



*ISSN 2075-4957*  
*Научно-методический*  
*и информационный*  
*журнал*

# Вестник НЦ БЖД

*Материалы Международного форума*  
*Kazan Digital Week-2025*

*№ 3 (65) 2025*

**УЧРЕДИТЕЛЬ:** ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»

Главный редактор – **Р.Н. Минниханов**, д.т.н., профессор, президент АН РТ, действительный член АН РТ, лауреат премии Правительства РФ в области образования;

Заместитель главного редактора – **Р.Ш. Ахматиева**, д.пед.н., профессор, академик-секретарь Отделения социально-экономических наук АН РТ, член-корреспондент АН РТ, заслуженный деятель науки РТ, руководитель ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан», лауреат премии Правительства РФ в области образования.

**Издание включено в перечень ВАК по специальностям:**

- 2.1.16. Охрана труда в строительстве (технические науки)
- 2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений) (технические науки)
- 2.2.5. Приборы навигации (технические науки)
- 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)
- 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)
- 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки)
- 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы (технические науки)
- 5.8.1. Общая педагогика, история педагогики и образования (педагогические науки)
- 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания (по областям и уровням образования) (педагогические науки)
- 5.8.3. Коррекционная педагогика (сурдопедагогика и тифлопедагогика, олигофренопедагогика и логопедия) (педагогические науки)
- 5.8.7. Методология и технология профессионального образования (педагогические науки)

Издается с 2009 г.

Издание зарегистрировано в системе РИНЦ

Электронная версия журнала размещена на сайте <http://www.vestnikncbgd.ru>

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ №ФС77-88973 от 28 декабря 2024 г.

Журнал «Вестник НЦБЖД» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Журнал распространяется по подписке. Распространение: свободная цена.

Подписной индекс по каталогу «Урал-Пресс» 84461. Периодичность: 4 номера в год  
16+

**FOUNDER:** Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan.

Chief Editor – **R.N. Minnikhanov**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, president of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Full Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Laureate of the Russian Federation Government Prize in the field of education;

Deputy Chief Editor – **R.Sh. Akhmadieva**, Doctor of Pedagogic Sciences, Professor, Academician-Secretary of the Department of Social and Economic Sciences of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Corresponding Member of the Academy of Sciences Republic of Tatarstan, Honored Worker of Science of the Republic of Tatarstan, head of the «Scientific Center for Life Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan», Laureate of the Russian Federation Government Prize in the field of education.

**The publication is included in the list of Higher Attestation Commission by specialties:**

- 2.1.16. Labor protection in construction (Engineering sciences)
- 2.2.4. Instruments and methods of measurement (by type of measurement) (Engineering sciences)
- 2.2.5. Navigation devices (Engineering sciences)
- 2.2.8. Methods and devices for monitoring and diagnosing materials, products, substances and natural environment (Engineering sciences)
- 2.2.11. Information-measuring and control systems (Engineering sciences)
- 2.9.5. Operation of road transport (Engineering sciences)
- 2.9.8. Intelligent transport systems (Engineering sciences)
- 5.8.1. General Pedagogy, History of Pedagogy and Education (Pedagogic Sciences)
- 5.8.2. Theory and methods of training and education (by areas and levels of education) (pedagogic sciences)
- 5.8.3. Correctional pedagogy (deaf pedagogy and methods of teaching the blind, oligophrenopedagogy and speech therapy) (pedagogic sciences)
- 5.8.7. Methodology and technology of vocational education (pedagogic sciences)

Published since 2009

The edition is registered in the RSCI system

The electronic version of the journal is posted on the website <http://www.vestnikncbgd.ru>

Certificate of registration of the mass media PI №FS77-88973 from December 28, 2024.

The journal «Vestnik NTsBZhD» is registered with the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technologies and mass communications (Roskomnadzor).

The magazine is distributed by subscription. Distribution: free price.

Subscription Index for Ural-press Catalog 84461  
Frequency: 4 issues per year  
16+

Печатается по решению Ученого совета ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан»

#### **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

*А.Л. Абдуллин*, д.т.н., профессор, действительный член АН РТ, зав. кафедрой автомобильных двигателей и сервиса Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ;

*А.Р. Абдульязнов*, к.с.н., генеральный директор НП «Федерация автошкол Республики Татарстан»;

*Р.Р. Алиуллов*, д.ю.н., профессор, начальник кафедры административного права, административной деятельности и управления ОВД Казанского юридического института МВД России;

*И.В. Аникин*, д.т.н., проректор по цифровой трансформации Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ;

*С.А. Булатов*, д.м.н., заведующий кафедрой симуляционных методов обучения в медицине Казанского государственного медицинского университета;

*Е.Е. Воронина*, к.пед.н., заместитель руководителя ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан»;

*А.А. Дмитриев*, д.пед.н., профессор, декан факультета специальной педагогики и психологии ГОУ ВО «Московский государственный областной университет»;

*С.В. Жанказиев*, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой организации и безопасности движения, проректор по науке МАДИ;

*В.Г. Закирова*, д.пед.н., профессор, заведующая кафедрой начального образования Института психологии и образования Казанского (Приволжского) федерального университета;

*Г.И. Ибрагимов*, д.пед.н., профессор кафедры педагогики высшей школы Института психологии и образования Казанского (Приволжского) федерального университета;

*Е.Г. Игнашина*, к.м.н., начальник отдела организации медицинской помощи детям и службы родовспоможения Министерства здравоохранения РТ;

*В.Т. Капитанов*, д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, ведущий научный сотрудник Управления научно-исследовательских работ МАДИ;

*В. Мауро*, профессор Университета г. Турин (Италия), ведущий международный эксперт в области современных систем управления дорожным движением, основатель Нацио-

Published by the decision of the Academic Council «Scientific Center of Safety Research of Academic sciences of the Republic of Tatarstan»

#### **EDITORIAL COUNCIL:**

*A.L. Abdullin*, Doctor of Engineering Sciences, Professor, full member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, head of the Department of Automotive Engines and Service, KNITU named after A.N. Tupolev – KAI;

*A.R. Abdulzyanov*, Candidate of Sociological Sciences, CEO of Federation of Driving Schools of the Republic of Tatarstan;

*R.R. Aliullov*, Doctor of Juridical Sciences, Professor, Head of the Department of Administrative Law, Administrative Activities and of the Department of Internal Affairs of Kazan Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia;

*I.V. Anikin*, Doctor of Engineering Sciences, vice-rector for Digital Transformation, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI;

*S.A. Bulatov*, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Simulation Teaching Methods in medicine, Kazan State Medical University;

*E.E. Voronina*, Candidate of Pedagogic Sciences, deputy head of the Scientific Center for Life Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan;

*A.A. Dmitriev*, Doctor of Pedagogic Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Special Pedagogy and psychology, Moscow State Regional University;

*S.V. Zhankaziev*, Doctor of Engineering Sciences, Professor, MADI;

*V.G. Zakirova*, Doctor of Pedagogic Sciences, Professor, Head of the Department of Primary education of Institute of Psychology and Education, Kazan (Volga Region) Federal University;

*G.I. Ibragimov*, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Higher Education Pedagogy of the Institute of Psychology and Education of the Kazan (Volga Region) Federal University;

*E.G. Ignashina*, Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Organization of Medical Aid to children and obstetric services of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan;

*V.T. Kapitanov*, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Leading Research Officer of the Research Department of MADI;

*V. Mauro*, professor at the University of Turin (Italy), leading international expert in the field of modern traffic management systems, founder of the

нальной ассоциации TTS Italia (Associazione Nazionale per la Telematica per i Trasporti e la Sicurezza);

*Р.Г. Минзарипов*, д.с.н., профессор, заведующий кафедрой социологии, президент Казанского (Приволжского) федерального университета, почетный работник высшего профессионального образования РФ;

*Д.М. Мустафин*, к.пед.н., начальник управления по реализации национальной политики департамента Президента Республики Татарстан по вопросам внутренней политики;

*Р.В. Рамазанов*, к.т.н., начальник управления - главный государственный инспектор Госавтонадзора Средне-Волжского управления Автонадзора межрегионального управления госавтонадзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта;

*С.Г. Перминова*, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных Института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета;

*Н.З. Сафиуллин*, д.т.н., д.э.н., профессор Казанского (Приволжского) федерального университета;

*Н.В. Святова*, к.б.н., доцент, декан факультета непрерывного образования по подготовке специалистов для судебной системы, заведующая кафедрой общеобразовательных дисциплин ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия» (Казанский филиал);

*В.В. Сильянов*, д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, проректор университета по работе УМО МАДИ, первый заместитель председателя Учебно-методического объединения Минобразования России по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов;

*Н.В. Суржко*, заместитель министра по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям РТ;

*М.В. Талан*, д.ю.н., профессор, заведующая кафедрой уголовного права Казанского (Приволжского) федерального университета;

*И.Я. Шайдуллин*, к.пед.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»;

*Л.Б. Шигин*, к.т.н., заместитель руководителя ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан».

National Association of TTS Italia (Associazione Nazionale per la Telematica per i Trasporti e la Sicurezza);

*R.G. Minzaripov*, Doctor of Sociological Sciences, Professor, Head of the Department of Sociology, president of Kazan (Volga Region) Federal University, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian;

*D.M. Mustafin*, Candidate of Pedagogic Sciences, Head of the Department for the Implementation of National policy of the Department of the President of the Republic of Tatarstan on domestic policy issues;

*R.V. Ramazanov*, Head of Department - Chief State Inspector of the State Automobile Supervision Authority of the Middle Volga Department of Avtodornadzor of the Interregional Department of State Automobile Supervision of the Federal Service for Supervision in the Sphere of Transport;

*S.G. Perminova*, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Human and Animal Physiology, Institute of Fundamental Medicine and Biology of Kazan (Volga Region) Federal University;

*N.Z. Safiullin*, Doctor of Engineering Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor of Kazan (Volga Region) Federal University;

*N.V. Svyatova*, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Continuing Education for the Training of Specialists for the Judicial System Head of the Department of General Education Disciplines, Russian State University of Justice (Kazan branch);

*V.V. Silyanov*, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, vice-rector of the university for the work of the UMO of MADI, first deputy chairman of the Educational and Methodological Association of the Ministry of Education of Russia for education in the field of transport vehicles and transport-technological complexes;

*N.V. Surzhko*, Deputy Minister of Civil Defense and Emergency Situations of the Republic of Tatarstan;

*M.V. Talan*, Doctor of Juridical Sciences, Professor, Head of the Department of Criminal Law, Kazan (Volga) Federal University;

*I.Ya. Shaydullin*, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI;

*L.B. Shigin*, Candidate of Engineering Sciences, deputy head of the Scientific Center for Life Safety of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan.

Ответственный секретарь С.Г. Галиева  
© ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук РТ», 2025

Executive Secretary S.G. Galieva  
© Scientific Center of Safety Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2025

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Асхадуллина Н.Н., Талышева И.А.</b> Формирование субъектного информационного пространства старшеклассников во внеурочной деятельности.....	7
<b>Бурнашев Р.А.</b> Программный инструмент для анализа и моделирования временных рядов на основе копульных моделей и машинного обучения.....	14
<b>Глаголев С.Н., Новиков И.А., Шевцова А.Г.</b> Модель формирования метакомпетенций для специалистов дорожной отрасли.....	20
<b>Мошина Е.А., Козырева М.С.</b> Выявление предметных затруднений и формирование адресных программ повышения квалификации педагогических работников посредством диагностических инструментов цифрового образовательного ресурса «ЯКласс».....	25
<b>Нугуманова Л.Н., Шамсутдинова Л.П., Хохлов А.В., Сахнова И.А.</b> Методические подходы к обучению педагогических работников использованию технологий искусственного интеллекта.....	34
<b>Осипова Д.С., Гаптуллазянова Г.И.</b> Разработка интеллектуальной системы прогнозирования успеваемости обучающихся вуза.....	43
<b>Ситникова А.С., Чикрин Д.Е.</b> Использование нейронных сетей в университетской среде для повышения офисной эффективности.....	53
<b>Трегубова Т.М., Кац А.С.</b> Повышение публикационной активности студентов вузов при помощи искусственного интеллекта.....	60
<b>Щербakov И.Н.</b> Волонтерско-диссеминационный метод продуктивной проектной деятельности по безопасности дорожного движения.....	66

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Девятков Т.В., Маряшина Д.Н.</b> Адаптивное управление светофорными объектами с использованием квантово-вдохновленного оптимизатора.....	74
<b>Иштирякова Л.Х., Зайнуллина М.Р.</b> Тенденции использования общественного транспорта и такси в городах с различной численностью населения.....	83
<b>Кулик А.А., Дорошенко А.В.</b> Алгоритм принятия решений по предотвращению аварийной ситуации при эксплуатации беспилотного автомобиля.....	90
<b>Леонтьев Д.К.</b> Сравнительный анализ сетей Колмогорова-Арнольда с различными базисными функциями.....	99
<b>Маврин О.В., Попов В.Н., Кофанова В.С.</b> Актуальные вопросы профилактики конфликтов среди участников дорожного движения.....	102
<b>Минниханов Р.Н., Баторшин Т.Р., Габбазов Р.М., Фахразиев Р.И., Катасёв А.С., Дагаева М.В.</b> Использование модели случайного леса для прогнозирования заполняемости парковок в городских агломерациях.....	112
<b>Николаева Р.В., Низамов Р.К., Добров А.А.</b> Разработка прототипа системы адаптивного управления светофорными объектами с учётом дислокации транспортных средств.....	118
<b>Сулейманов А.М., Валиев А.И., Шагилова Е.А.</b> Прогнозирование долговечности полимерных композиционных материалов с применением искусственной нейронной сети.....	123



<b>Хузиахметов Р.А., Баязитов Н.И.</b> Искусственный интеллект в обеспечении пожарной безопасности объектов строительства.....	130
<b>Хузиахметова К.Р., Шияпова Д.М., Мавлиев Л.Ф., Низамов Р.К.</b> Развитие систем взимания платы на автомобильных дорогах.....	137
<b>Чорный А.Д., Тимонович Г.Л., Гринько М.М., Кухарчук И.Г., Попов И.А.</b> Исследование вибрационных сигналов для оценки и прогнозирования состояния дизельных двигателей в процессе производства и эксплуатации с применением нейросетевых методов.....	145
<b>Швецов В.Л.</b> Архитектура отечественного программного обеспечения для транспортного моделирования и прогнозирования.....	153
 <b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	160

УДК 373

**ФОРМИРОВАНИЕ СУБЪЕКТНОГО  
ИНФОРМАЦИОННОГО  
ПРОСТРАНСТВА  
СТАРШЕКЛАСНИКОВ ВО  
ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**FORMATION OF SUBJECT  
INFORMATION SPACE OF  
HIGH SCHOOL STUDENTS IN  
EXTRACURRICULAR ACTIVITIES**

*Асхадуллина Н.Н., к.пед.н., доцент;  
ORCID: 0000-0003-3983-4152;  
Талышева И.А., к.пед.н., доцент кафедры  
педагогике Елабужского института  
(филиала) ФГАОУ ВО «Казанский  
(Приволжский) федеральный университет,  
г. Елабуга, Россия;  
ORCID: 0000-0001-6678-9225*

*Askhadullina N.N., Candidate of Pedagogical  
Sciences, Associate Professor;  
ORCID: 0000-0003-3983-4152;  
Talysheva I.A., Candidate of Pedagogical  
Sciences, Associate Professor of the Department  
of Pedagogy of Elabuga Institute (Branch) of  
Kazan Federal University, Elabuga, Russia;  
ORCID: 0000-0001-6678-9225*

**Аннотация**

В статье представлены результаты эмпирического исследования проблемы формирования субъектного информационного пространства обучающегося в образовательной среде школы. На основе анализа научно-педагогической литературы и педагогического опыта внеурочной деятельности разработана рабочая программа кружка «ИнфоГармония» для старшеклассников. Данная программа предложена в качестве научно-методического обеспечения процесса формирования субъектного информационного пространства старшеклассников в ходе организации их внеурочной деятельности в образовательной среде школы. В ходе экспериментальной работы проведено первичное анкетирование десятиклассников общеобразовательной школы «Университетская» Елабужского института Казанского федерального университета. Полученные результаты продемонстрировали дефицит навыков работы с информационными источниками у старшеклассников как средства развития их критического мышления. На основании полученных в ходе анкетирования данных были сформулированы цели и задачи рабочей программы кружка. Целью реализации рабочей программы кружка «ИнфоГармония» является развитие информационной грамотности, критического мышления и навыков работы с информацией. Реализация рабочей программы кружка «ИнфоГармония» для старшеклассников оказала положительное влияние на развитие информационной грамотности, критического мышления и навыков работы с информацией у старшеклассников.

**Ключевые слова:** старшеклассники, внеурочная деятельность, субъектное информационное пространство, информационная грамотность, критическое мышление

**Abstract**

This article presents the results of the empirical research of the problem of formation of subjective information space of a student in the educational environment of a school. Based on the analysis of scientific and pedagogical literature and pedagogical experience of extracurricular activities, the working programme of the circle InfoHarmony for high school students is developed. This programme is proposed as a scientific and methodological support of the process of formation of subjective information space of high school students during the organisation of their extracurricular activities in the educational environment of the school. In the course of the experimental work the primary questionnaire survey of the tenth-graders of the Universitetskaya General Education School of the Elabuga Institute of Kazan Federal University was conducted. The results demonstrated the deficit of high school students' skills in working with information sources as a means of developing their critical thinking. Based on the data obtained during the questionnaire survey, the goals and objectives of the

working programme of the club were formulated. The aim of the InfoHarmony Circle work programme is to develop information literacy, critical thinking and information handling skills. The implementation of the work programme of the circle InfoHarmony for high school students had a positive impact on the development of information literacy, critical thinking and information handling skills of high school students.

**Keywords:** high school students, extracurricular activities, subjective information space, information literacy, critical thinking

В эпоху цифровых технологий обучающиеся сталкиваются с огромным объёмом информации, включая противоречивые, недостоверные или манипулятивные данные. В силу этого возникает необходимость научить школьников критически оценивать источники, фильтровать информацию и структурировать её в соответствии с личными образовательными целями.

Также в условиях массового информационного потока значительная часть школьников становится пассивным потребителем знаний. Отмеченное определяет необходимость развития у обучающихся таких гибких навыков, как работа с инструментами обработки информации, визуализация данных, анализ, синтез, оценка информации, планирование времени, управление вниманием в цифровой среде и др. в процессе формирования у них субъектного информационного пространства в образовательной среде школы.

Таким образом, проблема формирования субъектного информационного пространства обучающегося в образовательной среде школы актуальна не только для повышения качества образования, но и для формирования «ответственного гражданина цифровой эпохи», способного к самореализации в условиях информационного общества. Школа, игнорирующая эту задачу, рискует создать разрыв между формальным образованием и реальными потребностями учащихся в XXI в. Современная школа должна готовить учащихся к взаимодействию в гибридной реальности (офлайн + онлайн). Формирование субъектного пространства включает этику сетевого общения, навыки коллаборации в цифровых проектах и осознанное использование социальных медиа.

Целью настоящего исследования является разработка научно-методического обеспечения процесса формирования субъектного информационного пространства старшеклассников в ходе организации их внеурочной деятельности в образовательной среде школы.

Ведущим методологическим подходом в исследовании выступил системный подход (И.В. Блауберг, В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин) [1]. Исходя из концептуального положения о том, что объект целесообразно рассматривать как систему, образовательная среда школы обозначена как целостный комплекс взаимосвязанных элементов информационного пространства, на основе которого функционирует данная среда.

Методы исследования: теоретические методы (изучение и анализ научно-педагогической литературы, нормативно-правовой документации; анализ, синтез, обобщение, систематизация, сравнение); практические (наблюдение, анкетирование, педагогический эксперимент, качественный и количественный анализ результатов эксперимента, экспертная оценка, статистические методы обработки результатов исследования в процессе реализации авторской программы кружковой деятельности для старшеклассников «ИнфоГармония»).

Эмпирической базой исследования выступила общеобразовательная школа «Университетская» Елабужского института (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (далее – ОШ «Университетская»). На различных этапах и в различных видах экспериментальной работы приняли



участие 2 учителя информатики и 23 обучающихся 10 классов.

В соответствии с методическими рекомендациями по организации внеурочной деятельности десятиклассников [2] количество часов, отводимых на внеурочную деятельность в десятом классе, может быть равно 38 часам. Поскольку традиционно дополнительные внеурочные занятия у школьников начинаются в октябре, было решено разработать рабочую программу кружка на 34 часа.

Рабочая программа кружка «ИнфоГармония» разработана для формирования субъектного информационного пространства десятиклассников в образовательной среде школы. Программа направлена на развитие информационной грамотности, критического мышления и навыков работы с информацией, что является важным аспектом современного образования.

Цели и задачи рабочей программы кружка были сформулированы с учетом результатов проведенной в ходе экспериментальной работы анкеты. Так, основной целью программы является реализация педагогических условий для эффективного освоения учащимися информационных технологий и формирования у них навыков самостоятельного поиска, отбора и оценки информации.

Задачи программы включали: развитие информационной грамотности, а именно обучение школьников основам работы

с информацией, включая методы поиска, анализа и критической оценки источников; формирование навыков работы с цифровыми инструментами, которая включает ознакомление с современными информационными технологиями и их применением в учебном процессе; формирование информационной культуры (воспитание у обучающихся ответственности за использование информации, понимание этических аспектов работы с ней); стимулирование активного участия в образовательном процессе (поощрение учащихся к самостоятельной работе, проектной деятельности и сотрудничеству с одноклассниками и учителями).

Ожидаемые результаты реализации программы заключались в том, что по завершении программы учащиеся должны были: уметь эффективно искать и отбирать информацию из различных источников; оценивать достоверность и актуальность информации; использовать цифровые инструменты для образовательных целей; понимать этические нормы работы с информацией и применять их на практике; развить навыки работы в команде и защиты своих проектов.

Структурно программа состояла из нескольких модулей, каждый из которых включал теоретические и практические занятия. В табл. 1 представлен календарно-тематический план, раскрывающий содержание данных модулей.

Таблица 1

**Календарно-тематический план рабочей программы кружка «ИнфоГармония»**

Календарно-тематический план		
Тема	Количество часов	Время проведения
<b>Модуль 1. Введение в информационное пространство</b>		
1.1. Понятие субъектного информационного пространства. Определение и значение. Роль информационного пространства в образовательной среде. 1.2. Основные компоненты информационного пространства. Информация, знания, навыки. Взаимодействие участников образовательного процесса.	4 часа	Октябрь

<b>Модуль 2. Поиск и отбор информации</b>		
2.1. Методы поиска информации. Использование поисковых систем. Уточняющий поиск и операторы-знаки. 2.2. Критерии оценки информации. Достоверность, актуальность, источники. Практическое занятие: анализ различных источников информации.	6 часов	Ноябрь-декабрь
<b>Модуль 3. Работа с цифровыми инструментами</b>		
3.1. Основы работы с информационными технологиями. Обзор полезных онлайн-ресурсов и инструментов. Введение в создание и использование электронных документов. 3.2. Создание и использование презентаций. Практическое занятие: создание презентации на заданную тему. 3.3. Основы работы с мессенджерами и социальными сетями для учебных целей. Эффективное взаимодействие с одноклассниками и учителями.	8 часов	Декабрь-февраль
<b>Модуль 4. Формирование информационной культуры</b>		
4.1. Понятие информационной культуры. Значение информационной культуры в учебном процессе. 4.2. Этические аспекты работы с информацией. Плагиат, авторские права, ответственность за распространение информации. 4.3. Практическое занятие: обсуждение этических дилемм в информационном пространстве.	6 часов	Февраль-март
<b>Модуль 5. Проектная деятельность</b>		
5.1. Подготовка и реализация проекта. Выбор темы, планирование, распределение ролей. 5.2. Презентация проектов. Обсуждение результатов, обратная связь.	6 часов	Март-апрель
<b>Модуль 6. Чему мы научились</b>		
6.1. Обсуждение полученных знаний и навыков. Рефлексия: что было полезно, что можно улучшить. 6.2. Подведение итогов кружка. Оценка работы участников.	4 часа	Апрель-май

В рамках реализации программы использовались разнообразные методы и формы обучения, включая лекции, практические занятия, мастер-классы, групповые проекты и обсуждения и др., способствующие формированию субъектного информационного пространства десятиклассников в образовательной среде школы. Так,

«обучающийся 10 «Б» класса ОШ «Университетская» Артур О. занял 1 место в X Всероссийской научной конференции имени Н.И. Лобачевского. Он представил на конференции свою работу «Эксплойт» (просветительская карточная игра, которая в простой и наглядной форме знакомит детей с основными понятиями информаци-

онной безопасности и с тем, какие бывают угрозы в сфере информационных технологий и как с ними справляться)» [4].

Также команда ОШ «Университетская» в составе Андрея И., Антона И. и Артура О. «заняли 1 место в Региональном конкурсе для обучающихся 8-11 классов «PROf-IT», целью которого является активизация познавательного интереса школьников в области информатики и информационных технологий, а также выявление и развитие их творческих способностей и интереса к IT-сфере» [3].

В конце учебного года нами было проведено повторное анкетирование десятиклассников, которое позволило отследить динамику эффективности реализации программы кружка «ИнфоГармония».

С начала программы учащиеся начали осваивать основные навыки поиска и оценки информации. Это привело к тому, что они стали более критично относиться к источникам, которые используют. Учащиеся научились различать достоверные и недостоверные источники, что способствовало формированию более осознанного подхода к обучению.

Так, например, несмотря на то, что по-прежнему самым популярным ответом на вопрос «Как вы начинаете поиск учебной/проектной информации в Сети?» был вариант «с помощью ключевых слов/фраз в поисковике», который выбрали 86,95% школьников, значительно увеличилось число тех, кто стал осуществлять поиск с помощью ключевых слов на тематических порталах – 73,91%, что увеличилось на 60,87%, и тех, кто научился пользоваться специализированными базами данных и каталогами – 47,82%, что на 39,13% больше, чем до реализации программы. Следует отметить, что для чистоты эксперимента на диагностическом этапе школьники могли выбрать лишь один вариант ответа на данный вопрос. На оценочном этапе они могли выбрать несколько вариантов ответов.

