED)*.

Аннотация. В статье исследуются методы машинного обучения (МО) для прогнозирования и обнаружения дефектов в деталях, изготовленных методом направленного энергетического осаждения (*DED*). Цель работы – повышение точности контроля качества за счет комбинации сверточных нейронных сетей (*CNN*), ансамблевых методов и гибридных моделей («серые ящики»). Показано, что архитектура *VGG16* достигает точности 94,7 %, а интеграция физических уравнений с МО улучшает *F1-Score* до 90 %, сокращая брак на 40 %. Результаты демонстрируют эффективность предложенных подходов для мониторинга *DED*-процессов в реальном времени, что особенно актуально для аэрокосмической и медицинской отраслей.

Метод направленного энергетического осаждения (*DED*) является одной из технологий аддитивного производства металлических компонентов. Однако его применение сдерживается проблемой дефектов, таких как поры, трещины, непровары и шероховатость поверхности, которые негативно влияют на механические свойства изделий. Традиционные методы контроля качества часто требуют дорогостоящего постпроцессинга и не позволяют осуществлять мониторинг в реальном времени. МО предлагает революционный подход к прогнозированию и обнаружению дефектов непосредственно в процессе производства.

В процессе *DED* могут возникать следующие основные типы дефектов:

- геометрические аномалии – отклонения

от заданной геометрии, вызванные неравномерным осаждением материала;

- морфологические дефекты – поры, трещины, возникающие из-за неоптимальных параметров процесса;

- микроструктурные аномалии: нежелательные фазы, крупные зерна, остаточные напряжения.

Традиционные методы обнаружения включают рентгеновскую компьютерную томографию (*X-CT*), металлографический анализ, вихретоковый контроль [1]. Однако эти методы требуют остановки производства и часто являются дорогостоящими.

Конволюционные нейронные сети (*CNN*) для классификации дефектов

CNN показали исключительную эффективность в анализе изображений дефектов. В работе сравнивались следующие архитектуры [1].

VGG16 – глубокая сеть с 16 слоями использует малые фильтры (3×3), что улучшает детализацию.

AlexNet – одна из первых успешных *CNN*, но менее глубокая, чем *VGG*.

GoogLeNet использует параллельные свертки разного размера для анализа мультимасштабных признаков.

ResNet содержит «остаточные связи» (*skip-connections*), что позволяет обучать очень глубокие сети.

VGG16 показала наилучший баланс между точностью и устойчивостью к переобучению благодаря глубине архитектуры и аугментации данных (повороты, масштабирование, шумы), которая увеличила разнообразие обучающей выборки.

Функция потерь в *CNN* обычно вычисляет-

Таблица 1. Результаты сравнения моделей CNN

Модель	Точность	Precision	Recall	F1-Score
VGG16	94,7 %	80,0 %	89,3 %	89,5 %
ResNet	~93 %	~78 %	~87 %	~88 %
GoogLeNet	~91 %	~75 %	~85 %	~86 %
AlexNet	~88 %	~72 %	~82 %	~83 %

ся как кросс-энтропия:

$$L = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{c=1}^C y_{i,c} \cdot \log(p_{i,c}),$$

где L – значение функции потерь (кросс-энтропии); N – количество объектов в выборке; C – количество классов; $y_{i,c}$ – бинарный индикатор (1, если объект i принадлежит классу c , иначе 0); $p_{i,c}$ – предсказанная моделью вероятность того, что объект i относится к классу c ; $\log$ – натуральный логарифм (иногда используется логарифм по основанию 2).

Методы ансамблевого обучения

Random Forest (RF) и *Support Vector Machines (SVM)* успешно применяются для классификации дефектов по цвету поверхности при осаждении титановых сплавов [3]. *RF* показал более высокую точность в мультиклассовой классификации по сравнению с *SVM*.

Функция принятия решения в *SVM*:

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^n a_i y_i K(X_i, X) + b \right),$$

где $f(x)$ – предсказанный класс объекта x (возвращает +1 или -1); $\text{sign}(\cdot)$ – знаковая функция: если аргумент ≥ 0 , возвращает +1; если аргумент < 0 , возвращает -1; a_i – коэффициенты Лагранжа (находятся при обучении *SVM*, $a_i \geq 0$); y_i – метка класса i -го опорного вектора ($y_i \in \{-1, +1\}$); $K(X_i, X)$ – ядровая функция, измеряющая сходство между объектами X_i и X ; b – смещение (*bias*), параметр модели; n – количество опорных векторов.

В *DED SVM* может использоваться для следующего.

1. Классификации дефектов (например, «поры» vs «трещины») на основе признаков, извлеченных из изображений или данных датчиков.

2. Выбора ядра.

Если дефекты линейно разделимы, подойдет линейное ядро.

Для сложных случаев (например, микропоры) – *RBF*-ядро.

3. Интерпретируемости: опорные вектора показывают «типичные» примеры дефектов, что полезно для анализа.

4. Преимущества *SVM*: эффективен в задачах с малым объемом обучающих данных и устойчив к переобучению благодаря максимизации зазора между классами.

Автокодировщики (Autoencoders) для обнаружения аномалий в DED

Автокодировщики – это тип нейронных сетей, используемых для обучения без учителя (*unsupervised learning*). Автокодировщик состоит из следующего.

1. Энкодер (*Encoder*) сжимает входные данные (изображение, сигнал) в скрытое представление (*latent space*)? $Z = f_{\text{encoder}}(x)$.

2. Декодер (*Decoder*) восстанавливает данные из скрытого представления? $\hat{x} = f_{\text{decoder}}(z)$.

Автокодировщик реконструирует данные без дефектов с минимальной ошибкой. Если на вход подается аномальный объект (например, изображение с порами или трещинами), ошибка реконструкции будет высокой, что сигнализирует о дефекте.

Интеграция физических моделей и МО («серые ящики»)

1. Концепция «серых ящиков»:

– физические законы (аналитические

Таблица 2. Результаты сравнения методов обнаружения дефектов

Метод	Precision	Recall	F1-Score
Только физическая модель	72 %	68 %	70 %
Только <i>ML</i> (<i>Random Forest</i>)	85 %	82 %	83 %
Гибридный подход	89 %	91 %	90 %

уравнения теплопередачи, гидродинамики расплава);

- данные датчиков (термопары, камеры, спектрометры);
- машинное обучение (*ML*) для коррекции неточностей моделей.

Преимущества:

- точность физических моделей + адаптивность *ML*;
- интерпретируемость (в отличие от «черных ящиков» типа *DNN*);
- устойчивость к малым объемам данных;
- физическая составляющая;
- уравнение теплопередачи при *DED* (упрощенная форма):

$$pc_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q_{laser} - h(T - T_0),$$

где T – температура; Q_{laser} – мощность лазера; h – коэффициент теплоотдачи;

- интеграция с *ML*;
- параметры процесса (мощность, скорость сканирования);
- данные датчиков (температура в зоне воздействия);
- предсказания физической модели для $T(x, y, t)$;
- физическая модель предсказывает базовое распределение температуры;
- *ML*-корректор обучается минимизиро-

вать ошибку на реальных данных:

$$L = \|T_{real} - (T_{model} + \Delta M)\|^2 + \lambda \|\Delta M\|^2,$$

где λ – коэффициент регуляризации.

Система мониторинга в реальном времени: датчики → фильтрация → физическая модель → *ML*-корректор.

Пример промышленного внедрения (*GE Aviation*) – снижение брака на 40 % при производстве турбинных лопаток. Гибридные «серые ящики» объединяют лучшие аспекты физики и *ML*, обеспечивая точность, интерпретируемость и надежность. Подход особенно эффективен для ответственных применений в аэрокосмической и медицинской промышленности [5].

Заключение

Машинное обучение предлагает мощный инструментарий для прогнозирования и обнаружения дефектов в *DED*, позволяя перейти от постпроцессингового контроля к мониторингу в реальном времени. Комбинация различных подходов – *CNN*, ансамблевых методов, автокодировщиков и цифровых двойников – открывает новые возможности для повышения качества и надежности аддитивно изготовленных компонентов.

Список литературы

1. A deep learning approach to classify and detect defects in the components manufactured by laser directed energy deposition process // *Machines*, 2023.
2. Additive manufacturing defect detection machine learning // *Consensus Research Analysis*, 2023.
3. Selection of effective manufacturing conditions for directed energy deposition process using machine learning methods // *Scientific Reports*, 2021.
4. Пидгурская, Е.С. Применение методов машинного обучения в современном машиностроении / Е.С. Пидгурская // *Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утили-*

лизации): материалы XIV Всероссийской научно-технической конференции, Иркутск, 13–14 мая 2024 года. – Иркутск: ИРНТУ, 2024. – С. 27–30.

5. Назаров, О.Т. Прогнозирование повреждений и деградации материалов под воздействием переменной нагрузки с использованием техник машинного обучения / О.Т. Назаров // Universum: технические науки. – 2024. – № 4(121).

References

4. Pidgurskaya, Ye.S. Primeneniye metodov mashinnogo obucheniya v sovremennom mashinostroyenii / Ye.S. Pidgurskaya // Zhiznennyy tsikl konstruktsionnykh materialov (ot polucheniya do utilizatsii): materialy XIV Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Irkutsk, 13–14 maya 2024 goda. – Irkutsk: IRNITU, 2024. – S. 27–30.

5. Nazarov, O.T. Prognozirovaniye povrezhdeniy i degradatsii materialov pod vozdeystviyem peremennoy nagruzki s ispol'zovaniyem tekhnik mashinnogo obucheniya / O.T. Nazarov // Universum: tekhnicheskiye nauki. – 2024. – № 4(121).

© Е.Э. Матонин, Е.С. Пидгурская, А.В. Серебренников, Г.Р. Романов, 2025

УДК 62-867

Б.Н. СТИХАНОВСКИЙ, С.А. ЧЕРЕМИСИНА

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения»;

Филиал ФГКВУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации, г. Омск

ДАТЧИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДАРНОЙ СКОРОСТИ

Ключевые слова: боек; датчик ударной скорости; магнитопровод; ударная скорость.

Аннотация. Целью данной работы является выбор метода определения ударной скорости в устройствах и приборах ударного действия с максимально высокой точностью. Для регистрации процесса удара предложен индукционный датчик ударной скорости [2]. Методика определения ударной скорости состоит в следующем: сброс бойка с определенной высоты в момент удара разрывает магнитопровод, что фиксируется на регистрирующем устройстве. Учитывая значения высоты падения бойка (h) и напряжения в момент разрыва магнитопровода (U), можно определить ударную скорость. Экспериментально установлены факторы, влияющие на величину ударной скорости, и их воздействие на достоверность полученных показаний. Рассмотрены исследования по установлению зависимости таких параметров, как угловая скорость бойка, время удара, масса, формируемая в результате разрыва магнитопровода электродвижущей силы (ЭДС). На основе анализа полученных результатов установлено влияние параметров на результативность.

Введение

Ударные процессы, характеризующиеся кратковременным (10^{-6} мин.) механическим взаимодействием твердых тел и сопровождающиеся сопутствующими явлениями, широко используются при создании приборов и устройств. При этом применяется принцип передачи комплексных импульсов поступательного и вращательного движения [3; 4].

Материалы и методы

Кроме того, приборы и устройства для определения параметров, описывающих ударные явления, должны быть надежны в эксплуатации, обладать способностью воспроизводимости регистрируемых показателей с достаточно высокой точностью.

Среди существующих машин ударного действия широкое применение получили те из них, которые работают на основе принципа накопления кинетической энергии на большом пути разгона рабочего органа [1].

Для определения ударной скорости в машинах данного класса необходимо выбрать средство измерения, метод проведения измерений и при необходимости математический аппарат для проведения обработки полученных результатов, затем на основе анализа полученных результатов сделать заключение.

Литературный обзор

При выборе средства измерения в сочетании с методом проведения измерений предпочтение отдано индукционному датчику ударной скорости (рис. 1) [2].

Принцип работы датчика заключается в следующем: в момент удара по штоку (2), внутри которого соосно расположены электромагнитная катушка с обмоткой и кольцеобразный магнит, крышка (3) отрывается от корпуса (1). Упругие элементы подпружинивают шток, а также возвращают крышку в первоначальное положение. В корпусе имеется отверстие, из которого выведен изолированный провод для присоединения к регистрирующему устройству. В качестве регистрирующего устройства выбран импульсный вольтметр, который позволяет фиксировать единичные импульсы с достаточно малым промежутком времени, до

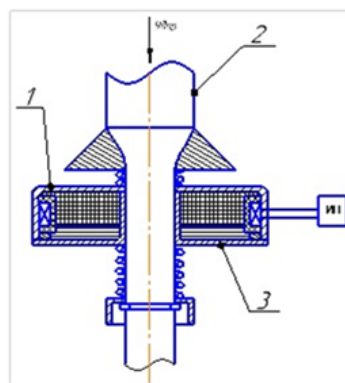


Рис. 1. Датчик ударной скорости: 1 – корпус; 2 – шток; 3 – крышка



Рис. 2. Регистрируемое показание в момент удара (с высоты $h = 1,6$ м)

Таблица 1. Расчет ударной скорости в момент разрыва магнитопровода

Высота h , м	Среднее значение напряжения, U , В	Скорость боя, V , м/с
0,4	5,91	10,77
0,8	8,25	12,73
1,2	9,47	13,63
1,6	10,35	14,25
2,0	10,73	14,51

10^{-6} мин. [5; 6].

В качестве ударного устройства взят копер ротационного типа, в котором разгон бойка происходит в закрытом корпусе по круговому желобу и за несколько оборотов позволяет иметь скорость разгона от 1 до 100 м/с и выше [1]. Геометрически боек выполнен в виде шара массой, равной массе бойка ударного устройства, 0,88 кг.

Результаты

Экспериментально было установлено влияние на величину ЭДС, возникающей в момент разрыва магнитопровода, таких факторов, как масса бойка, применение дополнительных элементов конструкции в виде прокладок из различного материала для уменьшения сцепления микронеровностями крышки

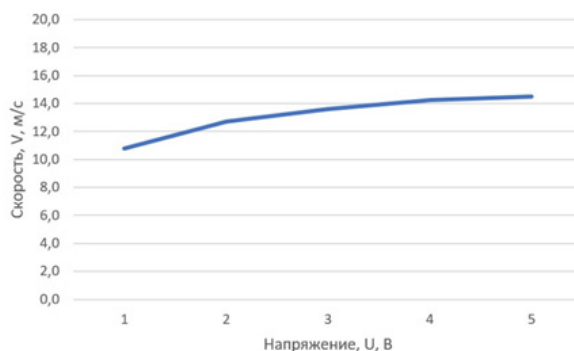


Рис. 3. Зависимость ударной скорости от напряжения, возникающего в момент разрыва магнитопровода

и корпуса и создания дополнительного фактора, влияющего на качество регистрируемых показателей [6].

При настройке датчика использована известная формула:

$$V = \sqrt{2gh}. \quad (1)$$

В качестве регистрирующего устройства использован импульсный вольтметр, показания которого позволили, применяя выражение (1), построить график (рис. 2, 3).

Результаты представлены в табл. 1 и на графике (рис. 2).

Обсуждение

Анализируя результаты проведенных испытаний, следует, что датчик ударной скорости можно использовать для определения величины

скорости удара в ударных машинах ротационного типа. Принцип работы ударной машины состоит в том, что боек массой 0,88 кг в виде шара перемещается по внутренней поверхности корпуса. Достигнув определенной скорости, боек переходит во вторую стадию эксперимента – торможение, в результате которого боек вылетает из держателя и попадает в конус, где передает удар на пик датчика, а затем на регистрирующее устройство.

Заключение

В результате установлено, что величина напряжения в момент разрыва магнитопровода (в момент удара) и ударной скорости представляет практически линейную зависимость.

Важным фактором при создании датчика ударной скорости является то, что масса и геометрия бойка (шара) должны быть такими же, как в ударном устройстве.

Список литературы

1. Патент № 2636798 Российская Федерация, G01N 3/31. Копер для ударных испытаний : № 2016139840 : заявлено 10.10.2016 : опубликовано 28.11. 2017 Бюл. № 34 / Стихановский Б.Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения». – 3 с. : ил.
2. Патент № 46104, Российская Федерация, МПК G 01 33/50. Датчик ударной скорости : № 2004137414; заявлено 21.12.04 : опубликовано 10.06.2005 Бюл. № 16 / Стихановский Б.Н., Пастухова Е.И.; заявитель и патентообладатель Омский государственный технический университет. – 3 с.
3. Стихановский, Б.Н. Реакции отдачи корпуса и коэффициента полезного действия машин и установок ударного действия / Б.Н. Стихановский, С.А. Черемисина // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – № 5. – С. 2752–2754.
4. Стихановский, Б.Н. Стенд для ударных испытаний / Б.Н. Стихановский, С.А. Черемисина // «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration» («Научные исследования

стран ШОС: синергия и интеграция») // Материалы Международной научной конференции. – 09 декабря 2023, том 3. – С. 157–161.

5. Черемисина, С.А. Влияние замкнутой системы на результативность измерения ударной силы / С.А. Черемисина // Высшая школа: научные исследования. Материалы Межвузовского международного конгресса. – Москва, 2022. – С. 104–107.

6. Черемисина, С.А. Эффективность работы датчика ударной силы с дополнительными элементами конструкции / С.А. Черемисина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 8(122).

References

1. Patent № 2636798 Rossiyskaya Federatsiya, G01N 3/31. Koper dlya udarnykh ispytaniy : № 2016139840 : zayavleno 10.10.2016 : opublikovano 28.11. 2017 Byul. № 34 / Stikhanovskiy B.N.; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye obrazovatel'noye uchrezhdeniye vysshego obrazovaniya «Omskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya». – 3 s. : il.

2. Patent № 46104, Rossiyskaya Federatsiya, MPK G 01 Z3/50. Datchik udarnoy skorosti : № 2004137414; zayavleno 21.12.04 : opublikovano 10.06.2005 Byul. № 16 / Stikhanovskiy B.N., Pastukhova Ye.I.; zayavitel' i patentoobladatel' Omskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet. – 3 s.

3. Stikhanovskiy, B.N. Reaktsii otdachi korpusa i koeffitsiyenta poleznogo deystviya mashin i ustanovok udarnogo deystviya / B.N. Stikhanovskiy, S.A. Cheremisina // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – № 5. – S. 2752–2754.

4. Stikhanovskiy, B.N. Stend dlya udarnykh ispytaniy / B.N. Stikhanovskiy, S.A. Cheremisina // «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration» («Nauchnyye issledovaniya stran SHOS: sinerгиya i integratsiya») // Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. – 09 dekabrya 2023, tom 3. – S. 157–161.

5. Cheremisina, S.A. Vliyaniye zamknutoy sistemy na rezul'tativnost' izmereniya udarnoy sily / S.A. Cheremisina // Vysshaya shkola: nauchnyye issledovaniya. Materialy Mezhvuzovskogo mezhdunarodnogo kongressa. – Moskva, 2022. – S. 104–107.

6. Cheremisina, S.A. Effektivnost' raboty datchika udarnoy sily s dopolnitel'nymi elementami konstruktсии / S.A. Cheremisina // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. – 2022. – № 8(122).

© Б.Н. Стихановский, С.А. Черемисина, 2025

УДК 004.05

*Р.У. АСТАФЬЕВ, Р.В. ШАМИН**ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»;**ГАОУ ВО «Московский городской университет управления Правительства Москвы имени Ю.М. Лужкова», г. Москва*

ФОРМАЛИЗАЦИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Ключевые слова: автоматизация оценки качества; база знаний; качество программного обеспечения; формальные грамматики.

Аннотация. Статья посвящена исследованию применения формальных грамматик для формализации базы знаний в контексте разработки программного обеспечения и систем поддержки принятия решений. Основное внимание уделяется преимуществам и ограничениям данного подхода. Среди ключевых достоинств выделяются строгость и точность формализации, исключающие двусмысленность интерпретации данных, что критически важно в сложных многоуровневых проектах. Кроме того, формальные грамматики обеспечивают автоматизацию процессов анализа и верификации данных, а также масштабируемость базы знаний, позволяя расширять ее без нарушения существующей структуры.

Введение

Формализация базы знаний представляет собой один из ключевых этапов в разработке систем поддержки принятия решений (СППР), особенно в контексте разработки программного обеспечения. База знаний, являясь структурированным хранилищем информации, играет важную роль в процессе анализа, интерпретации и использования данных для принятия обоснованных решений. Однако для эффективного функционирования системы необходимо обеспечить четкую формализацию базы знаний, которая позволит системе однозначно интерпретировать данные и применять их в процессе

принятия решений. Одним из наиболее эффективных подходов к формализации базы знаний является использование формальных грамматик, которые обеспечивают строгую структуру и логическую связность данных.

1. Формальные грамматики

Формальные грамматики как инструмент формализации позволяют описать синтаксис и семантику данных, что особенно важно в контексте разработки программного обеспечения, где требования, ограничения и процессы могут быть сложными и многоуровневыми. Формальные грамматики представляют собой математический аппарат, используемый для описания синтаксиса языков. Они были впервые предложены Ноамом Хомским в 1950-х гг. и с тех пор широко применяются в компьютерных науках, особенно в области разработки компиляторов обработки естественных языков и искусственного интеллекта.

Одной из ключевых особенностей формальных грамматик является их классификация по иерархии Хомского, которая разделяет грамматики на четыре основных типа: регулярные, контекстно-свободные, контекстно-зависимые и грамматики общего вида. Каждый из этих типов обладает своими уникальными свойствами и областями применения.