Анализ изменений в способах поиска учебной информации десятиклассниками демонстрирует, что практически неизменное количество школьников, по-прежнему начинающих поиск с помощью ключевых слов и фраз в поисковиках, подтверждает, что данный метод остается основным и наиболее привычным для учащихся. Это говорит о том, что у десятиклассников сформированы фундаментальные навыки поисковой деятельности. Однако предрасположенность подростков к традиционному поиску свидетельствует о том, что учащиеся предпочитают использовать знакомые инструменты. Возможно, это связано с недостатком уверенности в использовании более сложных методов.

Значительное увеличение числа учащихся, которые начали осуществлять поиск с помощью ключевых слов на тематических порталах и базах данных, указывает на то, что ребята стали более активно использовать специализированные ресурсы, что позволяет им находить более релевантную и качественную информацию. А также данное изменение указывает на осознание десятиклассниками необходимости работы с тематическими порталами, на которых можно найти более целенаправленную и качественную информацию по интересующим их вопросам.

Наиболее значимые изменения произошли и в том, как школьники отбирают и оценивают информацию. Количество десятиклассников, которые открывают первый попавшийся источник, уменьшилось на 52,17%, что составило 13,04%. На 43,48% увеличилось число респондентов, которые стали обращать внимание на то, что необходимо избирательно относиться ко всей предоставляемой в сети информации. Теперь 82,6% школьников используют уточняющий поиск, что на 78,26% больше по сравнению с результатами диагностического этапа. Самый кардинальный прирост на 91,3% был отмечен в том, что обучающиеся стали использовать встроенные

фильтры систем в процессе поиска информации.

Полученные в ходе повторного опроса данные означают, что у десятиклассников произошло:

- снижение зависимости от случайных источников. Они стали более осознанно и критично подходить к выбору информации. Такой навык помогает им более внимательно анализировать источники и избегать случайных и потенциально недостоверных данных. Уменьшение зависимости от случайных источников указывает на рост уровня информационной грамотности в образовательной среде;

- увеличение избирательности в выборе информации и ее осознанное потребление (школьники теперь понимают, что не вся информация является полезной или достоверной);

- улучшение навыков поиска информации. Учащиеся научились более эффективно использовать инструменты поиска, что позволяет им находить более релевантную и качественную информацию. Также стало заметно, что у десятиклассников повысилась уверенность в использовании технологий, они более уверенно чувствуют себя в работе с цифровыми ресурсами, о чем говорит умение применять уточняющий поиск.

Не менее значимой была и положительная динамика в способах обобщения и обработки школьниками информации. На 43,48% уменьшилось количество обучающихся, которые просто копируют информацию из найденного источника, что составило 8,69%. Почти без изменений было количество десятиклассников, которые все же предпочитают собирать общую информацию из нескольких источников – 30,43%. Однако в два раза увеличилось количество ребят, которые собирают материал и делают обобщающий вывод – 34,78% и умеют реферировать текст – 26,08% соответственно.

На основе представленных данных мож-

но выделить несколько важных изменений в способах обобщения и обработки информации десятиклассниками, которые произошли в результате реализации программы школьного кружка «ИнфоГармония»:

- уменьшение количества обучающихся, которые просто копируют информацию из найденного источника, свидетельствует о значительном изменении в подходе школьников к работе с информацией. Это означает, что школьники стали более осознанно подходить к процессу обработки информации. Снижение копирования информации говорит о том, что учащиеся начали осознавать важность переработки и обобщения данных, а не просто их механического переноса;

- увеличение числа учащихся, которые собирают материал и делают обобщающий вывод, а также тех, кто умеет реферировать текст, указывает на то, что обучающиеся научились не только собирать информацию, но и делать выводы на основе собранных данных. Умение обобщать и реферировать текст позволяет учащимся лучше усваивать и запоминать информацию, что способствует более глубокому пониманию учебного материала.

Обратимся также к данным, полученным на вопрос «Как вы обычно работаете с текстовой информацией в процессе учебы?». Уменьшилось на 21,74% количество школьников, которые предпочитают лишь просматривать текст, не вчитываясь в его содержание. Неизменным осталось число ребят – 30,43%, читающих текст и вникающих в его содержание. В два раза увеличился процент обучающихся, детально читающих текст и делающих попутные заметки (43,47%).

Анализ динамики изменений в работе с текстовой информацией десятиклассниками позволил определить, что у них произошел переход от упрощенческого к более глубокому пониманию текстовой информации ввиду снижения поверхностного подхода к чтению. Неизменное число ребят,

читающих текст и вникающих в его содержание, с одной стороны, говорит о том, что они уже осознали важность вдумчивого чтения, но, с другой, сохранение этого показателя может также указывать на необходимость продолжения работы с остальными учащимися для развития этого навыка. Дважды увеличившийся процент обучающихся, детально читающих текст и делающих попутные заметки, демонстрирует умение десятиклассников структурировать информацию и запоминать ключевые моменты.

Полученные в ходе повторного опроса десятиклассников данные позволили сформулировать методические рекомендации для руководителей кружков по формированию субъектного информационного пространства старшеклассников.

Таким образом, в результате реализации программы школьного кружка «ИнфоГармония» с десятиклассниками в ОШ «Университетская» произошло повышение уровня их информационной грамотности. Обучающиеся смогли развить навыки работы с цифровыми инструментами. В ходе внедрения программы учащиеся получили доступ к современным цифровым инструментам и ресурсам, что значительно расширило их возможности для работы с информацией. Они научились использовать различные платформы для создания презентаций, работы с документами и совместного взаимодействия, что способствовало более активному участию ребят в учебном процессе и проектной деятельности.

Программа акцентировала внимание на этических аспектах работы с информаци-

ей. Организация в кружке такой работы позволила сформировать у учащихся понимание важности соблюдения авторских прав и ответственности за распространение информации. Это изменение в сознании учащихся помогло создать более уважительное и ответственное информационное пространство в классе.

В рамках программы школьного кружка «ИнфоГармония» учащиеся активно работали в группах, что способствовало развитию навыков командной работы и сотрудничества. Это взаимодействие не только улучшило качество выполнения проектов, но и способствовало созданию более поддерживающей образовательной среды, где учащиеся могли обмениваться знаниями и опытом.

В результате реализации программы в школе начала формироваться культура работы школьников с информацией. Десятиклассники стали более осведомленными о важности информационной грамотности и ее роли в их будущем. Такой результат указал на создание в школе более гармоничного и эффективного образовательного пространства.

Реализация программы школьного кружка «ИнфоГармония» оказала значительное влияние на формирование субъектного информационного пространства десятиклассников ОШ «Университетская», способствуя развитию их информационной грамотности, критического мышления и навыков работы с информацией. Эти изменения не только улучшили качество образовательного процесса, но и подготовили учащихся к успешной навигации в современном информационном обществе.

### Список литературы

1. Блауберг, И. В. Системный подход: предпосылки, проблемы, трудности / И. В. Блауберг, В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин. – Москва : Наука, 1969. – 50 с.
2. Методические рекомендации по организации внеурочной деятельности. [Электронный ресурс]. – URL: <https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/mr-po-organizaczii-vneurochnoj-deyatelnosti.pdf> (дата обращения: 20.04.2025).
3. Подведены итоги Регионального конкурса для обучающихся 8-11 классов «PROf-IT» [Электронный ресурс]. – URL: <https://kpfu.ru/elabuga/podvedeny-itogi-regionalnogo-konkursa-dlya-461488.html> (дата обращения: 20.04.2025).



4. Учащиеся «Университетской» школы отличились на Всероссийской научной конференции имени Н.И. Лобачевского. [Электронный ресурс]. – URL: <https://kpfu.ru/elabuga/uchaschiesya-39universitetskoj39-shkoly-464049.html> (дата обращения: 20.04.2025).

УДК.004.891

**ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТ  
ДЛЯ АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ  
КОПУЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ И  
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

**SOFTWARE TOOL FOR TIME SERIES  
ANALYSIS AND MODELING BASED  
ON COPULA MODELS AND MACHINE  
LEARNING**

*Бурнашев Р.А., к.т.н., доцент кафедры  
«Анализ данных и технологий  
программирования» ФГАОУ ВО «Казанский  
(Приволжский) федеральный университет»,  
научный сотрудник Института прикладной  
семиотики Академии наук Республики  
Татарстан, г. Казань, Россия;  
E-mail: r.burnashev@inbox.ru*

*Burnashev R.A., Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department of Data  
analysis and programming technologies, Kazan  
(Volga Region) Federal University, Researcher at  
the Institute of applied semiotics of the Academy  
of Sciences of the Republic of Tatarstan,  
Kazan, Russia;  
E-mail: r.burnashev@inbox.ru*

**Аннотация**

В статье представлен программный инструмент для анализа климато-экономических взаимосвязей с использованием копульных моделей, реализованный для интеграции в учебный процесс. Система разработана на языках программирования Python и R с использованием библиотеки Copula. Копула-анализ является эффективным методом для изучения сложных зависимостей между различными типами данных. В представленном прототипе реализованы пять семейств копул («Гауссова», «t-копула Стьюдента», «Клайтона», «Франка» и «Гюмбеля»), что позволяет моделировать различные структуры зависимости, включая нелинейные и асимметричные связи, а также зависимости в хвостах распределений.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования программного инструмента для обучения современным методам анализа данных, позволяющего студентам работать с экономико-климатическими зависимостями. Открытость кода обеспечивает гибкость адаптации под различные учебные задачи.

**Ключевые слова:** копульные модели, климато-экономические взаимосвязи, образовательный программный инструмент, анализ данных, машинное обучение, статистическое моделирование, Python, R, Copula

**Abstract**

The article presents a software tool for analyzing climate-economic relationships using copula models, designed for integration into the educational process. The system is developed in Python and R programming languages using the Copula library. Copula analysis is an effective method for studying complex dependencies between different types of data. The presented prototype implements five families of copulas («Gaussian», «Student's t-copula», «Clayton», «Frank» and «Gumbel»), enabling the modeling of various dependency structures, including nonlinear and asymmetric relationships, as well as tail dependencies in distributions.

The practical significance of this work lies in the ability to use the software tool for teaching modern data analysis methods, enabling students to work with economic-climatic dependencies. The openness of the source code ensures adaptability to diverse educational objectives.

**Keywords:** copulas models, climate-economic relationships, educational software tool, data analysis, machine learning, statistical modeling, Python, R, Copula

### Введение

Возрастающая сложность климатико-экономических взаимосвязей обусловила необходимость разработки аналитических инструментов, способных корректно специфицировать нелинейные зависимости между экологическими и финансовыми переменными. Копульные модели представляют собой [1-2] статистический аппарат для моделирования многомерных зависимостей, преодолевая ограничения традиционных корреляционных мер (Пирсона, Спирмена). Представленный в работе образовательный программный инструмент разработан для решения трёх ключевых задач:

- формирования у студентов компетенций в области моделирования зависимостей;
- анализа климато-экономических наборов данных;
- верификации теоретических концепций на практике.

Последующие разделы подробно описывают математическую основу, реализацию программного обеспечения и образовательные приложения программного инструмента, демонстрируя его эффективность как для академических исследований, так и для профессиональной подготовки в области углубленного анализа данных в экономике.

В статье представлен специализированный программный инструмент для анализа климато-экономических взаимосвязей с применением копульных моделей, разработанный для интеграции в учебный процесс. Система реализована на языках Python и R с использованием библиотеки Copula, что обеспечивает методологическую основу. Копульный анализ позволяет исследовать сложные типы зависимостей [3-4]:

- нелинейные и асимметричные связи;
- хвостовые зависимости (нижние/верхние экстремальные события);
- многомерные структуры через копулы.

### Описание программного комплекса

Разработанный программный комплекс

позволяет производить расчеты для таких областей, как машинное обучение в области обработки баз знаний [5-6], копульный анализ.

Комбинация традиционных мер корреляции с копула-анализом даёт более полное понимание взаимосвязей между финансовыми и метеорологическими данными, позволяя выявлять значимые зависимости, не заметные при использовании классических методов.

Традиционные методы анализа корреляций (Пирсона, Спирмена, Кендалла) имеют ограничения:

- коэффициент Пирсона описывает только линейные зависимости;
- ранговые корреляции не учитывают полностью структуру зависимости;
- классические многомерные распределения требуют, чтобы все переменные имели одинаковый тип распределения.

Копулы устраняют эти ограничения, позволяя:

- отделить моделирование маргинальных распределений от структуры зависимости;
- моделировать нелинейные связи и асимметричные зависимости;
- изучать зависимости в хвостах распределений;
- строить многомерные модели с произвольными типами маргинальных распределений.

Отдельное место занимают вычислительные возможности программного комплекса, связанные с копула-анализом. Копула-анализ представляет собой мощный инструмент для изучения сложных зависимостей между различными типами данных. В рассмотренной программе реализовано пять семейств копул («Гауссова», «t-копула Стьюдента», «Клайтона», «Франка» и «Гюмбея»), что позволяет моделировать различные структуры зависимости, включая нелинейные и асимметричные связи, а также зависимости в хвостах распределений.

Ключевая задача инструмента – предоставить студентам практический доступ к современным методам моделирования сложных зависимостей, характерных для климато-экономических данных.

*Реализованные семейства копул и их практическая интерпретация*

Инструмент поддерживает пять основных семейств копул, каждое из которых моделирует специфические типы зависимостей, важные для анализа:

1. Гауссова копула [7]: моделирует симметричную зависимость, но не учитывает совместные экстремальные события (зависимость в хвостах распределений);

2. t-Копула Стюдента [8]: моделирует симметричную зависимость с учетом совместных экстремальных событий (хвостовая зависимость). Подходит для данных, где важны корреляции в условиях кризисов или аномалий;

3. Копула Клайтона [8]: характеризуется сильной зависимостью в нижних хвостах (совместные негативные экстремумы). Эффективна для моделирования ситуаций, когда неудачи/потери в одной

переменной тесно связаны с неудачами в другой (например, одновременные падения урожайности и фондовых индексов агросектора при засухе);

4. Копула Гюмбеля: характеризуется сильной зависимостью в верхних хвостах (совместные позитивные экстремумы). Применима для анализа ситуаций совместного превышения положительных порогов (например, аномально высокие температуры и пики потребления электроэнергии);

5. Копула Франка [9]: моделирует симметричную зависимость без выраженной хвостовой зависимости. Используется для умеренных зависимостей, где экстремальные события не коррелируют особым образом.

Интерфейс системы копула-анализа (рис. 1) состоит из трёх ключевых блоков («Данные для анализа», «Параметры копула-анализа», «Результаты анализа»), каждый из которых предоставляет пользователю инструменты для загрузки данных, настройки параметров анализа и визуализации результатов.

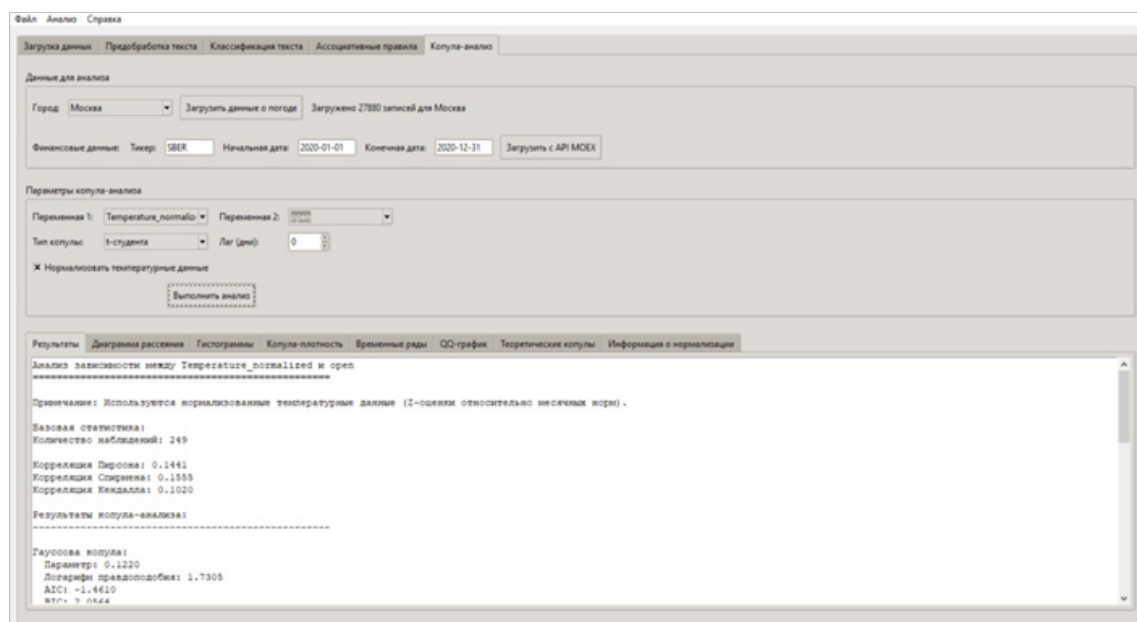


Рис. 1. Интерфейс системы копула анализа

1) Блок «Данные для анализа» позволяет пользователю загружать и выбирать данные для исследования. Он включает следующие функции: загрузку погодных данных (температура и другие метеопараметры по выбранным городам), выбор финансовых данных путем указания тикеров активов (акции, индексы), а также установку временного диапазона анализа через поля «Начальная дата» и «Конечная дата».

2) Блок «Параметры копула-анализа» предназначен для настройки параметров, необходимых для выполнения анализа зависимости между переменными. Он включает следующие функции: выбор переменных (например, температурных данных – средняя, минимальная или максимальная температура – и финансовых показателей, таких как цена открытия, закрытия или объем торгов), выбор типа копулы из списка доступных (Гауссова, Клайтона, Гюмбеля и др.), установку временного лага для анализа запаздывающих эффектов, опцию нормализации температурных данных, а также кнопку «Выполнить анализ», которая за-

пускает расчеты и формирует результаты.

3) Блок «Результаты анализа» предоставляет пользователю доступ к детализированной информации через восемь вкладок. Основные из них включают:

- сводную информацию (рис. 2), содержащую оценку зависимости между величинами, критерии «AIC» и «BIC» для сравнения моделей, а также корреляционные коэффициенты (Пирсона, Спирмена, Кендалла);

- графическую визуализацию (рис. 3), где отображаются гистограммы распределений, временные ряды выбранных переменных и совместные диаграммы рассеяния;

- параметры копулы, включающие оценки параметров выбранной модели, доверительные интервалы, хвостовую зависимость и ранговые корреляции.

Инструмент генерирует графики, позволяющие сравнить эмпирическое распределение данных на основе подобранной копулы, а также визуализировать совместную плотность распределения (рис. 2, 3).

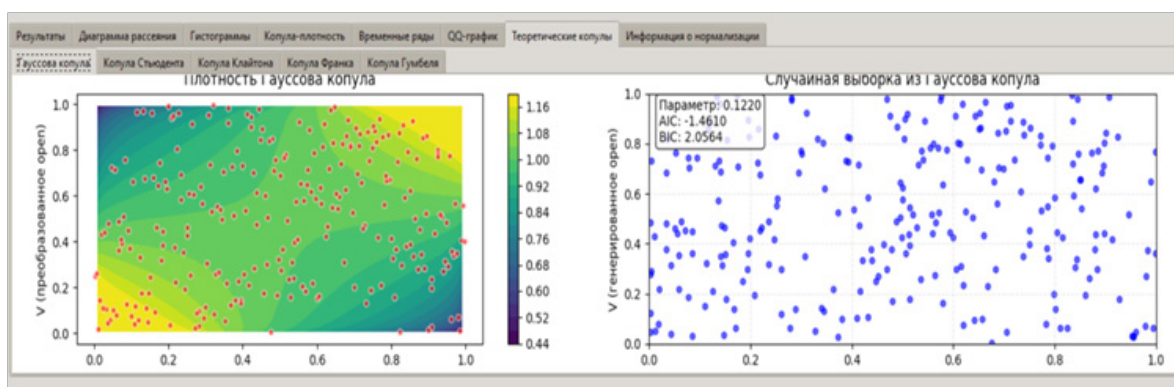


Рис. 2. Сводная информация



Рис. 3. Графическая визуализация



После выполнения анализа копулой Клайтона (или любой другой) пользователь получает:

- численную оценку параметра зависимости  $\theta(\thetaeta)$ ;
- значения критериев «AIC» и «BIC» для сравнения с другими копулами;
- визуальное подтверждение типа зависимости через графики сравнения и плотности (рис. 3);
- понимание наличия и силы нижней хвостовой зависимости в данных.

*Оценка работы копул в программном комплексе*

Программный комплекс выполняет оценку параметров копул с использованием метода максимального правдоподобия (MLE), предварительно преобразуя данные к однородным маргинальным распределениям. Для выбора наилучшей модели из рассматриваемых семейств реализовано использование информационных критериев Акаике (AIC) и Байесовского информационного критерия (BIC) [10]. Модель с наименьшим значением AIC или BIC считается оптимальной, так как она обеспечивает наилучший баланс между точностью подгонки и сложностью модели (количеством параметров).

*Основные выводы и заключение*

В данной статье представлен программный инструмент для анализа климато-экономических взаимосвязей с использованием копульных моделей, разработанный для применения в образовательном процессе. Реализация системы на языках Python и R с применением библиотеки Copula обе-

спечивает доступ к современным методам анализа сложных зависимостей. Поддержка пяти основных семейств копул («Гауссовой», «t-Стюдента», «Клайтона», «Франка» и «Гюмбеля») позволяет исследовать различные типы зависимостей, включая нелинейные, асимметричные и хвостовые.

Интеграция данного инструмента в учебные курсы способствует формированию у студентов практических навыков работы с современными методами анализа данных и машинного обучения [12-16] на реальных примерах из области экономики, эконометрики и дисциплин, связанных с изучением климатических данных.

Перспективы дальнейшего развития проекта включают расширение функционала за счет реализации дополнительных классов копул, интеграцию с другими статистическими пакетами, а также разработку специализированных учебных методик для различных образовательных программ.

*Благодарности*

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» (Соглашение от 16.12.2024 № 04/2024-ПД).

### Список литературы

1. Столярова, В. Ф. Копулы и моделирование зависимости: косвенные оценки интенсивности рискованного поведения / В. Ф. Столярова // Компьютерные инструменты в образовании. – 2018. – № 3. – С. 22-37. – DOI 10.32603/2071-2340-3-22-37.
2. Надиров, Ч. А. Спецкурс «Копулы как средство моделирования зависимостей» для студентов старших курсов математических специальностей / Ч. А. Надиров // Актуальные проблемы современного образования. – 2024. – № 9 (36). – С. 191-196.
3. Fang W. et al. Copulas-based risk analysis for inter-seasonal combinations of wet and dry conditions under a changing climate // International Journal of Climatology. 2019; T. 39. № 4: 2005-2021.



4. Huang W., Dong S. Joint distribution of significant wave height and zero-up-crossing wave period using mixture copula method. *Ocean Engineering*. 2021; Т. 219: 108305.
5. Burnashev R.A., Barov E.A., Enikeev A.I., Zadina K.F., Enikeeva A.I. Development of a Prototype of a Medical Application Using a Type-2 Fuzzy Inference System. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022; 718, 149–160. DOI: 10.1007/978-3-031-51521-7\_20.
6. Burnashev R.A., Bagymanov R.M., Enikeeva A.I., Farahov R.R., Bolsunovskaya M.V. Designing a Medical Fuzzy Expert System Using the JFuzzyLogic Library. 2024 IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). 2024; 2330-2333. DOI: 10.1109/EDM61683.2024.10615193.
7. Благовещенский, Ю. Н. Основные элементы теории копул / Ю. Н. Благовещенский // Прикладная эконометрика. – 2012. – № 2 (26). – С. 113-130. – EDN OYLRKN.
8. Patton A.J. Modelling asymmetric exchange rate dependence. *International economic review*. 2006; Т. 47. № 2: 527-556.
9. Boateng M.A. et al. A mixture of Clayton, Gumbel, and Frank copulas: A complete dependence model. *Journal of Probability and Statistics*. 2022; Т. 2022. № 1: 1422394.
10. Пеникас, Г. И. Модели «копула» в приложении к задачам финансов / Г. И. Пеникас // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2010. – №7. – С. 24-44.
11. Рязанова, А. А. Интеграция современных статистических инструментов анализа экстремальных явлений в веб-ГИС систему «КЛИМАТ» / А. А. Рязанова, И. Г. Окладников, Е. П. Гордов // CITES 2017 : Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде, Таруса – Звенигород, 28 августа – 07 2017 года. – Таруса – Звенигород: Томский центр научно-технической информации, 2017. – С. 138-140.
12. Enikeeva A.I., Burnashev R.A., Farahov R.R. Development of an Expert System Based on Fuzzy Logic for Pneumonia Diagnostics. *Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*. 2024; Vol. 58, № S4: S202-S215. – DOI 10.3103/S000510552570027X.
13. Гибадуллин, Р. Ф. Анализ параметров промышленных сетей с применением нейросетевой обработки / Р. Ф. Гибадуллин, Д. В. Лекомцев, М. Ю. Перухин // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2020. – № 1. – С. 80-87. – DOI 10.14357/20718594200108.
14. Uteyev G., Gibadullin R.F. Development of the Decentralized Biometric Identity Verification System Using Blockchain Technology and Computer Vision. 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon). 2024; 350–355. DOI: 10.1109/SmartIndustryCon61328.2024.10516166.
15. Smirnova G., Sabitov R., Elizarova N. [et al.] Measurability and feasibility of work in the management of an industrial enterprise in a flexible production environment. *IFAC-PapersOnLine*. 2022; Vol. 55, № 10: 1410-1415. DOI 10.1016/j.ifacol.2022.09.588.
16. Viktorov I.V., Gibadullin R.F. Machine Learning-Driven Web System for Automated Sequential-to-Parallel Code Transformation. International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation. 2025; 229-234, DOI: 10.1109/SmartIndustryCon65166.2025.10986127.