Регулярные грамматики, например, являются наиболее простыми и ограниченными по выразительности. Контекстно-свободные грамматики, в отличие от регулярных, обладают большей выразительностью и способны описывать более сложные языки. Контекстно-зависимые грамматики представляют собой следующий уровень иерархии Хомского и облада-

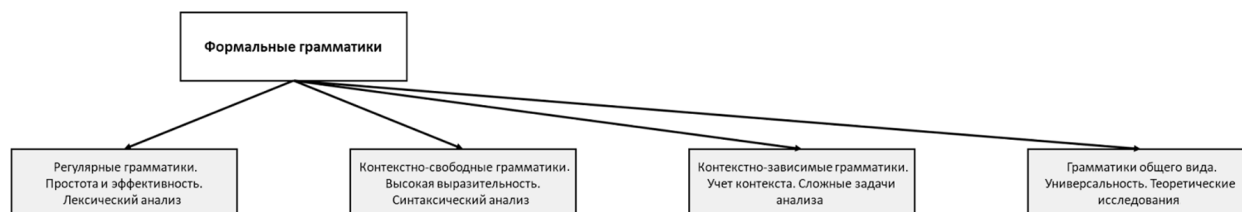


Рис. 1. Классификация формальных грамматик

ют еще большей выразительностью. Они позволяют учитывать контекст при замене нетерминальных символов, что делает их пригодными для описания более сложных языков. Грамматики общего вида представляют собой наиболее выразительный тип формальных грамматик и способны описывать любые языки, которые могут быть распознаны машиной Тьюринга. Однако их универсальность делает их крайне сложными для анализа и практического применения. Классификация формальных грамматик представлена на рис. 1.

Таким образом, выбор типа формальной грамматики зависит от конкретной задачи и требований к выразительности и сложности описания языка.

В общем виде в применимости к данной теме формальная грамматика состоит из четырех основных компонентов: алфавита (терминальных символов), нетерминальных символов, правил вывода (продукций) и начального символа. Эти компоненты позволяют задать строгие правила построения и интерпретации данных, что исключает возможность двусмысленности. В контексте разработки СППР формальные грамматики могут быть использованы для описания структуры и семантики базы знаний.

2. Базы знаний в разработке системы поддержки и принятия решений

База знаний в СППР представляет собой совокупность фактов, правил и отношений, которые используются для анализа и принятия решений. Они, как правило, представлены как структурированные хранилища информации, которые используются для хранения, организации и обработки знаний в системах искусственного интеллекта, экспертных системах и системах поддержки принятия решений. Они играют ключевую роль в процессах анализа данных, автоматизации принятия решений и модели-

рования сложных систем. Основная цель базы знаний заключается в том, чтобы предоставить системе возможность эффективно использовать накопленные знания для решения задач, требующих интеллектуальной обработки информации. В зависимости от способа организации и представления данных базы знаний могут быть классифицированы на несколько видов, каждый из которых обладает своими уникальными особенностями и областями применения.

Одним из наиболее распространенных видов баз знаний являются логические базы знаний, которые основаны на использовании формальных логических систем для представления знаний. Другим важным видом баз знаний являются семантические сети, которые представляют собой графовые структуры, где узлы соответствуют понятиям, а ребра – отношениям между ними. Онтологии представляют собой еще один важный вид баз знаний, который используется для формализованного описания предметной области. Продукционные базы знаний представляют собой еще один вид баз знаний, который основан на использовании продукционных правил. Фреймовые базы знаний представляют собой еще один вид баз знаний, который основан на использовании фреймов – структур данных, которые описывают объекты и их свойства.

Таким образом, базы знаний представляют собой мощный инструмент для хранения, организации и обработки знаний в системах искусственного интеллекта и экспертных системах. В зависимости от способа организации и представления данных базы знаний могут быть классифицированы на несколько видов, каждый из которых обладает своими уникальными особенностями и областями применения. Выбор конкретного вида базы знаний зависит от задач, которые требуется решить, а также от требований к выразительности, гибкости и сложности обработки данных. Классификация баз знаний

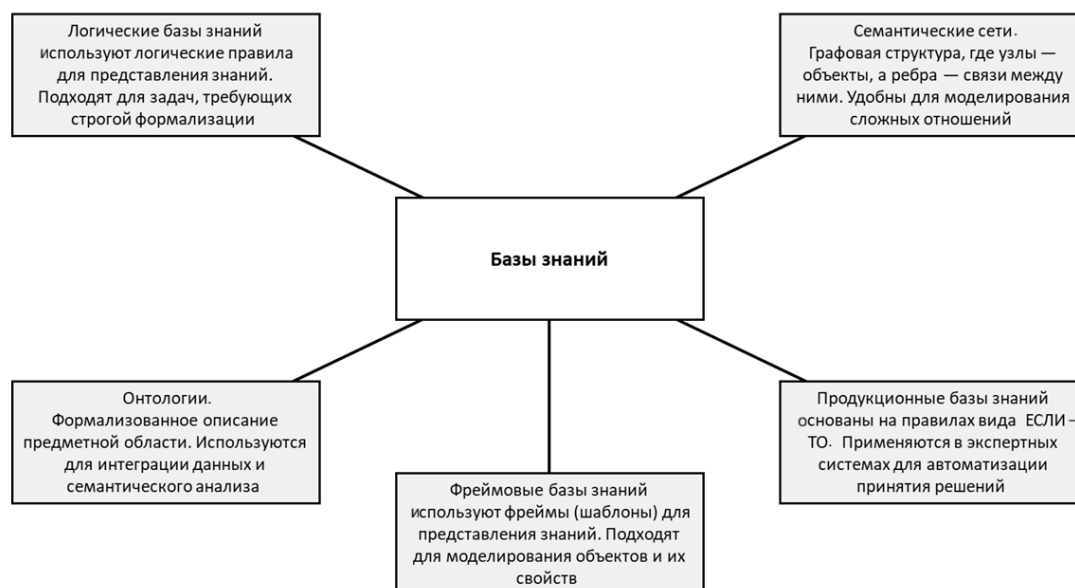


Рис. 2. Классификация баз знаний

представлена на рис. 2.

3. Формализация базы знаний в области качества программного обеспечения

Формализация базы знаний с использованием формальных грамматик позволяет обеспечить однозначность интерпретации данных, упростить процесс анализа данных и обеспечить масштабируемость базы знаний. Например, формальные грамматики могут быть использованы для описания онтологий, которые представляют собой формализованное описание предметной области, включающее понятия, их свойства и отношения между ними. Формальные грамматики позволяют автоматически проверять корректность и целостность онтологий, что делает их мощным инструментом для структурирования знаний.

Примером применения формальных грамматик для формализации базы знаний может служить управление требованиями в разработке ПО. Требования могут быть описаны с помощью формальных грамматик, которые задают правила их структурирования и интерпретации. Например, требование может быть описано как последовательность терминальных символов, представляющих его атрибуты (идентификатор, описание, приоритет и т.д.), и нетерминальных символов, представляющих его связи с другими требованиями. Это позволяет обеспечить одно-

значность интерпретации данных и упростить их анализ. Кроме того, формальные грамматики позволяют легко добавлять новые данные и правила без нарушения существующей структуры, что делает их мощным инструментом для управления требованиями в крупных проектах разработки программного обеспечения (ПО).

Заключение

Использование формальных грамматик для формализации базы знаний имеет ряд преимуществ. Одними из таких преимуществ являются строгость и точность. Формальные грамматики обеспечивают строгую и точную формализацию данных, что исключает возможность двусмысленности. Это особенно важно в контексте разработки ПО, где требования, ограничения и процессы могут быть сложными и многоуровневыми. Другим преимуществом является автоматизация. Формальные грамматики позволяют автоматизировать процессы анализа и проверки данных, что упрощает их использование в крупных проектах. Кроме того, формальные грамматики обеспечивают масштабируемость базы знаний, что позволяет легко добавлять новые данные и правила без нарушения существующей структуры.

Однако данный подход также имеет ряд ограничений. Одним из таких ограничений является сложность. Формальные граммати-

ки могут быть сложными для понимания и использования, особенно в контексте сложных предметных областей. Это требует высокой квалификации и опыта в области компьютерных наук, что может быть ограничением для некоторых команд разработчиков. Другим препятствием является ограниченность выразительности. Некоторые типы данных и отношений сложно описать с помощью формальных грамматик, особенно если они требуют учета контекста. Это может быть проблемой в контексте разработки ПО, где требования и процессы могут быть сложными и многоуровневыми.

Несмотря на эти ограничения, использова-

ние формальных грамматик для формализации базы знаний остается мощным инструментом для разработки СППР в контексте создания программного обеспечения.

Таким образом, формализация базы знаний на основе формальных грамматик представляет собой важный этап в разработке СППР. Она обеспечивает строгую структуру и логическую связность данных, что позволяет системе эффективно анализировать и использовать их для принятия решений. Однако данный подход требует высокой квалификации и опыта, а также имеет ограничения в контексте сложных предметных областей.

Список литературы

1. Астафьев, Р.У. Основные подходы к формированию математических и имитационных моделей на основе баз знаний в разработке программного обеспечения / Р.У. Астафьев // Computational Nanotechnology. – 2024. – Т. 11. – № S5. – С. 142–151.
2. Астафьев, Р.У. Подходы к анализу качества электронных образовательных сред / Р.У. Астафьев // Индустриальное программирование – 2024 : сборник докладов международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 апреля 2024 года. – М. : МИРЭА – Российский технологический университет, 2024. – С. 14–15.
3. Астафьев, Р.У. Роль имитационных моделей в системах поддержки принятия решений в области разработки программных продуктов / Р.У. Астафьев // Оптические технологии, материалы и системы (Оптотех – 2024) : Международная научно-техническая конференция, Москва, 02–08 декабря 2024 года. – М. : МИРЭА – Российский технологический университет, 2024. – С. 789–790.
4. Зубарев, В.Р. Разработка инструментальных систем анализа устойчивости предприятия / В.Р. Зубарев // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2024. – Т. 14. – № 2-1. – С. 455–463.
5. Иванов, И.Е. Определение статистических свойств случайной ошибки, сопровождающей синхронизированные векторные измерения токов и напряжений в установившемся режиме / И.Е. Иванов, А.Ю. Мурзин // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2014. – № 3. – С. 29–38.
6. Кислицын, Е.В. Имитационное моделирование развития отдельных отраслей тяжелой промышленности / Е.В. Кислицын, В.В. Городничев // Бизнес-информатика. – 2021. – Т. 15. – № 1. – С. 59–77.

References

1. Astaf'yeu, R.U. Osnovnyye podkhody k formirovaniyu matematicheskikh i imitatsionnykh modeley na osnove baz znaniy v razrabotke programmnoy obespecheniya / R.U. Astaf'yeu // Computational Nanotechnology. – 2024. – T. 11. – № S5. – S. 142–151.
2. Astaf'yeu, R.U. Podkhody k analizu kachestva elektronnykh obrazovatel'nykh sred / R.U. Astaf'yeu // Industrial'noye programmirovaniye – 2024 : sbornik dokladov mezhhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Moskva, 04–05 aprelya 2024 goda. – M. : MIREA – Rossiyskiy tekhnologicheskii universitet, 2024. – S. 14–15.
3. Astaf'yeu, R.U. Rol' imitatsionnykh modeley v sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy v oblasti razrabotki programmnykh produktov / R.U. Astaf'yeu // Opticheskiye tekhnologii, materialy i sistemy (Optotekh – 2024) : Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya, Moskva, 02–08 dekabrya 2024 goda. – M. : MIREA – Rossiyskiy tekhnologicheskii universitet, 2024. – S. 789–790.
4. Zubarev, V.R. Razrabotka instrumental'nykh sistem analiza ustoychivosti predpriyatiya / V.R. Zubarev // Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra. – 2024. – T. 14. – № 2-1. – S. 455–463.

5. Ivanov, I.Ye. Opredeleniye statisticheskikh svoystv sluchaynoy oshibki, soprovozhdayushchey sinkhronizirovannyye vektornyye izmereniya tokov i napryazheniy v ustanovivshemsya rezhime / I.Ye. Ivanov, A.YU. Murzin // Vestnik Ivanovskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta. – 2014. – № 3. – S. 29–38.

6. Kislitsyn, Ye.V. Imitatsionnoye modelirovaniye razvitiya otchel'nykh otrasley tyazheloy promyshlennosti / Ye.V. Kislitsyn, V.V. Gorodnichev // Biznes-informatika. – 2021. – T. 15. – № 1. – S. 59–77.

© Р.У. Астафьев, Р.В. Шамин, 2025

УДК 658.5

М.О. БЕКЛЯМИШЕВ, Ю.А. КИСЕЛЕВА

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»;

Центр «Открытое образование» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», г. Санкт-Петербург

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ЦИФРОВЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Ключевые слова: архитектура данных; кластер; система менеджмента качества; стандартизация; текстильная промышленность; цифровизация.

Аннотация. Статья посвящена решению проблем фрагментации производственных процессов и снижения устойчивости кооперационных цепочек в условиях санкционного давления, что актуально для текстильной промышленности России. Целью исследования является разработка модели интеграции систем менеджмента качества (СМК) в цифровую экосистему межрегиональных текстильных кластеров для обеспечения сквозной прослеживаемости качества, оптимизации ресурсных потоков и повышения устойчивости к внешним вызовам. Поставлены задачи анализа барьеров развития текстильных кластеров, проектирования архитектуры данных межрегиональной промышленной экосистемы с интеграцией модулей контроля качества на разных уровнях, стандартизации протоколов обмена данными между акторами кластера для обеспечения совместимости СМК. Выдвинута гипотеза о том, что многоуровневая интеграция СМК в цифровую экосистему кластеров повысит устойчивость их кооперационных связей и качество продукции текстильной промышленности. Использованы системный метод и методы стандартизации при изучении систем контроля для сквозного управления качеством, методы анализа, синтеза и моделирование для проектирования сквозной архитектуры данных промышленной экосистемы, нормативный подход при анализе требований законодательства для оценки ограничений модели. По результатам исследования разработана многоуровневая модель интеграции СМК в цифровую экосистему кластеров, обеспечи-

вающая сквозную прослеживаемость качества от сырья до готовой продукции, автоматизацию сбора данных с оборудования и производственных систем. Предложены единые стандарты данных для межрегионального взаимодействия акторов, устраняющие фрагментацию СМК. Результаты исследования применимы в деятельности межотраслевых кластеров в условиях импортозамещения.

Введение

Текстильная промышленность, сохраняя стратегическое значение для обеспечения технологического суверенитета, с 2022 г. находится в процессе трансформации организационных производственных процессов с переходом на распределенные сети производств для преодоления санкционного давления и выстраивания инновационных циклов создания наукоемкой продукции и коммерциализации технологий [1]. Барьерами на пути развития высокотехнологичных текстильных кластеров становятся разрывы логистических цепочек, технологическая фрагментация производственных процессов и потеря мощностей, критический износ основного оборудования, снижение доли российского сырья, рост контрафактной продукции в общем объеме продаж. Локальные СМК, без интеграции в единые платформенные решения, только усугубляют проблему.

ГОСТ Р 59795-2021 и стандарты ISO наряду с моделями всеобщего качества (*TQM*) создают базу для формирования модели интеграции СМК и систем менеджмента бережливого производства по управлению потоком создания ценности в рамках одного промышленного

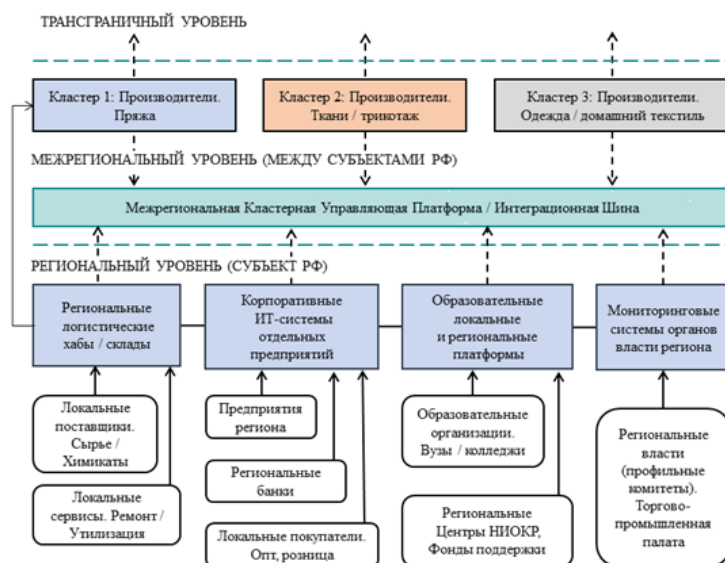


Рис. 1. Схема информационных потоков СМК при взаимодействии акторов межрегиональной промышленной экосистемы

предприятия [2]. Но с позиции кластера существующие СМК предприятий фрагментированы и не обеспечивают устойчивости кооперационных цепочек. Модели выбора между комплексными методами управления качеством, например, в работах [3; 4] фокусируются на наборе отдельных показателей или макроэкономических эффектах, игнорируя функциональную специализацию производственных звеньев и важность производственной кооперации. Не разработаны стандарты для сквозной прослеживаемости качества продукции на межрегиональном уровне в кластерах, где акторами являются хозяйствующие субъекты разных отраслей. Программы господдержки внедряются без учета динамических показателей качества и кооперации, что не дает возможности объективно оценить их эффективность.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена приоритетами государственной политики в области разработки механизмов создания устойчивых производственных цепочек, применения кластерного подхода к организации текстильных производственных экосистем. Целью исследования является разработка модели интеграции СМК в цифровую экосистему межрегиональных текстильных кластеров для обеспечения сквозной прослеживаемости качества, оптимизации ресурсных потоков и повышения устойчивости к внешним вызовам (санкции, технологическая фрагментация, логи-

стические разрывы).

Результаты и обсуждения

Концептуальные рамки для кластеризации отрасли задаются переходом к циркулярной экономике и акцентируют необходимость анализа текстильной промышленности как системы с учетом стандартизации процессов управления качеством и ресурсной эффективности. Переход к замкнутым производственным циклам снижает зависимость от импорта сырья и минимизирует экологические риски за счет рециклинга отходов [5]. Разрабатываемые исследователями модели кооперационных связей в кластерах [6; 7] демонстрируют, как на основе единой программной среды выстраиваются цифровые двойники предприятий, взаимодействующие через единые базы данных и стандарты управления качеством. С учетом распределенной сети производств кластеров и продуктовой специализации информационные потоки СМК при взаимодействии акторов целесообразно выстроить на трех уровнях промышленной экосистемы (рис. 1).

Сквозная архитектура данных экосистемы призвана интегрировать данные всех модулей для оптимизации потоков, контроля качества, планирования, учета ресурсов и соблюдения нормативов. Стандартизация межрегиональных СМК через внедрение единых протоколов дан-

Таблица 1. Информационный контур СМК промышленного кластера

Виды производственных процессов	Производственные ИТ-системы <i>OT/MES/ERP</i>	<i>BI</i> системы
Основное производство	Объем выпуска, качество продукции, потребление ресурсов (сырье, энергия, вода), данные по браку, использованию оборудования	Анализ эффективности, расчет себестоимости продукции
Вспомогательное производство	Данные о ремонтах (история, затраты, время простоя), состояние оборудования (диагностика), потребление энергоресурсов	Анализ надежности, планирование технического обслуживания и ремонта, оптимизация энергопотребления
Побочное производство	Объемы и типы перерабатываемых отходов, выход вторичной продукции, данные по утилизации	Расчет экономии (дохода), контроль выполнения экологических норм
Обслуживающее производство	Данные о запасах (сырье, готовая продукция), логистические операции внутри и между предприятиями, состояние инфраструктуры, инциденты безопасности	Оптимизация запасов, логистики, анализ рисков
Подсобное производство	Объемы выпуска подсобной продукции, затраты на ее производство	Анализ рентабельности подсобных производств

ных осуществляется для интеграции контроля качества на этапах от сырья до готовой продукции [8; 9].

На уровне оборудования и сенсоров (*Operational Technology (OT)*) собираются данные с программируемых логических контроллеров *PLC*, систем диспетчерского управления и сбора данных *SCADA*, станков (темпы, брак), счетчиков (электроэнергия, вода), датчиков среды (температура, влажность в цехах), систем контроля выбросов и сбросов. На уровне управления производством (*Manufacturing Execution System (MES)*) данные могут быть получены из планов-графиков производства, данных операционного учета (выпуск, простои, причины брака), результатов измерений СМК, данных управления материалами и продуктами на разных стадиях производственного процесса.

Уровень управления ресурсами предприятия (*Enterprise Resource Planning (ERP)*) интегрирует данные, полученные при использовании специализированных программных решений, которые автоматизируют операции систем управления заказами, цепочкой поставок, складом, персоналом, финансами, системы технического обслуживания, управления качеством и окружающей средой. На уровне промышленной экосистемы выстраивается информационная система для управления всеми основными бизнес-процессами. Обмен данными

между *ERP* разных предприятий кластера (заказы, потребности в мощностях, доступные ресурсы) и совместный равный доступ к общим сервисам (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (**НИОКР**), логистические хабы, маркетплейсы). Уровень аналитики (*Business Intelligence (BI)*) агрегирует данные всех уровней, на основе которых формируется предиктивная аналитика с применением алгоритмов машинного обучения для выявления закономерностей, формирования прогнозов (прогнозы спроса, отказов оборудования, поступления сырья), создания отчетов и визуализации данных мониторинга ключевых показателей кластера, что позволит всем акторам осуществлять контроль соблюдения экологических нормативов и энергоэффективности, повысить эффективность и прозрачность производственных процессов, контроль информационных потоков (табл. 1).

Платформы производственных кластеров в экосистеме представляются данными *ERP* предприятий и содержат информацию о свободных мощностях в кластере, запросы на кооперацию, общие тендеры на сырье/логистику, доступ к результатам общих НИОКР. *BI* включает анализ кооперативных связей, рекомендации по подбору акторов-партнеров и заключению контрактов. Так как современные промышленные экосистемы предполагают открытый тип

взаимодействия, то в потоки данных включается внешняя среда с *ERP*-платформы – рыночный спрос (заказы), цены на сырье, изменения законодательства, данные поставщиков, вузов, логистических партнеров – и проводятся *BI* анализ закономерностей, прогнозы, корректировка СМК.

В процессе цифровизации промышленных экосистем основными требованиями к архитектуре становятся глубокая интеграция систем разных уровней (*OT-MES-ERP*) и разных предприятий кластера, сквозная прослеживаемость на основе блокчейн с возможностью отследить историю сырья, полуфабриката или готового изделия через все стадии и модули, мониторинг ресурсов в реальном времени, управление качеством на всех этапах, безопасность данных, масштабируемость как возможность подключения новых участников кластера и технологий [10; 11]. Многоуровневый контроль качества связывает потоки информации между всеми модулями и уровнями управления, обеспечивая прозрачность, управляемость и, как следствие, повышение устойчивости кооперационных связей в текстильной промышленной экосистеме.

Выводы

Предлагаемая модель цифрового взаимодействия кластеров в экосистеме имеет ряд преимуществ: снижается значимость географического расположения акторов, что способствует решению геополитической задачи выравнивания социально-экономического развития нестолкновительных регионов, за счет единых стандартов качества обеспечивается конкурентоспособность продукции кластера, достигается синергетический эффект от равного доступа к технологиям и информации, что позволяет акторам извлекать дополнительные выгоды от кооперации. При таком подходе СМК выстраивается по единым правилам, что обеспечит заданный уровень результативности, надежности и предсказуемости функционирования системы, а также увеличит скорость коллективной реакции акторов на изменения и внедрение инноваций и снизит технологическую фрагментацию. Результаты исследования формируют основу для создания интегрированных систем менеджмента качества межрегиональных текстильных кластеров.

Список литературы

1. Лесик, Е.С. Цифровая модель организации: определение, построение, использование / Е.С. Лесик, С.Н. Падалко, А.М. Станкевич // Труды МАИ. – 2025. – № 141.
2. Блюм, В.С. История и проблемы внедрения интегрированных систем менеджмента качества на предприятиях легкой промышленности / В.С. Блюм, А.Д. Килимова // Актуальные проблемы экономики и управления. – 2020. – № 4(28). – С. 70–77.
3. Жимантас, Д.К. Сравнительный анализ использования методов управления качеством в условиях инновационного территориального кластера / Д.К. Жимантас // Известия вузов. Электроника. – 2025. – Т. 30. – № 1. – С. 24–31.
4. Прохорова, В.В. Кластерный подход и внедрение систем менеджмента качества как инструмент повышения конкурентоспособности территории / В.В. Прохорова // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2017. – № 1. – С. 326–334.
5. Миндлин, Ю.Б. Кластерный подход к развитию текстильной промышленности регионов в России / Ю.Б. Миндлин // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2021. – № 4(58). – С. 68–74.
6. Абдуллоева, Х.Р. Формирование регионального текстильно-швейного кластера / Х.Р. Абдуллоева // Теория и практика современной науки. – 2020. – № 5(59). – С. 79–85.
7. Килимова, А.Д. Трансформация технологий организации производства в текстильной и легкой промышленности на основе искусственного интеллекта : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.22 : защищена 22.09.22 / Килимова Анна Дмитриевна ; Санкт-Петербургск. гос. ун-т аэрокосмич. приборостроения, Каф. информ. технол. пред-ва ; науч. рук. А.С. Будагов. – СПб., 2022. – 16 с.
8. Белякова, Г.Я. Кластеризация процессов цифровой трансформации промышленности регионов Сибирского федерального округа / Г.Я. Белякова, В.М. Аврамчиков // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 4. – С. 1–16.
9. Дудник, М.Д. Управление качеством продукции в машиностроении на основе методов ма-

тематической статистики и машинного обучения / М.Д. Дудник, М.Б. Суханов // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 2(164). – С. 84–89.

10. Sihan, H. Blockchain-based data management for digital twin of product / H., Sihan, W. Guoxin, Y. Yan, F. Xiongbing // J. of Manufacturing Systems. – 2020. – Vol. 54. – P. 361–371.

11. Bickford, J. Operationalizing digital twins through model-based systems engineering methods / J. Bickford, D.L. Van Bossuyt, P. Beery, A. Pollman // Systems Engineering. – 2020. – Vol. 23(6). – P. 724–750.

References

1. Lesik, Ye.S. Tsifrovaya model' organizatsii: opredeleniye, postroyeniye, ispol'zovaniye / Ye.S. Lesik, S.N. Padalko, A.M. Stankevich // Trudy MAI. – 2025. – № 141.

2. Blyum, V.S. Istoriya i problemy vnedreniya integrirovannykh sistem menedzhmenta kachestva na predpriyatiyakh legkoy promyshlennosti / V.S. Blyum, A.D. Kilimova // Aktual'nyye problemy ekonomiki i upravleniya. – 2020. – № 4(28). – S. 70–77.

3. Zhimantas, D.K. Sravnitel'nyy analiz ispol'zovaniya metodov upravleniya kachestvom v usloviyakh innovatsionnogo territorial'nogo klastera / D.K. Zhimantas // Izvestiya vuzov. Elektronika. – 2025. – T. 30. – № 1. – S. 24–31.

4. Prokhorova, V.V. Klasternyy podkhod i vnedreniye sistem menedzhmenta kachestva kak instrument povysheniya konkurentosposobnosti territorii / V.V. Prokhorova // Nauchnyye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2017. – № 1. – S. 326–334.

5. Mindlin, YU.B. Klasternyy podkhod k razvitiyu tekstil'noy promyshlennosti regionov v Rossii / YU.B. Mindlin // Tekhniko-tekhnologicheskiye problemy servisa. – 2021. – № 4(58). – S. 68–74.

6. Abdulloyeva, KH.R. Formirovaniye regional'nogo tekstil'no-shveytnogo klastera / KH.R. Abdulloyeva // Teoriya i praktika sovremennoy nauki. – 2020. – № 5(59). – S. 79–85.

7. Kilimova, A.D. Transformatsiya tekhnologiy organizatsii proizvodstva v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti na osnove iskusstvennogo intellekta : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.02.22 : zashchishchena 22.09.22 / Kilimova Anna Dmitriyevna ; Sankt-Peterburgsk. gos. un-t aerokosmich. priborostroyeniya, Kaf. inform. tekhnol. pred-va ; nauch. ruk. A.S. Budagov. – SPb., 2022. – 16 s.

8. Belyakova, G.YA. Klasterizatsiya protsessov tsifrovoy transformatsii promyshlennosti regionov Sibirskogo federal'nogo okruga / G.YA. Belyakova, V.M. Avramchikov // Vestnik yevraziyskoy nauki. – 2023. – T. 15. – № 4. – S. 1–16.

9. Dudnik, M.D. Upravleniye kachestvom produktsii v mashinostroyenii na osnove metodov matematicheskoy statistiki i mashinnogo obucheniya / M.D. Dudnik, M.B. Sukhanov // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2025. – № 2(164). – S. 84–89.

© М.О. Беклямишев, Ю.А. Киселева, 2025

УДК 622.276.04

*А.А. БИРЮКОВА, М.П. ПОЛИКАРПОВ**ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа**(национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», г. Москва*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА РИСКОВ

Ключевые слова: анализ рисков; качество; морской райзер; система стандартизации; стандарт.

Аннотация. Проведение анализа рисков для впервые разрабатываемых объектов требует создания альтернативных методов по причине отсутствия достаточной статистической базы. Цель статьи – разработать метод проведения анализа рисков, применимый для оценки морских райзеров.

Задачи: 1) разработать механизм оценки влияния риск-фактора на возникновение отказа; 2) разработать алгоритм проведения анализа рисков.

Методы: систематизация, проектирование, моделирование, анализ, сравнение. Результаты: представлен метод проведения анализа рисков, применимый для впервые разрабатываемых образцов продукции, позволяющий снизить полученные результаты от субъективного опыта эксперта. Выводы: результаты проведения анализа рисков зависят от наличия исчерпывающей статистической базы и опыта эксперта, проводящего анализ, что может являться проблемой для впервые разрабатываемых образцов продукции, решением которой может стать фокусирование внимания на физических изменениях в теле райзера, возникающих в процессе эксплуатации.

Согласно стандарту ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», качество продукции определяется способностью удовлетворять потребителей при выполнении функций объекта в соответствии с его назначением и характеристиками [1]. Отсюда качество райзера можно определить как способность сохранять исправное состояние при осуществлении транспортировки углеводородов в заданных объемах в

течение срока службы. Одним из основных показателей качества является надежность, оценка уровня которой начинается с проведения анализа рисков [2].

Очевидно, что проведение грамотного анализа рисков невозможно без выявления максимального числа риск-факторов, выработки стратегии контроля текущего состояния райзера и назначения перечня корректирующих действий [3]. Исходя из этого, в рассматриваемой методике анализа рисков предлагается сфокусироваться на физических процессах, протекающих в теле добычного райзера, для снижения зависимости получаемых результатов от субъективного опыта исследователя, и влияния трудно прогнозируемых событий, таких как человеческий фактор.

В представленном методе анализа рисков в качестве отправной точки предлагается рассматривать непосредственно исследуемый отказ, для которого осуществляется поиск источника возникновения и необходимого корректирующего действия. Проведение анализа рисков состоит из трех этапов, первый из которых содержит девять основных шагов.

Шаг 1 – указание всех прогнозируемых отказов. При исследовании вновь проектируемых объектов перечень прогнозируемых отказов может быть назначен из принципов очевидности и соответствия элементов конструкции с образцами объектов схожего назначения.

Шаг 2 – отображение этапа жизненного цикла. Один и тот же отказ, возникающий на разных этапах жизненного цикла, с физической точки зрения зачастую протекает по одному сценарию вне зависимости от причины возникновения.

Шаг 3 – установление расположения объекта в момент наступления отказа. Добычным райзер может быть расположен в одной из трех сред: в воздухе, воде и на границе двух сред [4].

Шаг 4 – определение фазы жизни объекта. В теории надежности существует три фазы жизни объекта: приработка, период нормальной работы и старение [4], которые в данном случае предлагается рассматривать как взаимосвязь между оказываемым воздействием и способностью структуры райзера противостоять ему.

Шаг 5 – определение расположения источника воздействия. Особенностью добычных райзеров является одновременное воздействие агрессивной окружающей среды как на внешнюю, так и на внутреннюю стенки. На данном этапе необходимо оценить, какое из воздействий привело к отказу в конкретном случае.

Шаг 6 – выявление инициатора воздействия, разделяющееся на природное, человеческий фактор, промышленную деятельность.

Шаг 7 – определение типа воздействия. Необходимо понять, какого рода воздействие (механическое, гидравлическое, электрическое и другие) является первопричиной появления физических отклонений.

Шаг 8 – указание причины возникновения отказа.

Шаг 9 – назначение корректирующего действия.

Таким образом, итогом первого этапа проведения анализа рисков является составление матрицы для каждого рассматриваемого отказа, графическое представление которой имеет вид таблицы, где слева указывается основа разделения, необходимая как для защиты от пропуска уровня, так и в качестве руководства при осуществлении разбиения данных на необходимые взаимоисключающие группы. С накоплением статистической базы анализ может быть расширен с учетом новых данных.

Накладываемое при построении матрицы отказов предлагаемым методом ограничение, при котором задействован только один оператор «или», снижает риск ошибки при назначении вероятности. Для облегчения взаимодействия с конечной моделью в матрице предусмотрена возможность остановки рассмотрения цепочки развития отказа в случае, если на следующих уровнях матрицы данные начнут дублировать друг друга.

Существующие методы анализа рисков, отталкивающиеся от причин возникновения отказа, требуют в таком случае указывать данный отказ несколько раз, при этом из-за многократного повторения в модели у эксперта, проводящего анализ, может складываться впечатление,

что данный отказ более вероятен или критичен по сравнению с другими, что не всегда соответствует действительности. Таким образом, для облегчения работы с конечной моделью и исключения ошибок при назначении вероятности каждое событие уровня матрицы должно быть указано только один раз.

Целью проведения второго этапа анализа рисков, состоящего из двух шагов, является расчет вероятности возникновения отказа.

Шаг 10 – определение относительных вероятностей событий каждого уровня. Поскольку матрица составляется таким образом, чтобы узлы каждого уровня были взаимоисключающими и исчерпывающими, числовые значения вероятности реализации события всегда будут представлять распределение 100 %, а не абсолютные вероятности.

Шаг 11 – расчет вероятности возникновения отказа. Вклад отказа более низкого уровня по отношению к более высокому можно оценивать как произведение их вероятностей (формула (1)):

$$P_n = \sum_{i=0}^n (p_i * \sum_{i=0}^{i-1} p_{i-1}), \quad (1)$$

где P_n – итоговая вероятность отказа; i – номер уровня; n – общее количество уровней.

При этом, поскольку добычной райзер является неремонтируемым объектом, при возникновении любого отказа, независимо от его критичности, райзер следует заменить, отсюда стоимость возникновения любого отказа складывается из цены самого райзера и стоимости проведения работ по замене.

Третий этап проведения анализа сосредоточен на поиске вероятности того, что в результате реализации события, способного нарушить целостность райзера, отказ произойдет.

Шаг 12 – формирование матрицы коэффициентов причин возникновения отказов, где по горизонтали следует указать найденные вероятности возникновения отказов, а по вертикали – найденные причины.

Шаг 13 – расчет вероятности возникновения отказа по причине, осуществляемый следующим образом (формула (2)):

$$P_F = \sum_{i=1}^k (P(f_i) * P(\frac{P_n}{f_i})), \quad (2)$$

где P_F – относительная вероятность возникновения отказа от данной причины; k – число

отказов, вызванных причиной F ; $P(f_i)$ – относительная вероятность возникновения отказа по исследуемой причине; $P(P_n/f_i)$ – отношение вероятности возникновения отказа к вероятности того, что отказ будет обусловлен исследуемой причиной.

Согласно закону нормального распределения наиболее вероятные события, находящиеся в пределах одного среднеквадратичного отклонения, возникают при вероятности выше 68 % [3], корректирующие действия для причин, обуславливающих возникновение отказа с вероятностью выше заданной границы, обязательны к реализации. Диапазон вероятностей в пределах двух среднеквадратичных отклонений составляет от 27 % до 68 % [3], корректирую-

щие действия для причин, попадающих в данный диапазон, рекомендованы к выполнению. При значении вероятности менее 27 % реализация корректирующих действий не требуется.

Таким образом, представленный метод впервые позволяет количественно оценить вклад каждого события в формирование отказа, а также назначать корректирующие действия в первую очередь для тех причин, которые в наибольшей степени влияют на безопасность конструкции. Преимуществом предлагаемого метода проведения анализа рисков является отсутствие возможности назначения избыточных корректирующих действий, что также способствует снижению затрат на производство и эксплуатацию.

Список литературы

1. Шмелева, А.Н. Оценка эффективности менеджмента и систем менеджмента качества / А.Н. Шмелева. – М. : Русайнс, 2015. – 320 с.
2. Серенков, П.С. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации / П.С. Серенков. – М. : Инфра-М, 2018. – 149 с.
3. Гельфат, М.Я. Райзеры из алюминиевых сплавов: опыт инновационного проекта для морских нефтегазовых платформ / М.Я. Гельфат, В.С. Тихонов. – М. : Вестник Ассоциации буровых подрядчиков, 2013. – 65 с.
4. Кром, Т. Разработка бескаркасного гибкого райзера для системы отгрузки газа с платформы / Т. Кром. – М. : Научно-технический сборник «Вести газовой науки», 2018. – 10 с.

References

1. Shmeleva, A.N. Otsenka effektivnosti menedzhmenta i sistem menedzhmenta kachestva / A.N. Shmeleva. – M. : Rusayns, 2015. – 320 s.
2. Serenkov, P.S. Metody menedzhmenta kachestva. Metodologiya upravleniya riskom standartizatsii / P.S. Serenkov. – M. : Infra-M, 2018. – 149 s.
3. Gel'fat, M.YA. Rayzery iz alyuminiyevykh splavov: opyt innovatsionnogo proyekta dlya morskikh neftegazovykh platform / M.YA. Gel'fat, V.S. Tikhonov. – M. : Vestnik Assotsiatsii burovykh podryadchikov, 2013. – 65 s.
4. Krom, T. Razrabotka beskarkasnogo gibkogo rayzera dlya sistemy otgruzki gaza s platformy / T. Krom. – M. : Nauchno-tehnicheskii sbornik «Vesti gazovoy nauki», 2018. – 10 s.

© А.А. Бирюкова, М.П. Поликарпов, 2025

УДК 658.51:(005.8+004.3+005.95)

Д.К. ЩЕГЛОВ

АО «Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО

«Алмаз – Антей» – Обуховский завод»;

ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»

имени Д.Ф. Устинова», г. Санкт-Петербург

КОНЦЕПЦИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ТЕОРИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Ключевые слова: организация производства; проектная организация; проектно-конструкторская деятельность; теория; цифровая трансформация.

Аннотация. Целью статьи является обобщение многолетних исследований автора в области цифровой трансформации проектно-конструкторской деятельности в российской промышленности. Выдвигается гипотеза о необходимости переосмысления подходов к управлению исследованиями и разработками в условиях стремительного развития цифровых технологий, меняющейся экономической конъюнктуры и возросших требований к сложности и качеству продукции. Предложена концепция междисциплинарной теории, охватывающей управление исследованиями и разработками, создание цифровой инфраструктуры и развитие кадрового потенциала проектных организаций. Методический аппарат включает подходы к оценке сложности, сроков реализации и стоимости проектов жизненного цикла изделий, формированию и поддержанию цифровой инфраструктуры проектной организации, а также адаптации инженерно-технических работников к условиям цифровой производственной среды.

Введение

Организация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в современных условиях проходит этап глубокой трансформации, обусловленной стремительным развитием науки, техники и технологий. Осо-

бенно острым является вопрос необходимости переосмысления принципов управления проектно-конструкторской деятельностью (ПКД). Такая потребность обусловлена опережающим развитием информационно-коммуникационных и компьютерных технологий по сравнению с темпами изменения производственных отношений и организационных форм в проектных организациях.

Стремительно меняющиеся политическая и экономическая ситуации, прежде всего, санкционные ограничения и курс на импортозамещение, диктуют необходимость разработки новой научно-методологической базы, способной обеспечить устойчивость и конкурентоспособность проектных организаций на рынке наукоемкой и высокотехнологичной продукции [1; 2].

В этих условиях возрастает значимость пересмотра подходов к управлению ПКД, что требует разработки единой методологии, включающей, в частности, оценку сложности изделий, прогнозирования сроков и стоимости их жизненного цикла, а также оптимизации производственных процессов с учетом доступного ресурсного обеспечения.

Формирование интегрированной цифровой экосистемы проектной организации становится центральным вопросом трансформации процессов выполнения ПКД, затрагивающим управление персоналом, инфраструктурой, данными, программно-аппаратными средствами и межотраслевой кооперацией [3]. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость создания междисциплинарной теории организации ПКД, охватывающей как основные, так и обеспечивающие процессы ПКД.

До настоящего времени решение этой

проблемы сдерживалось рядом объективных причин:

- масштабностью и комплексностью предметной области, объединяющей элементы теорий организации производства, системного анализа, управления, автоматизированного проектирования и ряда других дисциплин;

- междисциплинарным характером проблемы, требующим синтеза знаний в области техники, управления, информационных технологий, экономики и других;

- дефицитом специалистов-практиков, обладающих одновременно опытом управления проектной деятельностью и владением современными методами математического анализа.

Таким образом, целью данной статьи является формулирование ключевых концептуальных положений, лежащих в основе междисциплинарной теории организации ПКД.

1. Совершенствование подходов к управлению организацией проектно-конструкторских работ

Современные требования к организации НИОКР предполагают отказ от фрагментарных и линейных моделей в пользу системных и интегративных подходов, охватывающих весь жизненный цикл изделия (ЖЦИ) – от замысла до утилизации. В качестве ключевого направления здесь выступает внедрение современных методов проектирования, анализа и прогнозирования проектных решений, основанных на применении технологий искусственного интеллекта и обработки больших данных.

1.1. Смещение целеполагания от разработки изделия к созданию сервиса. Актуальным представляется переход от ориентации на разработку изделия к созданию цифрового сервиса, направленного на обеспечение всего комплекса требований заказчика при минимизации совокупной стоимости владения [2]. Такой подход предполагает проектирование ЖЦИ с учетом параметров его технического обслуживания, логистики, энергоэффективности, отказоустойчивости, а также интеграции с цифровыми системами эксплуатации [4]. При этом разработка сложных организационно-технических систем предполагает создание их функционально-структурных моделей [5].

1.2. Трансформация подходов к управле-

нию проектно-конструкторскими работами. Фундаментальной задачей внедрения сервис-ориентированного подхода является цифровое сопровождение ПКД, включая формирование цифровых паспортов изделий [6], внедрение цифровых двойников и виртуальных прототипов [7], использование систем мониторинга технического состояния продукции, обработку проектных данных с применением технологий больших данных и искусственного интеллекта [8; 9].

1.3. Разработка подходов к оперативному оцениванию сложности, сроков и стоимости жизненного цикла изделий. Современные методы управления НИОКР должны опираться на формализованные методики, позволяющие оценивать сложность реализации проектов различных типов: научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственно-технологических [10].