**УДК 378: 62-05: 65-05****МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ  
МЕТАКОМПЕТЕНЦИЙ  
ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ДОРОЖНОЙ  
ОТРАСЛИ****THE MODEL OF THE FORMATION OF  
METACOMPETENCES FOR THE ROAD  
INDUSTRY SPECIALISTS**

*Глаголев С.Н., д.э.н., профессор, и.о. ректора;  
E-mail: rector@intbel.ru;  
Новиков И.А., д.т.н., профессор, директор  
Транспортно-технологического института;  
E-mail: ooows@mail.ru;  
Шевцова А.Г., д.т.н., доцент, директор  
Института дополнительного образования  
и профессионального обучения Белгородского  
государственного технологического  
университета им. В. Г. Шухова,  
г. Белгород, Россия;  
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru*

*Glagolev S.N., Doctor of Economics, Professor,  
Acting rector;  
E-mail: rector@intbel.ru;  
Novikov I.A., Doctor of Engineering, Professor,  
Director of the Transport  
and Technology Institute;  
E-mail: ooows@mail.ru;  
Shevtsova A.G., Doctor of Engineering, Associate  
Professor, Director of the Institute of Additional  
Education and Professional Training of the  
Belgorod State Technological University named  
after V. G. Shukhov, Belgorod, Russia;  
E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru*

**Аннотация**

В условиях стремительной цифровизации и технологической трансформации дорожной отрасли возрастает потребность в специалистах, обладающих не только глубокими профессиональными знаниями, но и развитыми метакомпетенциями. Статья посвящена разработке модели формирования ключевых универсальных компетенций, необходимых для успешной профессиональной деятельности в современной дорожной отрасли. Актуальность исследования обусловлена необходимостью адаптации системы подготовки кадров к динамично меняющимся требованиям рынка труда, где наряду с техническими навыками критически важными становятся способности к критическому мышлению, системному анализу, адаптации, эффективной коммуникации, работе в команде и непрерывному самообучению. Модель, представленная в статье, включает целевой, компетентностный, содержательный, технологический и результативный компоненты. Особое внимание уделяется цифровым метакомпетенциям, как неотъемлемой части профессиональной подготовки. Модель направлена на формирование специалистов, способных эффективно функционировать в условиях неопределенности, управлять изменениями, внедрять инновации и обеспечивать устойчивое развитие дорожной отрасли. Предложенный подход позволяет интегрировать развитие метакомпетенций в образовательный процесс и систему непрерывного профессионального развития, что соответствует положениям Концепции подготовки кадров для транспортного комплекса до 2035 г.

**Ключевые слова:** метакомпетенции, дорожная отрасль, образовательные организации, подготовка кадров, цифровая трансформация, модель специалиста дорожной отрасли

**Abstract**

It is known, that in the context of the rapid digitalization and technological transformation of the road industry, there is an increasing need for specialists who possess not only in-depth professional knowledge, but also well-developed meta-competencies. This article focuses on developing a model for the formation of key universal competencies necessary for successful professional activities in the modern road industry. The relevance of this research is driven by the need to adapt the training system to the rapidly changing demands of the job market, where critical thinking, system analysis, adaptation, effective communication, teamwork, and continuous self-

learning have become crucial in addition to technical skills. The model presented in the article includes target, competence, content, technological and result components. Special attention is paid to digital meta-competencies as an integral part of vocational training. The model presented in the article includes a target, competence-based, content-based, technological, and results-based component. Special attention is paid to digital meta-competencies as an integral part of professional training. The model aims to develop specialists who can effectively function in uncertain conditions, manage changes, implement innovations, and ensure the sustainable development of the road industry. The proposed approach allows for the integration of meta-competency development into the educational process and the system of continuous professional development, which is in line with the provisions of the Concept for Training Personnel for the Transport Complex until 2035.

**Keywords:** meta-competencies, road industry, educational organizations, training, digital transformation, road industry specialist model

Образовательные организации (далее – ОО) играют ключевую роль в реализации Транспортной стратегии Российской Федерации до 2035 года [1], выступая не только как поставщики квалифицированных кадров, но и как центры генерации технологических инноваций и научной экспертизы. Их деятельность тесно интегрирована с за-

дачами обеспечения устойчивого, безопасного и конкурентоспособного развития транспортного комплекса страны.

В результате анализа основополагающего документа развития транспортной отрасли страны [1] можно выделить восемь основных направлений деятельности ОО в сфере транспортной отрасли (рис. 1).

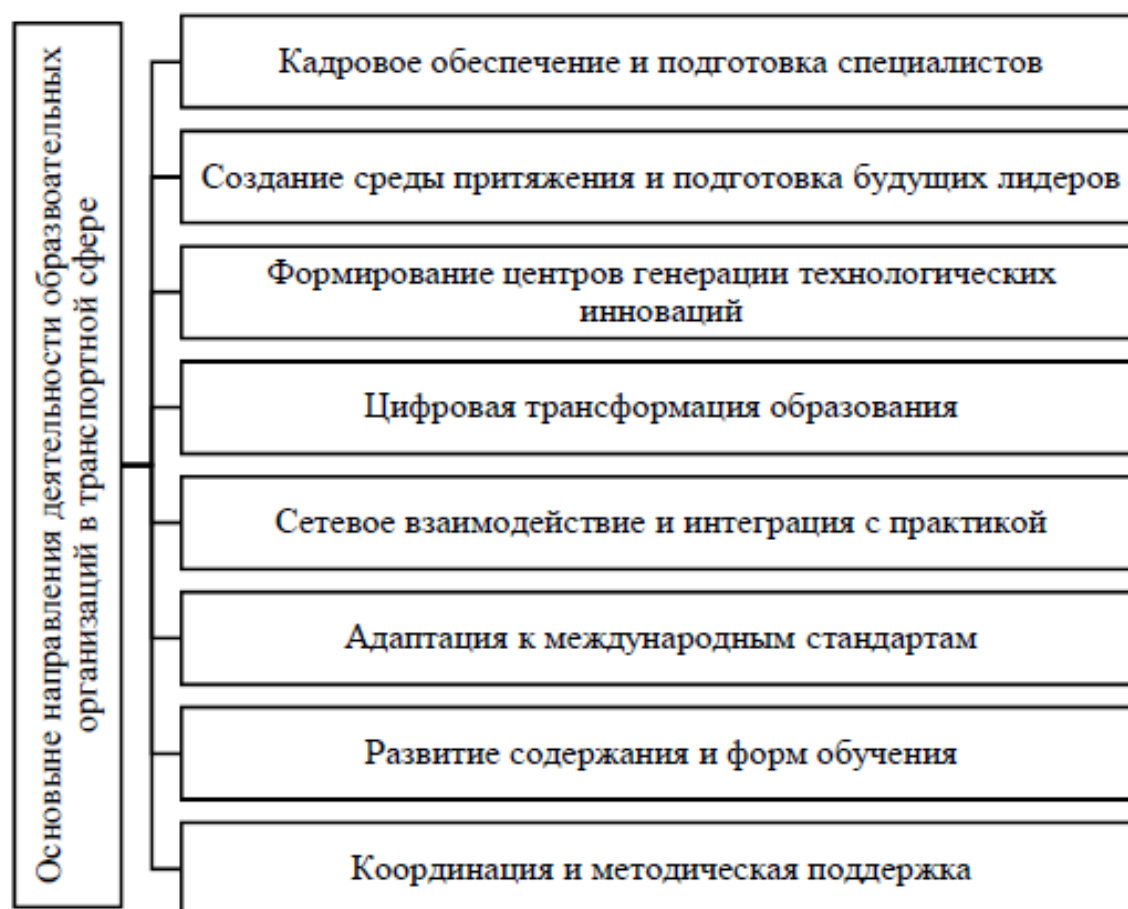


Рис. 1. Основные направления деятельности образовательных организаций в транспортной отрасли

В соответствии со схемой (рис. 1) главная миссия образовательных организаций заключается в обеспечении транспортного комплекса высококвалифицированными кадрами, способными поддерживать его устойчивое, безопасное и непрерывное функционирование. Это требует подготовки специалистов, готовых эффективно работать в условиях цифровизации отрасли, трансформации рынка труда и повышения стандартов профессиональной компетентности. Все транспортные образовательные организации, включая ведущий университет и профильные вузы отрасли, обязаны корректировать свои учебные программы и методики в соответствии с актуальными и перспективными запросами транспортных предприятий и государственных институтов. Они осуществляют подготовку специалистов практически для всех сегментов транспорта – железнодорожного, автомобильного, морского, речного, воздушного, городского – а также для смежных областей, например, грузовой обработки.

Как отмечено в докладе о ходе реализации Транспортной стратегии РФ до 2030 г. с прогнозом до 2035 г. за 2023 г. [2], численность персонала в крупных и средних транспортных организациях сохранилась на уровне предыдущего года, составив 1,92 млн человек. Несмотря на наличие развернутой системы подготовки кадров, включающей 19 вузов, 86 филиалов и 1 учреждение среднего профессионального образования, в отрасли наблюдается нехватка определенных категорий специалистов.

Согласно докладу о состоянии и развитии транспортной системы России за 2023 г. [2], система подготовки кадров для транспортной отрасли демонстрирует значительный масштаб. Общий контингент обучающихся в образовательных организациях (далее – ОО), специализирующихся на транспорте, составил 255 704 человека. При этом подавляющее большинство, 151 458 человек (59,2%), обучалось за счет

средств федерального бюджета, тогда как 104 246 человек (40,8%) осуществляли обучение за свой счет (с полным возмещением затрат).

В 2023 г. прием на обучение за счет бюджета распределился следующим образом: на программы высшего образования было зачислено 17 886 человек, а на программы среднего профессионального образования (далее – СПО) – 18 499 человек.

По итогам 2023 г. из этих ОО было выпущено:

- всего по высшему образованию: 25 409 человек, в том числе по программам аспирантуры: 291 чел., по программам специалитета: 12 628 чел., по программам магистратуры: 2 291 чел., по программам бакалавриата: 10 199 человек (из них 1 784 человека по прикладному бакалавриату);

- по уровню СПО: 24 122 человека (все по специальностям СПО).

Особое значение в системе подготовки кадров имеет целевое обучение. В 2023 г. на программы высшего образования по целевому направлению в транспортные образовательные организации было принято 18 647 человек.

Помимо кадрового обеспечения ОО должны создавать среду, привлекательную для талантливой молодежи и профессионалов, стремящихся к развитию в сфере транспорта. Это включает в себя формирование условий для привлечения, подготовки, удержания и развития высококвалифицированных научных и научно-педагогических кадров. Подготовка будущих лидеров изменений в отрасли предполагает не только профессиональную подготовку, но и развитие универсальных компетенций, таких как системное мышление, коммуникации, принятие решений, командная работа, навыки самообучения, лидерство и компетенции цифровой экономики. Особое внимание уделяется подготовке специалистов в области прорывных технологий, способных стать лидерами технологических изменений в транспортной отрасли.

Интеграция науки и образования (рис. 1) является ключевым фактором развития ТК. ОО, призваны стать центрами генерации технологических инноваций. Это предполагает создание современной исследовательской и инновационной инфраструктуры, формирование центров технологических компетенций мирового уровня, привлечение лучших ученых, экспертов и специалистов. Такие центры должны заниматься разработкой и внедрением новых технологий, материалов и решений, необходимых для развития транспортной отрасли.

Синтез науки и образовательного процесса (рис. 1) выступает как ключевой элемент прогресса транспортного комплекса. Образовательные организации получают миссию превратиться в генераторы технологических новаций. Это предполагает формирование передовой исследовательской и инновационной базы, создание центров технологического мастерства мирового класса, привлечение ведущих научных кадров, специалистов и экспертов. Эти центры берут на себя задачу разработки и внедрения передовых технологий, материалов и решений, востребованных для развития отрасли.

В условиях акцента на цифровизацию транспортной сферы [3–5] учебные заведения активно встраивают цифровые инструменты на всех этапах обучения. Это выражается в развитии цифровых компетенций как составляющей системы постоянного обучения персонала отрасли, выстраивании индивидуальных путей обучения, массовом использовании дистанционных и гибридных форматов, а также расширении применения симуляторов и средств виртуальной/дополненной реальности. Существенной задачей становится управление деятельностью образовательной организации на основе анализа больших данных с помощью специализированных платформ («цифровой университет»).

Программы, по которым осуществляет-

ся обучение, должны быть адаптивными и строиться с учетом ключевых направлений прогресса в транспортной сфере, делая акцент на перспективные профессии. На сегодняшний день широкое применение находят активные методы преподавания и выполнение проектов в составе дисциплинарных групп. Отмечается увеличение числа студентов, участвующих в программах академической мобильности, как на внутреннем рынке, так и за рубежом. Разрабатываются и поддерживаются персонализированные планы профессионального роста для специалистов транспортной отрасли. Также создаются новые программы дополнительного профессионального обучения, предназначенные для сотрудников транспортных организаций, а также соответствующих государственных структур и органов местной администрации.

Согласно концепции подготовки кадров для ТК до 2035 г. [6], перед образовательной системой стоят определенные вызовы, которые в первую очередь связаны с необходимостью развития метакомпетенций у специалистов, осуществляющих деятельность в транспортной отрасли.

Развитие метакомпетенций у работников транспортной отрасли становится критически важным в условиях стремительной технологической трансформации и цифровизации. Современный транспорт характеризуется внедрением автоматизации, искусственного интеллекта, аналитики больших данных, а также ростом сложности межотраслевых связей и требований к безопасности и эффективности. В этих условиях от специалистов требуется не просто наличие узкопрофессиональных знаний, но и способность адаптироваться к изменениям, быстро осваивать новые технологии и методы работы.

Метакомпетенции, такие как критическое мышление, системное видение, коммуникабельность, гибкость, способность к самообучению и работе в команде, становятся основой профессиональной мобиль-



ности и устойчивости работника в меняющейся среде. Они позволяют эффективно взаимодействовать в мультидисциплинарных командах, принимать обоснованные решения в нестандартных ситуациях, управлять проектами и инновациями. Особенно это актуально для подготовки будущих лидеров отрасли, способных управлять изменениями и внедрять новые решения.

Кроме того, цифровая трансформация требует от работников развития цифровых метакомпетенций – умения работать с новыми технологиями, анализировать данные, использовать цифровые платформы и инструменты. Это необходимо как для повышения личной эффективности, так и для обеспечения конкурентоспособности

самой отрасли на глобальном уровне. Развитие метакомпетенций – это не просто тренд, а необходимое условие для обеспечения устойчивого развития, безопасности и инновационности транспортной отрасли. Инвестиции в развитие этих компетенций через систему непрерывного образования, модернизацию программ подготовки и внедрение интерактивных методов обучения позволяют вырастить кадры, способные эффективно функционировать в условиях развивающейся профессиональной среды.

Таким образом с учетом формируемых запросов транспортной отрасли, можно разработать модель специалиста, занятого в транспортной отрасли, основанной на 5 компонентах отрасли (рис. 2).



Рис. 2. Формируемая модель специалиста дорожной отрасли

Основная миссия модели (рис. 2), заключается в подготовке специалистов для дорожной отрасли, обладающих высоким уровнем метакомпетенций, способных адаптироваться к изменениям, обеспечивать устойчивое развитие, безопасность и инновационность отрасли, что позволяет выработать один из важнейших компонентов – результативный, выраженный в:

- специалистах;
- способности решать нестандартные задачи и управлять изменениями;
- эффективности взаимодействия в профессиональной среде и межотраслевых проектах;

– высокой профессиональной мобильности выпускников и работающих, готовности к непрерывному обучению и освоению новых технологий;

– повышенной конкурентоспособности специалистов дорожной отрасли на внутреннем и международном рынках труда.

Разработанная модель (рис. 2) подчеркивает важность развития не только профессиональных знаний, но и универсальных способностей, необходимых для успешной деятельности в условиях динамично развивающейся дорожной отрасли.

Таким образом, ОО в рамках Транспортной стратегии выступают как краеугольный камень устойчивого развития транспортного комплекса, обеспечивая его квалифицированными кадрами, научной и инновационной базой, а также способствуя цифровой трансформации и интеграции с международными стандартами.

Их роль выходит за рамки традиционной подготовки специалистов, охватывая формирование лидеров отрасли, генерацию инноваций и активное участие в решении стратегических задач государства в сфере транспорта.

### Список литературы

1. О транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 27.11.2021 № 3363-р // Собрание законодательства Российской Федерации от 2021 г. – № 50 (ч. IV). Ст. 8613.
2. Министерство транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]: Доклад о реализации транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Отчетный период: 2023 год. – URL: <https://mintrans.gov.ru/document/s/11/13540?ysclid=mdlq5usiir762338621> (дата обращения: 11.05.2025).
3. Ивачева, О. А. Факторы, влияющие на качество подготовки специалиста транспортной отрасли в современных условиях цифровизации / О. А. Ивачева, В. И. Заровняева // Вестник Северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Педагогика. Психология. Философия. – 2019. – № 4 (16). – С. 28–35.
4. Бородина, О. А. Влияние тенденций цифровизации экономики на развитие транспортной отрасли / О. А. Бородина // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2020. – № 1. – С. 10–14.
5. Потапкин, Д. И. Цифровизация транспортной отрасли в России и новые возможности развития / Д. И. Потапкин // Инновационная экономика. – 2023. – № 4 (37). – С. 5–14.
6. Концепция подготовки кадров для транспортного комплекса до 2035 года: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 06.02.2021 № 255-р // Собрание законодательства Российской Федерации от 2021 г. – № 7 от 15.02.2021 г. (ч. IV). Ст. 1171.

УДК 372.853

**ВЫЯВЛЕНИЕ ПРЕДМЕТНЫХ ЗАТРУДНЕНИЙ И ФОРМИРОВАНИЕ АДРЕСНЫХ ПРОГРАММ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ ПОСРЕДСТВОМ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА «ЯКЛАСС»**

**IDENTIFYING SUBJECT-SPECIFIC DIFFICULTIES AND DEVELOPING TARGETED PROFESSIONAL DEVELOPMENT PROGRAMS FOR TEACHERS BASED ON DATA FROM THE DIGITAL PLATFORM «YAKLASS»**

Мошина Е.А., магистр истории, региональный менеджер ООО «ЯКласс»;  
E-mail: [e.moshina@vkteam.ru](mailto:e.moshina@vkteam.ru);  
Козырева М.С., к.х.н., заместитель руководителя отдела по работе с регионами и органами государственной власти ООО «ЯКласс», г. Москва, Россия;  
E-mail: [kozyreva@yaklass.ru](mailto:kozyreva@yaklass.ru)

Moshina E.A., Master of Arts, regional manager, YaKlass;  
E-mail: [e.moshina@vkteam.ru](mailto:e.moshina@vkteam.ru);  
Kozyreva M.S., candidate of chemical sciences, deputy head regional and government relations department, YaKlass, Moscow, Russia;  
E-mail: [kozyreva@yaklass.ru](mailto:kozyreva@yaklass.ru)

### Аннотация

В статье представлены результаты диагностики предметных затруднений учителей

физики, проведенной на платформе «ЯКласс». На основании полученных данных предложены направления для формирования адресных программ повышения квалификации педагогов. Платформа «ЯКласс» обеспечивает автоматизированную проверку и сбор статистики, что позволяет проводить точный анализ результатов выполнения заданий. На основе полученных данных в статье сформулированы ключевые дефициты: недостаточное понимание фундаментальных физических величин и законов, слабые навыки пространственного мышления, а также затруднения в решении прикладных задач. Даны рекомендации для построения региональных курсов повышения квалификации, включая акцент на работе с задачами, развитие визуально-аналитических умений и использование цифровых инструментов для самодиагностики педагогов. Результаты исследования подтверждают эффективность цифровой диагностики как инструмента для обоснованного проектирования программ методической поддержки и повышения качества предметной подготовки учителей в различных образовательных контекстах.

**Ключевые слова:** предметная диагностика, профессиональные дефициты учителей, физика, цифровая образовательная платформа, ЯКласс, повышение квалификации, анализ затруднений, педагогическая компетентность

#### **Abstract**

This article presents the results of a subject-specific diagnostic study of physics teachers conducted using the YaKlass digital platform. Based on the collected data, directions are proposed for developing targeted professional development programs for educators. The YaKlass platform provides automated assessment and statistical analysis, enabling accurate evaluation of task performance. This study also identifies the key professional deficits, including insufficient understanding of fundamental physical quantities and laws, underdeveloped spatial reasoning skills, and difficulties in solving applied problems. In this article the author's recommendations are offered for designing regional teacher training courses, with a focus on task-based learning, the development of visual-analytical skills, and the use of digital tools for teacher self-assessment. The findings confirm the effectiveness of the digital diagnostics as a tool for evidence-based planning of methodological support and for enhancing the quality of subject-specific teacher training in diverse educational contexts.

**Keywords:** subject-specific diagnostics, teacher professional deficits, physics, digital educational platform, YaKlass, professional development, difficulty analysis, teacher competence

«ЯКласс» – российская аккредитованная IT-образовательная онлайн-платформа, входящая в группу компаний ВК и включенная в федеральный перечень электронных образовательных ресурсов (Приказ Минпросвещения РФ от 18.07.2024 г. № 499) [1]. Платформу используют более 50 000 образовательных организаций, 650 000 педагогов и 10 млн обучающихся [2].

На платформе содержатся методические материалы для педагогов, блоки теории и другие материалы согласно ФООП, цифровые задания и тесты с автоматической проверкой по школьной программе для обуча-

ющихся с 1 по 11 класс и студентов СПО, онлайн-тренажеры для подготовки к ГИА. Техническим преимуществом платформы являются более 2 трлн вариантов заданий и дополнительный инструмент для самообучения – «Шаги решения», которые позволяют выработать определенный алгоритм решения задач и сформировать у обучающихся понимание порядка выполнения логических действий [4].

#### *Цель диагностики*

В целях повышения качества общего образования, выявления предметных затруднений и формирования адресных программ повышения квалификации педагогических

работников (учителей) в образовательных организациях Республик Саха (Якутия), Марий Эл, Бурятия, Приморского края, Псковской и Нижегородской областей была проведена диагностика предметных затруднений педагогических работников (далее – Диагностика), преподающих физику (914 чел.).

Диагностика проходит на некоммерческой основе по заказу региональных органов власти (министерства или департаменты образования), а также региональных институтов развития образования. Задания и тесты, включенные в Диагностику, созданы в соответствии с актуальными требованиями и форматами федерального тестирования. По итогам Диагностики региональные органы власти получают обобщенный аналитический отчет, а педагогам предоставляется индивидуальный отчет с рекомендациями. Платформа «ЯКласс» также позволяет педагогам предварительно протестировать свои знания в специальном разделе «Подготовка к федеральному тестированию педагогов» (<https://hub.yaklass.ru/uaprofi>). Педагогам предоставляются результаты с комментариями о сильных и западающих сторонах, а также рекомендации для персонального развития [3].

*Результаты Диагностики по предмету «Физика»*

В диагностическую работу были включены задания, направленные на проверку ключевых предметных умений и профессиональных компетенций педагогов. Задания охватывали следующие области:

- понимание физического смысла величин и законов, умение интерпретировать их с точки зрения школьного курса физики;
- работа с графической информацией (анализ графиков, интерпретация зависимостей);
- применение физических законов и величин при описании и объяснении физических процессов и явлений;
- решение качественных и расчетных задач с явной и неявной физической мо-

делью, охватывающих различные разделы курса (механика, молекулярная физика, термодинамика, электродинамика, СТО, квантовая физика);

- анализ физических процессов с опорой на фундаментальные законы физики;
- определение измерительных величин и учет погрешностей;
- планирование эксперимента и подбор оборудования в рамках учебного процесса;
- оценка параметров физических систем – например, изменение импульса, параметры гармонического колебания, механическая энергия и т.д.

Перечислим задания с минимальным (менее 66%) процентом выполнения. На изображениях приведены скриншоты заданий на платформе «ЯКласс».

*Задание 1.* Задание на тренировку умения объяснять физический смысл изученных физических величин и законов – 51% (рис. 1).

*Задание 4.* Задание на тренировку умения находить модуль изменения импульса тела – 52% (рис. 2).

*Задание 5.* Задание, направленное на тренировку умения находить параметры гармонического колебания (амплитуду, циклическую частоту) и вычислять полную механическую энергию – 23% (рис. 3).

*Задание 6.* Задание на тренировку умения анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в разделе «Механика», – 35% (рис. 4).

*Задание 7.* Задание на тренировку умения анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в разделе «Механика», – 62% (рис. 5).

*Задание 11.* Задание на тренировку умения применять величины и законы при описании физических процессов и явлений – 55% (рис. 6).

*Задание 15.* Задание на тренировку умения применять величины и законы при описании физических процессов и явлений – 40% (рис. 7).

1. Задание 1 (2 б.)

**! ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

Выбери все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запиши цифры, под которыми они указаны **в порядке возрастания** (по одной цифре в каждое поле без знаков препинания).

- 1) Проводимость полупроводников намного лучше, чем проводимость металлов.
- 2) Внутренняя энергия термодинамической системы может быть изменена за счёт изменения термодинамической температуры.
- 3) Квантом электромагнитного поля является электрон.
- 4) Когерентные волны интерферируют.
- 5) Закон сохранения механической энергии выполняется при условии, что система взаимодействующих тел является замкнутой.

Ответ:  .

**Шаги решения**

Найдём верные утверждения.

Внутренняя энергия термодинамической системы может быть изменена за счёт изменения термодинамической температуры.

Когерентные волны интерферируют.

Правильный ответ: 24.

Рис. 1. Задание 1

4. Задание 4 (1 б.)

Найди модуль изменения импульса тела после взаимодействия с другим объектом, учитывая следующие условия:

- а) первоначальный импульс тела равен  $21 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ ;
- б) изменённое после взаимодействия значение импульса тела в 7 раз(-а) больше первоначальной величины;
- в) направления первоначального и изменённого векторов импульса тела взаимно перпендикулярны.

(Ответ округли до десятых.)

Ответ:  кг · м/с.