С учетом этого представляется актуальной разработка методики оперативного оценивания сроков разработки и стоимости изделий на основе метода аналогий и прототипов для определения баланса между потребной численностью инженерно-технических работников и приемлемым временем разработки [11].

Одновременно требуется создание системы оценки стоимости ЖЦИ, включающей не только разработку и производство, но и последующую эксплуатацию, утилизацию, модернизацию. Такая модель должна быть встроена в систему поддержки принятия проектных решений на всех этапах, обеспечивая устойчивую связь между техническими параметрами и экономической эффективностью [4].

1.4. Оценивание результативности проектов по улучшениям проектно-конструкторской деятельности. Реализация проектов по улучшениям является основным резервом совершенствования процессов выполнения НИОКР. Для этого требуется разработка методики оценивания таких проектов с применением научно-методического аппарата современной теории бережливого производства, а также принципов научной организации труда и проектного управления [12].

1.5. Управление импортозамещением при выполнении проектно-конструкторских работ. Задачи импортозамещения и обеспечения технологического суверенитета в современных условиях работы проектных организаций являются особенно актуальными. В этой связи

требуется разработка подхода к компромиссному управлению множеством противоречивых целей импортозамещения на уровне проектной организации отрасли (интегрированной структуры) и государства [13; 14].

1.6. Управление развитием конверсионных направлений. В условиях структурных трансформаций экономики и переориентации на внутренние рынки диверсификация становится важным элементом стратегии устойчивого развития проектной организации. Это требует выработки новых подходов к управлению НИОКР, ориентированных на разработку новых видов наукоемкой и высокотехнологичной продукции [4; 15].

1.7. Разработка методологической базы цифровой трансформации проектной организации. Для обеспечения согласованности процессов необходима научно обоснованная методика цифровой трансформации проектной организации, включающая разработку единого методологического ядра для управления НИОКР, формализацию требований к проектной документации и цифровым объектам, определение стандартов взаимодействия между подразделениями и внешними участниками кооперации [1; 15].

2. Совершенствование процессов управления цифровой инфраструктурой

Инфраструктура проектной организации в условиях цифровой трансформации становится не только средой информационной поддержки ПКД, но и стратегическим ресурсом, определяющим гибкость, устойчивость и инновационную активность организации. Она охватывает как материально-техническую базу (аппаратные средства, вычислительные комплексы, сети), так и программную и информационную составляющие (корпоративные информационные системы, платформы управления данными, средства моделирования и анализа).

2.1. Управление требованиями к информационной инфраструктуре. Современная инфраструктура проектной организации должна обеспечивать полнофункциональную цифровую поддержку всех этапов ЖЦИ, высокую степень автоматизации ПКД, интеграцию инженерных и управленческих систем, масштабируемость в условиях роста проектной нагрузки, изменения организационной структуры и многие другие особенности. Особое значение приобретает

формирование информационной инфраструктуры проектной организации, учитывающей особенности бизнес-целей, требований владельцев процессов и причастных лиц [16].

2.2. Выбор корпоративных инженерных информационных систем. Центральным элементом цифровой инфраструктуры являются корпоративные информационные системы. Создание и внедрение таких систем требуют разработки методики рационального выбора программных продуктов, которая учитывает совокупность функциональных требований (как правило, «дерево» требований), а также способность интеграции с существующей цифровой средой, экономическую эффективность и многие другие. Процедура выбора программных средств должна учитывать отраслевые особенности (интегрированной структуры), особенности конкретной проектной организации и автоматизируемых операционных процессов (бизнес-процессов) [17]. В условиях санкционных ограничений особенно актуален переход на российское программное обеспечение. Как правило, при решении таких задач применяются методы экспертного анализа и системы поддержки принятия решений [17].

2.3. Управление техническим перевооружением парка аппаратных средств. Парк вычислительной техники должен обеспечивать устойчивую работу всех подсистем цифровой проектной среды – от 3D-моделирования до систем виртуальных испытаний и цифровых двойников. Для этого необходима разработка методики технического перевооружения, включающая аудит текущего состояния аппаратных средств, планирование модернизации с учетом ресурсных ограничений, определение сроков и условий замены оборудования, прогнозирование потребностей в вычислительных ресурсах с учетом перспективных задач [18]. Важно обеспечить непрерывность функционирования оборудования в условиях постоянно растущих требований к обработке инженерных данных. Методическим аппаратом для решения этой задачи служат методы имитационного моделирования.

2.4. Защита информационной инфраструктуры. Информационная безопасность проектной организации выходит за рамки традиционных подходов к защите информации и становится элементом стратегической устойчивости [19]. Для этого необходимо создать комплексную многоуровневую систему защи-

ты цифровых активов, включающую защиту информации как внутри проектной организации, так и при обеспечении взаимодействия с подрядчиками и внешними участниками кооперации [19]. Создание защищенной, гибкой и масштабируемой цифровой инфраструктуры должно осуществляться в тесном взаимодействии с задачами организационного развития проектной организации.

3. Управление кадровым потенциалом цифровой проектной организации

Одним из ключевых факторов успешной цифровой трансформации проектной организации выступает человеческий капитал. От качества кадров, уровня их компетенций, способности к восприятию новых технологий и адаптации к изменениям организационно-технической среды напрямую зависит эффективность выполнения ПКД. Однако в современных условиях наблюдается острый дефицит специалистов, обладающих одновременно техническими, управленческими и цифровыми компетенциями.

3.1. Основные компетенции инженерно-технических работников нового типа. Цифровая трансформация предъявляет новые требования к профессиональной подготовке кадров. В частности, возрастают потребности в специалистах, владеющих принципами системной инженерии и управления жизненным циклом продукции, методами цифрового моделирования, работы с цифровыми двойниками, навыками взаимодействия с системами автоматизированного проектирования, основами анализа больших данных и применением алгоритмов искусственного интеллекта в проектной среде, практиками цифровой культуры при распределенной работе с проектными данными [20]. В этой связи возникает необходимость пересмотра подходов к формированию кадровой политики.

3.2. Повышение квалификации и переподготовка. Интенсивное обновление технологий делает критически важной разработку действенной системы повышения квалификации и переподготовки персонала [21]. Такая система должна включать корпоративные образовательные платформы, адаптивные учебные модули под конкретные проектные роли, внедрение в образовательный процесс метода инженерных кейсов, взаимодействие с вузами и исследовательскими центрами [21].

3.3. Организация удаленной работы и распределенной работы с кооперацией. Одной из форм трансформации трудовых отношений становится внедрение механизмов дистанционной и гибридной работы, особенно в условиях территориально распределенной производственной среды [22]. Это требует пересмотра организационных структур, внедрения систем удаленного доступа с гарантированной защитой данных, управления правами доступа, формирования новых подходов к командной работе в цифровой среде. Кроме того, в условиях объединения организаций в интегрированные структуры актуальной является разработка методики оценивания уровня кооперации [15].

3.4. Развитие цифровой культуры. В условиях цифровой трансформации возрастает значение цифровой культуры персонала при работе с информацией и интеллектуальными активами. Развитие цифровой культуры требует комплексного подхода к стимулированию и обучению персонала использовать цифровые инструменты [20].

Заключение

Современные вызовы, стоящие перед проектно-конструкторскими организациями, обусловлены стремительным развитием цифровых технологий, возрастанием сложности наукоемкой продукции, необходимостью обеспечения устойчивости в условиях внешнеэкономических ограничений, а также быстрым изменением требований со стороны заказчиков. В этих условиях очевидна необходимость формирования междисциплинарной теории и научно-методического аппарата цифровой трансформации ПКД, способной интегрировать три взаимосвязанных направления.

1. Управление организацией НИОКР на основе цифрового моделирования, оценки жизненного цикла, цифровых двойников и виртуальных испытаний изделий, использования технологий искусственного интеллекта.

2. Управление инфраструктурой проектной организации за счет создания адаптивной цифровой экосистемы, оснащенной современными корпоративными информационными системами, средствами вычислительной техники и системой информационной безопасности.

3. Управление кадровым потенциалом, предполагающее развитие цифровых компетенций, применение современных подходов к

повышению квалификации и переподготовки инженерно-технических работников, а также учета особенностей организации удаленной работы специалистов.

В основе предлагаемого научно-методического аппарата лежат методы организации производства, системного анализа, управления инновациями, информационных технологий, экономики, кадрового менеджмента.

Внедрение предлагаемой теории позволит повысить качество и конкурентоспособность разрабатываемой продукции, сократить

сроки и затраты на выполнение НИОКР, обеспечит технологический суверенитет в условиях ограниченного доступа к зарубежным программным и аппаратным средствам, создаст современную цифровую экосистему проектной организации.

Таким образом, создание междисциплинарной теории организации ПКД становится неотъемлемой частью современной стратегии развития наукоемкой промышленности и важным вкладом в обеспечение технологического суверенитета страны.

Список литературы

1. Ерошин, С.Е. Методика разработки концепции цифровой трансформации организации оборонно-промышленного комплекса / С.Е. Ерошин // Инновации и инвестиции. – 2022. – № 1. – С. 214–223.
2. Щеглов, Д.К. Концептуальные основы цифровой трансформации организаций оборонно-промышленного комплекса / Д.К. Щеглов, Н.А. Пиликов, В.И. Тимофеев // Автоматизация в промышленности. – 2021. – № 2. – С. 13–23.
3. Щеглов, Д.К. Концепция построения интегрированной цифровой экосистемы для повышения качества продукции и услуг предприятий оборонно-промышленного комплекса / Д.К. Щеглов, А.Г. Сайбель // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. – 2024. – Т. 27. – № 2. – С. 25–36.
4. Щеглов, Д.К. Особенности выполнения проектно-конструкторских работ в условиях цифровой трансформации промышленного производства / Д.К. Щеглов, А.Г. Сайбель, Т.В. Сидоренко // Автоматизация. Современные технологии. – 2024. – Т. 78. – № 9. – С. 411–420.
5. Щеглов, Д.К. Методология функционально-структурного моделирования сложных организационно-технических систем / Д.К. Щеглов, Л.Г. Данилова, О.С. Выпринцева, М.Н. Охочинский // Вестник Концерна ПВО «Алмаз-Антей». – 2014. – № 2(12). – С. 11–23.
6. Щеглов, Д.К. Инструмент управления жизненным циклом систем: цифровой паспорт изделия / Д.К. Щеглов // Компетентность. – 2025. – № 3. – С. 19–26.
7. Щеглов, Д.К. Теоретические основы применения концепции цифровых двойников для создания интеллектуальной системы мониторинга технического состояния и обслуживания сложной наукоемкой продукции / Д.К. Щеглов, М.Н. Ещенко, А.П. Борина, А.А. Ухов // Судостроение. – 2023. – № 5(870). – С. 21–26.
8. Щеглов, Д.К. Применение технологий анализа больших данных в процессах организации проектно-конструкторских работ / Д.К. Щеглов // Автоматизация. Современные технологии. – 2024. – Т. 78. – № 5. – С. 201–208.
9. Щеглов, Д.К. Анализ возможности применения технологий искусственного интеллекта для прогнозирования тенденций развития промышленного производства / Д.К. Щеглов, Д.А. Федоров, А.Г. Сайбель // Автоматизация в промышленности. – 2023. – № 4. – С. 58–64.
10. Shcheglov, D.K. Express method for assessing the complexity of new developments based on analog products / D.K. Shcheglov // Петербургский экономический журнал. – 2025. – No. 1. – P. 157–169.
11. Shcheglov, D.K. Express method for determining deadlines and costs of project design works by defense industry enterprises / D.K. Shcheglov // Инновации в менеджменте. – 2024. – No. 1(39). – P. 46–54.
12. Андреев, И.А. Методика реализации проектов по улучшениям в системе менеджмента бережливого производства организации оборонно-промышленного комплекса / И.А. Андреев, Д.К. Щеглов // Транспортное машиностроение. – 2023. – № 4(16). – С. 47–61.
13. Щеглов, Д.К. Организация высокотехнологичного производства в условиях санкционных ограничений / Д.К. Щеглов, А.Г. Сайбель, М.С. Рябokonь // Стандарты и качество. – 2024. –

№ 11. – С. 28–32.

14. Щеглов, Д.К. Модель компромиссного управления процессами импортозамещения при организации высокотехнологичного производства в условиях санкционных ограничений / Д.К. Щеглов // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2025. – № 2(370). – С. 157–166.

15. Щеглов, Д.К. Оценивание уровня кооперации предприятий интегрированных организационно-производственных структур в условиях диверсификации производства / Д.К. Щеглов, В.И. Тимофеев, И.А. Андреев, С.А. Чириков // *Инновации*. – 2019. – № 8(250). – С. 67–70.

16. Щеглов, Д.К. База данных унифицированных требований к компонентам информационной инфраструктуры предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности / Д.К. Щеглов // *Свидетельство о регистрации базы данных RU 2023623365*. – 06.10.2023. Заявка № 2023623121 от 26.09.2023.

17. Щеглов, Д.К. Методология выбора корпоративных информационных систем в условиях цифровой трансформации организации оборонно-промышленного комплекса / Д.К. Щеглов // *Вестник Концерна ВКО «Алмаз-Антей»*. – 2021. – № 4(39). – С. 7–24.

18. Щеглов, Д.К. Агентно-ориентированная система имитационного моделирования и анализа состояния парка средств вычислительной техники предприятий высокотехнологичной промышленности / Д.К. Щеглов, А.М. Букарев // *Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024667322*. – 23.07.2024. Заявка № 2024665966 от 09.07.2024.

19. Щеглов, Д.К. Концептуальные основы построения комплексной системы информационной безопасности в условиях цифровой трансформации организации оборонно-промышленного комплекса / Д.К. Щеглов, С.К. Савельев, А.А. Кузнецов // *Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России*. – 2022. – № 2(154). – С. 3–13.

20. Щеглов, Д.К. Особенности организации системы кадрового обеспечения проектных организаций оборонно-промышленного комплекса в условиях цифровой трансформации / Д.К. Щеглов // *Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России*. – 2024. – № 2(162). – С. 58–64.

21. Щеглов, Д.К. Особенности стратегического развития научно-образовательной деятельности на предприятиях высокотехнологичной промышленности / Д.К. Щеглов, С.Е. Ерошин // *Инновации*. – 2021. – № 9(275). – С. 9–13.

22. Коньякова, А.В. Организационно-техническое обеспечение дистанционной работы сотрудников в условиях диверсификации промышленного производства / А.В. Коньякова, В.И. Тимофеев, Д.К. Щеглов // *Управленческое консультирование*. – 2020. – № 10(142). – С. 91–108.

References

1. Yeroshin, S.Ye. Metodika razrabotki kontseptsii tsifrovoy transformatsii organizatsii obronno-promyshlennogo kompleksa / S.Ye. Yeroshin // *Innovatsii i investitsii*. – 2022. – № 1. – С. 214–223.

2. Shcheglov, D.K. Kontseptual'nyye osnovy tsifrovoy transformatsii organizatsiy obronno-promyshlennogo kompleksa / D.K. Shcheglov, N.A. Pilikov, V.I. Timofeyev // *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*. – 2021. – № 2. – С. 13–23.

3. Shcheglov, D.K. Kontseptsiya postroyeniya integrirovannoy tsifrovoy ekosistemy dlya povysheniya kachestva produktsii i uslug predpriyatiy obronno-promyshlennogo kompleksa / D.K. Shcheglov, A.G. Saybel' // *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*. – 2024. – Т. 27. – № 2. – С. 25–36.

4. Shcheglov, D.K. Osobennosti vypolneniya proyektno-konstruktorskikh rabot v usloviyakh tsifrovoy transformatsii promyshlennogo proizvodstva / D.K. Shcheglov, A.G. Saybel', T.V. Sidorenko // *Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii*. – 2024. – Т. 78. – № 9. – С. 411–420.

5. Shcheglov, D.K. Metodologiya funktsional'no-strukturnogo modelirovaniya slozhnykh organizatsionno-tekhnicheskikh sistem / D.K. Shcheglov, L.G. Danilova, O.S. Vypriyntseva, M.N. Okhochinskiy // *Vestnik Kontserna PVO «Almaz-Antey»*. – 2014. – № 2(12). – С. 11–23.

6. Shcheglov, D.K. Instrument upravleniya zhiznennym tsiklom sistem: tsifrovoy pasport izdeliya / D.K. Shcheglov // *Kompetentnost'*. – 2025. – № 3. – С. 19–26.

7. Shcheglov, D.K. Teoreticheskiye osnovy primeneniya kontseptsii tsifrovyykh dvoynikov dlya sozdaniya intellektual'noy sistemy monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya i obsluzhivaniya slozhnoy naukoymkoy produktsii / D.K. Shcheglov, M.N. Yeshchenko, A.P. Borina, A.A. Ukhov // Sudostroyeniye. – 2023. – № 5(870). – S. 21–26.
8. Shcheglov, D.K. Primeneniye tekhnologiy analiza bol'shikh dannykh v protsessakh organizatsii proyektno-konstruktorskikh rabot / D.K. Shcheglov // Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii. – 2024. – T. 78. – № 5. – S. 201–208.
9. Shcheglov, D.K. Analiz vozmozhnosti primeneniya tekhnologiy iskusstvennogo intellekta dlya prognozirovaniya tendentsiy razvitiya promyshlennogo proizvodstva / D.K. Shcheglov, D.A. Fedorov, A.G. Saybel' // Avtomatizatsiya v promyshlennosti. – 2023. – № 4. – S. 58–64.
12. Andreyev, I.A. Metodika realizatsii proyektov po uluchsheniyam v sisteme menedzhmenta berezhlivogo proizvodstva organizatsii oboronno-promyshlennogo kompleksa / I.A. Andreyev, D.K. Shcheglov // Transportnoye mashinostroyeniye. – 2023. – № 4(16). – S. 47–61.
13. Shcheglov, D.K. Organizatsiya vysokotekhnologichnogo proizvodstva v usloviyakh sanktsionnykh ograniчений / D.K. Shcheglov, A.G. Saybel', M.S. Ryabokon' // Standarty i kachestvo. – 2024. – № 11. – S. 28–32.
14. Shcheglov, D.K. Model' kompromissnogo upravleniya protsessami importozameshcheniya pri organizatsii vysokotekhnologichnogo proizvodstva v usloviyakh sanktsionnykh ograniчений / D.K. Shcheglov // Fundamental'nyye i prikladnyye problemy tekhniki i tekhnologii. – 2025. – № 2(370). – S. 157–166.
15. Shcheglov, D.K. Otsenivaniye urovnya kooperatsii predpriyatiy integrirovannykh organizatsionno-proizvodstvennykh struktur v usloviyakh diversifikatsii proizvodstva / D.K. Shcheglov, V.I. Timofeyev, I.A. Andreyev, S.A. Chirikov // Innovatsii. – 2019. – № 8(250). – S. 67–70.
16. Shcheglov, D.K. Baza dannykh unifikirovannykh trebovaniy k komponentam informatsionnoy infrastruktury predpriyatiy vysokotekhnologichnykh otrasley promyshlennosti / D.K. Shcheglov // Svidetel'stvo o registratsii bazy dannykh RU 2023623365. – 06.10.2023. Zayavka № 2023623121 ot 26.09.2023.
17. Shcheglov, D.K. Metodologiya vybora korporativnykh informatsionnykh sistem v usloviyakh tsifrovoy transformatsii organizatsii oboronno-promyshlennogo kompleksa / D.K. Shcheglov // Vestnik Kontserna VKO «Almaz-Antey». – 2021. – № 4(39). – S. 7–24.
18. Shcheglov, D.K. Agentno-orientirovannaya sistema imitatsionnogo modelirovaniya i analiza sostoyaniya parka sredstv vychislitel'noy tekhniki predpriyatiy vysokotekhnologichnoy promyshlennosti / D.K. Shcheglov, A.M. Bukarev // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RU 2024667322. – 23.07.2024. Zayavka № 2024665966 ot 09.07.2024.
19. Shcheglov, D.K. Kontseptual'nyye osnovy postroyeniya kompleksnoy sistemy informatsionnoy bezopasnosti v usloviyakh tsifrovoy transformatsii organizatsii oboronno-promyshlennogo kompleksa / D.K. Shcheglov, S.K. Savel'yev, A.A. Kuznetsov // Oboronnyy kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii. – 2022. – № 2(154). – S. 3–13.
20. Shcheglov, D.K. Osobennosti organizatsii sistemy kadrovogo obespecheniya projektnykh organizatsiy oboronno-promyshlennogo kompleksa v usloviyakh tsifrovoy transformatsii / D.K. Shcheglov // Oboronnyy kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii. – 2024. – № 2(162). – S. 58–64.

УДК 338.486

А.А. КУРОЧКИНА, И.В. ВЕРШИННИН

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого», г. Санкт-Петербург

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ УСЛУГ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Ключевые слова: адаптация; изменение климата; инновации; рекреационные услуги; Санкт-Петербург; устойчивое развитие.

Аннотация. В статье рассматриваются современные вызовы и возможности для развития рекреационных услуг в городе Санкт-Петербурге в условиях изменения климата. В работе анализируется влияние климатических изменений на туристскую инфраструктуру и предлагаются инновационные решения для адаптации туризма. Особое внимание в статье уделяется внедрению новых технологий, стратегий и устойчивых решений, способствующих сохранению и развитию рекреационного потенциала города. Целью статьи является анализ современных вызовов и возможностей для адаптации рекреационных услуг к климатическим изменениям в регионе. Достижение поставленной цели сопровождается решением ряда конкретных задач: изучение влияния климатических изменений на рекреационную и туристскую инфраструктуру Санкт-Петербурга; разработка инновационных решений, способствующих адаптации сферы туризма в регионе к новым условиям. Гипотеза исследования: в условиях глобального изменения климата внедрение инновационных технологий и развитие экологически устойчивого туризма на территории Санкт-Петербурга поможет значительно улучшить адаптацию рекреационных услуг в городе. Результатом данного исследования являются предложения по внедрению инновационных решений в рекреационной индустрии, обоснование необходимости адаптации туристской индустрии к меняющимся климатическим условиям.