**Шаги решения**

Дано	Решение
$p_1 = 21 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ $p_2 = 7 p_1$	<p>1. Физическая модель задачи представлена на рисунке 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- модель тела — материальная точка.</li> </ul> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Рис. 1. Схема векторов импульсов материальной точки</p> <p>2. Физический закон:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- векторная формула изменения импульса материальной точки</li> </ul> $\Delta \vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1, \quad (1)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- скалярное выражение для изменения импульса, учитывая прямоугольный треугольник векторов (рис. 1)</li> </ul> $\Delta p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} \quad (2)$ <p>3. Математическое решение задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- запишем формулу (2) с учетом условия задачи</li> </ul> $\Delta p = \sqrt{p_1^2 + 7^2 \cdot p_1^2} = p_1 \sqrt{1 + 7^2}, \quad (3)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводим вычисления</li> </ul> $\Delta p = 21 \cdot \sqrt{1 + 7^2} = 148,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$
Найти: $\Delta p$ .	Правильный ответ: 148,5 кг · м/с.

Рис. 2. Задание 4



**5. Задание 5 (1 б.)**

**ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

Уравнение колебаний математического маятника (54 г) имеет следующий вид  $x(t) = 27 \sin(3,14t + \frac{\pi}{2})$  (см). Определи полную механическую энергию тела. (Ответ округли до тысячных.)

Ответ:  Дж.

**Шаги решения**

Дано	Решение
$x(t) = 27 \cdot 10^{-2} \sin(3,14t + \frac{\pi}{2})$ (м) $m = 54 \cdot 10^{-3}$ кг	<b>1. Физическая модель задачи:</b> - гармонические колебания математического маятника (гармонический осциллятор), - свободные (собственные) колебания.  <b>2. Физические законы:</b> - уравнение гармонического колебания в общем виде $x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ , (1) - полная механическая энергия колеблющегося тела $E = \frac{mA^2\omega^2}{2}$ , (2)  <b>3. Математическое решение задачи:</b> - из установления соответствия между уравнением (1) и уравнением в условии задачи находим значения амплитуды $A = 27 \cdot 10^{-2}$ м, (3) циклической частоты $\omega = 3,14$ рад/с, (4) - подставляем значения (3) и (4) в (2) $E = \frac{54 \cdot 10^{-3} \cdot 27^2 \cdot 10^{-4} \cdot 3,14^2}{2} = 0,019$ Дж.
Найти: $E$ .	Правильный ответ: 0,019 Дж.

Рис. 3. Задание 5

**6. Задание 6 (2 б.)**

**ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

На рисунке 1 представлен график зависимости проекции скорости  $v_x$  тела (10 кг) от времени  $t$ . Движение тела происходит в инерциальной системе отсчёта вдоль оси  $Ox$ .

Рис. 1. График проекции скорости

Из приведенного ниже списка выбери все верные утверждения, описывающие данное движение тела. Запиши цифры, под которыми они указаны.

- 1) Изменение проекции импульса тела в промежутке времени от 7 до 8 с равно 0.
- 2) В промежутке от 0 до 2 с тело двигалось с постоянной скоростью.
- 3) В промежутке от 2 до 4 с модуль ускорения тела в 1,5 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 8 до 10 с.
- 4) В первые 2 с движения импульс тела не изменяется.
- 5) В момент времени 3,5 с модуль равнодействующей сил, действующих на тело, меньше модуля равнодействующей сил в момент времени 8,5 с.

Ответ: .

**Шаги решения**

Найдём верные утверждения.

Изменение проекции импульса тела в промежутке времени от 7 до 8 с равно 0.

В промежутке от 0 до 2 с тело двигалось с постоянной скоростью.

В первые 2 с движения импульс тела не изменяется.

Правильный ответ: 124.

Рис. 4. Задание 6

**7. Задание 7 (2 б.)**

**ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

Линейная скорость бегуна остается постоянной при пробеге по траектории, имеющей вид двух следующих друг за другом одинаковых круговых треков. Для каждой величины определи соответствующий характер изменения при переходе бегуна с трека 1 на трек 2:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запиши в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

Угловая скорость бегуна	Радиус трека
1	

**Шаги решения**

Соответствие физической величины и характера ее изменения устанавливается на основе анализа физической закономерности: выявление прямой или обратной пропорциональной зависимости между физическими величинами в формулах.

Физическая(ие) закономерность(и)	Угловая скорость бегуна	Радиус трека
$v = \omega \cdot R$	Физическая величина не изменилась	Физическая величина не изменилась

Правильный ответ: 33.

Рис. 5. Задание 7

**11. Задание 11 (1 б.)**

**ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

Определи удельную теплоту парообразования вещества в закрытом сосуде массой 0,8 кг, которое изначально находилось в газообразном состоянии. При решении задачи используй график (рис. 1) зависимости температуры вещества от количества выделенной теплоты и значения  $Q_1 = 4 \cdot 10^5$  Дж. (Считай округы до целых.)

Рис. 1. Изобразите график

Ответ:  кДж/кг.

**Шаги решения**

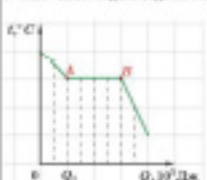
Дано	Решение
$m = 0,8 \text{ кг}$ $Q_1 = 4 \cdot 10^5 \text{ Дж}$	<p>1. Физическая модель задачи: конденсация бездства на участке <math>A-B</math> (рис. 2).</p>  <p>Рис. 2. Изобразите график (участок <math>A-B</math>)</p> <p>2. Физический закон:          - удельная теплота парообразования и конденсации <math>\lambda = \frac{Q}{m}</math> (1)</p> <p>3. Математическое решение задачи:          - запишем формулу (1) с учетом выделения разного количества теплоты на участке <math>A-B</math>  <math>\lambda = \frac{Q_2 - Q_1}{m} = \frac{200 \cdot 10^5 - 40 \cdot 10^5}{0,8} = \frac{160 \cdot 10^5}{0,8}</math>          - подставим значения количества теплоты и массы вещества из условия задачи  <math>\lambda = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^5}{0,8 \cdot 10^3} = 1000 \text{ кДж/кг}</math></p>
Найдем $\lambda$ .	Правильный ответ: 1000 кДж/кг.

Рис. 6. Задание 11

**15. Задание 15 (1 б.)**

**ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

Найти разность между конечным и первоначальным значениями (13 мс) периода собственных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, если изменение периода происходит за счёт увеличения ёмкости конденсатора в 4 раза.

Ответ:  мс.

**Шаги решения**

Дано	Решение
	1. Физическая модель задачи: свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре (LC-контур).
	2. Физические законы: - формула Томсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , (1) - формулы периода электромагнитных колебаний $\Delta T = T_2 - T_1$ , (2)
	3. Математическое решение задачи: - запишем формулу (1) для первоначального состояния LC-контура $T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1}$ , (3) - запишем формулу (1) для LC-контура, в котором изменили ёмкость конденсатора, $T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2}$ , (4) - поделим друг на друга формулы (3) и (4) $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ , (5) - выразим по формуле (5) период $T_2$ $T_2 = T_1 \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ , (6) - подставим формулу (6) в (2) $\Delta T = T_1 \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} - T_1 = T_1 \left( \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} - 1 \right)$ , - проведём вычисления $\Delta T = 13 \cdot (\sqrt{4} - 1) = 13$ мс.
Найдем $\Delta T$ .	Правильный ответ: 13 мс.

Рис. 7. Задание 15

**Задание 17.** Задание на тренировку умения анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в разделе «Электродинамика», – 55% (рис. 8).

**17. Задание 17 (2 б.)**

**ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

В таблице представлена зависимость от времени изменения заряда с течением времени одной обкладки конденсатора в идеальном LC-контуре при свободных электромагнитных колебаниях.

t, мкс	0	10	15	20	22	24	28	30	32	34	36
q, нКл	1	0,601	0	-0,601	-1	-0,601	0	0,601	1	0,601	0

Из предложенного ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие процесс. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) В момент времени 20 мкс заряд конденсатора равен 0 нКл.

2) Период колебаний равен  $30 \cdot 10^{-6}$  с.

3) В момент времени 32 мкс значение заряда одной из обкладок конденсатора достигает максимального значения.

4) В момент времени 30 мкс, зарядка конденсатора идёт воле, положительно.

5) В момент времени 20 мкс сила тока в контуре равна 0.

Ответ: .

**Шаги решения**

Рис. 8. Задание 17

**Задание 19.** Задание на тренировку умений анализировать физические процессы (явления), используя основные положения и законы, изученные в разделе «Электро-

динамика», и применять величины и законы при описании физических процессов и явлений – 51% (рис. 9).

**19. Задание 19 (2 б.)**

**ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

Определи формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра (рис. 1). Считать идеальные приборы.

Каждой позиции первого столбца подбери соответствующую позицию из второго столбца и запиши в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ	ФОРМУЛЫ
А) показания вольтметра	1) $\epsilon = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \mathcal{E}$
Б) показания амперметра	2) $\frac{\epsilon}{r + R_2}$
	3) $\frac{\epsilon}{r + R_1}$
	4) $\frac{\epsilon R_1}{r + R_1 + R_2}$

Ответ:

А	Б
1	2

**Шаги решения**

Установив верное соответствие между физическими величинами и формулами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) показания вольтметра	1) $\epsilon = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \mathcal{E}$
Б) показания амперметра	2) $\frac{\epsilon}{r + R_2}$

Правильный ответ: 12.




Рис. 1. Нисфоронные электрической цепи

Рис. 9. Задание 19

**Задание 20.** Задание на тренировку умения применять величины и законы при

описании физических процессов и явлений – 42% (рис. 10).

**20. Задание 20 (1 б.)**

**ОТВЕТ — КАК НА ЕГЭ**

В результате проведения физического исследования было выявлено, что первоначально в экспериментальном образце содержится 94 мкг изотопа некоторого химического элемента. Найди массу данного изотопа в исследуемом образце через 5 дней, учитывая значение периода полураспада изотопа этого химического элемента – 5 дней. (Ответ округли до десятых.)

Ответ:  мг.

**Шаги решения**

Дано	Решение
$T = 5$ дней $t_1 = 5$ дней $m_0 = 94$ мкг	<p>1. Физическая модель задачи: явление радиоактивного распада.</p> <p>2. Физический закон: - закон радиоактивного распада <math>N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}</math>, (1) - прямая пропорциональность между массой радиоактивного образца и числом радиоактивных ядер <math>m \sim N</math>, тогда формула (1) запишется в виде <math>m(t) = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}</math>, (2)</p> <p>3. Математическое решение задачи: - запишем формулу (2) с учётом условия задачи <math>m_1 = m(t_1) = m_0 \cdot 2^{-\frac{t_1}{T}}</math>, (3) - проводим вычисления <math>m_1 = 94 \cdot 2^{-\frac{5}{5}} = 47</math> мкг.</p>
Найти: $m_1$ .	Правильный ответ: 47 мг.

Рис. 10. Задание 20

Анализ результатов выполнения и получение данных о заданиях с наименьшим процентом выполнения позволяют сделать следующие выводы, которые можно использовать при формировании региональных адресных программ повышения квалификации для учителей физики:

*1. Недостаточное понимание и применение фундаментальных физических понятий и законов*

Несколько заданий с низким уровнем выполнения (№ 1, 11, 15, 19, 20) указывают на затруднения в применении физических величин и законов при описании процессов и явлений. Это может свидетельствовать о следующих проблемах:

- механическом воспроизведении теории без осмысления ее прикладного значения;
- затруднениях в переходе от теоретических знаний к практическому объяснению конкретных физических ситуаций;
- недостаточном опыте работы с реальными или моделируемыми задачами прикладного характера.

Рекомендация: усилить внимание к методике объяснения физических законов через реальные жизненные примеры и учебные ситуации, а также к формированию умений проводить качественный анализ процессов на основе формальных понятий.

*2. Сложности при работе с задачами по механике и электродинамике*

Задания № 4, 5, 6, 7, 17, 19 помогли выявить систематические трудности в разделах «Механика» и «Электродинамика»:

- низкий результат по заданию № 5 (гармонические колебания – 23%) указывает на глубокое непонимание динамики колебаний, расчета энергии, циклической частоты и амплитуды;
- задания № 4 и 6 (модуль импульса, анализ явлений на основе законов механики – 35–52%) показывают дефицит понимания динамических законов и их применения к реальным ситуациям;
- по теме «Электродинамика» (задания № 17, 19) также наблюдается недостаточ-

ный уровень сформированности умений анализировать процессы и применять законы, особенно в комплексных задачах.

Рекомендация: включать в региональные курсы повышения квалификации углубленную работу с ключевыми задачами по механике и электродинамике, ориентированную на отработку не только формального решения, но и осмысления физического смысла процессов.

*3. Проблемы с интерпретацией и применением моделей при решении задач*

Общий характер ошибок (в заданиях № 4, 5, 6, 15, 17, 19 и др.) показывает, что педагоги испытывают затруднения в интерпретации условий задач и выборе адекватной физической модели, особенно если задача требует комплексного подхода.

Рекомендация: педагогам необходимо развивать методические навыки по работе с задачами, акцентируя внимание на:

- анализе условия;
- выборе подходящей физической модели;
- интерпретации результатов;
- формировании навыков объяснения решения обучающимся.

Результаты диагностики по физике указывают на необходимость целенаправленной работы по следующим направлениям:

- систематизация знаний по разделам «Механика» и «Электродинамика»;
- развитие умений применять законы и величины в анализе физических явлений;
- совершенствование методики решения задач, в том числе с переходом от теории к практико-ориентированному мышлению;
- формирование устойчивых предметных умений, необходимых для качественного преподавания и подготовки обучающихся к ГИА и ЕГЭ.

*Заключение*

Результаты диагностики подтверждают необходимость целевых мер по повышению квалификации учителей с акцентом на следующем:

- осмысленное применение знаний;
- решение комплексных задач;



- развитие предметных и методических компетенций;
- усиление практико-ориентированного компонента в преподавании.

Цифровая платформа «ЯКласс» доказала свою эффективность как инструмент проведения массовой диагностики и построения индивидуальной траектории развития педагога. Результаты Диагностики позволяют сформировать индивидуальные направления курсов повышения

квалификации педагогов, направленные на проработку исключительно проблемных аспектов, что, в свою очередь, снижает временную и материальную нагрузку организаций, занимающихся формированием и реализацией данных региональных программ, а также уменьшает психологическое напряжение педагогов-участников и последующее негативное отношение к данным процедурам.

### Список литературы

1. Министерство Просвещения Российской Федерации : официальный сайт. – URL: edu.gov.ru (дата обращения: 29.07.2025). – Текст: электронный.
2. ЯКласс : официальный сайт. – URL: www.yaklass.ru (дата обращения: 29.07.2025). – Текст: электронный.
3. Подготовка к федеральному тестированию педагогов : официальный сайт. – URL: hub.yaklass.ru/yaprofi (дата обращения: 29.07.2025). – Текст: электронный.
4. Разумова, О. В. Цифровой образовательный ресурс «ЯКЛАСС» как средство развития информационной культуры учащихся / О. В. Разумова, Е. Р. Садыкова, А. В. Кукушкина // Информация и образование: границы коммуникаций INFO. – 2020. – № 12. – С. 63-65.

УДК 378+004

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*Нугуманова Л.Н., д.п.н., ректор;  
Шамсутдинова Л.П., к.х.н., проректор по научной и инновационной деятельности;  
E-mail: larisasham@mail.ru;  
Хохлов А.В., к.п.н., проректор по учебно-методической работе;  
Сахнова И.А., к.п.н., заведующий кафедрой педагогики и управления образованием  
ГАОУ ДПО «Институт развития образования Республики Татарстан», г. Казань, Россия;  
E-mail: irort@irort.ru*

### THE METHODOLOGICAL APPROACHES TO TRAINING PEDAGOGICAL STAFF IN THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

*Nugumanova L.N., Doctor of Pedagogical Sciences, Rector;  
Shamsutdinova L.P., Candidate of Chemical Sciences, Vice-Rector for Research and Innovation;  
E-mail: larisasham@mail.ru;  
Khokhlov A.V., Candidate of Pedagogical Sciences, Vice-Rector for Academic and Methodological Affairs;  
Sakhnova I.A., Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Department of Pedagogy and Educational Management at the Institute for the Development of Education of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;  
E-mail: irort@irort.ru*

### Аннотация

В статье рассматриваются методические подходы к обучению педагогических работников использованию технологий искусственного интеллекта в условиях цифровой трансформации образования. На примере Республики Татарстан представлены практики

реализации программы повышения квалификации «Основы использования искусственного интеллекта для решения образовательных задач». Анализируются эффективные модели обучения, сформированные у педагогов компетенции, а также вызовы, связанные с этическими, правовыми и техническими аспектами внедрения ИИ в образовательную практику.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейросети, повышение квалификации, цифровизация образования, педагогические технологии, Республика Татарстан, управление образованием

### Abstract

This article discusses the methodical approaches to teaching pedagogical staff on using artificial intelligence technologies in the context of digital transformation of education. Using the example of the Republic of Tatarstan, the practice of implementing the advanced training program «Fundamentals of using artificial intelligence to solve educational problems» is presented. This article also analyzes the most effective learning models, the competencies formed by teachers, as well as the challenges associated with the ethical, legal and technical aspects of introducing AI into educational practice.

**Keywords:** artificial intelligence, neural networks, professional development, digitalization of education, pedagogical technologies, Republic of Tatarstan, educational management

### Введение

Современная цифровая трансформация образования, сопровождающаяся активным внедрением технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ), оказывает значительное влияние на изменение роли педагогических работников, требуя от них новых компетенций и подходов для эффективного решения образовательных задач.

Республика Татарстан активно участвует в процессе цифровизации образования, уделяя особое внимание подготовке педагогических кадров к эффективному использованию современных цифровых решений, в частности технологий ИИ. Выступая в рамках проекта «Kazan Digital Week – 2024» на вебинаре, посвящённом теме «Цифровые технологии в образовании», первый заместитель министра образования и науки Республики Татарстан Андрей Поминов отметил повсеместный характер внедрения ИИ и его существенное влияние на индустрию интеллектуального труда, включая образовательную сферу, подчеркнув, что такие разработки являются одним из ключевых условий обеспечения научного и технологического суверенитета страны. Заместитель министра отдельно обратил внимание на заявление главы региона

Рустама Минниханова о необходимости вывести Республику Татарстан в число лидирующих российских центров по развитию технологий ИИ.

Эффективное внедрение технологий ИИ в образовательную практику способно кардинально изменить организацию учебного процесса, обеспечив автоматизацию рутинных педагогических задач и повышение качества персонализированного обучения. В современных условиях использование ИИ рассматривается как один из ключевых трендов развития системы образования. Такие технологии позволяют:

- автоматически генерировать персонализированные задания;
- осуществлять проверку самостоятельных работ обучающихся;
- разрабатывать тесты и учебные материалы;
- применять виртуальных помощников и системы предиктивной аналитики;
- снижать профессиональную нагрузку за счёт оптимизации административных и дидактических процессов.

В глобальном масштабе инструменты ИИ ускоряют темп развития знаний и технологий, создают предпосылки научных открытий, развивают личностный интел-

лект, креативность и критическое мышление, способствуют эффективному решению комплексных задач.

Однако успешная интеграция ИИ в образовательную среду невозможна без соответствующей подготовки педагогических кадров. Необходимо обеспечить учителей не только техническими навыками работы с ИИ, но и пониманием его потенциала и ограничений в контексте учебно-воспитательного процесса. ИИ становится одновременно предметом изучения и инструментом, способствующим глубоким изменениям в образовательных программах, методах преподавания и формах контроля знаний, что настоятельно требует повышения квалификации педагогов в данной области. Актуальность изучения ИИ в программах повышения квалификации обусловлена вызовами современности и запросами общества, такими как технологическая эволюция в образовании, необходимость персонализации обучения, анализ больших данных и принятие обоснованных решений, автоматизация рутинных задач, а также подготовка обучающихся к профессиональным требованиям будущего.

Таким образом, одной из приоритетных задач на современном этапе развития системы образования становится создание условий для активного освоения педагогическими работниками методов и технологий, связанных с использованием ИИ. Это открывает возможности для формирования инновационной образовательной среды, ориентированной на развитие личности учащегося и повышение профессиональной эффективности педагога.

Цель статьи – изучить и обосновать методические подходы к обучению педагогических работников использованию технологий ИИ в условиях цифровой трансформации образования, выявить основные вызовы и барьеры, а также предложить рекомендации по повышению квалификации педагогических работников для эффективного внедрения ИИ в образовательный процесс.

### *Обзор литературы*

Популярность и перспективность технологий ИИ побудила ученых и практиков к активному исследованию этого феномена в различных аспектах. В сфере образования внимание сосредоточено на поиске ответов на вопросы, каким образом ИИ может изменить традиционные подходы к обучению, какие возможности он открывает для персонализации образовательного процесса, автоматизации рутинных задач и повышения качества обучения [1].

По мнению исследователей, ИИ предоставляет широкие возможности для оптимизации учебного процесса, начиная от адаптивного обучения и заканчивая системами автоматизированной оценки. ИИ способен анализировать большие объемы данных, выявлять индивидуальные потребности обучающихся и предлагать персонализированные образовательные программы и методики обучения.

ИИ создал новые возможности для образовательных инноваций, например, переход к персонализированному обучению изменил роль преподавателя [2]. Различные технологии, основанные на применении ИИ, такие как обработка естественного языка, искусственные нейронные сети, машинное обучение, глубокое обучение и генетический алгоритм, были реализованы для создания интеллектуальных обучающих сред [3].

Особое место в исследованиях занимают работы, посвященные применению ИИ в школьном образовании. Согласно данным Фещенко Т.С., технологии ИИ могут быть эффективно интегрированы в преподавание предметов естественнонаучного цикла, обеспечивая органичное вплетение ИИ в предметные знания [4]. Автор подчеркивает необходимость разработки частных методик использования ИИ в обучении физике, математике и другим дисциплинам.

Вместе с тем, несмотря на очевидные преимущества, внедрение ИИ в педагоги-

ческую практику сталкивается с рядом барьеров. Как показывает анализ современных исследований, вопросы применения ИИ в образовании в основном рассматриваются специалистами в области компьютерных наук, информатики и STEM, но недостаточно – со стороны педагогов и методистов [5]. Это приводит к тому, что педагогическая составляющая внедрения ИИ остается слабо разработанной, а практические реализации зачастую лишены теоретического обоснования и методической целесообразности. Использование многих инновационных образовательных технологий обычно подразумевает изменение философских и педагогических взглядов.

Значительное число публикаций посвящено вопросам применения ИИ в высшем образовании. Например, Лукичев П.М. и Чекмарев О.П. рассматривают риски внедрения ИИ в системы оценки, управления образованием и взаимодействия с обучающимися [6]. Они указывают на необходимость разработки четких этических норм и правовой базы, регулирующей использование ИИ в образовательной среде.

Еще один важный аспект – это роль учителя в условиях цифровой трансформации. Исследования демонстрируют, что ИИ не заменяет педагога, но меняет его функции: от передачи знаний учитель переходит к управлению образовательным взаимодействием между учеником и ИИ, координации самостоятельной работы, формированию навыков критического мышления и рефлексии [7].

В контексте педагогики сотворчества представляет интерес работа, посвященная интеграции ИИ в процессы совместного обучения и методической поддержки педагогов [8]. Авторы отмечают, что при грамотном использовании ИИ может стать партнёром учителя, расширяя возможности для диалога, анализа и рефлексии.

Особый интерес представляет опыт отечественных образовательных организаций по формированию программ

повышения квалификации педагогов в области ИИ. Такие программы реализуются в рамках деятельности различных центров дополнительного профессионального образования, включая Московский педагогический государственный университет, МФТИ, Цифровой университет 2035, Университет Иннополис и другие. Анализ их содержания показывает, что большинство курсов сосредоточено на использовании ИИ как экспертной системы, тогда как вопросы освоения более широкого спектра ИИ-инструментов остаются недостаточно разработанными [9]. Один из ключевых выводов, сделанный в статье Волобуевой Т.Б., заключается в том, что успешное освоение педагогами технологий ИИ требует специальной подготовки, направленной на формирование цифровой грамотности, понимания этических и правовых аспектов, а также развития умений проектировать уроки с использованием ИИ. Автор акцентирует внимание на необходимости создания содержательных модулей повышения квалификации, которые позволят педагогам уверенно использовать ИИ в своей профессиональной деятельности.

В ходе исследования теоретических аспектов использования технологий ИИ в образовании были изучены современные концепции, отражающие его внедрение на различных уровнях образовательной системы, включая профессиональную подготовку педагогических кадров и реализацию программ повышения их квалификации.

Методологическую основу исследования составили системный, структурно-функциональный, деятельностный, компетентностный и личностно ориентированный подходы. Их применение позволило комплексно рассмотреть процесс повышения квалификации педагогов в условиях цифровой трансформации образования с учётом внедрения отечественных технологий ИИ.

Системный подход обеспечил анализ образовательного процесса как целостной динамической системы, где отечественные ИИ-технологии рассматриваются как активный элемент, взаимодействующий с содержанием, методами и формами обучения. При этом такие продукты, как ГигаЧат (от Сбербанка) (<https://gigachat.ru>) и ЯндексGPT (<https://yandex.ru/lab/yandexgpt>), выступают не только как вспомогательные инструменты, но и как фактор, трансформирующий структуру и функции всей образовательной системы.

Структурно-функциональный подход позволил выявить ключевые компоненты системы повышения квалификации педагогов, включая организационную структуру, содержание программ и инструментарий оценки, а также их изменение под влиянием внедрения отечественных ИИ-технологий. Например, использование технологий на базе нейросетей позволяет автоматизировать процессы анализа текста, генерации заданий, персонализированного сопровождения обучаемых, что требует адаптации структуры курсов и роли преподавателя.

Деятельностный подход дал возможность исследовать профессиональное развитие педагогов через призму их деятельности в цифровой образовательной среде. Особое внимание уделено использованию отечественных ИИ-инструментов, которые позволяют автоматически анализировать результаты обучающихся, давать обратную связь и корректировать учебные действия. Это соответствует положениям теории деятельности Леонтьева А.Н. и Рубинштейна С.Л., согласно которым обучение происходит через активную деятельность субъекта [10].

Компетентностный подход был направлен на оценку уровня сформированности у педагогов цифровых и профессиональных компетенций, необходимых для работы с отечественными ИИ-инструментами. Такие навыки становятся важными эле-

ментами современной профессиональной подготовки педагогов.

Личностно ориентированный подход позволил учитывать индивидуальные особенности, мотивацию и профессиональные потребности педагогов в освоении отечественных ИИ-технологий.

Таким образом, обзор литературы позволяет сделать вывод о значительном потенциале технологий ИИ в образовании, однако их эффективное применение возможно лишь при условии:

- разработки научно обоснованных методических подходов;
- качественной подготовки и переподготовки педагогических кадров;
- формирования этической и правовой культуры в работе с ИИ;
- создания банка практических примеров и рекомендаций по интеграции ИИ в учебный процесс.

#### *Основная часть*

Современные технологии ИИ открывают широкие возможности для трансформации образовательного процесса, позволяя не только автоматизировать рутинные задачи, но и сосредоточить внимание педагогов на качественном улучшении обучения и личностно развивающем взаимодействии с обучающимися. Однако эффективное внедрение ИИ в образование невозможно без соответствующей подготовки педагогических кадров. Это требует разработки и реализации специализированных программ повышения квалификации, построенных на основе современных методологических подходов.

Одним из ключевых является деятельностный подход. Согласно этому подходу, обучение педагогов должно строиться на основе активной деятельности – от освоения базовых понятий до проектирования реальных уроков и решения педагогических задач с помощью ИИ. Такой формат позволяет не просто передать знания, а создать условия для их практического применения, моделирования учебных ситуа-



ций, командной работы и самостоятельно-го создания материалов с использованием нейросетей.

Этот принцип лег в основу системно-деятельностной модели обучения ИИ, предполагающей поэтапное освоение технологий. Обучение разворачивается от теории к практике и заканчивается интеграцией ИИ в реальный образовательный процесс. Этапы включают:

1. Ознакомление: изучение возможностей и ограничений ИИ.
2. Практическое освоение: работа с конкретными сервисами, генерация контента.
3. Интеграция в практику: внедрение технологий в ежедневную деятельность с последующей рефлексией.

Такая модель позволяет постепенно снизить психологический барьер перед новыми технологиями и выработать у педагогических работников уверенность в их использовании. На основе анализа данных программы повышения квалификации, реализованных Институтом развития образования Республики Татарстан, установлено, что именно такой подход обеспечивает высокую степень вовлечённости и мотивации слушателей.

Не менее важным является и герменевтический подход, который направлен на развитие способности педагогов критически интерпретировать информацию, полученную от ИИ. Он помогает осмысливать этические дилеммы, такие как возможность замены учителя ИИ или достоверность информации, а также формировать умение работать с неточными или противоречивыми ответами нейросетей. Этот подход перекликается с деятельностным и усиливает метапредметную составляющую профессиональной подготовки педагога.

Для формирования целостного понимания ИИ и его применения в образовании используется также интегративный подход, объединяющий знания из различных предметных областей: математики, инфор-

матики, психологии и других. Примером может служить использование элементов дискретной математики при объяснении логики работы алгоритмов ИИ, а также интеграция ИИ в преподавание физики, математики, русского языка через проектную деятельность. Такой подход развивает системное мышление у педагогов и раскрывает межпредметные связи.

На основе этих теоретических моделей была разработана и реализована дополнительная профессиональная образовательная программа «Основы использования ИИ для решения образовательных задач» в Республике Татарстан. Цель программы – подготовить педагогических работников к грамотному, этичному и ответственному применению ИИ в своей профессиональной деятельности. В 2024/25 учебном году обучение прошли более 1700 педагогических работников. Программа охватывала широкий спектр вопросов, начиная с понимания основ ИИ и заканчивая юридическими и этическими аспектами, защитой персональных данных школьников и педагогов.

Обучение проводилось в командном формате, что способствовало более глубокому освоению материала и развитию навыков совместного принятия решений. Особое внимание было уделено практической направленности: участники рассматривали примеры использования ИИ в управлении образовательной средой, применяли нейросети для оптимизации методической работы, обсуждали этические и юридические аспекты.

Значимую роль сыграло предкурсовое просветительское мероприятие – научный симпозиум «Потенциал использования технологий на основе искусственного интеллекта в образовательной среде», прошедший 11 декабря 2024 года в Казани. Организаторами выступили Институт развития образования Республики Татарстан, министерство образования и науки Республики Татарстан и Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязева.

Основная цель мероприятия заключалась в дискуссионном обсуждении проблемных вопросов, связанных с возрастанием роли ИИ и цифровых инструментов в образовательной среде. В работе симпозиума приняли участие более 300 чел., включая ведущих экспертов и специалистов в области образования, а также педагогов-практиков из различных регионов Российской Федерации, таких как Москва и Московская область, Санкт-Петербург, Свердловская, Курганская, Магаданская, Челябинская области, Кемеровская область – Кузбасс, Пермский край, Карачаево-Черкесская Республика, республики Дагестан и Татарстан.

Симпозиум состоял из пленарного заседания и специализированных секций. Это позволило участникам глубже рассмотреть темы, связанные с внедрением технологий на основе ИИ в образовательный процесс. Обсуждались вопросы создания инновационных образовательных платформ, применения адаптивного обучения и использования аналитики данных для повышения качества обучения.

На основе анализа научных дискуссий и обобщения профессионального опыта участников симпозиума были сформулированы ключевые направления содержания программы повышения квалификации педагогических работников по использованию технологий ИИ. Таким образом, научно-практическое мероприятие не только способствовало популяризации ИИ-технологий среди педагогической общественности, но и стало важным этапом в подготовке к реализации масштабной региональной программы. Полученные в ходе симпозиума идеи легли в основу образовательных модулей, ориентированных на развитие цифровой грамотности, формирование этической рефлексии и практическое освоение нейросетевых инструментов в образовательной деятельности.

После завершения курсов участники

прошли региональную стажировку на ведущих площадках Республики Татарстан: МБОУ «Лицей-интернат имени М. Онджеля», Бугульминский район; МБОУ-ДО «Детский технопарк «Кванториум»», г. Альметьевск; МБОУ «Средняя школа № 51», г. Казань; МБОУ «Средняя школа № 5», г. Азнакаево; МБОУ «Средняя школа № 4», г. Заинск. В ходе стажировки управленческие команды имели возможность погрузиться в реальные образовательные практики, где уже внедряются цифровые технологии и используются инструменты ИИ. Участники ознакомились с примерами применения ИИ для автоматизации административных процессов, персонализации обучения, анализа образовательных данных и создания адаптивного контента. Были организованы практические занятия, во время которых педагоги осваивали навыки формулирования эффективных промтов, применяли для подготовки учебных материалов нейросетевые инструменты (включая GigaChat и ЯндексGPT), анализировали этические и юридические аспекты применения ИИ в конкретных образовательных контекстах, моделировали сценарии интеграции ИИ в учебный и воспитательный процессы, разрабатывали собственные планы внедрения технологий в свои образовательные организации.

Кроме того, педагоги приняли участие в обсуждении рисков и ограничений использования ИИ, таких как зависимость от алгоритмов, необходимость проверки информации, вопросы конфиденциальности данных обучающихся. Это позволило сформировать у участников не только технические навыки, но и критическое отношение к применению цифровых инструментов в образовании.

Стажировка способствовала углублению практических знаний, а также развитию управленческих компетенций, связанных с организацией цифровой трансформации в образовательной организации. Участники получили опыт работы в усло-

виях цифровой среды, научились строить стратегии внедрения ИИ, координировать работу педагогических коллективов по интеграции новых технологий.

На этапе посткурсового сопровождения особое внимание уделялось консолидации полученных знаний и поддержке педагогов в применении ИИ на практике. Ярким примером стало проведение 12 марта 2025 г. в г. Заинске республиканского форума управленческих команд. Основным акцентом форума был сделан на стратегию успеха образовательной организации через внедрение современных инструментов эффективного управления. На форуме особое внимание было уделено пяти магистральным направлениям федерального проекта «Школа Минпросвещения России». Управленческие команды представили с использованием ИИ инновационные проекты по магистральным направлениям «Знание», «Воспитание», «Профориентация», «Творчество», «Здоровье». Участники форума узнали о возможностях ИИ для оптимизации управленческой работы, улучшения качества образовательного процесса и повышения эффективности управления.

Форум стал площадкой для обмена опытом, обсуждения лучших практик и новых подходов в управлении образовательными организациями. Участие в мероприятии позволило руководителям школ получить ценные знания и навыки, необходимые для успешного внедрения инноваций и достижения высоких результатов в своей работе.

По результатам анкетирования и обратной связи, слушатели отмечают высокий уровень организации курсов, актуальность тематики, практико-ориентированность программы и качественную поддержку на всех этапах обучения. Эти данные подтверждают, что программа не только соответствует современным требованиям к повышению квалификации руководящих кадров в сфере образования, но и способствует формированию у них устойчивых навыков работы с цифровыми технологиями, включая ИИ.

### *Заключение*

Анализ реализации программы повышения квалификации «Основы использования ИИ для решения образовательных задач» показал, что обучение педагогических работников с применением технологий ИИ способствует формированию широкого спектра компетенций, необходимых в условиях цифровой трансформации образования. Участники программы не только овладевают техническими навыками работы с ИИ-инструментами (GigaChat, ЯндексGPT и др.), но и развивают ключевые профессиональные умения: проектирование учебного процесса с использованием нейросетевых технологий, анализ образовательных данных, применение адаптивного обучения, а также осмысление этических и правовых аспектов внедрения ИИ в учебную деятельность. Важным результатом стало развитие критического мышления и рефлексивного подхода к использованию цифровых решений в образовании.

Наиболее эффективными моделями обучения признаны деятельностный и системно-деятельностный подходы, предполагающие активное вовлечение педагогов в практическую работу с ИИ – от создания промтов до разработки собственных учебных материалов и моделирования образовательных ситуаций. Командная форма обучения, региональная стажировка и посткурсовое сопровождение способствовали не только усвоению знаний, но и развитию управленческих навыков, направленных на организацию цифровой трансформации в образовательной организации. Важным оказались также герменевтический подход, помогающий педагогам интерпретировать информацию, полученную от ИИ, и интегративный подход, ориентированный на междисциплинарное использование технологий.

Вместе с тем внедрение ИИ в педагогическую практику сталкивается с рядом вызовов, остающихся актуальными. К ним относятся:

- недостаточная готовность части педагогов к восприятию и использованию новых технологий;
- необходимость постоянного обновления содержания программ повышения квалификации в связи с быстрыми изменениями в области ИИ;
- вопросы обеспечения информационной безопасности и защиты персональных данных обучающихся;
- потребность в разработке четких этических и правовых норм использования ИИ в образовательной среде.

Тем не менее опыт Института развития образования Республики Татарстан демонстрирует высокую эффективность научно обоснованного подхода к подготовке педагогических кадров в сфере ИИ. Программа повышения квалификации не только соответствует современным требованиям цифровизации образования, но и способствует формированию инновационной образовательной среды, ориентированной на развитие личности обучающегося и повышение профессиональной эффективности педагога.

### Список литературы

1. Полубедова, Г. А. Искусственный интеллект в образовании: перспективы использования / Г. А. Полубедова, А. А. Картавых, М. С. Романенко // Экономика и управление : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию образования экономического факультета Новочеркасского инженерно-мелиоративного института, Новочеркасск, 11–12 апреля 2024 года. – Новочеркасск : Лик, 2024. – С. 116-119. – EDN EPBZJG.
2. Baker T., Smith L., Anissa N. Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges. 2019.
3. Chen X., Xie H., Hwang G.J. A multi-perspective study on artificial intelligence in education: Grants, conferences, journals, software tools, institutions, and researchers. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2020.
4. Фещенко, Т. С. Искусственный интеллект в школьном физическом образовании: ключевые аспекты / Т. С. Фещенко // Педагогическое образование в России. – 2024. – № 5. – С. 141-158. – EDN UVMSXK.
5. Zawacki-Richter O., Marín V.I., Bond M., Gouverneur F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2019; 16 (1): P. 1-27.
6. Лукичев, П. М. Риски применения искусственного интеллекта в системе высшего образования / П. М. Лукичев, О. П. Чекмарев // Вопросы инновационной экономики. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 463-482. – DOI 10.18334/vines.14.2.120731. – EDN MKEVSE.
7. Платов, А. В. Искусственный интеллект в образовании: эволюция и барьеры / А. В. Платов, Ю. И. Гаврилина // Научный результат. Педагогика и психология образования. – 2024. – Т. 10, № 1. – С. 26-43. – DOI: 10.18413/2313-8971-2024\_10-1-0-3.
8. Печерица, Э. И. Применение технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе на основе педагогики сотворчества / Э. И. Печерица // Шамовские чтения: Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Москва : Научная школа управления образовательными системами, 2025. – С. 784-790. – EDN IOVEZQ.
9. Волобуева, Т. Б. Повышение квалификации учителей по использованию искусственного интеллекта: содержательные акценты / Т. Б. Волобуева. – Текст : непосредственный // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. – 2025. – № 1(62). – С. 86-95.
10. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии / С. Л. Рубинштейн. – Санкт-Петербург : Питер, 2000. – 712 с.



УДК 004.89

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ВУЗАDEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT  
SYSTEM FOR PREDICTING THE  
PERFORMANCE OF UNIVERSITY  
STUDENTS*Осипова Д. С., студент;**ORCID: 0009-0005-4290-1207;**E-mail: dsosipova@kai.ru;**Гаптуллазянова Г.И., старший преподаватель  
кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский  
национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н.Туполева –  
КАИ», г. Казань, Россия**Osipova D.S., student;**ORCID: 0009-0005-4290-1207;**E-mail: dsosipova@kai.ru;**Gaptullazyanova G.I., senior lecturer of the  
ASOIU Department, Kazan National Research  
Technical University named after A.N. Tupolev –  
KAI, Kazan, Russia***Аннотация**

В статье рассматривается процесс разработки интеллектуальной системы прогнозирования успеваемости студентов по итогам сессии. Разрабатываемая система с помощью алгоритмов машинного обучения способна определять влияние различных факторов на успеваемость обучающегося и на основе этих результатов составлять прогноз студентов в зоне риска проблем с выполнением учебного плана. Опираясь на полученные прогнозы, наставники групп смогут заранее провести с отстающими студентами профилактические мероприятия для выявления причин проблем с учебой и улучшения их академических показателей.

**Ключевые слова:** прогнозирование, успеваемость студентов, дерево решений, классификация, интеллектуальная система

**Abstract**

The article discusses the process of developing an intelligent system for predicting students' academic performance based on the results of a session. The developed system, using machine learning algorithms, is able to determine the influence of various factors on a student's academic performance, and, based on these results, make a forecast of students at risk of problems with completing the curriculum. Based on the forecasts received, group mentors will be able to conduct preventive measures with lagging students in advance to identify the causes of problems with their studies and improve their academic performance.

**Keywords:** forecasting, student performance, decision tree, classification, intelligent system

*Введение*

Основной целью любого вуза является подготовка сильных специалистов, и успеваемость обучающегося в определенной степени показывает уровень освоения им этих знаний.

Сделать выводы об успеваемости студента возможно только по итогам сессии, однако не всегда студенты, которые неудачно сдают сессию, на самом деле не владеют навыками конкретной дисциплины. Тут важно исследовать динамику прохождения учебного плана обучающимися в течение

семестра и отслеживать студентов в зоне риска. Однако тут появляется проблема: неспособность своевременно реагировать на отставание студентов от учебного графика из-за отсутствия инструментов для обработки и анализа учебных показателей и персональных данных обучающихся.

*Анализ предметной области*

Имея достаточно насыщенную учебную программу, обучающиеся также могут участвовать и во внеучебной жизни университета, например, быть членом спортивных сборных или творческих коллективов уни-



верситета. Также распространенное явление – совмещение работы с учебой. Всё это идет в ущерб учебному процессу.

Большинство отставаний от учебного графика выявляется по итогам сессий, когда у студентов уже нет возможности исправить свои недоработки в течение семестра, и они начинают копить долги. Хотя при мониторинге текущей успеваемости и внеучебных факторов, которые могут влиять на учебу, и составлении прогнозов на результат сдачи сессий можно было бы заблаговременно выявить студентов в зоне риска для проведения профилактических мер с целью улучшения успеваемости.

*Сравнительный анализ методов для решения поставленных задач*

Задача прогнозирования – это процесс обработки больших объемов данных и использования различных аналитических методов для предсказания целевых показателей. В наше время задача прогнозирования в полной мере решается средствами машинного обучения, которое предоставляет большой спектр методов интеллектуального анализа данных.

В рамках разрабатываемой системы необходимо соотнести имеющиеся данные к одному из двух классов – «сдано» или «не сдано», то есть классифицировать данные.

Для классификации данных рассмотрим такие методы, как метод опорных векторов, дерево решений, наивный байесовский классификатор, которые применяются для решения различных задач анализа данных.

1) Дерево решений – это набор продукционных правил вида «если..., то...», представленный в виде иерархического графа. Спускаясь по вершинам данного графа, данные соотносятся к одному из существующих классов.

Алгоритм в качестве вершин выбирает тот признак, который обеспечивает макси-

мальное снижение неопределенности классификации по отношению к исходному множеству. После рассматриваются данные, которые являются положительным значением данного признака, и данные, которые являются отрицательным значением [1].

К достоинствам данного метода можно отнести:

- автоматический выбор информативных признаков в качестве вершин узлов;
- алгоритм построения дерева сам формирует правила, по которым идет классификация объектов;
- возможность отображения самого дерева для понимания правил, которые составил алгоритм.

К недостаткам метода следует отнести:

- обучающая выборка уменьшается по экспоненциальной зависимости;
- требуется баланс различных классов в обучающей выборке. При диспропорции классов обучение происходит некорректно [2].

2) Метод опорных векторов. Основная идея метода заключается в поиске гиперплоскости или линии, разделяющей классы наилучшим образом, а расположенные ближе всего к разделяющей гиперплоскости образцы называются опорными векторами (рис. 1). Лучшим разделением классов будет то, при котором расстояние между опорными векторами и разделяющей гиперплоскостью будет максимальным. Это расстояние называется зазором. Характерной чертой метода опорных векторов является применение специальной функции, называемой ядром. Ядро необходимо для преобразования обучающей последовательности данных из исходного Евклидова пространства в более многомерное или, возможно, бесконечномерное пространство признаков и для построения линейной модели (разделяющей гиперплоскости) в этом пространстве признаков.

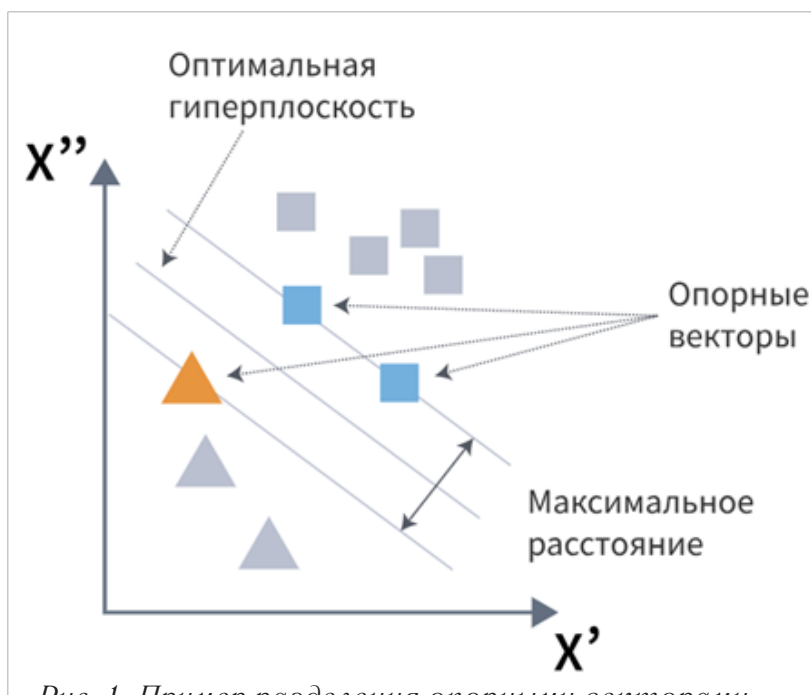


Рис. 1. Пример разделения опорными векторами

Достоинства метода:

- хорошо работает с пространством признаков большого размера;
- хорошо работает с данными небольшого объема;
- алгоритм максимизирует зазор, который позволяет уменьшить количество ошибок классификации;

Недостатки метода:

- очень чувствителен к выбору ядра;
- неустойчивость к шуму: выбросы в обучающих данных становятся опорными объектами-нарушителями и напрямую влияют на построение разделяющей гиперплоскости;
- подбор подходящего ядра является эмпирической задачей [3].

3) Наивный байесовский классификатор – вид классификатора машинного обучения, который основан на применении формулы Байеса со строгим предположением о независимости входных данных.

Формула Байеса имеет следующий вид:

$$P(B | A) = \frac{P(B) \cdot P(A|B)}{P(A)} \quad (1)$$

где  $P(A)$  – априорная вероятность гипотезы  $A$ ,  $P(B)$  – полная вероятность наступ-

ления события  $B$ ,  $P(A | B)$  – вероятность гипотезы  $A$  при наступлении события  $B$ ,  $P(B | A)$  – вероятность наступления события  $B$  при истинности гипотезы  $A$ .

Байесовская вероятность определяется как степень уверенности в истинности суждения. С помощью формулы (1) можно переставить причину и следствие, то есть по известному событию вычислить вероятность того, что оно было вызвано указанной причиной [4].

К достоинствам данного метода следует отнести:

- хорошую производительность;
- простоту реализации;
- возможность работы с категориальными признаками.

Недостатки же метода выражаются в:

- «нулевой частоте», если в учебной выборке не встречалось какое-то значение признака, который присутствует в тестовом наборе, то классификатор присваивает ему нулевую вероятность и исключает из работы;
- полная независимость признаков между собой на реальных данных невозможна.

Для определения наиболее эффективного метода классификации для прогнозирования были проведены эксперименты

на наборе данных, содержащем академические показатели учебы, и внеучебных персональных данных студентов на разных методах прогнозирования.

В качестве способа оценки методов была использована матрица ошибок.

Матрица ошибок представляет собой квадратную таблицу, в которой отображается количество предсказанных и действительных классов для классификационной

модели. В этой матрице строки являются истинными классами, а столбцы представляют предсказанные классы [5].

В ходе экспериментов были составлены матрицы ошибок для каждого метода, чтобы наглядно продемонстрировать, какое число истинных и ложных предсказаний сделал каждый способ.

Матрицы ошибок по каждому методу показаны на рис. 2-4.

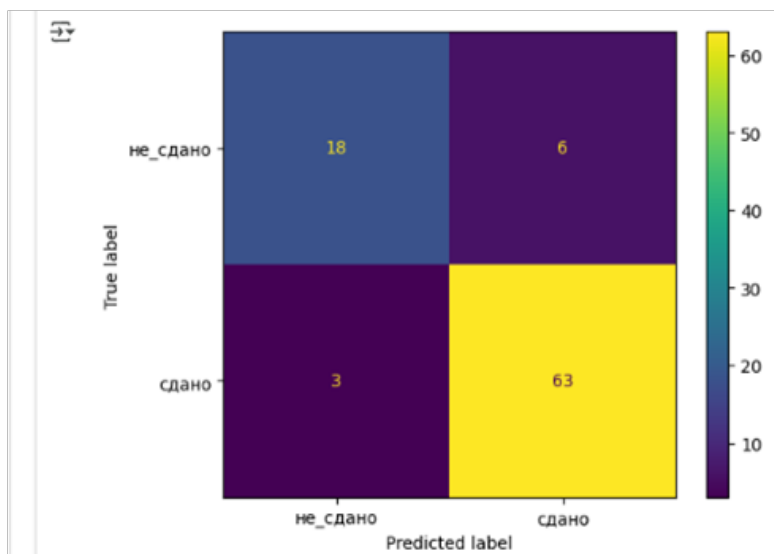


Рис. 2. Матрица ошибок дерева решений

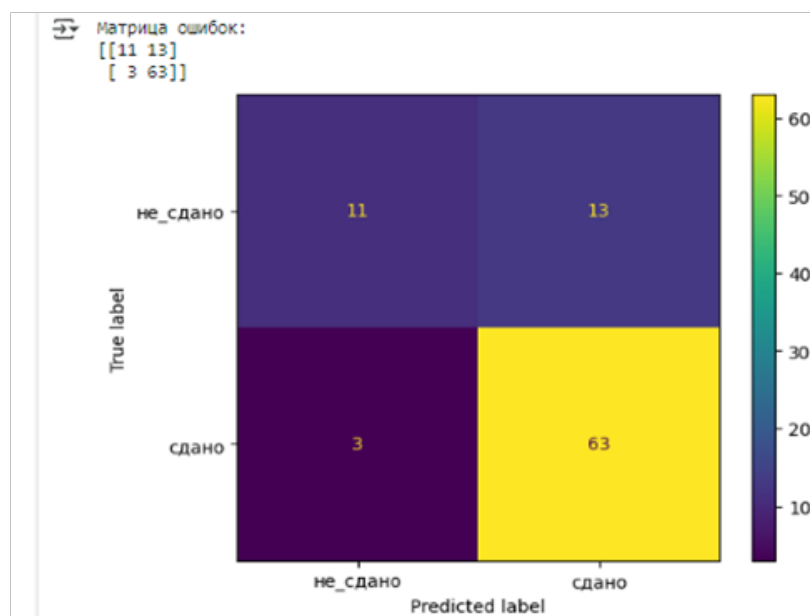


Рис. 3. Матрица ошибок метода опорных векторов

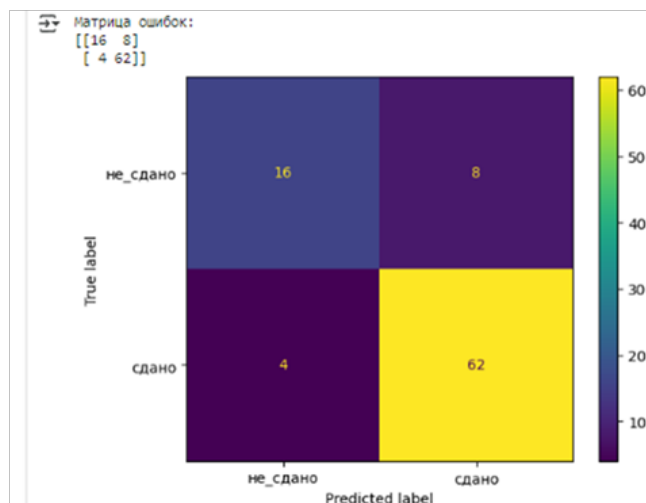


Рис. 4. Матрица ошибок наивного байесовского классификатора

В табл. 1 сведены результаты матриц ошибок.