Введение

В последнее время для Российской Федерации очень важно развитие туристских и рекреационных услуг для увеличения внутреннего потока туристов в регионы. Развитие внутреннего туризма в Российской Федерации помогает развивать экономику страны, а также повышать уровень жизни местного населения.

Санкт-Петербург является культурной столицей Российской Федерации. Регион славится своим историко-культурным наследием и хорошо развитой инфраструктурой туризма, развлечения и отдыха. Однако в связи с глобальными изменениями мирового климата наблюдается ряд вызовов, которые требуют поиска новых решений для обеспечения устойчивого развития рекреационной сферы. Повышение температуры, увеличение количества осадков, изменение сезонных характеристик создают необходимость внедрения инновационных подходов к развитию рекреационных услуг.

На рис. 1 представлен анализ суммы осадков за период начиная 1881 г. до 2024 г. (рис. 1) [1].

На рис. 1 можно увидеть тенденцию возрастания годовых сумм осадков на всем промежутке исследования, где на левой части графика, а именно с 1851 по 1951 гг., видно медленное и незначительное увеличение уровня осадков, а начиная с 1951 г. уровень осадков увеличивается по сравнению с предыдущим периодом.

Для нашего исследования очень важна тенденция выпадения осадков. На рис. 2 представлены средние показатели годовых осадков с 1981 по 2024 гг. по сравнению с нормой



Рис. 1. Средние годовые суммы осадков за период 1881–2024 гг. (создано авторами по данным м/с «Санкт-Петербург»)

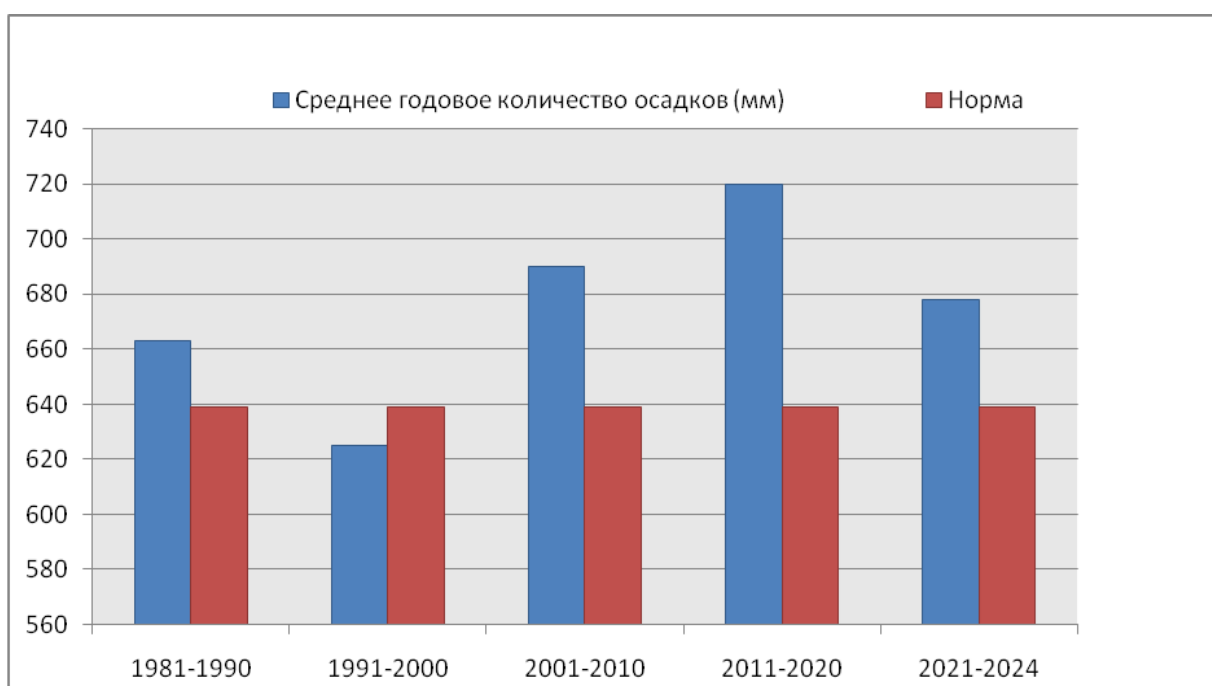


Рис. 2. Средние за десятилетие годовые суммы осадков за период 1881–2024 гг. (создано авторами по данным м/с «Санкт-Петербург»)

осадков.

На рис. 2 видно, что в исследуемом проме-

жутке с пониженным уровнем влажности «выпадает» десятилетие 1991–2000 гг., в котором



Рис. 3. Годовые суммы выпавших осадков за период с 2004 по 2024 гг. (создано авторами по данным м/с «Санкт-Петербург»)

наблюдается дефицит увлажнения по сравнению с нормой осадков. На рисунке также представлено наступившее десятилетие (2021–2030 гг.), где приведена статистика трех лет (2021–2024 гг.), с которым не особо правильно сравнивать среднее количество осадков в предыдущем исследованном промежутке времени. Но благодаря рис. 2 можно сделать вывод о том, что на данный момент высокий уровень влажности был отмечен в период с 2011–2020 гг. Эти данные показывают общую характеристику климатических изменений по сравнению с нормой осадков, что и представляет наибольший интерес в исследовании.

На рис. 3 представлена тенденция уровня выпавших осадков по данным м/с в г. Санкт-Петербург за период с 2004–2024 гг.

Из рис. 3 можно увидеть тенденцию возрастания и убывания частотности количества осадков в исследованном периоде. Максимальное количество осадков в исследуемом периоде выпало в 2012 г., на втором месте 2018 г. Большинство лет данного периода характеризуется высоким уровнем осадков, однако в 2006 и 2007 гг. он был ниже нормы [2]. По статистике больше 70 % уровня осадков выпадало в летний промежуток времени, однако уровень влажности на анализируемом промежутке в разные сезоны был неравномерно распределен.

При анализе климатических изменений в

Санкт-Петербурге на основании данных метеорологических наблюдений за последние десятилетия отмечается тенденция к потеплению климата региона. Среднегодовая температура увеличилась на 1–2 градуса Цельсия, что влияет на сезонность туристического потока и характер рекреационных мероприятий. Увеличение количества осадков и частоты экстремальных погодных явлений создает дополнительные сложности для организации открытых мероприятий и эксплуатации инфраструктуры. Сокращение периода стабильной погоды ухудшает также условия для зимнего туризма и увеличивает издержки на поддержание инфраструктуры. В то же время открываются новые возможности для развития услуг, экологического туризма и использования современных технологий для создания комфортных условий независимо от погодных факторов.

Инновационные подходы к развитию рекреационных услуг для адаптации сектора к новым климатическим условиям предлагают следующие решения.

1. Внедрение умных технологий и цифровых платформ. Использование мобильных приложений, виртуальной реальности и дополненной реальности для отслеживания изменения климата в регионе и привлечения посетителей и организации мероприятий в любых погодных условиях.

2. Развитие экологического и устойчивого туризма. Создание экологически чистых маршрутов, использование устойчивого транспорта (велосипеды, электромашины), использование возобновляемых источников энергии, внедрение зеленых технологий в инфраструктуру [3].

3. Модернизация инфраструктуры. Строительство крытых комплексов, отапливаемых площадок и многофункциональных центров для проведения мероприятий круглый год [4].

4. Инновационные форматы развлечений. Разработка новых форматов досуга с учетом климатических особенностей: зимние парки развлечений с современными технологиями, тематические выставки и интерактивные музеи.

5. Партнерские взаимосвязи с научными организациями, способствующие образовательной программе для туристов о важности сохра-

нения природы и адаптации к климату.

Выводы

Изменение климатических условий требует от сектора рекреационных услуг в Санкт-Петербурге активного поиска инновационных решений для обеспечения устойчивого развития. Внедрение современных технологий, развитие экологически ориентированных проектов и модернизация инфраструктуры позволят сохранить привлекательность города как туристического центра в условиях глобальных изменений климата. Предлагаемые решения помогут повысить качество предлагаемых туристских услуг и модернизировать инфраструктуру к различным вызовам погодных условий, что поможет привлечь большее количество туристов в Северную столицу Российской Федерации.

Список литературы

1. Режим увлажнения в Санкт-Петербурге / ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=766>.
2. Иванова, И.И. Климатические изменения в Северо-Западном регионе России: последствия для туризма / И.И. Иванова, А.А. Петров // Климатология. – 2022.
3. Громова, Н.С. Устойчивое развитие городских рекреационных территорий / Н.С. Громова, М.А. Лебедева // Экологический журнал. – 2020.
4. Смирнова, Е.В. Инновационные технологии в развитии рекреационной сферы / Е.В. Смирнова, В.В. Кузнецов // Технологии будущего. – 2021.
5. Курочкина, А.А. Проблемы и возможности развития туризма в Арктике / А.А. Курочкина, О.В. Лукина, Ю.Е. Семенова // Глобальный научный потенциал. – 2023. – № 1(142). – С. 183–186.

References

1. Rezhim uvlazhneniya v Sankt-Peterburge / FGBU «Severo-Zapadnoye upravleniye po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy» // [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=766>.
2. Ivanova, I.I. Klimaticheskiye izmeneniya v Severo-Zapadnom regione Rossii: posledstviya dlya turizma / I.I. Ivanova, A.A. Petrov // Klimatologiya. – 2022.
3. Gromova, N.S. Ustoychivoye razvitiye gorodskikh rekreatsionnykh territoriy / N.S. Gromova, M.A. Lebedeva // Ekologicheskiy zhurnal. – 2020.
4. Smirnova, Ye.V. Innovatsionnyye tekhnologii v razvitii rekreatsionnoy sfery / Ye.V. Smirnova, V.V. Kuznetsov // Tekhnologii budushchego. – 2021.
5. Kurochkina, A.A. Problemy i vozmozhnosti razvitiya turizma v Arktike / A.A. Kurochkina, O.V. Lukina, YU.Ye. Semenova // Global'nyy nauchnyy potentsial. – 2023. – № 1(142). – S. 183–186.

© А.А. Курочкина, И.В. Вершинин, 2025

УДК 338.465.2

А.А. КУРОЧКИНА¹, О.В. ЛУКИНА², Л.В. АПЕВАЛОВА¹¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;

ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический

университет», г. Санкт-Петербург

РАЗВИТИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Ключевые слова: инвестиции; инвестиционная деятельность; объекты социальной инфраструктуры; рынок недвижимости.

Аннотация. В статье проведено исследование инвестиционной деятельности в сфере строительства объектов социальной инфраструктуры. Целью статьи является выявление основных направлений развития инвестиционной деятельности в сфере объектов социальной инфраструктуры. Достижение поставленной цели сопровождается решением ряда конкретных задач: определение сущности инвестиционной деятельности в сфере строительства объектов социальной инфраструктуры; выявление проблем и недостатков инвестиционной деятельности в данной сфере; разработка стратегических направлений и рекомендаций по развитию инвестиционной деятельности в сфере объектов социальной инфраструктуры города. Гипотеза исследования: совершенствование механизма инвестирования строительства объектов социальной инфраструктуры и преодоление барьеров в его практической реализации позволит обеспечить городское население всеми необходимыми социальными объектами (школами, детскими садами, поликлиниками, больницами и другими объектами), сократить трудности при получении заемных средств на строительство социальных объектов. Методы исследования: анализ, синтез, дедукция, классификация, группировка, аналогия, мысленное моделирование. В работе также использованы практические (эмпирические) методы: измерение (получение достоверной количественной информации об объекте); сравнение (определяет схожие черты и различия между объектом анализа и досконально изученными процессами, предметами). Результатом данного ис-

следования стали предложения по развитию инвестиционной деятельности в сфере объектов социальной инфраструктуры на основе выявленных проблем и недостатков в данной области.

В современных условиях инвестиционная деятельность в области строительства объектов социальной инфраструктуры начала приобретать большую значимость, привлекая пристальное внимание со стороны инвесторов. Данные тенденции связаны со следующими факторами: развитием социально-экономической сферы государства; возведением объектов социальной инфраструктуры, возможностью для строительных компаний повысить свою узнаваемость, улучшить свой имидж, лояльность со стороны целевой аудитории. На сегодняшний день на законодательном уровне разрешены и находят практическое применение механизмы строительства объектов социальной инфраструктуры благодаря вложениям частных инвесторов. После завершения строительных работ данные объекты недвижимости передаются в государственную либо муниципальную собственность. Несмотря на наличие указанного механизма инвестирования строительства объектов социальной инфраструктуры, до сих пор остается множество барьеров и трудностей в его практической реализации. В их числе следует выделить несовершенные формы инвестиционных контрактов, в связи с чем происходит задержка в обеспечении населенных пунктов всеми необходимыми социальными объектами (школами, детскими садами, поликлиниками, больницами и другими объектами), возникают трудности при получении заемных средств на строительство социальных объектов.

Таким образом, актуальность темы исследования обусловлена следующими аспектами: во-первых, недостаточным уровнем инвестиционной поддержки социальных объектов. Как показывают результаты изучения научных и практических исследований, частным инвесторам объекты социального назначения не особо интересны; во-вторых, национальным приоритетом улучшения городской среды, что требует масштабных инвестиций, в том числе в строительство и возведение объектов социального назначения; в-третьих, повышением требований к территориям жилых комплексов, так как многие потенциальные покупатели, а также арендаторы жилья при выборе квартиры обращают внимание на наличие объектов социальной инфраструктуры, в частности образовательных учреждений (детских садов, школ), поликлиник, как взрослых, так и детских.

Несмотря на высокую актуальность и значимость исследуемой темы, в современной литературе наблюдается недостаток научных трудов, в частности, источников, где рассматривается проблема инвестиционной деятельности именно в области социальных объектов. В основном авторы рассматривают особенности инвестирования объектов коммерческой и жилой недвижимости, не уделяя достаточного внимания объектам социальной сферы.

Для лучшего понимания исследуемой темы нами были изучены работы ряда авторов. Так, П.Р. Беккер в своей диссертации подтвердил высокую значимость и эффективность партнерства между государством и бизнесом при дефиците бюджетного финансирования. Данное партнерство является взаимовыгодным для обеих сторон, также помогает сохранить и развивать социально-культурную сферу и способствует соблюдению интересов населения [1]. Ю.В. Медяник, Э.И. Шагиахметова отмечают, что объектам социальной инфраструктуры не свойственна высокая инвестиционная привлекательность, которая тесно связана с текущим состоянием и перспективами развития экономики страны [2]. А.А. Скидан также в своих научных трудах сделал вывод о неэффективности действующего организационно-экономического механизма распределения инвестиций; в числе главных проблем в сфере строительства социальных объектов назвал низкий уровень заинтересованности частных инвесторов в связи с отсутствием инвестиционной привлекательности данной сферы. Для ее повышения автор

предложил внедрение налогового вычета на социальные объекты; присвоение статуса «социального инвестора» для организаций-застройщиков [3; 4].

Т.А. Спицына в своей работе рассмотрела эффективность использования механизма государственно-частного партнерства (ГЧП) при финансировании возведения объектов социальной сферы и в целом специального назначения. В работе предлагаются и другие инструменты, в первую очередь прямое финансирование за счет бюджетных средств [5].

Инвестиционная деятельность обладает огромной значимостью в макроэкономике, формировании и эффективном использовании капитала и в целом реализации финансовых целей. Инвестиции в объекты недвижимости – затраты с длительным сроком окупаемости. При этом доход от инвестирования формируется за счет будущих периодических денежных потоков, увеличения стоимости недвижимости из-за изменения рыночных цен и дохода от продажи объекта в конце периода владения. Объекты социальной инфраструктуры – это объекты, которые предназначены для целевого использования и эксплуатации в специфических условиях и выполняют отдельные функциональные задачи. Специальный характер указанных объектов недвижимости определяется следующими признаками: специализацией, местом нахождения, конструкцией, размером и другими факторами, сочетающимися вышеперечисленные. Данный тип недвижимости выражен объектами различного функционального назначения (имеет довольно широкое разнообразие), среди которых особое значение имеют социально значимые объекты, а именно школы, больницы, музеи и другие. В 2025 г. планируется, что 40 % социальных объектов построят за счет Адресной инвестиционной программы (АИП), а 60 % – за счет инвесторов [6].

Таким образом, в целом на сегодняшний день инвестиционная привлекательность объектов социальной инфраструктуры начала повышаться благодаря государственной поддержке, в частности принятой Адресной инвестиционной программе. Инвестиционная привлекательность объектов социальной инфраструктуры зависит от воздействия следующих факторов: степени значимости объекта, которая участвует в формировании размера спроса на объект, оказываемые им услуги, также платежеспособность данного спроса; уровня социальной эф-

фективности инвестиционных проектов, формируемого путем принятия мер по улучшению нормативов в области обеспечения населения объектами социальной инфраструктуры; в свою очередь, данный показатель оказывает значительное влияние на качество жизни населения на территории застройки; наличия государственной поддержки, уровня ее развития.

К проблемам и недостаткам инвестиционной деятельности объектов социальной инфраструктуры относятся: дефицит объектов социальной инфраструктуры, в частности медицинских учреждений. Данная проблема приобретает особую актуальность при массовом строительстве жилья. Также существуют высокие потребности в финансовых ресурсах; несовершенство форм инвестиционных контрактов и соглашений; затруднения в работе механизма строительства и возведения объектов социального назначения на средства застройщика под влиянием перехода на проектное финансирование; трудности в получении банковских займов и кредитов для строительства и возведения объектов социальной инфраструктуры; отсутствие сформировавшегося механизма воздействия государственного и частного сектора [7]; низкая эффективность действующих мероприятий по строительству социальных объектов, прежде всего из-за нехватки бюджетных средств.

К стратегическим направлениям развития инвестиционной деятельности в области объектов социальной инфраструктуры можно отнести следующее: государственная поддержка через предоставление налоговых вычетов и льгот; возмещение понесенных расходов, связанных с выполнением подготовительных предпроектных работ; внедрение и использование механизма государственно-частного партнерства, что, в свою очередь, поможет сформировать финансовую модель и предупредить появление рисков; использование механизма инфраструктурной ипотеки и заключение специальных инвестиционных контрактов с целью предоставления устойчивых условий осуществления бизнеса; формирование благоприятной

городской среды, которая, в свою очередь, помогает обеспечить эффективную трудовую деятельность населения, высокий уровень досуга, а значит, способствует повышению инвестиционной привлекательности территории; уменьшение административных барьеров, в частности, упрощение процедур регистрации бизнеса, получения разрешений на строительство, снижение арендной платы за земельный участок и других административных процедур могут ускорить процесс начала работы предприятий по строительству объектов социальной инфраструктуры и привлечь инвесторов в данную область; создание рейтинга социальных инвесторов (в зависимости от уровня социальной отдачи вложений в объекты социального назначения); использование механизма государственно-частного партнерства на этапе эксплуатации объектов социальной инфраструктуры, благодаря которому обеспечивается привлечение частных инвестиций; совершенствование нормативно-правовой базы для привлечения частных инвесторов, а именно разработка стратегии развития, инвестиционного паспорта и регламентов сопровождения инвестиционных проектов; сбалансированность объемов ввода объектов жилищного строительства и социальной инфраструктуры с помощью нормативных показателей; информационное продвижение проектов, укрепление кадрового потенциала.

При внедрении и активном использовании предложенных направлений и мероприятий повысится уровень инвестиционной привлекательности объектов социальной инфраструктуры. Данная тенденция, в свою очередь, будет способствовать росту объема строительства указанных объектов недвижимости. Реализация стратегических направлений развития инвестиционной деятельности и предложенные мероприятия позволят привлечь субъекты инвестиционной деятельности для строительства объектов социальной инфраструктуры, что поможет реализовать перспективные национальные проекты и программы, в том числе по повышению качества жизни населения.

Список литературы

1. Беккер, П.Р. Активизация привлечения инвестиций в реконструкцию и эксплуатацию объектов культурного наследия городов: дисс. ... канд. экон. наук, спец. 08.00.05 / П.Р. Беккер. – Москва, 2021. – 186 с.
2. Медяник, Ю.В. Инвестиционная привлекательность строительства объектов социальной

инфраструктуры в регионах / Ю.В. Медяник, Э.И. Шагиахметова // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2022. – № 8. – С. 32–40.

3. Скидан, А.А. Повышение инвестиционной привлекательности социальных объектов / А.А. Скидан // Московский экономический журнал. – 2022. – № 2. – С. 731–740.

4. Скидан, А.А. Развитие организационно-экономического механизма управления инвестициями в строительство объектов социальной инфраструктуры: автореф. дис. ... канд. экон. наук, спец. 08.00.05 / А.А. Скидан. – Санкт-Петербург, 2022. – 27 с.

5. Спицына, Т.А. Эффективность механизма государственно-частного партнерства при финансировании социальной инфраструктуры / Т.А. Спицына // Среднерусский вестник общественных наук. – 2022. – Т. 17. – № 4. – С. 104–122.

6. Ключевые планы развития отрасли социальной защиты Калининского района в 2025 году // Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_kalinin/news/296514.

7. Kurochkina, A.A. Prospects and Specifics of the Use of Digital Technologies in Modern Russian Business 1 / A.A. Kurochkina, O.V. Lukina, J.E. Semenova. In: Vasant, P. et al. // Intelligent Computing and Optimization. ICO 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 874. Cham: Springer, 2024.

References

1. Bekker, P.R. Aktivizatsiya privilecheniya investitsiy v rekonstruktsiyu i ekspluatatsiyu ob'yektov kul'turnogo naslediya gorodov: diss. ... kand. ekon. nauk, spets. 08.00.05 / P.R. Bekker. – Moskva, 2021. – 186 s.

2. Medyanik, YU.V. Investitsionnaya privlekatel'nost' stroitel'stva ob'yektov sotsial'noy infrastruktury v regionakh / YU.V. Medyanik, E.I. Shagiakhmetova // Regional'nyye problemy preobrazovaniya ekonomiki. – 2022. – № 8. – С. 32–40.

3. Skidan, A.A. Povysheniye investitsionnoy privlekatel'nosti sotsial'nykh ob'yektov / A.A. Skidan // Moskovskiy ekonomicheskoy zhurnal. – 2022. – № 2. – С. 731–740.

4. Skidan, A.A. Razvitiye organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma upravleniya investitsiyami v stroitel'stvo ob'yektov sotsial'noy infrastruktury: avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk, spets. 08.00.05 / A.A. Skidan. – Sankt-Peterburg, 2022. – 27 s.

5. Spitsyna, T.A. Effektivnost' mekhanizma gosudarstvenno-chastnogo partnerstva pri finansirovaniy sotsial'noy infrastruktury / T.A. Spitsyna // Srednerusskiy vestnik obshchestvennykh nauk. – 2022. – Т. 17. – № 4. – С. 104–122.

6. Klyuchevyye plany razvitiya otrasli sotsial'noy zashchity Kalininskogo rayona v 2025 godu // Ofitsial'nyy sayt Administratsii Sankt-Peterburga [Electronic resource]. – Access mode : https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_kalinin/news/296514.

© А.А. Курочкина, О.В. Лукина, Л.В. Апевалова, 2025

УДК 338

М.А. ТРУШИНА, К.М. БОРОДИНА, Т.Г. ШУЛЬЖЕНКО
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический
университет», г. Санкт-Петербург

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАМКАХ СМП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ И ПЛАТФОРМ

Ключевые слова: информатизация; информационные экосистемы; логистика; Северный морской путь; транспортные коридоры; цифровые сервисы.

Аннотация. Актуальность темы: в условиях усиливающегося санкционного давления, нестабильной геополитической обстановки и растущей конкуренции между глобальными транспортными коридорами особую значимость приобретает развитие Северного морского пути (СМП) как стратегически важного направления внешнеэкономической логистики России. Повышение эффективности и устойчивости арктических перевозок требует не только инфраструктурных, но и технологических трансформаций, ключевым элементом которых становится цифровизация логистических процессов.

Цель работы – обоснование необходимости внедрения Единой платформы цифровых сервисов (ЕПЦС) как инструмента повышения эффективности и конкурентоспособности логистических процессов на маршруте СМП.

Задачи:

- анализ текущего состояния транспортно-логистической инфраструктуры СМП;
- определение структуры и функциональных возможностей ЕПЦС как цифровой платформы;
- оценка эффектов от цифровизации логистических процессов для ключевых стейкхолдеров;
- выявление препятствий и ограничений, связанных с технической и нормативной реализацией цифровых решений в арктическом регионе.

Достигнутые результаты: в статье показано, что внедрение ЕПЦС позволяет до-

стичь значительного повышения логистической управляемости, сократить время простоя судов, повысить безопасность судоходства и обеспечить оперативную маршрутизацию в условиях сложной ледовой обстановки. Установлено, что реализация цифровой экосистемы способствует снижению транзакционных издержек, развитию арктических регионов и укреплению экономической безопасности государства. Одновременно с этим следует обратить внимание на вызовы, связанные с необходимостью масштабных инвестиций в спутниковую связь и нормативную гармонизацию процедур, применимых к арктическому судоходству.

Северный морской путь представляет собой перспективный и конкурентоспособный проект, привлекающий значительное внимание в условиях современной геополитической и экономической ситуации. Усиление санкционного давления и возрастание сопутствующих рисков способствуют актуализации данного маршрута, особенно для России, что делает его стратегически важным направлением. Одним из ключевых аспектов эффективного функционирования СМП является оптимизация каботажных перевозок в координации с Российскими железными дорогами, что позволяет обеспечить рациональное использование судов, минимизируя затраты и повышая экономическую эффективность маршрута. В частности, данный подход способствует компенсации обратной загрузки судов Северного морского транспортного коридора на западно-восточном направлении, что, в свою очередь, усиливает его конкурентные преимущества по сравнению с южными транспортными маршрутами [4].



Рис. 1. Перспектива повышения эффективности СМП при внедрении ЕПЦС и НЦТЛП

Дополнительно следует учитывать глобальную тенденцию к цифровизации логистических цепей поставок, что играет ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности транспортных коридоров. Интеграция цифровых сервисов, платформенных решений и их включение в единую цифровую экосистему СМП способны существенно повысить ее эффективность. На рис. 1 представлена перспектива внедрения единой платформы цифровых сервисов и национальной транспортно-логистической платформы.

Единая платформа цифровых сервисов Северного морского пути была разработана госкорпорацией «Росатом», российской ИТ-компанией *Sitronics Group* и ЦМИ МГУ в рамках инициативы «Круглогодичный Севморпуть» под контролем Председателя Правительства РФ. На данный момент платформа включает в себя пять подсистем, представленных на рис. 2, которые упроща-

ют решение задачи маршрутизации и процесс управления портовыми мощностями, обеспечивают безопасное передвижение судов, предоставляют возможность отслеживания погодных условий [3].

Внедрение ЕПЦС в системе морских перевозок Северного морского пути способствует значительному упрощению бюрократических процедур, включая оформление транспортной документации, получение разрешений и согласование маршрутов за счет интеграции цифровых сервисов и общей цифровизации процессов. Централизованное диспетчерское управление, являющееся ключевым элементом цифровой экосистемы СМП, а также автоматизированный обмен данными между судами и береговыми службами обеспечивают более высокую координацию и слаженность действий всех участников судоходного процесса. Дополнительно непрерывный мониторинг положения судов и ледовой обстановки

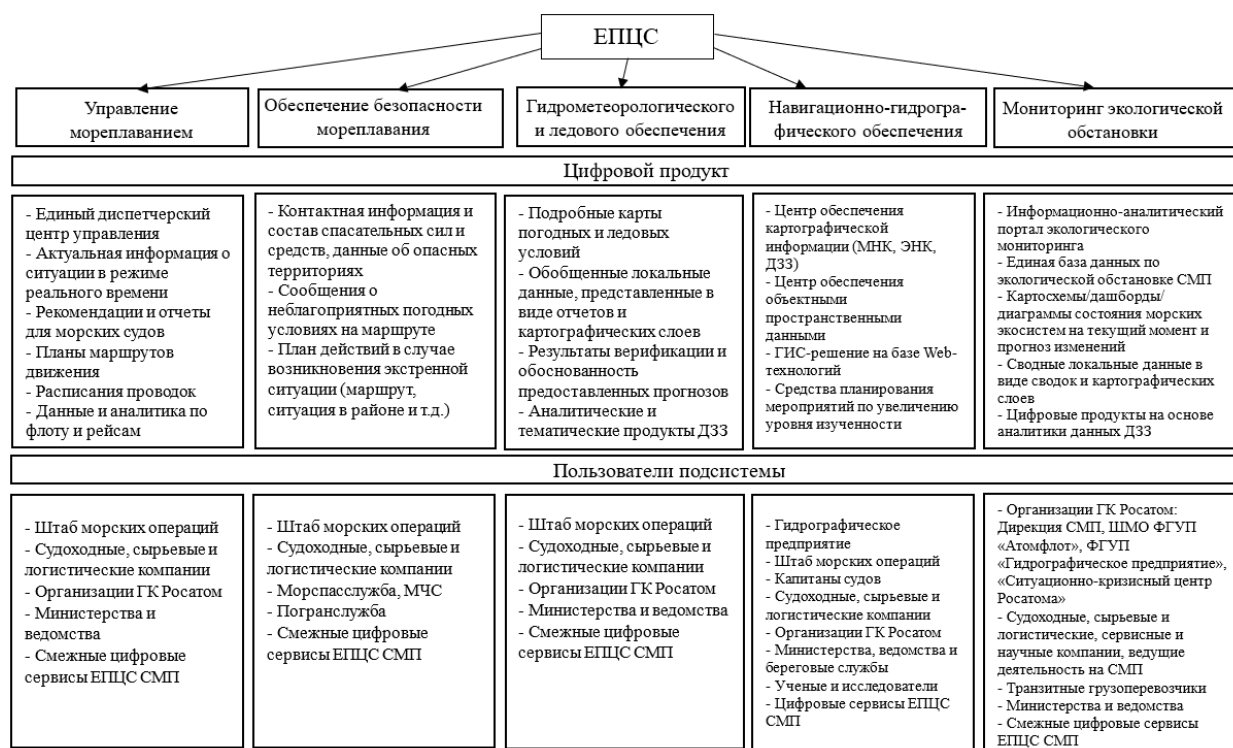


Рис. 2. Сравнительная характеристика подсистем ЕПЦС [2]

в режиме реального времени позволяет оперативно реагировать на критические ситуации, что способствует повышению безопасности и эффективности судоходства на данном маршруте.

Однако в арктических условиях к надежности спутниковой связи предъявляются особенно строгие требования, что обуславливает необходимость значительных инвестиций в современное и качественное оборудование как для обеспечения устойчивой спутниковой связи, так и для развития цифровой инфраструктуры рассматриваемой платформы. Недостаточное покрытие системами связи и наблюдения в удаленных районах создает дополнительные сложности для полноценного функционирования всех подсистем ЕПЦС, что указывает на потребность в их модернизации. В долгосрочной перспективе Северный морской путь рассматривается как экономически более выгодный маршрут по сравнению с традиционными южными направлениями, что делает привлечение грузовладельцев из зарубежных государств стратегически значимой задачей. В связи с этим особую актуальность приобретают разработка и совершенствование нормативно-правовой базы,

обеспечивающей правовую унификацию и регулирование различных аспектов грузоперевозок, а также систематизацию всех норм, применимых к данному маршруту.

Таким образом, значимость ЕПЦС и иных цифровых решений в обеспечении эффективного и безопасного судоходства по Северному морскому пути является неотъемлемым аспектом развития арктической транспортной инфраструктуры. Интеграция цифровых технологий способствует оптимизации навигации, повышению уровня безопасности морских перевозок и улучшению мониторинга окружающей среды, что особенно актуально в условиях сложных климатических и ледовых обстановок региона. Немаловажное значение данная интеграция имеет и для таких групп стейкхолдеров, как государство, транспортные компании и операторы коридора. Формирование цифровой экосистемы требует комплексного подхода, обеспечивающего оперативное принятие управленческих решений. Внедрение таких технологий не только способствует повышению эффективности судоходства, но и открывает новые перспективы для освоения Арктики, расширения транспортно-логистического потенциала региона и

укрепления позиций страны в мировой морской стратегическим интересам национальной экономики, что, в свою очередь, соответствует экономики и безопасности.

Список литературы

1. Щербаков, В.В. Процессная декомпозиция системы управления логистической деятельностью компаний нефтегазового сектора Российской Федерации / В.В. Щербаков, Т.Г. Шульженко // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 7(72). – С. 398–407.
2. Единая платформа цифровых сервисов Северного Морского пути [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://static.cnews.ru/img/files/2023/06/29/5_aleksandr_atyukin_sitronics_group_aleksandr_mitrofanov_rosatom.pdf.
3. «Росатом» запустил пять сервисов цифровой экосистемы Севморпути // Каталог сайта «Страна «Росатом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://strana-rosatom.ru/2023/11/07/rosatom-zapustil-pyat-servisov-cif>.
4. Северный морской путь 2023: предварительные итоги года и планы на будущее // Каталог сайта «Arctic Russia» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://arctic-russia.ru/article/severnny-morskoy-put-2023-predvaritelnye-itogi-goda-i-plany-na-budushchee>.
5. Milios, A. Automatic Fusion of Satellite Imagery and AIS data for Vessel Detection / A. Milios, K. Bereta, K. Chatzikokolakis, D. Zisis and S. Matwin // 2019 22th International Conference on Information Fusion (FUSION), Ottawa, ON, Canada, 2019. – P. 1–5.

References

1. Shcherbakov, V.V. Protsessnaya dekompozitsiya sistemy upravleniya logisticheskoy deyatel'nost'yu kompaniy neftegazovogo sektora Rossiyskoy Federatsii / V.V. Shcherbakov, T.G. Shul'zhenko // Ekonomika i predprinimatel'stvo. – 2016. – № 7(72). – S. 398–407.
2. Yedinaya platforma tsifrovyykh servisov Severnogo Morskogo puti [Electronic resource]. – Access mode : https://static.cnews.ru/img/files/2023/06/29/5_aleksandr_atyukin_sitronics_group_aleksandr_mitrofanov_rosatom.pdf.
3. «Rosatom» zapustil pyat' servisov tsifrovoy ekosistemy Sevmorputi // Katalog sayta «Strana «Rosatom» [Electronic resource]. – Access mode : <https://strana-rosatom.ru/2023/11/07/rosatom-zapustil-pyat-servisov-cif>.
4. Severnyy morskoy put' 2023: predvaritel'nyye itogi goda i plany na budushcheye // Katalog sayta «Arctic Russia» [Electronic resource]. – Access mode : <https://arctic-russia.ru/article/severnny-morskoy-put-2023-predvaritelnye-itogi-goda-i-plany-na-budushchee>.

© М.А. Трушина, К.М. Бородина, Т.Г. Шульженко, 2025

УДК 351.864.253

Д.С. ЯКОВЛЕВ¹, В.Ю. ЦАРЕВНИКОВА¹, А.Н. КУЗЯШЕВ¹, Ю.Я. РАХМАТУЛЛИН²

¹АНО ВО «Российский новый университет»;

²АНО ВО «Московский международный университет», г. Москва

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКУПОК МАЛОГО ОБЪЕМА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Ключевые слова: бюджетное учреждение; закупки малого объема; информационная система; концепция совершенствования закупок; малые закупки в электронной форме.

Аннотация. Цели и задачи исследования заключаются в определении государственных закупок малого объема в России. Результаты исследования: проанализированы внедряемые в настоящее время инновационные меры, направленные для эффективного использования государственных закупок малого объема. Среди таких предложений: меры по выполнению задачи унификации порядка проведения малых закупок в электронной форме; меры по выполнению задачи создания и ведения единого каталога конкретных товаров и использования цифрового паспорта промышленной продукции; меры по выполнению задачи установления единых требований к функционированию информационных систем, используемых для проведения закупок малого объема с применением конструктивного, абстрактно-логического, монографического и других методов.

В российской системе государственных закупок сфера закупок малого объема продолжает активно трансформироваться под воздействием усиления национального режима, цифровой модернизации процедур, а также системного повышения прозрачности и эффективности государственного контроля и поддержки. В то же время развитие рыночной конкуренции, без которой невозможно представить современную экономику, не только подстегивает формирование рациональных соотношений между различными формами собственности, но и формирует их целесообразную структуру [3].

С целью оптимизации процесса закупок в 2019 г. был запущен единый агрегатор торговли «Березка», призванный упростить приобретение товаров, услуг и материальных ценностей. Эта цифровая платформа предоставляет бюджетным организациям возможность осуществлять прямые закупки у единственного поставщика, обходясь без стандартных конкурентных процедур. Размер допустимой суммы таких закупок также претерпел изменения: в 2020 г. лимит увеличили с 300 тыс. до 600 тыс. рублей, а уже в 2021 г. он достиг 3 млн рублей. Таким образом, государство расширило возможности для оперативного удовлетворения хозяйственных потребностей через упрощенные закупочные механизмы.

Особенность заключается в использовании электронных платформ, где поставщики заранее публикуют информацию о доступных товарах и услугах. Однако их предложения ограничены номенклатурой, включенной в Каталог товаров, работ и услуг (КТРУ) Единой информационной системы (ЕИС). Отсутствие позиции в КТРУ делает закупку через данную систему невозможной [6].

Процесс проведения закупок малого объема упрощен: он не предполагает жесткой конкуренции по цене, а сделки заключаются в сжатые сроки. Вместе с тем сохраняются риски – в частности, возможность отмены закупки со стороны заказчика или торговой платформы, например, из-за ошибок в документации [1]. Таким образом, эволюция системы закупок малого объема ориентирована на повышение оперативности, прозрачности и доступности государственных закупок при одновременном снижении административных барьеров [5].

В рамках «Концепции совершенствования закупок товаров, работ и услуг для удовлет-

ворения государственных и муниципальных нужд малого объема на период до 2027 г.», утвержденной Правительством РФ 26 июня 2024 г., обозначены основные системные барьеры, препятствующие эффективной реализации механизмов малых закупок: фрагментарность цифровой инфраструктуры, избыточная финансовая нагрузка, игнорирование национального режима, уязвимость информационных систем, низкий уровень учета и прослеживаемости, разрыв с системой контроля.

В настоящее время отсутствует техническое сопряжение между платформами для малых закупок и государственной системой «Независимый регистратор», курируемой Федеральным казначейством. Из-за этого не обеспечивается фиксация всех действий участников процесса, что ослабляет контроль за соблюдением прав сторон [4].

Следует рассмотреть предлагаемые меры по выполнению задачи унификации порядка проведения малых закупок в электронной форме. В целях стандартизации процедур проведения малых закупок в электронной форме законодатель предлагает внедрить единый алгоритм действий для всех участников.

Одним из ключевых нововведений станет автоматизированный отбор наилучших предложений. Система будет анализировать предварительно размещенные заявки и выбирать наиболее выгодные предложения для заказчика на основе заданных критериев.

Поставщикам предоставят возможность пересматривать свои предложения и снижать цену в установленный срок. Это позволит заказчику выбрать оптимальный вариант без дополнительных временных и организационных издержек, характерных для классических конкурсных процедур. Контракт с победителем будет формироваться и подписываться в электронной форме через Единую информационную систему (ЕИС).

Переход к электронному формату закреплен не только национальными нормативны-

ми актами, но и международными обязательствами. Следует подчеркнуть, что в настоящее время механизм электронного магазина может быть реализован исключительно в рамках закупок у единственного поставщика.

Для стандартизации процедур малых закупок, осуществляемых через электронные торговые площадки, требуется внедрение единого, четко структурированного каталога наименований продукции. Применение унифицированного каталога значительно повышает эффективность электронных закупочных процедур.

Для устойчивого функционирования системы малых закупок необходимо обеспечить не только формирование, но и постоянное обновление и хранение каталогов товаров, интегрированных с единым реестром наименований.

Законодательно необходимо определить случаи, в которых допускается применение каталога, принимая во внимание, что указание заказчиком на конкретную товарную позицию может ограничить возможность поставщика предложить эквивалентную продукцию [2].

В рамках реформы законодательства о контрактной системе (Федеральный закон № 44-ФЗ) планируется отмена требования обеспечения исполнения контракта при малых закупках. Это существенно снизит финансовые риски для поставщиков, упростит процесс участия и повысит конкурентность.

Начиная с 1 июля 2024 г. вступили в силу положения Федерального закона «О промышленной политике в Российской Федерации», которые закрепляют понятие «цифрового паспорта промышленной продукции».

В целях унификации требований к функционированию и взаимодействию информационных систем, задействованных в механизмах осуществления закупок малого объема, необходимо разработать и внедрить нормативно установленный свод параметров, регламентирующих как техническую, так и организационную составляющую их работы.

Список литературы

1. Агальцова, И. Что такое закупки малого объема по 44-ФЗ? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.vbr.ru/biznes/help/zakupki-malogo-obema-po-44-fz/?utm_referrer=yandex.ru.
2. Галиева, Д. Малые закупки ждет большая реформа // Коммерсантъ. – 2025. – 17 марта. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.kommersant.ru/doc/7585523>.
3. Кузяшев, А.Н. Закономерности многообразия форм собственности в экономике / А.Н. Кузяшев, И.Р. Топунова // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Т. 6. –

№ 4(21). – С. 146–149.

4. Основные проблемы действующего регулирования малых закупок // Распоряжение Правительства РФ от 26.06.2024 № 1636-р «Об утверждении Концепции совершенствования закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд малого объема на период до 2027 года» [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-26062024-n-1636-r/kontseptsii-sovershenstvovaniia-zakupok-tovarov-rabot/iv/1_1.

5. Распоряжение Правительства РФ от 26.06.2024 № 1636-р «Об утверждении Концепции совершенствования закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд малого объема на период до 2027 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-26062024-n-1636-r>.

6. Умнова, М.Г. Развитие участия малых и средних предприятий в государственных закупках в России / М.Г. Умнова, П.Д. Козлова // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12. – № 12. – С. 3205–3222.

References

1. Agal'tsova, I. Chto takoye zakupki malogo ob'yema po 44-FZ? [Electronic resource]. – Access mode : https://www.vbr.ru/biznes/help/zakupki-malogo-obema-po-44-fz/?utm_referrer=yandex.ru.

2. Galiyeva, D. Malye zakupki zhdet bol'shaya reforma // Kommersant". – 2025. – 17 marta. [Electronic resource]. – Access mode : <https://www.kommersant.ru/doc/7585523>.

3. Kuzyashev, A.N. Zakonomernosti mnogoobraziya form sobstvennosti v ekonomike / A.N. Kuzyashev, I.R. Topunova // Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravleniye. – 2017. – Т. 6. – № 4(21). – С. 146–149.