Таблица 1

Сводная таблица матриц ошибок методов

	Дерево решений	Метод опорных векторов	Наивный байесовский классификатор
Истинно положительные предсказания	63	63	62
Истинно отрицательные предсказания	18	11	16
Ложноположительные предсказания	6	13	8
Ложноотрицательные предсказания	3	3	4
Истинные предсказания	81	74	78
Ложные предсказания	9	16	12

Исходя из табл. 1 можно сделать вывод, что дерево решений показывает наиболее качественное предсказание целевой функции.

После создания модели, ее обучения, проверки качества прогнозирования было получено дерево решений, по которому идет классификация студентов на тех, кто вероятно сдаст сессию, и тех, кто может получить долги по итогам сессии, представленное на рис. 5.

#### Описание системы

Разрабатываемая система (рис. 6), помимо основной функции предсказания вероятности сдачи сессии, также имеет ин-

формационно-справочный функционал и предназначена для пользователей трех категорий: «Староста», «Наставники» академических групп и «Деканат». Пользователям «Староста» доступен функционал по ведению данных о студентах своих групп в системе. Пользователям «Наставники» и «Деканат» доступны функции поиска информации по запросу и получение результатов прогнозирования успеваемости с тем отличием, что «Наставники» получают информацию только по своим группам, а «Деканат» получают доступ к информации обо всех обучающихся их института/факультета.

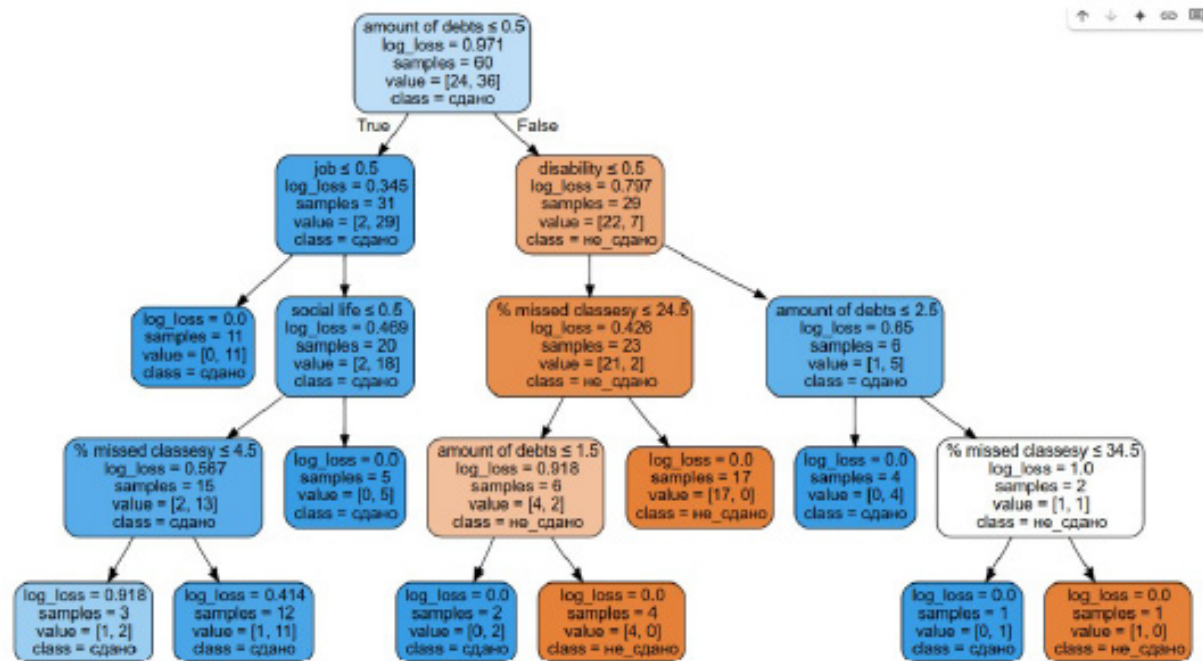


Рис. 5. Дерево решений

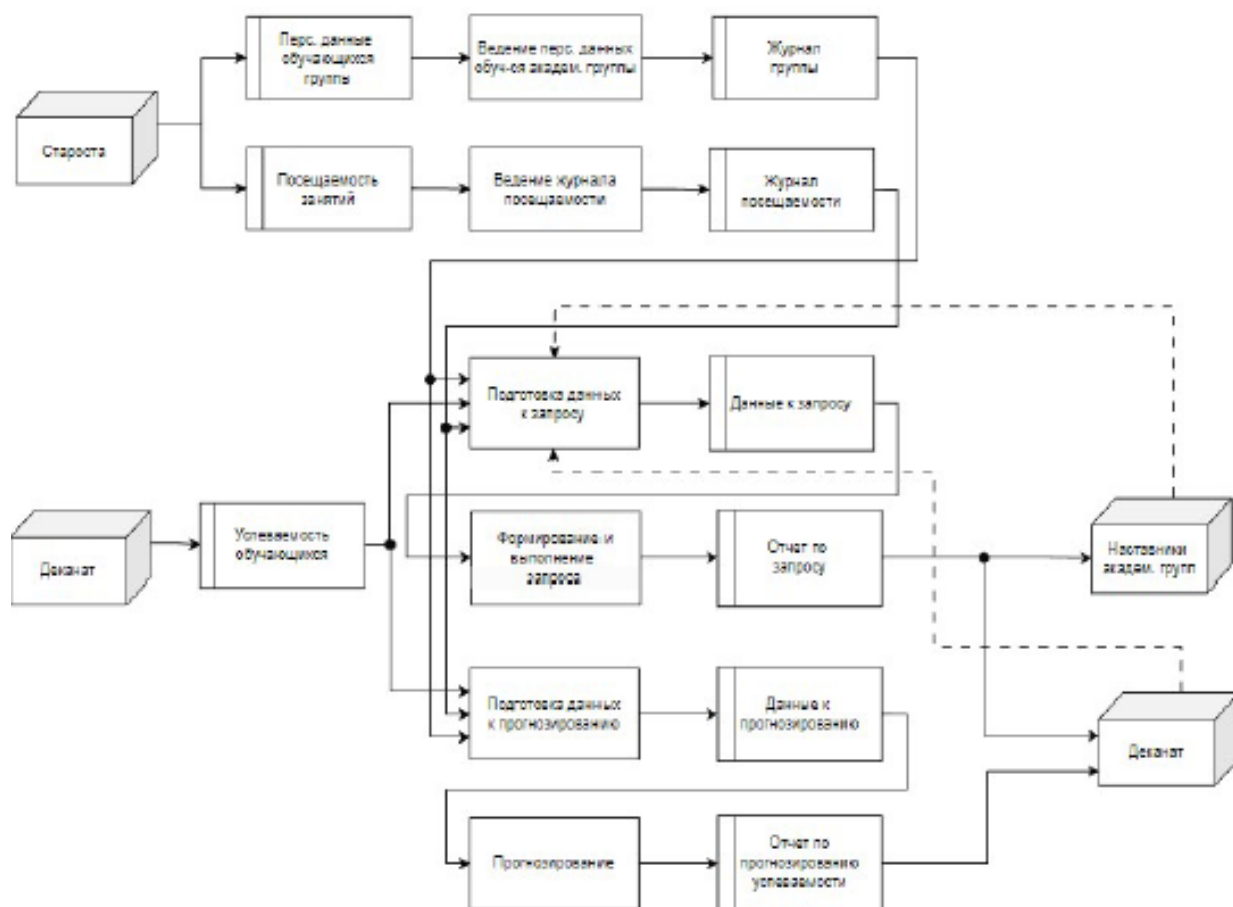


Рис. 6. Модель поведения системы

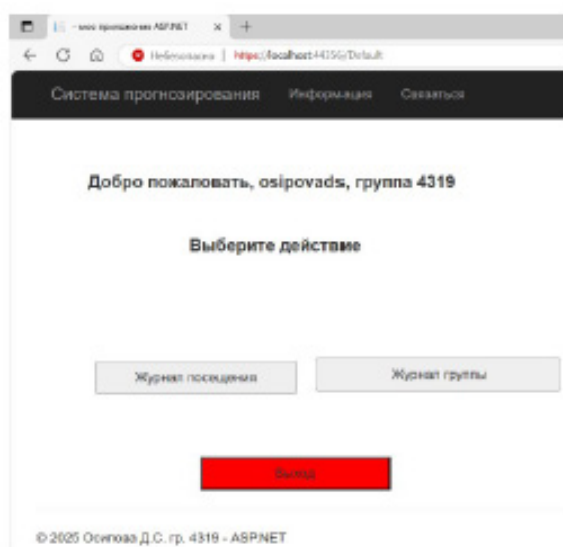


Разрабатываемая система реализована в виде веб-приложения клиент-серверной архитектуры с целью перенести всю основную вычислительную нагрузку и хранение БД на серверы университета, а пользователям предоставить понятный интерфейс для быстрого и простого доступа к системе без необходимости установки программы к себе на компьютер.

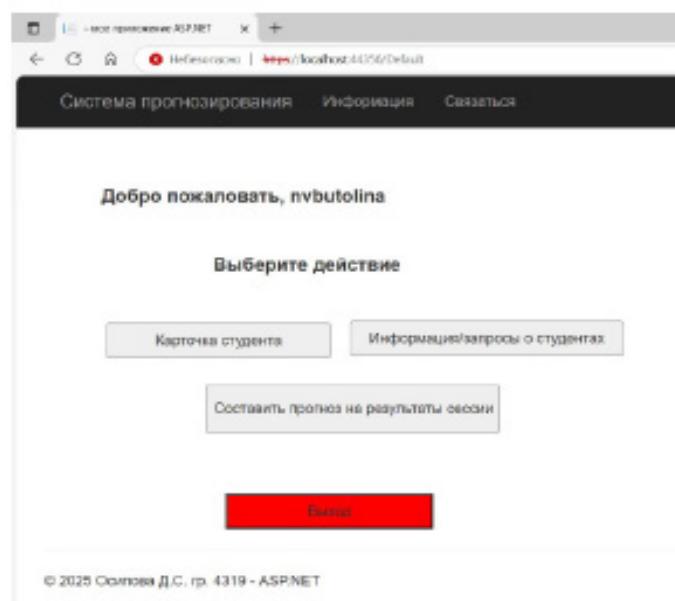
*Реализация интеллектуальной системы*

Так как реализация системы была произведена как веб-приложение, то дальше будет рассмотрен пользовательский интерфейс в окне браузера.

После успешной авторизации система определяет, к какой роли относится пользователь, в зависимости от чего интерфейс и доступный функционал меняются. На рис. 7-9 показаны различные варианты главной страницы.



*Рис. 7. Главная страница роли «Староста»*



*Рис. 8. Главная страница роли «Деканат»*

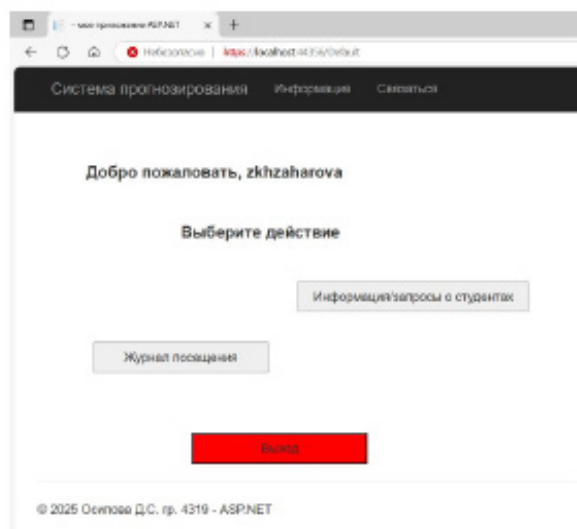


Рис. 9. Главная страница роли «Наставник»

Рассмотрим действие «Журнал посещения», которое доступно ролям «Староста», «Наставник». На рис. 10 показан процесс формирования записи для внесения в журнал посещения, после нажатия кнопки «Записать посещение в БД»

данные будут сохранены в базу данных, форма очистится и появится уведомление об успешной записи данных.

Информация о посещении занятий используется как один из признаков для составления прогнозов успеваемости.

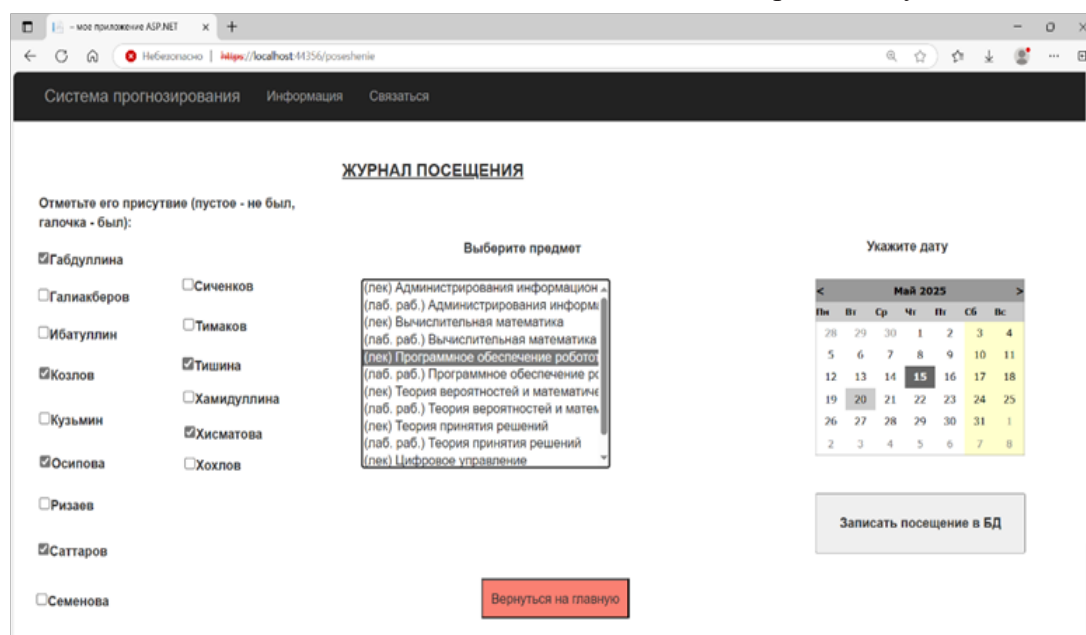


Рис. 10. Заполнение журнала посещения занятия группой

Действие «Информация/запросы о студентах» делает возможным быстрый поиск конкретной информации о студентах, введя ключевое слово или фразу для поиска.

Действие доступно для ролей «Деканат» (поиск будет происходить по всем студентам – рис. 11), и «Наставник» (поиск среди студентов курируемых групп – рис. 12).

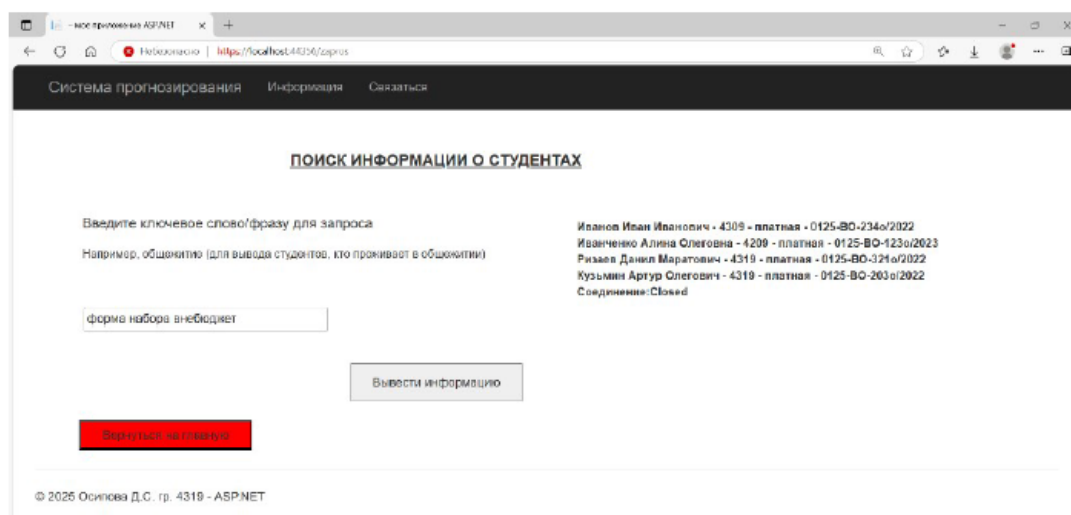


Рис. 11. Результат запроса для роли «Деканат»

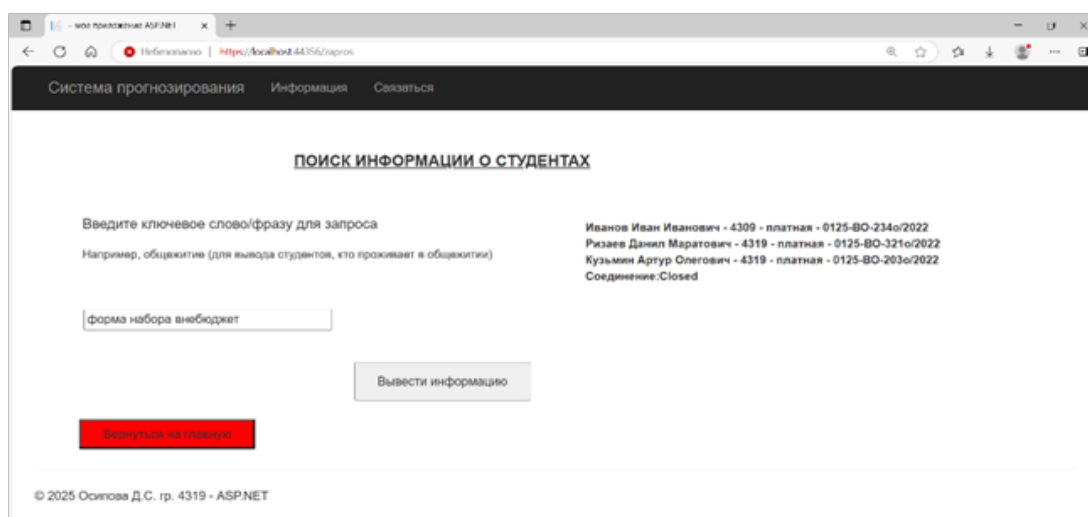


Рис. 12. Результат запроса для роли «Наставник»

При выборе действия «Составить прогноз по результатам сессии» выводится сообщение о запуске процесса прогнозирования, на сервере же происходят вычисления прогноза.

После завершения процесса в папке

«Загрузки» ПК, на котором авторизовался пользователь, появится файл predict.xlsx (рис. 13), содержащий результаты прогнозирования (рис. 14). В целях защиты персональных данных ФИО студентов и их № студенческих билетов заменены.

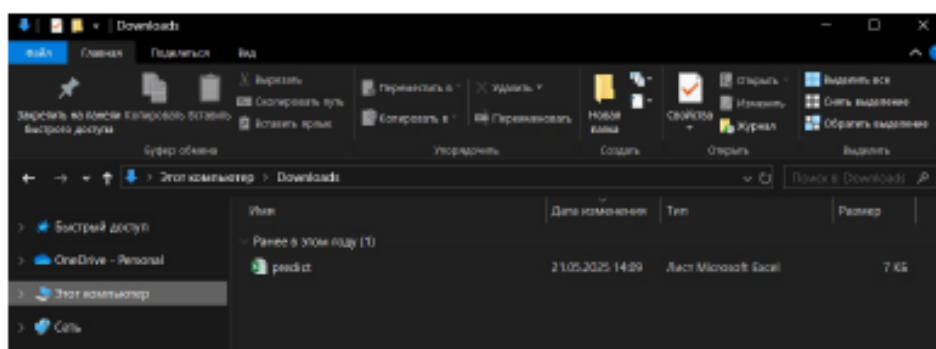


Рис. 13. Расположение файла predict.xlsx

id	статус	предмет	результат
2	4.0	математика	сдано
3	4.0	математика	сдано
4	4.0	математика	сдано
5	4.0	математика	сдано
6	4.0	математика	сдано
7	4.0	математика	сдано
8	4.0	математика	сдано
9	4.0	математика	сдано
10	4.0	математика	сдано
11	4.0	математика	сдано
12	4.0	математика	сдано
13	4.0	математика	сдано
14	4.0	математика	сдано
15	4.0	математика	сдано
16	4.0	математика	сдано
17	4.0	математика	сдано
18	4.0	математика	сдано
19	4.0	математика	сдано
20	4.0	математика	сдано
21	4.0	математика	сдано
22	4.0	математика	сдано
23	4.0	математика	сдано
24	4.0	математика	сдано
25	4.0	математика	сдано
26	4.0	математика	сдано
27	4.0	математика	сдано
28	4.0	математика	сдано
29	4.0	математика	сдано
30	4.0	математика	сдано
31	4.0	математика	сдано
32	4.0	математика	сдано

Рис. 14. Содержимое файла predict.xlsx

#### Заключение

В результате выполнения работы были решены следующие задачи:

- были выявлены проблемы в области мониторинга успеваемости студентов;
- проведен сравнительный анализ существующих методов для решения проблем мониторинга успеваемости и выбран метод для реализации модели прогнозирования успеваемости;

#### Список литературы

1. Деревья решений – CART математический аппарат. Часть 1 // BaseGroup Labs – технологии анализа данных. – URL: <https://basegroup.ru/community/articles/math-cart-part1> (дата обращения: 01.02.2025). – Текст: электронный.
2. Зайцева, Т. В. Программная реализация метода деревьев решений для решения задач классификации и прогнозирования / Т. В. Зайцева, Н. В. Васина, О. П. Пусная, Н. Н. Смородина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2013. – № 7 (150). – С. 121-127.
3. Михайлов, И. С. Разработка модификации метода опорных векторов для решения задачи классификации с ограничениями на предметную область / И. С. Михайлов, Зеар Аунг, Ёе Тху Аунг // Программные продукты и системы. – 2020. Т. 33. № 3. – С. 439–448.
4. Сабуров, В. С. Байесовский классификатор в машинном обучении / В. С. Сабуров // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 78-81.
5. Матрица ошибок confusion\_matrix() в scikit-learn // Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/868636/> (дата обращения: 01.12.2024). – Текст: электронный.

– разработана интеллектуальная система для достижения цели по повышению качества обучения за счет прогнозирования студентов, отстающих от учебного графика.

При дальнейшей работе по улучшению системы прогнозирования успеваемости планируется добавление возможности прогнозирования успеваемости по каждому отдельному предмету.

УДК 004.838.3

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В УНИВЕРСИТЕТСКОЙ СРЕДЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ОФИСНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

## USING NEURAL NETWORKS IN A UNIVERSITY ENVIRONMENT TO IMPROVE OFFICE EFFICIENCY

Ситникова А.С., директор Кадрово-ресурсного центра искусственного интеллекта, информационных технологий и робототехники Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»;  
ORCID: 0009-0004-9334-9777;  
Чикрин Д.Е., директор Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;  
ORCID: 0000-0003-1358-8184

Sitnikova A.S., Director of the Human Resources Center for Artificial Intelligence, Information Technology and Robotics, Institute of Artificial Intelligence, Robotics and Systems Engineering, Kazan (Volga Region) Federal University;  
ORCID: 0009-0004-9334-9777;  
Chikrin D.E., Director of the Institute of Artificial Intelligence, Robotics and Systems Engineering, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia;  
ORCID: 0000-0003-1358-8184

### Аннотация

Статья направлена на определение возможностей внедрения инструментов искусственного интеллекта для усовершенствования механизмов обработки повседневных рабочих процессов образовательных учреждений с эффективным применением нейросетей.

В этой статье детально рассматривается вопрос о том, как возможности искусственного интеллекта могут повышать офисную эффективность работника университета, описываются основы нейросетей и принципы написания эффективных запросов для максимальной результативности применения инструментов искусственного интеллекта, учитывающей специфику документооборота в образовательной организации.

Приводятся примеры эффективного использования искусственного интеллекта и нейронных сетей на цифровой образовательной среде (генерация и обработка текстов, изображений и презентационных материалов, распознавание текстов на разных языках, распознавание речи, структурирование и обобщение материалов в различных форматах). Данные получены на основе практического опыта сотрудников университета различных структурных подразделений, включая профессорско-преподавательский состав, административный персонал и специалистов вспомогательных служб.

Достигнутые результаты – сокращение времени на реализацию базовых рутинных управленческих процессов в образовательных организациях; обработка, структурирование и единообразное оформление больших объемов информации; повышение цифровой грамотности сотрудников.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейросети, стратегическое управление организацией, интеграция, офисная эффективность

### Abstract

The article aims to determine the possibilities of implementing artificial intelligence tools to improve the mechanisms for processing everyday work processes in educational institutions with the effective use of neural networks.

This article examines in detail the issue of how artificial intelligence capabilities can increase the office efficiency of a university employee, describes the basics of neural networks and the



principles of writing effective queries for maximum efficiency in using artificial intelligence tools, taking into account the specifics of document flow in an educational organization.

Examples of the effective use of artificial intelligence and neural networks in a digital educational environment are given (generation and processing of texts, images and presentation materials, recognition of texts in different languages, speech recognition, structuring and summarizing materials in various formats). The data is obtained based on the practical experience of university employees from various structural divisions, including faculty, administrative staff and support service specialists.

The results achieved are a reduction in the time required to implement basic routine management processes in educational organizations; processing, structuring and uniform presentation of large volumes of information; increasing the digital literacy of employees.

**Keywords:** artificial intelligence, neural networks, strategic management of the organization, integration, office efficiency

### *Введение*

Цифровая трансформация федеральных университетов и внедрение технологий искусственного интеллекта становятся стратегически важным аспектом повышения эффективности жизнедеятельности университета, особенно для вузов, участвующих в программе стратегического академического лидерства «Приоритет 2030».

Ведение документооборота в любом подразделении университета является одним из наиболее трудоемких сфер административно-управленческой деятельности вуза и представляет собой перспективную область для оптимизации повседневных процессов посредством использования технологий искусственного интеллекта. Их способность обучаться, обобщать информацию и решать сложные задачи делает их универсальным инструментом в самых разных сферах. Ученые из Московского городского педагогического университета Григорьев С.Г. и Сафронов А.А. в своей статье отмечают необходимость использования нейронных сетей в профессиональной среде для автоматизации образовательных процессов, научно-практической деятельности и систематизации уже имеющейся информации [1].

Руководители зарубежных вузов практикуют внедрение цифровых технологий в деятельность университета в различных сферах, от образования до управления университетом. Использование нейро-

сетей способствует удовлетворению потребностей в образовании обучающихся всех уровней образования путем создания новых уникальных образовательных программ, автоматизация проверки полученных в процессе обучения результатов обучающихся дает возможность перераспределить ранее затрачиваемое на это время для других целей [2].

Актуальность внедрения инструментов искусственного интеллекта в документооборот университета обусловлена несколькими факторами. Во-первых, возрастающий объем документации – современные образовательные учреждения высшего образования разрабатывают локально-нормативные документы различного типа (от учебно-методических материалов до финансовой и кадровой документации), требующие соответствия постоянно обновляющимся нормативным требованиям. Во-вторых, необходимость соблюдения строгих стандартов оформления документации, что подразумевает соответствие ГОСТам и другим нормативным требованиям, проверка на соответствие, которая является трудоемким процессом. В-третьих, ограниченность человеческих ресурсов – в условиях оптимизации штатов административного персонала возрастает потребность в автоматизации рутинных процессов для высвобождения времени сотрудников на решение стратегических задач. В-четвертых, развитие доступных

ИИ-технологий – появление мощных языковых моделей (ChatGPT, GigaChat, DeepSeek и др.) с возможностью обработки различных типов документов открывает новые перспективы для их интеграции в административные процессы вуза.

Интеграция искусственного интеллекта подразумевает создание единой системы для выполнения комплексных задач, требующих разнообразных специализированных знаний и навыков. Автоматизация рабочих процессов способствует сокращению времени, затрачиваемого на их выполнение, снижает количество ошибок при обработке больших объемов информации и структурировании информации из различных источников.

Современное развитие нейросетей позволяет объединять и координировать различные процессы и решать сложные междисциплинарные задачи, для выполнения которых в традиционном управлении организациями высшего образования могут быть задействованы несколько специалистов из различных сфер деятельности (экономической, научно-исследовательской, инновационной и т.д.). Внедрение инструментов искусственного интеллекта обеспечивает гибкое взаимодействие нескольких модулей управления данным в зависимости от конкретных потребностей. Например, составление финансовой или научно-исследовательской отчетности федерального и регионального масштаба. В статье [3] проведен подробный анализ внедрения инструментов искусственного интеллекта при выполнении рабочих процессов сотрудников зарубежных компаний с различными функциями и обязанностями: от стратегического, проектного и корпоративного управления до управления финансами. Результаты исследования подтверждают сокращение времени, затрачиваемого на выполнение рутинных задач, и демонстрируют увеличение производительности труда.

В статье [4] обозначено, что роботизи-

рованная автоматизация процессов позволяет имитировать рабочие функции человека путем наблюдения за работой и анализом получаемых в процессе результатов. Роботизированная система работает в сочетании когнитивных технологий, инструментов искусственного интеллекта и управления рабочими бизнес-процессами и выполняет рабочие задачи, максимально имитируя сценарий выполнения человеком.

Ученые Уральского государственного экономического университета подробно рассмотрели возможности применения инструментов искусственного интеллекта на основе статистических данных для определения эффективности использования искусственного интеллекта в деятельности организаций государственного управления в контексте цифровой экономики и выявления лучших практик и подходов к процедуре оптимизации рутинных процессов [5].

Целью данной статьи является анализ и определение основных направлений деятельности для возможности оптимизации административных процессов высших учебных заведений с помощью инструментов искусственного интеллекта.

*Анализ применения инструментов искусственного интеллекта в документообороте университета*

Особенности применения инструментов искусственного интеллекта в документообороте университета напрямую зависят от сложной многоуровневой системы работы с документами различного типа. В первую очередь, образовательное учреждение высшего образования основывается на учебно-методической документации (рабочие программы дисциплин, фонды оценочных средств, учебные планы), что составляет основу деятельности профессорско-преподавательского состава и обеспечение образовательного процесса. Помимо преподавательской нагрузки, сотрудники сектора образования участвуют в выполнении научно-исследовательской и опытно-кон-

структорской деятельности (отчеты, заявки на гранты, научные статьи). Для обеспечения успешного функционирования федерального университета необходима оптимизация деятельности управленческого сектора со стороны сотрудников, отвечающих за организационно-распорядительную документацию (приказы, распоряжения, служебные записки), финансовую (сметы, отчеты, договоры) и кадровую документацию (личные дела, трудовые договоры, должностные инструкции) и прочее.

В 2025 г. в ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» было проведено исследование по использованию различных платформ искусственного интеллекта для определения возможностей оптимизации административных процессов вуза.

В исследовании приняли участие 196 сотрудников университета, предста-

вителей различных сфер деятельности: 85 сотрудников из числа профессорско-преподавательского состава институтов естественно-научного и социо-гуманитарного блоков, 43 сотрудника Департамента бухгалтерского учета и отчетности, 24 сотрудника Управления кадров, 15 сотрудников Управления документооборота и контроля, 15 сотрудников Центра перспективного развития и др. (Ректорат, Земельно-имущественное управление, Департамент образования, Управление инновационного развития, Департамент по молодежной политике, Научная библиотека).

Выборка участников исследования составлена с учетом специфики работы с различными типами документов (регламенты, инструкции, программы, финансовая отчетность и т.д.) и необходимого набора определенных навыков для выполнения рабочих задач, что показано на рис. 1.

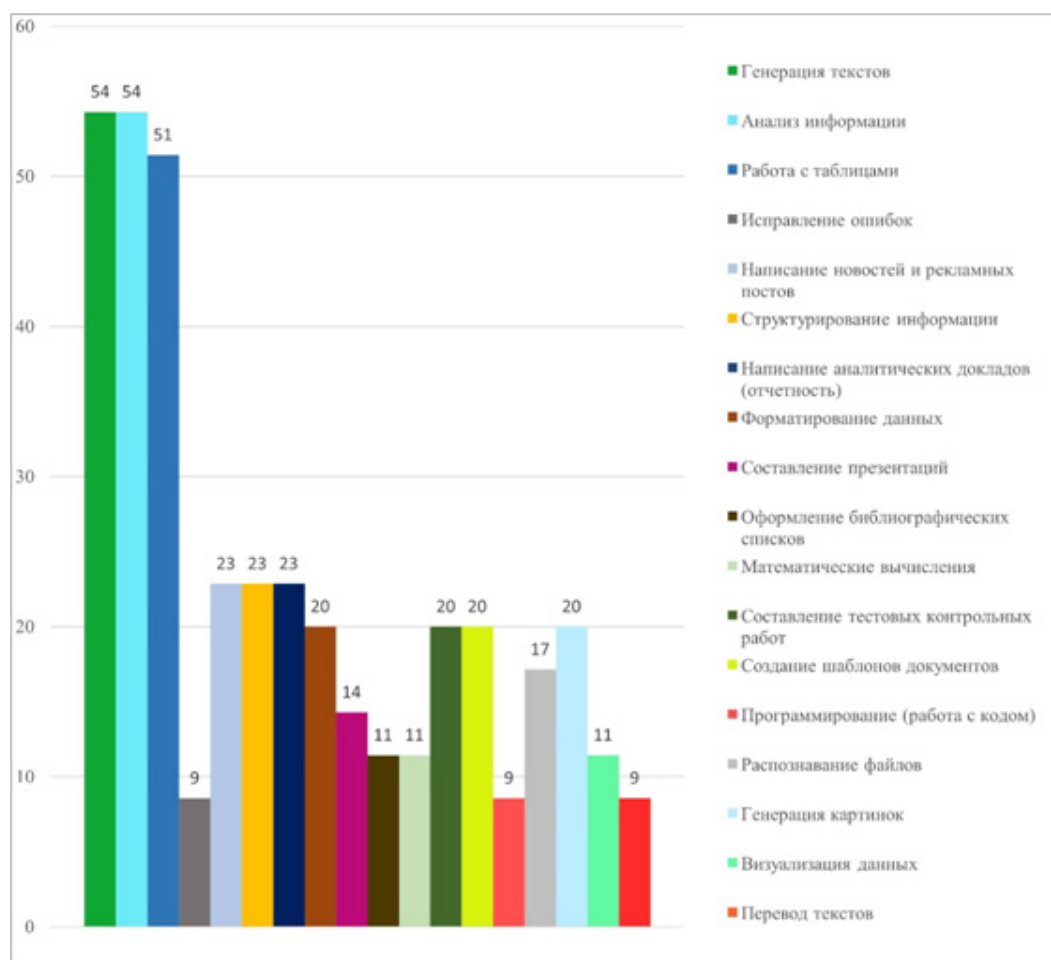


Рис. 1. Применение инструментов искусственного интеллекта при выполнении рутинных задач сотрудниками университета

Представленная на рис. 1 диаграмма отражает процентное распределение различных типов задач, выполняемых с применением технологий искусственного интеллекта в университетской среде.

Анализ данных позволяет выявить приоритетные направления использования ИИ-инструментов в академическом контексте. Наиболее интенсивно технологии искусственного интеллекта применяются для генерации текстов и анализа информации (54%), а также для работы с табличными данными (51%). Первичная обработка информации и создание текстового контента являются доминирующими областями применения ИИ в университетской деятельности.

Вторую группу составляют задачи, связанные с написанием новостей и рекламных постов, структурированием информации и созданием аналитических докладов (23% каждая категория). Данный кластер задач характеризуется более специализированным применением ИИ для решения конкретных коммуникационных и аналитических задач.

Для выполнения задач первой и второй групп сотрудники университета чаще всего пользовались следующими платформами: GigaChat, DeepSeek и ChatGPT.

Третья группа задач включает форматирование данных, составление тестовых контрольных работ, создание шаблонов документов и исправление ошибок, что составляет 20% по каждой категории. Эти результаты указывают на существенный потенциал ИИ в оптимизации образовательных и административных процессов. Сотрудники университета с одинаковой частотой выбирали различные платформы искусственного интеллекта: Qwen-3, AssemblyAI, ЯндексGPT, ChatBotChat App и другие.

Менее распространенным, но значимым направлением применения ИИ является работа с табличными данными в специализированном контексте (17%), чаще всего

это наблюдается при составлении аналитических справок и специализированной статистической отчетности, отражающей все аспекты деятельности университета.

Однако составление и оформление материалов в формат презентаций занимает всего 14% от общего распределения, хотя данная задача является самым необходимым вариантом представления информации о деятельности как целых структурных подразделений, так и отдельных сотрудников (проректоров, руководителей, профессорско-преподавательского состава и др.). Самый популярный инструмент для составления презентационных материалов – платформа Gamma.ai, которой воспользовались все сотрудники, участвующие в проведенном исследовании вне зависимости от структурного подразделения и характера обрабатываемой информации. Наименее распространенными задачами оказались оформление библиографических списков и визуализация данных (11%), программирование, распознавание файлов, генерация изображений и перевод текстов (9% каждая).

Полученные данные позволяют сделать вывод о неравномерном распределении применения ИИ-технологий в университетской среде с явным доминированием задач текстовой обработки и информационного анализа.

Это может быть обусловлено как объективной потребностью в автоматизации именно этих процессов, так и текущим уровнем развития и доступности соответствующих ИИ-инструментов.

#### *Обсуждение и результаты*

Детальный анализ кейсов использования технологий искусственного интеллекта и специфики документов среди сотрудников, представляющих разнообразные структурные подразделения, позволяет выявить наиболее трудоемкие задачи, подходящие для внедрения процессов оптимизации электронного документооборота.

Например, представители профессор-

ско-преподавательского состава генерируют и структурируют учебно-методические материалы, программы дисциплин, что занимает более 50% от общей рабочей нагрузки (использование ChatGPT для генерации описательной части рабочей программы, составление контрольных работ). Представители финансовых служб и центров аналитики, в большинстве, работают с табличными данными при обработке финансовой информации и составлении сводной отчетности, что позволяет снизить количество затрачиваемого времени до 70% (свод данных из разных файлов Excel, формирование аналитических справок и пояснительных записок). В кадровом документообороте инструменты искусственного интеллекта применяют для составления типовых документов – ша-

блонов, связанных с условиями трудовой деятельности, должностными инструкциями (сотрудники Управления кадров университета используют DeepSeek для отслеживания динамики текучести кадров при сопоставлении причин увольнения сотрудников из разных структурных подразделений). Наблюдение за рабочими процессами сотрудников Управления документооборота и контроля установило, что функции распознавания файлов от текстовых до голосовых форматов сокращают время на обработку и составление документов по итогам различных встреч, совещаний, конференций на 95%.

Количественные показатели эффективности внедрения инструментов искусственного интеллекта в рабочие процессы отражены на рис. 2.

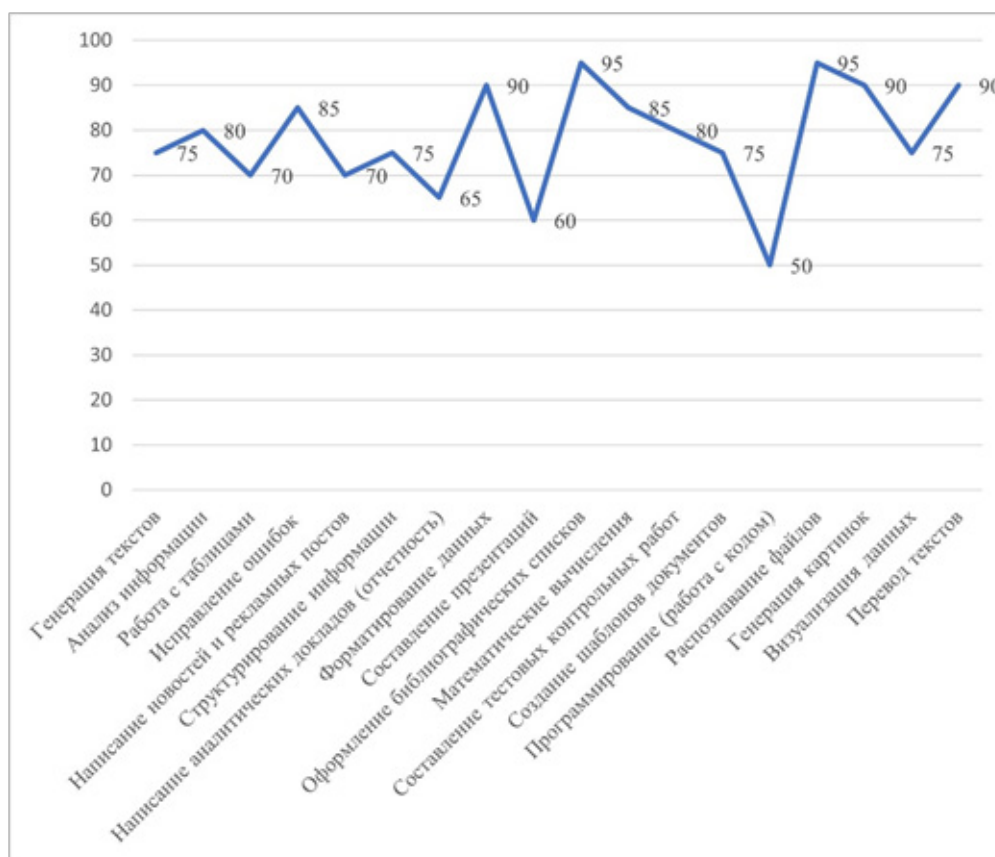


Рис. 2. Сокращение временных затрат на выполнение рабочих процессов сотрудников университета



Проведенный анализ отражает дифференцированный подход к использованию инструментов искусственного интеллекта и выявляет корреляцию между функциональными обязанностями сотрудников различных структурных подразделений университета, что свидетельствует о необходимости внедрения инструментов искусственного интеллекта в рабочие процессы вуза.

#### *Выводы*

Результатом работы является высокий потенциал для внедрения инструментов искусственного интеллекта в перспективные направления документооборота и формирование стратегий цифровых преобразований управления образовательным учреждением.

Наиболее активными пользователями платформ искусственного интеллекта являются представители профессорско-преподавательского состава и сотрудники финансовых служб, что свидетельствует о целесообразности приоритетного внедрения инструментов искусственного интеллекта именно в этих подразделениях университетской инфраструктуры.

Полученные результаты могут служить основой для разработки методики создания эффективных запросов для правильного взаимодействия с возможностями искусственного интеллекта, адаптированные под специфику документов, разрабатываемых в университете.

#### **Список литературы**

1. Григорьев, С. Г. Искусственный интеллект в образовании: приложения систем искусственного интеллекта к анализу и построению онтологических конструкций / С. Г. Григорьев, А. А. Сафронов // Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». – 2024. – № 1 (67). – С. 7–17.
2. Garcia-Penalvo F.J. Generative Artificial Intelligence: New Scenarios in Teaching, Learning, and Communication. VIII Congreso Internacional de Estudios sobre Medios de Comunicac (Universidad Complutense de Madrid, September 6th, 2023). URL: [https://www.researchgate.net/publication/373776877\\_Generative\\_Artificial\\_Intelligence\\_New\\_Scenarios\\_in\\_Teaching\\_Learning\\_and\\_Communication](https://www.researchgate.net/publication/373776877_Generative_Artificial_Intelligence_New_Scenarios_in_Teaching_Learning_and_Communication) (accessed: 18.07.2025).
3. Пугачева, О. В. Генеративный искусственный интеллект в действии: повышение производительности и эффективности управления / О. В. Пугачева, // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2024. – Т. 22, № 3. – С. 24–32. – DOI: 10.24147/1812-3988.2024.22(3).24-32.
4. Толкаченко, О. Ю. Возможности применения технологий искусственного интеллекта российскими компаниями с целью повышения экономической эффективности их деятельности / О. Ю. Толкаченко // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2023. – № 1 (61). – С. 75-83.
5. Сулимин, В. В. Анализ использования искусственного интеллекта в цифровой экономике для улучшения прозрачности и эффективности государственного управления / В. В. Сулимин, В. В. Шведов // Теория и практика общественного развития. – 2023. – № 6. – С. 181–186. <https://doi.org/10.24158/tipor.2023.6.22>.

**УДК 37.04****ПОВЫШЕНИЕ ПУБЛИКАЦИОННОЙ  
АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ  
ПРИ ПОМОЩИ ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА****INCREASING THE PUBLICATION  
ACTIVITY OF UNIVERSITY STUDENTS  
WITH THE HELP OF ARTIFICIAL  
INTELLIGENCE**

*Трегубова Т.М., д.пед.н., профессор кафедры  
педагогики и психологии в сфере физической  
культуры и спорта;*

*ORCID: 0000-0001-9938-0098;*

*Кац А.С., к.пед.н., младший научный  
сотрудник научно-исследовательского  
института физической культуры и  
спорта Поволжского государственного  
университета физической культуры, спорта  
и туризма, г. Казань, Россия  
ORCID: 0000-0002-8888-9793*

*Tregubova T.M., Doctor of Pedagogical Sciences,  
professor of the Department «Pedagogy and  
Psychology in the sphere of physical culture and  
sports»;*

*ORCID: 0000-0001-9938-0098;*

*Kats A.S., Candidate of Pedagogical Sciences,  
junior researcher of scientific-research institute  
of physical culture and sports, Volga region state  
university of physical culture, sports and tourism,  
Kazan, Russia;  
ORCID: 0000-0002-8888-9793*

**Аннотация**

Актуальность исследования обусловлена тем, что студенты вузов в процессе профессиональной подготовки формируют свои исследовательские навыки и обучаются основам научно-исследовательской деятельности. Современные научные исследования студентов должны отвечать следующим критериям: логичность и последовательность изложения материалов исследования, обоснованность выводов исследования, качественный обзор отечественных и зарубежных источников (для теоретических статей), точность расчётов (для практических статей), чёткая логическая структура статей. Ввиду популяризации технологий искусственного интеллекта возникает противоречие между качественно выполненными исследованиями и необходимостью повышения публикационной активности студентов вуза. Цель исследования – доказать, что технологии искусственного интеллекта могут повысить публикационную активность студентов (на примере использования нейросетей Chat GPT 4.5, Gamma и Marify). Целесообразность исследования заключается в том, что авторы статьи выступали в качестве  $\beta$ -тестеров нейросетей в ходе обучения по курсу повышения квалификации «Искусственный интеллект и нейросети в методической работе педагога». Предложено, что технологии искусственного интеллекта могут быть использованы студентами для облегчения рутинных работ в ходе написания статьи. Однако творческая часть исследования остаётся за студентом. Доказано, что использование нейросетей Chat GPT 4.5, Gamma и Marify позволит структурировать содержательную часть статьи и облегчит подготовку презентации для выступления. На основании результатов  $\beta$ -тестирования нейросетей было установлено, что технологии искусственного интеллекта позволяют персонализировать учебный процесс за счёт своих расширенных возможностей (написание текстов разного стиля, работа с графикой и видео, сочинение текстов песен и др.). Был сделан вывод о том, что технологии искусственного интеллекта разработаны в помощь студенту, однако он не является полноценной заменой мыслительного процесса человека. Таким образом, технологии искусственного интеллекта, с одной стороны, позволяют студенту самостоятельно «оцифровывать» большой объем данных, а с другой стороны, самостоятельно формулировать выводы на основе представленных данных.

**Ключевые слова:** технологии искусственного интеллекта, нейросети, повышение квалификации, публикационная активность, студенты

**Abstract**

The relevance of the research is due to the fact that university students during their professional

training form their research skills and study the basics of research activities. Modern students' scientific research has to meet the following criteria: logicity and the sequence of materials of the research, validity of conclusions of the research, a qualitative review of Russian and foreign sources (for theoretical articles), the accuracy of calculations (for practical articles), accurate logical structure of articles. In view of popularization of artificial intelligence technologies, there is a contradiction between high-quality research and the need to increase publication activity of university students. A research objective is to prove that technologies of artificial intelligence can increase the publication activity of students (on the example of using the Chat GPT 4.5, Gamma, and Mapify neural networks). The expediency of a research is that the authors of the article acted as  $\beta$ -testers of neuronets during a qualification training: «Artificial intelligence and neuronets in methodical work of a teacher». It is offered that technologies of artificial intelligence can be used by students for simplification of routine works during the article writing. However, a creative part of a research remains for the student. It is proved that use of neuronets, such as Chat GPT 4.5, Gamma, and Mapify allows to structure a substantial part of the article and facilitate the preparation of the presentation for a scientific performance. Based on the results of  $\beta$ -testing of neuronets it was found that artificial intelligence technologies allow to personalize the educational process due to their expanded capabilities (writing texts of different styles, working with graphics and video, composing lyrics, etc.). The conclusion was drawn that artificial intelligence technologies were developed to help the student, however, it is not full-fledged replacement of thinking process of the personality. Thus, artificial intelligence technologies, on the one hand, allow the student «to digitize» independently a large volume of data, and on the other hand, independently to formulate conclusions based on the provided data.

**Keywords:** technologies of artificial intelligence, neuronet (neural networks), qualification training, publishing activity, university students

### *Введение*

Актуальность исследования обусловлена тем, что требования, предъявляемые к научно-исследовательской деятельности студентов, являются жёсткими и регламентированными. По мнению экспертов Поволжского ГУФКСИТ, «качество исследовательских проектов вызывает тревогу и имеются проблемы с мотивацией обучающихся по их включению в научные исследования» [1, с. 145]. Это может быть обусловлено популяризацией технологий искусственного интеллекта в образовании. Существуют риски, что студент, активно использующий технологии искусственного интеллекта при написании научных работ, привыкает к его помощи и не сможет самостоятельно мыслить. Однако данное предположение ошибочное, разберём подробно возможности технологий искусственного интеллекта в данной статье.

В современных условиях цифровой трансформации технологии искусственно-

го интеллекта всё чаще становятся вспомогательными инструментами для студентов при написании статей, курсовых и выпускных квалификационных работ. Это обусловлено не только пользовательской доступностью технологий искусственного интеллекта, но и тем, что данные технологии призваны сделать процесс обучения более персонализированным и дать возможность студенту развиваться по индивидуальному образовательному треку [2, 3]. Это становится возможным, если применять в обучении студентов виртуальных наставников, пользоваться функцией персональной и оперативной обратной связи, а также возможностью отслеживания прогресса в обучении.

На современном этапе развития цифровых технологий спектр их применения постоянно расширяется, создаётся всё больше технологий искусственного интеллекта для удовлетворения вариативных потребностей студентов цифрового поколения.

Л.Р. Ярулина «сформировала» портрет студентов цифрового поколения, согласно которому отличительными характеристиками данных студентов являются «ориентация на себя, открытость переменам и восприимчивость к информации, полученной из выбранных ими информационных Internet источников» [4, с. 4].

Этично ли использовать ChatGPT 4 при подготовке к выпускной квалификационной работе? Разработчики методического пособия «Влияние искусственного интеллекта на образование» убеждены, что использование нейросетей, таких как Chat GPT 4.5 или Deep Seek, является целесообразным, если использовать их разумно.

Это предполагает, что творческую часть написания выпускной квалификационной работы студент осуществляет сам, а рутинные операции (такие, как отбор литературы, оформление списка литературы) может выполнить искусственный интеллект [5]. При этом студенту следует самому формулировать логические выводы по параграфу и защищать свою работу рекомендуется самостоятельно.