4. Osnovnyye problemy deystvuyushchego regulirovaniya malykh zakupok // Rasporyazheniye Pravitel'stva RF ot 26.06.2024 № 1636-r «Ob utverzhdenii Kontseptsii sovershenstvovaniya zakupok tovarov, rabot, uslug dlya obespecheniya gosudarstvennykh i munitsipal'nykh nuzhd malogo ob'yema na period do 2027 goda» [Electronic resource]. – Access mode : https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-26062024-n-1636-r/kontseptsii-sovershenstvovaniia-zakupok-tovarov-rabot/iv/1_1.

5. Rasporyazheniye Pravitel'stva RF ot 26.06.2024 № 1636-r «Ob utverzhdenii Kontseptsii sovershenstvovaniya zakupok tovarov, rabot, uslug dlya obespecheniya gosudarstvennykh i munitsipal'nykh nuzhd malogo ob'yema na period do 2027 goda» [Electronic resource]. – Access mode : <https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-pravitelstva-rf-ot-26062024-n-1636-r>.

6. Umnova, M.G. Razvitiye uchastiya malykh i srednikh predpriyatiy v gosudarstvennykh zakupkakh v Rossii / M.G. Umnova, P.D. Kozlova // Ekonomika, predprinimatel'stvo i pravo. – 2022. – Т. 12. – № 12. – С. 3205–3222.

© Д.С. Яковлев, В.Ю. Царевникова, А.Н. Кузяшев, Ю.Я. Рахматуллин, 2025

УДК 331.556.4

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

КЛИМАТИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ВЫЗОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АДАПТАЦИИ РЫНКОВ ТРУДА И ИНФРАСТРУКТУРЫ (КЕЙСЫ ЕС, ПЕРСИДСКОГО ЗАЛИВА, РФ)

Ключевые слова: адаптация инфраструктуры; государственное регулирование; климатическая миграция; рынок труда.

Аннотация. Цель исследования – анализ климатической миграции как ключевого вызова XXI в. и разработка адаптационной модели для разных регионов (Европейский союз, Персидский залив, Россия). Основные задачи включали: сравнение стратегий Германии, ОАЭ и России, оценку миграционных потоков из Южной Азии и Африки (данные *ИОМ* и Всемирного банка, 2024–2025 гг.), выявление рисков (перегруз инфраструктуры, снижение зарплат) и успешных практик (например, Тюменская область). Гипотеза: оптимальная политика интеграции, включающая «зеленое» строительство и цифровизацию, может смягчить негативные последствия и усилить экономические *benefits*. Методы: сравнительный анализ, статистическая обработка данных, моделирование. Результаты: предложена адаптационная модель, прогнозирующая прирост 1,5 млн мигрантов к 2030 г. или рост внутреннего валового продукта (**ВВП**) на 0,7 % при эффективном управлении.

Современные климатические изменения становятся мощным драйвером миграционных процессов в глобальном масштабе. По данным ООН (2025 г.), к 2050 г. численность климатических мигрантов может достичь 216 миллионов человек, что создает существенные вызовы для экономик принимающих стран. Особую актуальность данная проблема приобретает в условиях учащения экстремальных погодных явлений – засух в Южной Азии, наводнений в Бангладеш и других регионах, что приводит к

масштабным перемещениям населения [1].

Экономические последствия климатической миграции носят комплексный характер и включают:

- 1) нагрузку на социальную инфраструктуру и бюджетные системы;
- 2) трансформацию рынков труда;
- 3) необходимость адаптации производственных цепочек;
- 4) социально-политические вызовы.

При этом реакции разных стран на эти вызовы существенно различаются: от жестких регуляторных мер до программ активной интеграции. Особый интерес представляет сравнительный анализ стратегий адаптации в различных регионах (Европейский союз (ЕС), страны Персидского залива и Россия), обладающих разными экономическими моделями и миграционными традициями.

Целью исследования являются выявление эффективных механизмов адаптации экономик к климатической миграции через сравнительный анализ стратегий Германии, ОАЭ и России и разработка рекомендации для РФ.

Научная новизна исследования заключается в комплексном рассмотрении взаимосвязи климатической миграции с процессами инфраструктурной трансформации и реструктуризации рынков труда, а также в разработке оригинальной модели адаптации для российских регионов.

Теоретическая база: экономика климатической миграции

Анализ климатической миграции требует междисциплинарного подхода, объединяющего теории миграции, экономики окружающей сре-

Таблица 1. Типологическая схема на основе исследования МОТ

Тип мигрантов	Характеристики	Экономический эффект	Пример
Временные трудовые	Сезонная занятость (3–9 месяцев)	+0,5–1,2 % ВВП принимающего региона	Пакистан → ОАЭ (сельхозработы)
Постоянные	Полная смена места жительства	Нагрузка на бюджет: \$1 200–2 500 на человека/год	Бангладеш → Индия (наводнения)
Квалифицированные	Переезд с семьей, высшее образование	Инновационный потенциал (+3–5 % производительности)	Филиппины → Канада (ИТ-сектор)
Вынужденные переселенцы	Срочная эвакуация	Чрезвычайные расходы (\$5–8 млрд/год в глобальном масштабе)	Сомали → Кения (засухи)

ды и развития. В рамках исследования применяются ключевые концепции [2].

1. Модель «выталкивания-притяжения» (Lee, 1966) в климатическом контексте.

Выталкивающие факторы: деградация сельхозугодий (потеря 40 % плодородных земель в Бангладеш к 2025 г.), водный дефицит (снижение доступности воды на 35 % в Йемене), экстремальные погодные явления.

Притягивающие факторы: доступ к «климатически устойчивым» рабочим местам, развитая инфраструктура, социальные гарантии.

Особенность: усиление роли экологических факторов в миграционных решениях (до 60 % в структуре мотивов).

2. Теория «двойного зеленого перехода»:

- синергия процессов декарбонизации экономики и адаптации к миграционным потокам;
- трансформация трудовых рынков через создание «зеленых» рабочих мест;
- инфраструктурная адаптация с учетом климатических рисков.

На основе анализа данных МОТ (2024 г.) разработана типология, представленная в табл. 1.

Исследование базируется на следующем.

1. Анализе мультипликатора затрат (МВФ, 2024 г.):

- расчет коэффициента бюджетной эффективности ($КБЭ = \Delta ВВП / \Delta Затраты$);
- оценка инфраструктурных инвестиций (срок окупаемости 7–12 лет).

2. Регрессионном моделировании:

- уравнение миграционного давления: $MP = \alpha + \beta_1 * CLIM + \beta_2 * ECON + \varepsilon$, где $CLIM$ – климатические факторы, $ECON$ – эконо-

мические показатели.

3. Сравнительно-институциональном анализе [3]:

- оценка эффективности регуляторных механизмов в разных странах;
- бенчмаркинг лучших практик адаптации.

Особое внимание уделяется пространственному анализу миграционных коридоров и их влиянию на региональные рынки труда, что позволяет разрабатывать точечные решения для конкретных территорий.

Глобальные миграционные потоки и их детерминанты (2020–2025 гг.)

Современные данные международных организаций свидетельствуют о значительном росте климатически обусловленных миграционных потоков.

Основные потоки: из Южной Азии в ЕС и страны Залива (2,3 млн в 2025, +15 %) и из Африки в ЕС (890 тыс., +22 %).

В Персидском заливе 85 % мигрантов – временные работники, в ЕС 40 % – постоянные переселенцы.

Гендерная структура: 72 % трудовых мигрантов – мужчины, среди вынужденных переселенцев 60 % – женщины и дети.

Причины следующие [4].

1. Экологические: деградация 40 % земель (Бангладеш), нехватка воды (65 % Йемена), учащение стихийных бедствий (+35 %).
2. Социально-экономические: падение урожайности (25–40 %), безработица до 45 %, рост стоимости жизни (30–50 %).

К 2030 г. глобальные миграционные потоки

вырастут на 25–30 %, при этом 40 % мигрантов составят климатические беженцы. Для России ожидается рост миграции из Центральной Азии на 30 % из-за опустынивания и нехватки воды. Основные направления – южные регионы и крупные города, с преобладанием временных работников (60 %). Экономические последствия: нагрузка на инфраструктуру, изменения на рынке труда, но возможен рост при эффективном управлении. Прогнозы важно учитывать в стратегическом планировании [5].

Ключевые аспекты миграции из Центральной Азии в РФ

68 % мигрантов – сезонные работники (Узбекистан, Таджикистан), занятые в сельском хозяйстве (45 %), строительстве (30 %) и жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) (15 %). Основные риски: перегруз инфраструктуры (Подмосковье, Тюмень) и снижение зарплат в строительстве (–12 %).

Регуляторные меры (2024–2025 гг.) имеют плюсы и минусы.

Плюсы: единый реестр, региональные квоты.

Минусы: нет учета климатических особенностей.

Кейс в Тюменской области: привлечение мигрантов в агропромышленный комплекс (АПК) с обучением и контрактами дало +7 % урожайности при снижении затрат на труд.

В качестве модели адаптации для РФ мож-

но рассмотреть инфраструктурные решения:

- «Зеленое строительство» (модульные экопоселки, ₽120 млрд до 2030 г.);

- цифровизация (приложение «Мигрант+» для жилья, налогов, медстраховки).

Регулирование рынка труда:

- «Климатические квоты» для регионов с дефицитом кадров (АПК/ЖКХ);

- двойная квалификация (язык + «зеленые» технологии).

Экономические механизмы:

- миграционные облигации для финансирования инфраструктуры;

- налоговые льготы для компаний с >30 % «зеленых» мигрантов.

Заключение

Климатическая миграция представляет собой значительный экономический и социальный вызов, требующий адаптации рынков труда и инфраструктуры. Сравнительный анализ стратегий ЕС, Персидского залива и России показал, что эффективное управление миграционными потоками, включая «зеленое» строительство, цифровизацию и климатические квоты, может не только снизить риски (перегруз инфраструктуры, падение зарплат), но и стимулировать экономический рост (до +0,7 % ВВП). Для России ключевым становится разработка региональных адаптационных моделей, учитывающих прогнозируемый рост миграции и климатические изменения.

Список литературы/References

1. International Organization for Migration. World Migration Report 2025: Climate and Human Mobility, 2024.
2. Lee, E.S. A Theory of Migration / E.S. Lee // Demography. – 1966. – Vol. 3. – No. 1. – P. 47–57.
3. World Bank. Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration, 2025.
4. European Environment Agency. Climate Change, Impacts, and Adaptation in the EU, 2023.
5. Black, R. The Effect of Environmental Change on Human Migration / R. Black, W.N. Adger // Global Environmental Change. – 2021. – Vol. 21. – No. S1. – P. S3–S11.

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

Abstracts and Keywords

M.G. Bashirov, O.G. Volkova, D.Y. Shapovalov, M.V. Mitrofanov

Application of Artificial Intelligence in the System of Power Supply to Consumers

Keywords: smart system; power supply; energy saving; digital technologies; monitoring; IoT; consumption forecasting.

Abstract. The article deals with the development of an intelligent system power supply to end consumers, based on modern technologies control and monitoring of energy consumption. The goal of developing an intelligent power supply system for end consumers using modern digital technologies is to create an effective energy management system that minimizes losses and improves power supply reliability. The research objectives include analyzing existing energy management methods and developing an intelligent architecture.

The implementation of automated monitoring, forecasting, and adaptive control systems will significantly improve the efficiency of power distribution and reduce operating costs. Research methods include analysis of existing power supply systems, mathematical modeling, and the use of machine learning algorithms and digital technologies for load forecasting.

As a result, a multi-level architecture for an intelligent power supply system was developed that reduces energy losses by 15–20 %, optimizes network loads, and increases system resilience.

K.A. Goncharov, V.A. Sudakov

Using Fuzzy Regression Technologies and Automated Solution of Multicriterial Analysis of Alternatives Problems in a Fuzzy Information Environment to Solve Decision-Making Problems in Time

Keywords: fuzzy information; fuzzy regression; multicriteria analysis; synthetic data; artificial intelligence; ANFIS.

Abstract. The article discusses the use of fuzzy regression technologies and automated solution of multi-criteria analysis of alternatives in a fuzzy information environment for effective decision-making over time. The relevance of the study is due to the increasing complexity and uncertainty in modern decision-making systems, where traditional analysis methods are often insufficiently effective.

The main objective of the research work is to study the possibility of joint application of fuzzy regression technologies and multi-criteria analysis of alternatives in a fuzzy information environment. To solve the main objective of the research work, the following objectives must be achieved: the analysis of the methodological apparatus of fuzzy regression and multi-criteria analysis; the selection of a practical problem; the solution of a practical problem using fuzzy regression and multi-criteria analysis.

The main scientific hypothesis to be investigated: fuzzy regression technologies and multi-criteria analysis of alternatives can be used to solve decision-making problems over time. Their joint application can be automated in a software environment. The software implementation is provided as a result of the study. The software code can be used in any software being developed. The first part of the article presents the theoretical foundations of fuzzy regression and its application in the context of decision making. Then, the key aspects of multi-criteria analysis of alternatives are considered, including the main methods and limitations of traditional approaches. Particular attention is paid to the concept of fuzzy information and its impact on the decision-making process. The article also describes the research methodology, including the development of a fuzzy regression model and automated analysis algorithms. Examples of practical application of the proposed methodology are given. In conclusion, the main findings of the study are highlighted and recommendations for the practical application of the developed technologies are offered.

Load Device as an Element of an Intelligent Complex of Ground Electrical Tests of Power Supply Systems of Space Vehicles

Keywords: load device; intelligent complex; ground testing; power supply system; spacecraft; modeling; automation.

Abstract. The goal of the study is to develop and analyze the structure of a load device (LD) with energy recovery as a key element of an intelligent complex for ground-based electrical tests of spacecraft power supply systems (SPPS). The following objectives were set: to study the main operating modes of load devices as part of SPPS test complexes (current, voltage, power stabilization); to classify LD by the type of control elements and analyze their advantages and disadvantages; to develop a structural diagram of LD with dual regulation (continuous and pulse control elements) and implement the energy recovery principle; to integrate impedance frequency response (IFR) identification methods to automate the analysis of dynamic properties of the systems under test. The hypothesis of the study is to use load devices with energy recovery and intelligent control as part of ground-based test complexes, which will significantly increase the energy efficiency, automation, reliability and safety of testing spacecraft power supply systems compared to traditional solutions.

O.V. Sulina

Implementation of the Concept of an Interdisciplinary Practice-oriented Approach in the Tasks of Creating and Analyzing Electronic Part Models

Keywords: electronic part model; general professional discipline; practice-oriented task; CAD; descriptive geometry; engineering graphics; analytical geometry; computer science.

Abstract. The design and research of technical products and processes based on modeling and prototyping are key elements of the educational and practical activities of future engineers of design, mechanical and machine-building areas of study and specialties in technical universities.

The aim of the study is to develop a practical concept of an interdisciplinary practice-oriented approach to the study of basic general professional disciplines. The objectives were: the analysis of the goal setting of general professional disciplines of the basic training cycle in the context of creating and researching electronic product models, generation of types of practical interdisciplinary tasks corresponding to the level of knowledge, skills and abilities of students in designing and analyzing geometry and dimensions of products. The study used theoretical methods of analysis and synthesis, generalization and systematization, logical-semantic modeling and forecasting.

As a result of the study, a classification scheme for the integration of general professional disciplines of the basic training cycle was developed. The author developed types of problems aimed at academic generalization of the disciplines “Engineering Graphics”, “Analytical Geometry”, “Descriptive Geometry”, “Computer Science”, “Computer Graphics”. The paper presents an example of solving the problem of investigating the metric of a part model by various methods. It was concluded that it is necessary to set interdisciplinary practice-oriented tasks within the educational process from the first course of study.

O.V. Sulina

Repository of Parametric Models, Drawings and Fragments by Engineering and Graphic Disciplines

Keywords: repository; CAD; parameterization; electronic product model; associative drawing; layout geometry; plagiarism.

Abstract. Creation of tasks in engineering and graphic disciplines in technical universities with great variability or the possibility of annual updating of options in an automated mode is the most promising

option for improving the indicators of independence in individual work of students. The study aims is to identify and analyze the tools and functionality of creating a repository of tasks for the disciplines of the engineering and graphic cycle based on the generation of task options using CAD. The objectives are to formulate and systematize the theory of the possibility of developing tasks with multiple variability by CAD tools into a logical agreed structure and develop an implementation mechanism, develop requirements for the content of tasks and tools for generating various options and implementations based on the final individual work in the discipline "Engineering Graphics"; consider the principle of forming many options for educational work using CAD through the example of one assembly unit. The study used methods of analysis, synthesis, modeling, generalization and systematization. As a result of the study, a mechanism was developed for generating many options for a typical task through the use of various types of parameterization in CAD. It was concluded that the use of variational, tabular and hierarchical parameterizations allows you to create many options for typical models of assembly units and, accordingly, associative drawings.

T.V. Polyakova, R.R. Tlyasheva, P.A. Galkin

Application of Numerical Modeling in the Study of Design Features of Heat Exchangers with a Porous Insert

Keywords: heat exchanger; porous insert; digital study; numerical simulation method; CFD.

Abstract. Rational energy use in industry is the foundation for strengthening the national economy. The energy efficiency of heat exchangers can be improved through their modernization. The feasibility of equipment modifications should be based on a comprehensive analysis of the achievable thermophysical characteristics given the required design complexity, manufacturing costs, and operating and maintenance costs of the process equipment. Obtaining these data is only possible through a comprehensive study. To study the operation of a heat exchanger modernized with a porous insert, a computational fluid dynamics (CFD) method using the ANSYS Workbench software package and the Fluid Flow (CFX) module is proposed. A digital model of a heat exchanger with a porous insert was developed, based on which the temperature and pressure field distributions, as well as flow directions and velocity vectors, were obtained. The simulation results demonstrate the influence of the porous insert on the hydrodynamic and thermal characteristics of the apparatus. The data from the digital experiment can be used to further optimize the design and improve heat transfer efficiency.

E.V. Poezzhaeva, M.K. Startsev, E.S. Tryastyn, N.N. Kuchev

On Suboptimal High-Speed Control of Manipulation Robots

Keywords: performance; control models; robot manipulator; suboptimal performance; control.

Abstract. This article considers the problem of synthesizing suboptimal control for manipulation robots aimed at maximizing the response time when moving toward a target point under nonlinear system dynamics. Hypothesis: Using the method of averaging dynamic characteristics and decomposing the model into independent subsystems will allow us to approach optimal control. Objectives: Develop a suboptimal control method based on system decomposition and subsystem synchronization. Methods: mathematical modeling, averaging method, subsystem dynamics analysis. As a result of the study, a suboptimal control method close to optimal, ensuring high manipulator speed, is proposed.

E.V. Poezzhaeva, V.A. Reutov, M.E. Kichigin, N.N. Kuchev, E.S. Tryastyn

Control over Sensitive Robots with the RCM Control System

Keywords: robots; manipulator robot control; control system architecture; control system behavior.

Abstract. The study developed a universal method for processing sensory information for controlling robots based on the RCM system, which ensures accuracy and adaptability. The hypothesis suggests that

the modular data processing structure in RCM increases the flexibility and precision of management. The tasks are to analyze the RCM architecture, classify operators, simulate contour correction, and determine optimal sensor gain parameters. The research methods included system analysis, modeling and analysis of operating modes. The results are as follows: a data processing flowchart has been created, the principles of real-time operator operation have been formulated; optimal control equations have been proposed, and criteria for selecting gain parameters have been determined. The effectiveness of the modular approach for robot control has been confirmed.

E.E. Matonin, E.S. Pidgurskaya, A.V. Serebrennikov, G.R. Romanov

Using Machine Learning to Predict Defects in Parts Produced by Direct Energy Deposition (DED) Method

Keywords: direct energy deposition (DED); machine learning; hybrid models; defects.

Abstract. The article explores machine learning (ML) methods for predicting and detecting defects in parts produced by Directed Energy Deposition (DED). The study aims to enhance quality control accuracy through a combination of convolutional neural networks (CNN), ensemble methods, and hybrid “gray box” models. Results demonstrate that the VGG16 architecture achieves 94.7 % accuracy, while integrating physical equations with ML improves the F1-Score to 90 %, reducing defect rates by 40 %. The findings highlight the effectiveness of these approaches for real-time DED process monitoring, particularly in aerospace and medical applications.

B.N. Stikhanovsky, S.A. Cheremisina

Impact Velocity Sensor

Keywords: impact speed; impact speed sensor; magnetic circuit; striker.

Abstract. The objective of this work is to select a method for determining the impact velocity in impact devices and instruments with the highest possible accuracy. An induction impact velocity sensor is proposed to record the impact process. The method for determining the impact velocity is as follows: dropping the striker from a certain height at the moment of impact breaks the magnetic circuit, which is recorded on the recording device. Taking into account the values of the striker drop height (h) and the voltage at the moment of magnetic circuit rupture (U), it is possible to determine the impact velocity. The factors influencing the magnitude of the impact velocity and their influence on the reliability of the obtained readings have been experimentally established. Studies on establishing the dependence of such parameters as angular velocity of the striker, impact time, mass formed as a result of the rupture of the magnetic circuit EMF are considered. Based on the analysis of the obtained results, the influence of the parameters on the effectiveness has been established.

R.U. Astafyev, R.V. Shamin

Formalization of the Knowledge Base in the Software Quality Decision Support System

Keywords: automation of quality assessment; knowledge base; software quality; formal grammars.

Abstract. The article is devoted to the study of the use of formal grammars for the formalization of the knowledge base in the context of software development and decision support systems. The main focus is on the advantages and limitations of this approach. Among the key advantages are the rigor and precision of the formalization, eliminating the ambiguity of data interpretation, which is critically important in complex multi-level projects. In addition, formal grammars provide automation of data analysis and verification processes, as well as scalability of the knowledge base, allowing it to be expanded without disrupting the existing structure.

Integrating Quality Management Systems Data into Digital Industrial Ecosystems

Keywords: quality management system; digitalization; cluster; standardization; data architecture; textile industry.

Abstract. This article addresses the challenges of fragmented production processes and weakened resilience in collaborative chains within Russia's textile industry under sanctions pressure. The study aims to develop a model for integrating Quality Management Systems (QMS) into the digital ecosystem of inter-regional textile clusters. This integration seeks to establish end-to-end quality traceability, optimize resource flows, and enhance resilience against external disruptions. The research objectives include: analyzing barriers to textile cluster development; designing the data architecture of an inter-regional industrial ecosystem incorporating quality control modules at various tiers; and standardizing data exchange protocols among cluster stakeholders to ensure QMS interoperability. The central hypothesis posits that multi-tiered QMS integration into the clusters' digital ecosystem will bolster the resilience of collaborative linkages and improve textile product quality. Methodologically, the study employs: systems analysis and standardization methods to investigate control systems for end-to-end quality management; analysis, synthesis, and modeling techniques to design unified data architecture for the industrial ecosystem; and a normative approach to assess legislative requirements and model constraints. The study resulted in the development of a multi-tier model for QMS integration into the cluster digital ecosystem. This model enables end-to-end quality traceability from raw materials to finished goods and automates data collection from equipment and production systems. Furthermore, uniform data standards for inter-regional stakeholder interaction were proposed to mitigate QMS fragmentation. The findings are applicable to cross-industry clusters operating in contexts requiring reduced import dependency.

A.A. Biryukova, M.P. Polikarpov

Improvement of Risk Analysis Methods

Keywords: risk analysis; standard; quality; standardization system; riser equipment.

Abstract. Risk analysis for newly developed facilities requires the creation of alternative methods due to the lack of a sufficient statistical base. The aim of the article is to develop a risk analysis method applicable to the assessment of marine risers. The objectives are to develop a mechanism for assessing the impact of a risk factor on the occurrence of a failure; to develop an algorithm for risk analysis. Methods included systematization, design, modeling, and analysis, comparison. The results are as follows: a method for conducting risk analysis applicable to newly developed product samples is presented; it enables to reduce the obtained results from the subjective experience of the expert. It is concluded that the results of the risk analysis depend on the availability of a comprehensive statistical base and the experience of the expert conducting the analysis, which can be a problem for newly developed product samples, the solution to which can be focusing on physical changes in the riser body that occur during operation.

D.K. Shcheglov

The Concept of an Interdisciplinary Theory of Organizing Design and Engineering Activities in the Context of Digital Transformation

Keywords: production organization; design and engineering activities; project organization; digital transformation; theory.

Abstract. The article summarizes the author's long-term research on the digital transformation of design and engineering activities in Russian industry. It puts forward a hypothesis on the need to

reconsider approaches to research and development management in the context of rapid technological advancement, changing economic conditions, and increasing demands for product complexity and quality. A concept of an interdisciplinary theory is proposed, encompassing R&D management, the development of digital infrastructure, and the enhancement of human capital in design organizations. The methodological framework includes approaches for assessing the complexity, implementation timelines, and costs of product life cycle projects, establishing and maintaining a digital infrastructure within design organizations, and adapting engineering personnel to the digital production environment.

A.A. Kurochkina, I.V. Vershinin

Ensuring the Innovative Development of Recreational Services in the Context of Changing Climate Conditions in the City of St. Petersburg

Keywords: recreational services; innovation; climate change; St. Petersburg; sustainable development; adaptation.

Abstract. The article examines the current challenges and opportunities for the development of recreational services in the city of Saint Petersburg in the context of climate change. The paper analyzes the impact of climate change on the tourism infrastructure and proposes innovative solutions for adapting tourism. Special attention is given to the implementation of new technologies, sustainable solutions, and strategies that contribute to the preservation and development of the city's recreational potential. The purpose of the article is to analyze the current challenges and opportunities for adapting recreational services to climate change in the region. Achieving this goal is accompanied by the solution of a number of specific tasks: studying the impact of climate change on the recreational and tourist infrastructure of St. Petersburg; developing innovative solutions that facilitate the adaptation of the tourism sector. Research hypothesis: in the context of global climate change, the introduction of innovative technologies and the development of environmentally sustainable tourism in St. Petersburg will help significantly improve the adaptation of recreational services in the city. The result of this study is proposals for the introduction of innovative solutions in the recreational industry, substantiating the need to adapt the tourism industry to changing climatic conditions.

A.A. Kurochkina, O.V. Lukina, L.V. Apevalova

Development of Investment Activities in the Field of Construction of Social Infrastructure Facilities

Keywords: investments; investment activities; social infrastructure; real estate market.

Abstract. The article conducted a study of investment activities in the construction of social infrastructure facilities. The goal of the article is to identify the main directions of development of investment activities in the field of social infrastructure. The tasks are to determine the essence of investment activity in the construction of social infrastructure facilities; to identify the problems and shortcomings of investment activities in this area; to develop strategic directions and recommendations for the development of investment activities in the field of social infrastructure of the city. The research hypothesis suggests that improving the investment mechanism for the construction of social infrastructure facilities and overcoming barriers in its practical implementation will provide the urban population with all the necessary social facilities (schools, kindergartens, clinics, hospitals, and other facilities), reduce difficulties in obtaining borrowed funds for the construction of social facilities. Research methods included analysis, synthesis, deduction, classification, grouping, analogy, and mental modeling. The study also used practical (empirical) methods: measurement (obtaining reliable quantitative information about the object); comparison (determines similar features and differences between the object of analysis and thoroughly studied processes, objects). This study resulted in proposals for the development of investment activities in the field of social infrastructure facilities based on the identified problems and shortcomings in this area.

Prospects for Increasing the Efficiency of Transport and Logistics Processes within the NSR Framework the Using Digital Services and Platforms

Keywords: informatization; information ecosystems; logistics; Northern Sea Route; transport corridors; digital services.

Abstract. In the context of increasing sanctions pressure, unstable geopolitical situation and growing competition between global transport corridors, the development of the Northern Sea Route (NSR) as a strategically important direction of foreign economic logistics for Russia is of particular importance. Improving the efficiency and sustainability of Arctic transportation requires not only infrastructural but also technological transformations, the key element of which is the digitalization of logistics processes. The purpose of the study is to justify the need to implement the Unified Platform of Digital Services (UPDS) as a tool for improving the efficiency and competitiveness of logistics processes along the NSR route. The objectives include the analysis of the current state of the NSR transport and logistics infrastructure; determination of the structure and functionality of the UPDS as a digital platform; assessment of the effects of digitalization of logistics processes for key stakeholders; identification of obstacles and limitations associated with the technical and regulatory implementation of digital solutions in the Arctic region.

The results are as follows: the article shows that the implementation of the EPCS allows achieving a significant increase in logistics controllability, reducing vessel downtime, improving shipping safety and ensuring prompt routing in difficult ice conditions. It has been established that the implementation of the digital ecosystem helps reduce transaction costs, develop Arctic regions and strengthen the economic security of the state. At the same time, attention should be paid to the challenges associated with the need for large-scale investments in satellite communications and regulatory harmonization of procedures applicable to Arctic shipping.

D.S. Yakovlev, V.Yu. Tsarevnikova, A.N. Kuzyashev, Yu.Ya. Rakhmatullin

Current Issues of Improving Small-Volume Public Procurement in the Context of Digitalization

Keywords: small-volume purchases; procurement improvement concept; budget institution; information system; small purchases in electronic form.

Abstract. The goals and objectives of the study are to identify small-volume government procurement in Russia. Research results are as follows: the innovative measures currently being implemented aimed at the effective use of small-volume public procurement are analyzed. Among such proposals are measures to fulfill the task of unifying the procedure for conducting small purchases in electronic form; measures to fulfill the task of creating and maintaining a single catalog of specific goods and using a digital passport of industrial products; measures to fulfill the task of establishing uniform requirements for the functioning of information systems used for conducting small-volume purchases using constructive, abstract-logical, monographic and other methods.

M.M. Grishkevich, P.M. Grishkevich, G.R. Romanov, A.M. Eizler

Climate Migration as an Economic Challenge: A Comparative Analysis of Labor Market And Infrastructure Adaptation (Case Studies of the EU, Persian Gulf, Russia)

Keywords: climate migration, infrastructure adaptation, labor market, government regulation.

Abstract. The study aims to analyze climate migration as a key challenge of the 21st century and develop an adaptation model for different regions (EU, Persian Gulf, Russia). Key tasks included: comparing strategies of Germany, UAE, and Russia; evaluating migration flows from South Asia and Africa (IOM and World Bank data, 2024–2025); identifying risks (infrastructure overload, wage depression) and best practices (e.g., the Tyumen Region). The hypothesis posits that optimal integration policies incorporating green construction and digitalization can mitigate negative impacts while enhancing economic benefits. Methods employed comparative analysis, statistical data processing, and modeling. Results yielded an adaptation model projecting either a 1.5 million migrant increase by 2030 or 0.7 % GDP growth under effective governance.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

List of Authors

М.Г. БАШИРОВ доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования и автоматизации промышленных предприятий Института нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета (филиала), г. Салават E-mail: eapp@yandex.ru	M.G. BASHIROV Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises of the Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University (branch), Salavat E-mail: eapp@yandex.ru
О.Г. ВОЛКОВА ассистент кафедры электрооборудования и автоматизации промышленных предприятий Института нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета (филиала), г. Салават E-mail: olya2700@list.ru	O.G. VOLKOVA Assistant Lecturer, Department of Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises, Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University (branch), Salavat E-mail: olya2700@list.ru
Д.Ю. ШАПОВАЛОВ магистрант Института нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета (филиала), г. Салават E-mail: byways233@gmail.com	D.YU. SHAPOVALOV Master's Student, Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University (branch), Salavat E-mail: byways233@gmail.com
М.В. МИТРОФАНОВ магистрант Института нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного нефтяного технического университета (филиала), г. Салават E-mail: m.mark13@mail.ru	M.V. MITROFANOV Master's Student, Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University (branch), Salavat E-mail: m.mark13@mail.ru
К.А. ГОНЧАРОВ аспирант Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва E-mail: goncharovkostya.1997@gmail.com	K.A. GONCHAROV Postgraduate Student, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow E-mail: goncharovkostya.1997@gmail.com

В.А. СУДАКОВ доктор технических наук, доцент кафедры информационных технологий Финансового университета при Правительстве Российской Федерации; ведущий научный сотрудник Федерального исследовательского центра Института прикладной математики имени М.В. Келдыша Российской академии наук, г. Москва E-mail: sudakov@ws-dss.com	V.A. SUDAKOV Doctor of Engineering, Associate Professor, Department of Information Technology, Financial University under the Government of the Russian Federation; Leading Researcher, Federal Research Center, Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, Moscow E-mail: sudakov@ws-dss.com
Д.К. ЛОБАНОВ кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск E-mail: Kharlashina.v@mail.ru	D.K. LOBANOV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Automatic Control Systems, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk E-mail: Kharlashina.v@mail.ru
С.В. ТИМОФЕЕВА старший преподаватель кафедры систем автоматического управления Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск E-mail: Kharlashina.v@mail.ru	S.V. TIMOFEEVA Senior Lecturer, Department of Automatic Control Systems, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk E-mail: Kharlashina.v@mail.ru
П.С. ФЕДОРОВА магистрант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск E-mail: Kharlashina.v@mail.ru	P.S. FEDOROVA Master's Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk E-mail: Kharlashina.v@mail.ru
В.С. ЗАСЛАВЕЦ магистрант Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск E-mail: Kharlashina.v@mail.ru	V.S. ZASLAVETS Master's Student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk E-mail: Kharlashina.v@mail.ru
О.В. СУЛИНА кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики Калужского филиала Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана (национального исследовательского университета), г. Калуга E-mail: sulinaolga@bmstu.ru	O.V. SULINA Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Department of Engineering Graphics, Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Kaluga E-mail: sulinaolga@bmstu.ru
Т.В. ПОЛЯКОВА студент Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа E-mail: volk_tasya@mail.ru	T.V. POLYAKOVA Student, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa E-mail: volk_tasya@mail.ru

Р.Р. ТЛЯШЕВА доктор технических наук, профессор кафедры технологические машины и оборудование Уфимского государственного нефтяного тех- нического университета, г. Уфа E-mail: Rezedat@gmail.com	R.R. TLYASHEVA Doctor of Engineering, Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa E-mail: Rezedat@gmail.com
П.А. ГАЛКИН аспирант Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Уфа E-mail: Galkin.p.a@yandex.ru	P.A. GALKIN Postgraduate Student, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa E-mail: Galkin.p.a@yandex.ru
Е.В. ПОЕЗЖАЕВА кандидат технических наук, профессор Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь E-mail: tmm010203@yandex.ru	E.V. POEZZHAEVA Candidate of Engineering Sciences, Professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm E-mail: tmm010203@yandex.ru
М.К. СТАРЦЕВ студент Пермского национального иссле- довательского политехнического университе- та, г. Пермь E-mail: tmm010203@yandex.ru	M.K. STARTSEV Student, Perm National Research Polytechnic University, Perm E-mail: tmm010203@yandex.ru
Е.С. ТРЯСЦЫН студент Пермского национального иссле- довательского политехнического университе- та, г. Пермь E-mail: tmm010203@yandex.ru	E.S. TRYASTSIN Student, Perm National Research Polytechnic University, Perm E-mail: tmm010203@yandex.ru
Н.Н. КУЧЕВ студент Пермского национального иссле- довательского политехнического университе- та, г. Пермь E-mail: tmm010203@yandex.ru	N.N. KUCHEV Student, Perm National Research Polytechnic University, Perm E-mail: tmm010203@yandex.ru
В.А. РЕУТОВ студент Пермского национального иссле- довательского политехнического университе- та, г. Пермь E-mail: tmm010203@yandex.ru	V.A. REUTOV Student, Perm National Research Polytechnic University, Perm E-mail: tmm010203@yandex.ru
М.Э. КИЧИГИН студент Пермского национального иссле- довательского политехнического университе- та, г. Пермь E-mail: tmm010203@yandex.ru	M.E. KICHIGIN Student, Perm National Research Polytechnic University, Perm E-mail: tmm010203@yandex.ru
Е.Э. МАТОНИН студент Иркутского национального иссле- довательского технического университета, г. Иркутск E-mail: evgeny.matonin@gmail.com	E.E. MATONIN Student, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk E-mail: evgeny.matonin@gmail.com

Е.С. ПИДГУРСКАЯ студент Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск E-mail: eva.pidgurskaya@bk.ru	E.S. PIDGURSKAYA Student, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk E-mail: eva.pidgurskaya@bk.ru
А.В. СЕРЕБРЕННИКОВ магистрант Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск E-mail: savmen@bk.ru	A.V. SEREBRENNIKOV Master's Student, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk E-mail: savmen@bk.ru
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
Б.Н. СТИХАНОВСКИЙ доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и прикладной механики Омского государственного университета путей сообщения, г. Омск E-mail: bstish@mail.ru	B.N. STIKHANOVSKY Doctor of Engineering, Professor, Department of Theoretical and Applied Mechanics, Omsk State Transport University, Omsk E-mail: bstish@mail.ru
С.А. ЧЕРЕМИСИНА старший преподаватель кафедры технологии производства филиала Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева Министерства обороны Российской Федерации, г. Омск E-mail: sveta21021963@mail.ru	S.A. CHEREMISINA Senior Lecturer, Department of Production Technology, Branch of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Omsk E-mail: sveta21021963@mail.ru
Р.У. АСТАФЬЕВ старший преподаватель кафедры промышленного программирования МИРЭА – Российского технологического университета, г. Москва E-mail: astafev@mirea.ru	R.U. ASTAFYEV Senior Lecturer, Department of Industrial Programming, MIREA – Russian Technological University, Moscow E-mail: astafev@mirea.ru
Р.В. ШАМИН доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой информационных технологий и математики Московского городского университета управления Правительства Москвы имени Ю.М. Лужкова, г. Москва E-mail: roman@shamin.ru	R.V. SHAMIN Doctor of Physics and Mathematics, Head of the Department of Information Technology and Mathematics, Moscow City University of Management named after Yu.M. Luzhkov, Moscow E-mail: roman@shamin.ru
М.О. БЕКЛЯМИШЕВ студент Санкт-Петербургского государственного экономического университета, аналитик Центра «Открытое образование», г. Санкт-Петербург E-mail: beklyamishev.m@unecon.ru	M.O. BEKLYAMISHEV Student, St. Petersburg State University of Economics, Analyst at the Open Education Center, St. Petersburg E-mail: beklyamishev.m@unecon.ru

Ю.А. КИСЕЛЕВА кандидат экономических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного экономического университета, директор Центра «Открытое образование», г. Санкт-Петербург E-mail: kiseleva.y@unecon.ru	YU.A. KISELEVA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, St. Petersburg State University of Economics, Director of the Open Education Center, St. Petersburg E-mail: kiseleva.y@unecon.ru
А.А. БИРЮКОВА аспирант Российского государственного университета нефти и газа (национального исследовательского университета) имени И.М. Губкина, г. Москва E-mail: antoninabiryukova901@gmail.com	A.A. BIRYUKOVA Postgraduate Student, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow E-mail: antoninabiryukova901@gmail.com
М.П. ПОЛИКАРПОВ кандидат технических наук, заведующий кафедрой стандартизации, сертификации и управления качеством производства нефтегазового оборудования Российского государственного университета нефти и газа (национального исследовательского университета) имени И.М. Губкина, г. Москва E-mail: polikarpov.m@gubkin.ru	M.P. POLIKARPOV Candidate of Science (Engineering), Head of Department of Standardization, Certification, and Quality Management of Oil and Gas Equipment Production, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow E-mail: polikarpov.m@gubkin.ru
Д.К. ЩЕГЛОВ кандидат технических наук, доцент, научный руководитель Северо-Западного регионального центра Концерна ВКО «Алмаз – Антей» – Обуховский завод; доцент кафедры ракетостроения Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург E-mail: _dk@bk.ru	D.K. SHCHEGLOV Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Scientific Director, North-West Regional Center of the Almaz-Antey Air Defense Concern – Obukhov Plant; Associate Professor, Department of Rocket Science, Baltic State Technical University "VOENMEKH" named after D.F. Ustinova, St. Petersburg E-mail: _dk@bk.ru
А.А. КУРОЧКИНА доктор экономических наук, профессор Высшей школы сервиса и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: kurochkinaanna@yandex.ru	A.A. KUROCHKINA Doctor of Economics, Professor, Higher School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: kurochkinaanna@yandex.ru
И.В. ВЕРШИНИН магистрант Высшей школы сервиса и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: iv.verchinin2001@yandex.ru	I.V. VERSHININ Master's Student, Higher School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: iv.verchinin2001@yandex.ru
О.В. ЛУКИНА кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург E-mail: yui500@mail.ru	O.V. LUKINA Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Economics and Management, Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg E-mail: yui500@mail.ru

Л.В. АПЕВАЛОВА магистрант Высшей школы сервиса и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург E-mail: ona_ge_luska@mail.ru	L.V. APEVALOVA Master's Student, Higher School of Service and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg E-mail: ona_ge_luska@mail.ru
М.А. ТРУШИНА магистрант Санкт-Петербургского государственного экономического университета, г. Санкт-Петербург E-mail: levkosaa@mail.ru	M.A. TRUSHINA Master's Student, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg E-mail: levkosaa@mail.ru
К.М. БОРОДИНА студент Санкт-Петербургского государственного экономического университета, г. Санкт-Петербург E-mail: ksenuaborodina204@gmail.com	K.M. BORODINA Student, St. Petersburg State University of Economics, St. Petersburg E-mail: ksenuaborodina204@gmail.com
П.А. КОМАРОВ доктор экономических наук, профессор кафедры логистики и управления цепями поставок Санкт-Петербургского государственного экономического университета, г. Санкт-Петербург E-mail: shul-tatiana@yandex.com	P.A. KOMAROV Doctor of Economics, Professor, Department of Logistics and Supply Chain Management, Saint Petersburg State University of Economics, St. Petersburg E-mail: shul-tatiana@yandex.com
Д.С. ЯКОВЛЕВ магистрант Российского нового университета, г. Москва E-mail: 9250506855@mail.ru	D.S. YAKOVLEV Master's Student, Russian New University, Moscow E-mail: 9250506855@mail.ru
В.Ю. ЦАРЕВНИКОВА магистрант Российского нового университета, г. Москва E-mail: lera.tsarevnikova@mail.ru	V.YU. TSAREVNIKOVA Master's Student, Russian New University, Moscow E-mail: lera.tsarevnikova@mail.ru
А.Н. КУЗЯШЕВ кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления Российского нового университета, г. Москва E-mail: azatkuz6565@mail.ru	A.N. KUZYASHEV Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Public and Municipal Administration, Russian New University, Moscow E-mail: azatkuz6565@mail.ru
Ю.А. РАХМАТУЛЛИН кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и финансов Московского международного университета, г. Москва E-mail: ulaj-@mail.ru	YU.A. RAKHMATULLIN Candidate of Science (Economics), Associate Professor, Department of Economics and Finance, Moscow International University, Moscow E-mail: ulaj-@mail.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.М. ЭЙЗЛЕР кандидат технических наук, доцент Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск E-mail: ejrler@mail.ru	A.M. EIZLER Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk E-mail: ejrler@mail.ru

НАУКА И БИЗНЕС: ПУТИ РАЗВИТИЯ
SCIENCE AND BUSINESS: DEVELOPMENT WAYS
№ 7(169) 2025
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Подписано в печать 23.07.2025 г.

Формат журнала 60×84/8

Усл. печ. л. 15,32. Уч.-изд. л. 7,54.

Тираж 1000 экз.