А.В. Незнамова в своей книге «Белая книга этики в сфере искусственного интеллекта» разбирает кейсы этичности использования искусственного интеллекта в различных сферах жизнедеятельности. Она уточняет, что искусственный интеллект следует рассматривать как вспомогательный инструмент в написании научных работ студента, поскольку искусственный интеллект не является полноценной заменой мыслительному процессу человека [6].

#### *Методика*

Авторы статьи в мае 2025 г. успешно прошли курсы повышения квалификации «Искусственный интеллект и нейросети в методической работе педагога» (72 ч.). Авторы статьи выступали в качестве  $\beta$ -тестеров нейросетей, сравнивали их преимущества и недостатки для деятельности преподавателя высшей школы и обменивались идеями относительно

но возможности внедрения нейросетей в образовательный процесс в высшей школе. В ходе работы с технологиями искусственного интеллекта авторы статьи освоили составление конспектов занятий для студентов, подготовку презентаций к занятию в высшей школе, написание промптов для создания jpg-фотографии или анимированного видео, составление текстов песен и др. В результате изучения вариативных нейросетей было установлено, что три нейросети являются наиболее конструктивными для саморазвития студентов и повышения их публикационной активности – ChatGPT 4.5, Gamma и Mapify.

*Цель исследования* – доказать, что технологии искусственного интеллекта могут повысить публикационную активность студентов (на примере использования нейросетей ChatGPT 4.5, Gamma и Mapify).

#### *Основная часть*

Технологии искусственного интеллекта призваны не только разнообразить досуг студента, но и помочь ему в достижении профессиональных целей. Этому способствует то, что любая технология искусственного интеллекта разработана с целью сделать сложное простым и доступным для понимания студентов. Это не означает, что искусственный интеллект не «владеет» научным языком и терминологией. Владеет, только в ChatGPT 4.5 следует правильно задавать поисковый запрос. Для этого важно быть точным, кратким и логичным в формулировках, чтобы Chat GPT 4.5 корректно обработал запрос, и подчеркнуть, что идеи для статьи должны быть оформлены в научном стиле. Если результат не до конца соответствует вашим ожиданиям, можно продолжить диалог, чтобы уточнить интересующие вопросы.

В процессе исследования возможностей нейросети Gamma было установлено, что с её помощью студентам можно создавать креативные презентации для выступления на конференции. В данной нейросети можно вставить текст с продуманной структурой и содержанием презентации из



ChatGPT 3.5, и искусственный интеллект сгенерирует презентацию. Сохранив её, в Power Point можно редактировать созданную презентацию. Есть возможность предоставить также сгенерировать презентацию на предложенную тему искусственному интеллекту с нуля. Однако первый вариант является более точным и результативным, поскольку структура презентации продумана заранее.

Если рассматривать возможности нейросетей «Marify» и «Mindmaster», то благодаря доступности интерфейса можно студентам самостоятельно создать интеллект-карту или схему для подготовки будущей статьи.

Интеллект-карта – это наиболее удобный способ структурирования и запоми-

нания сложной информации, который позволит сделать студенческие тексты более продуманными и логичными. В центре расположено ключевое понятие, в нашем случае – физическая культура и спорт.

От центрального понятия отходят ответвления:

1. Развитие физической культуры и спорта в России;
2. Физическая культура и спорт. Пути развития;
3. Физическая культура и спорт как часть общей культуры.

На рис. 1 и 2 соответственно представлены примеры интеллект-карты и схемы, выполненные в нейросетях Marify и Mind Master.

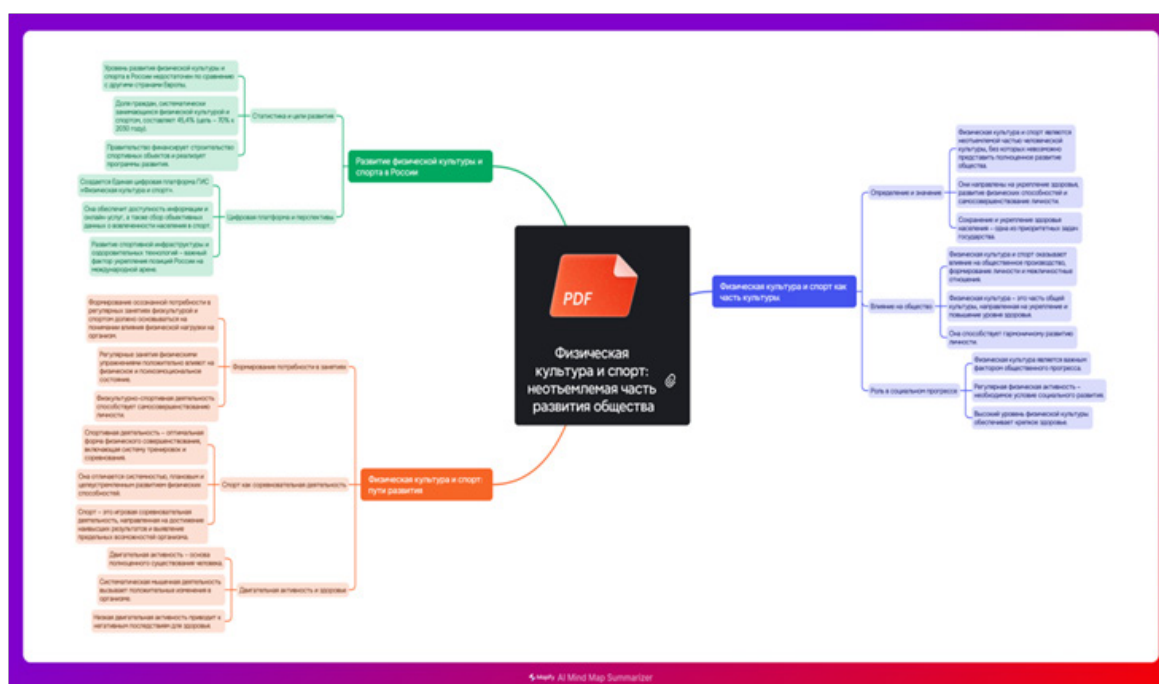


Рис. 1. Интеллект-карта «Физическая культура и спорт: неотъемлемая часть развития общества» (нейросеть Marify)

Отечественные ученые-исследователи в области искусственного интеллекта (Д.О. Барина, А.А. Шакарикова; Э.Ш. Бекирова) [7; 8] рассматривают технологии искусственного интеллекта как инструмент для совершенствования качества обучения и академической успеваемости студентов вуза.

Д.О. Барина, А.А. Шакарикова от-

мечают, что использование студентами ChatGPT в образовательных целях будет способствовать «развитию навыков самостоятельного поиска информации, а также повысить мотивацию студентов к обучению» [7, с. 172]. Следовательно, используя ChatGPT, студенты учатся делать самостоятельные логические выводы на основе предложенного материала.



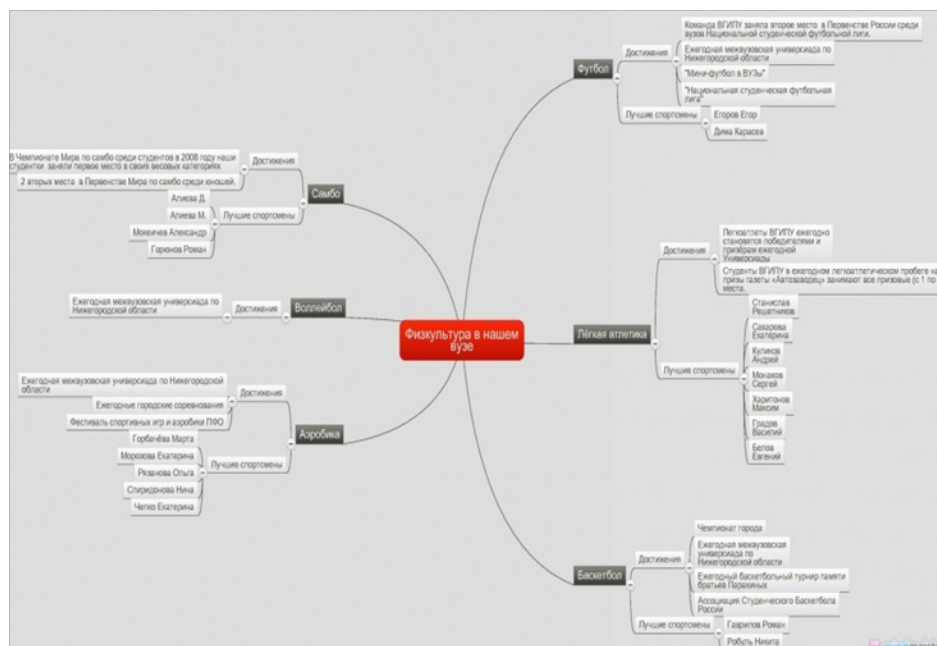


Рис. 2. Схема «Физкультура в нашем вузе» (нейросеть Mind Master)

Э.Ш. Бекирова подчеркивает, что одним из наиболее значимых преимуществ является «адаптивно-персонализированный формат обучения» [8, с. 64], благодаря которому можно создать комфортные условия для самостоятельного изучения дисциплин студентов. Однако автор не исключает наличия рисков относительно интенсификации использования технологий искусственного интеллекта.

Зарубежные эксперты (А. Harry; В. Pendy) [9; 10] едины во мнении, что искусственный интеллект обладает достаточным потенциалом, чтобы кардинально трансформировать содержание и методику преподавания дисциплин в высшей школе. Благодаря расширенным возможностям искусственного интеллекта становится возможным сделать обучение студентов более персонализированным и эффективным.

А. Harry поясняет, что использование виртуальных наставников и чат-ботов позволяет не только сэкономить преподавательское время, но и развить самообразовательные навыки у студентов [9]. Действительно, виртуальные наставники и чат-боты позволяют оптимизировать учебный процесс, сделать обратную связь с преподавателем оперативной и точной.

В. Pendy комментируют, что в «последнее время в сфере образования наблюдается значительный прогресс в сфере персонализированного обучения благодаря технологиям искусственного интеллекта» [10, с. 2004]. Это обусловлено тем, что происходит популяризация технологий искусственного интеллекта, они становятся всё более продуманными и эффективными.

#### Выводы

Таким образом, искусственный интеллект активно внедряется в большинство сфер общественной жизни, в том числе в систему образования. Если рассматривать использование искусственного интеллекта в повседневной жизни, то благодаря искусственному интеллекту можно генерировать тексты различных жанров, придумывать истории, сочинять тексты песен, «оживлять» (анимировать) картинки и др.

Если использовать искусственный интеллект в образовательных целях, мы рекомендуем составление интеллект-карт, кроссвордов, викторин, опросов, что будет являться вспомогательным инструментом в процессе научного исследования студентов.

Важно помнить: искусственный интел-

лект разработан в помощь студенту при условии соблюдения им Кодекса этических принципов. Искусственный интеллект призван облегчить рутинную работу

студента, но раскрытие научной новизны, основных выводов исследования, а также защита научно-исследовательской работы полностью остаются за студентом.

### Список литературы

1. Бурганов, Р. Т. Перспективные тренды научно-исследовательской деятельности будущих учителей физической культуры в вузе спортивного профиля / Р. Т. Бурганов, Т. М. Трегубова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т.12. – № 2 – С. 143-152. DOI: 10.36028/2308-8826-2024-12-2-143-152.
2. Акопьян, В. А. Тренды и проблемы цифровой трансформации образования / В. А. Акопьян // Профессиональная мобильность личности в условиях цифровой трансформации образования : сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Чебоксары, 20 декабря 2024 года. – Чебоксары: Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, 2024. – С. 10-13. – EDN EUNKZF.
3. Генезис когнитивной парадигмы образования / Р. Х. Гильмеева, А. Р. Камалеева, А. С. Кац [и др.]. – Казань : Институт педагогики, психологии и социальных проблем, 2021. – 239 с. – ISBN 978-5-89917-256-4. – DOI 10.51379/j7741-0571-3535-w. – EDN LTFFYM.
4. Яруллина, Л. Р. Портрет цифрового поколения студентов: психологический контекст / Л. Р. Яруллина // Мир науки. Педагогика и психология. – 2022. – Т.10. – № 4. – URL: <https://mir-nauki.com/PDF/41PSMN422.pdf> (дата обращения: 01.07.2025).
5. Влияние искусственного интеллекта на образование. – АНО «Цифровая экономика», 2024. – 88 с.
6. Белая книга этики в сфере искусственного интеллекта / под ред. А. В. Незнамова. – М.: Nova Creative Group, 2024. – 200 с.
7. Баринаова, Д. О. Роль искусственного интеллекта в повышении академической успеваемости студентов / Д. О. Баринаова, А. А. Шакарикова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2024. – № 10. – С. 170–185. – URL: <https://e-koncept.ru/2024/241162.html> (дата обращения: 01.07.2025). DOI: 10.24412/2304-120X-2024-11162.
8. Бекирова, Э. Ш. Технологии искусственного интеллекта как фактор повышения качества высшего образования / Э. Ш. Бекирова // Проблемы современного педагогического образования. – 2022. – № (77-1). – С. 61-65.
9. Harry A. Role of AI in education. Injuruty: Interdisciplinary Journal and Humanity. 2023; Vol. 2. № 3: 260-268.
10. Pendency B. Artificial Intelligence: The Future of Education. Journal of Indonesian Social Sciences. 2021; Vol. 2. № 11: 2003-2012.

УДК 371.3

**ВОЛОНТЕРО-ДИССЕМИНАЦИОННЫЙ  
МЕТОД ПРОДУКТИВНОЙ ПРОЕКТНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО БЕЗОПАСНОСТИ  
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Щербakov И.Н., к.т.н., доцент кафедры  
«Эксплуатация транспортных систем  
и логистики» Донского технического  
университета, г. Ростов-на-Дону, Россия;  
E-mail: bdd-don@mail.ru

**VOLUNTEER-DISSEMINATORY  
METHOD OF PRODUCTIVE PROJECT  
ACTIVITY ON ROAD SAFETY**

Shcherbakov I.N., Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor of the Department  
of Operation of Transport Systems and Logistics,  
Don State Technical University,  
Rostov-on-Don, Russia;  
E-mail: bdd-don@mail.ru

**Аннотация**

В данной статье основное внимание уделяется предлагаемому автором педагогическому методу. Этот метод основан на регулирующем взаимодействии учителей/наставников и волонтеров с целью совместного приобретения знаний, умений, навыков и дальнейшего их использования и распространения в области безопасности дорожного движения.

В результате анализа литературы подтверждено отсутствие исследований, подтверждающих эффективность предлагаемого метода волонтеро-педагогического сотрудничества и использования его в работе с волонтерами и работе волонтеров.

Целью данного исследования является более эффективное развитие потенциала волонтеров, обеспечение оптимального взаимодействия волонтеров в совместной деятельности (построение сильной команды) и предоставление студентам возможности активно участвовать в реализации социальных проектов. Задачи исследования: изучить существующие методы сотрудничества с волонтерами и сформировать концептуальные особенности предложенного авторами метода обучения.

В данной статье автор объясняет концепцию предлагаемого метода и дает общее описание, основанное на практическом опыте применения этого метода к различным целевым группам в ходе реализации проектной деятельности, которая имеет социальную значимость в сфере безопасности дорожного движения.

Проведенное исследование показывает, что большое внимание было уделено практическому применению предложенного метода и его распространению среди добровольцев разных возрастных групп.

Результаты исследования позволяют расширить методическую основу методов обучения при работе с волонтерами в области безопасности дорожного движения.

**Ключевые слова:** волонтерство, распространение, проектная деятельность, безопасность дорожного движения, продукт, проект, методы, эффективность

**Abstract**

This article focuses on the pedagogical method proposed by the author. This method is based on the regulatory interaction of teachers/mentors and volunteers with the aim of jointly acquiring knowledge, skills and abilities and their further use and dissemination in the field of road safety.

As a result of the analysis of the literature, the lack of studies confirming the effectiveness of the proposed method of volunteer-pedagogical cooperation and its use in working with volunteers and the work of volunteers was confirmed.

The purpose of this study is to more effectively develop the potential of volunteers, ensure optimal interaction between volunteers in joint activities (building a strong team) and provide students with the opportunity to actively participate in the implementation of social projects.

Research objectives: to study existing methods of cooperation with volunteers and to formulate the conceptual features of the teaching method proposed by the authors.

In this article, the author explains the concept of the proposed method and gives a general description based on practical experience in applying this method to various target groups during the implementation of project activities that have social significance in the field of road safety.

The study shows that much attention was paid to the practical application of the proposed method and its dissemination among volunteers of different age groups.

The results of the study allow us to expand the methodological basis of training methods when working with volunteers in the field of road safety.

**Keywords:** volunteering, dissemination, project activities, road safety, product, project, methods, efficiency

#### *Актуальность*

В образовательной практике существует множество способов работы с детьми и подростками: ситуационные методы, метод проектов, метод решения проблем, метод развития способностей критического мышления, эмпирический метод, метод исследования, модульный метод обучения, метод прогрессивного обучения, метод синтеза, метод усиления умственной и интеллектуальной деятельности, метод моделирования и т.д. [1]

Развитие способов работы с волонтерами – один из важнейших аспектов современной педагогики. Применение известных педагогических методов или разработка новых совместно с волонтерами могут привести к максимальной эффективности и положительным результатам во взаимодействии волонтеров, преподавателей и учащихся.

Активное участие волонтеров в общественной жизни своего города или конкретной социальной группы помогает развить чувство гордости и ответственности за конечный результат. Принимая это во внимание, педагоги/наставники, работающие с волонтерами, должны создавать возможности волонтерам не только активно участвовать в мероприятиях, вносить предложения, но и активно участвовать в реализации эффективных проектов.

Каждый волонтер уникален и может иметь разные мотивы, интересы и цели. Педагог/наставник должен уметь применять к каждому волонтеру свои методы и

подходы, создавая комфортные условия для личного и профессионального развития [9].

Поэтому при работе с волонтерами методы обучения должны учитывать и применять разнообразные методы и подходы, уделяя особое внимание активному взаимодействию, командной работе, индивидуализации и систематическим системам обучения. В этом отношении нельзя отрицать ценность образовательных методов, направленных на сотрудничество с волонтерами.

Предложенный автором метод всесторонне анализирует потребности волонтеров и учитывает способности каждого человека, чтобы волонтеры могли добиться максимально положительных результатов в области безопасности дорожного движения и успешно осуществлять волонтерскую деятельность.

Целью данного исследования является более эффективное развитие потенциала волонтеров, обеспечение оптимального взаимодействия волонтеров в совместной деятельности (построение сильной команды) и предоставление студентам возможности активно участвовать в реализации социальных проектов на безопасном расстоянии.

#### *Методы*

Методологической основой исследования является системно-деятельностный подход.

Применяемые научные методы, используемые при разработке новых методов

обучения работе с волонтерами, представляют собой комплексный подход, основанный на исследованиях в области педагогики, андрагогики и социальной психологии. Эти методы направлены на эффективное взаимодействие волонтеров и различных целевых групп. Первым шагом является изучение научной литературы и анализ текущего опыта работы с волонтерами. Это позволяет выявить наиболее важные проблемы и тенденции, а также целевые группы для новых подходов.

Второй этап включает в себя такие методы, как анкетирование, интервью и наблюдения. Результаты исследования анализируются с целью выявления наиболее важных аспектов, создающих оптимальные условия для взаимодействия волонтеров и целевых групп.

Третий шаг – апробирование метода при реализации социально значимых проектов.

#### *Исследование*

Российская Федерация гарантирует участие в волонтерской деятельности всех групп населения разного возраста: детей, подростков, взрослых и пожилых людей [9].

Волонтерская работа в области безопасности дорожного движения осуществляется путем проведения образовательных мероприятий и консультирования, наставничества, руководства, реализации социально значимых проектов, подготовки проектов организации дорожного движения, расследования причин и состояния дорожно-транспортных происшествий и др. [9, 12].

Существует множество способов проведения образовательной деятельности со школьниками-волонтерами. Это методы обучения, методы организации деятельности и методы стимулирования [1, 13].

К методам работы с дошкольниками относятся: визуальные методы – наблюдение и демонстрация наглядных материалов; устный метод – чтение учителем рассказов, сказок, диалогов, повестей; практические методы – упражнения, эксперименты,

моделирование; игровые методы – дидактические игры, расширенные виды виртуальных ситуаций и др. [7, 8].

К педагогическим методам работы со студентами относятся: устные методы – презентации, семинары, дискуссии, объяснения; визуальные методы – демонстрации, иллюстрации, практические методы – творческая работа, лабораторная работа, практические занятия, упражнения; методы проблемного обучения – методы опроса, методы исследования, имитационные модели, интерактивные/познавательные презентации и т.д. [5, 14].

Воспитательная работа с детьми-инвалидами строится на индивидуальном подходе для достижения успехов в учебе и высоких учебных результатов в пределах возможностей ребенка: объяснительно-иллюстративный; репродуктивный; частично поисковый; проблемное изложение; исследовательский [2, 3].

Автор на протяжении многих лет занимается обучением групп волонтеров и индивидуальных волонтеров разного возраста в области безопасности дорожного движения в Ростовской области [15-18] и, помимо подготовки и обучения, обеспечивает информационно-просветительскую работу и коммуникацию волонтеров с целью эффективного общения с целевыми группами (дети, учителя, родители, водители, пешеходы и т.д.). После успешного обучения волонтеры могут помогать своим сообществам различными способами.

Из практического опыта работы волонтеров выяснилось, что невозможно получить волонтерские навыки, просто запоминая информацию от педагога и имея мотивацию на учебную оценку, поэтому обучение волонтеров осуществляется на основе методов, нацеленных на их самостоятельность, опыт, внутреннюю мотивацию, а также на практический опыт преподавателя/наставника и передачу накопленного опыта.

Чтобы волонтеры по безопасности дорожного движения могли эффективно



работать, необходимо решить ряд концептуальных и педагогических вопросов:

- развивать личностный подход к волонтерской работе. Каждый волонтер уникален и имеет свои интересы, мотивацию и цели. Методы обучения должны включать анализ и учет индивидуальных особенностей каждого волонтера и адаптировать волонтерскую деятельность к его потребностям;

- создавать благоприятную среду. Для эффективной работы и развития волонтерам необходима благоприятная среда – профессиональная среда, которая способствует обмену опытом, способствует творческому мышлению и помогает решать проблемы, стоящие перед волонтерскими организациями;

- создать систему, в которой волонтеры активно участвуют в принятии практических решений, необходимых обществу. Продвигать практическую деятельность, где все волонтеры могут принимать решения и выражать свое мнение. Это помогает развивать ответственность, самостоятельность и лидерские качества;

- пропагандировать социально ответственное поведение и поощрение осознания важности вклада волонтеров в жизнь общества. Участие в волонтерской деятельности не позволяет воспитывать сочувствие, толерантность и уважение к различным социальным группам, а также дает возможность продолжать помогать целевым группам даже после завершения определенного проекта;

- создать систему оценки деятельности волонтеров и предоставлять обратную связь с педагогами/наставниками. Чтобы эффективно обучать волонтеров, необходимо рассказывать об историях их успеха

и областях, требующих улучшения волонтерских навыков;

- улучшить систему непрерывного обучения и развития волонтеров (проводить больше обучающих курсов, семинаров и мастер-классов с учетом потребностей волонтеров);

- организовать возможности для приобретения навыков и передачи опыта для достижения конкретных целей.

На основе своего опыта построения и реализации социальных проектов в сфере безопасности дорожного движения [15-18] автор предлагает свое видение в организации волонтерской деятельности, ориентированной на детей и подростков, с использованием педагогических методов [4] и андрогогических методов [6] и назвал свой метод «ВДМ-БДД».

Целью предлагаемого метода обучения при работе с волонтерами является обеспечение воспитательного эффекта волонтерской деятельности, обеспечение необходимой подготовки и максимального развития потенциала, а также создание благоприятных условий для волонтерской деятельности участников волонтерского движения с целевыми группами.

«ВДМ-БДД» является социально направленным эффективным способом управляющего взаимодействия педагога/наставника с волонтерами и целевой аудиторией по взаимобратному приобретению знаний, умений и навыков и дальнейшему использованию и распространению их в области безопасности дорожного движения.

В табл. 1 представлены основные концептуальные особенности предложенного автором метода «ВДМ-БДД».

Таблица 1

Характеристика ВДМ-БДД

Волонтер (В)	Продуктивная проектная деятельность (П)	Диссеминация (Д)
В качестве волонтера может рассматриваться отдельный человек и/или группа людей	Разработка, реализация проекта, участие в проектной деятельности	Опыт волонтера или группы волонтеров, формальная или неформальная передача опыта

<i>Суть метода</i>
Пошаговое управленческое взаимодействие педагог-волонтер-целевая группа в области безопасности дорожного движения
<i>Назначение и условия применения</i>
Применяется при работе с волонтерами, занимающимися разработкой, реализацией социально-значимых проектов по безопасности дорожного движения
<i>Область использования</i>
Продуктивная проектная деятельность волонтеров на всех этапах жизненного цикла человека
<i>Формы реализации</i>
В зависимости от целевой группы (практическая работа, лекция, творческое задание, модель, учебный фильм, сцена, алгоритм и др.)
<i>Особенности</i>
Отличается эффективностью в социально-педагогической деятельности педагога\наставника. Способствует масштабированию и распространению положительных изменений и результатов продуктивной проектной деятельности волонтеров

На рис. 1 представлены апробированные варианты ВДМ-БДД, отличающиеся направленностью к определенной целевой группе.



Рис. 1. Схема апробирования ВДМ-БДД с целевыми группами

На рис. 2 показан фрагмент проведения мероприятий с целевыми группами.





Рис. 2. Фрагменты применения ВДМ-БДД: 1) в дошкольном образовательном учреждении; 2) в школьном образовательном учреждении; 3) с родителями детей; 4) со студентами; 5) с педагогами/наставниками; 6) с представителями НКО

Эффективность ВДМ-БДД оценивалась по результатам опроса преподавателей/наставников, студентов-волонтеров и

студентов-волонтеров, участвующих в реализации социально значимых проектов (рис. 3) [10-11].

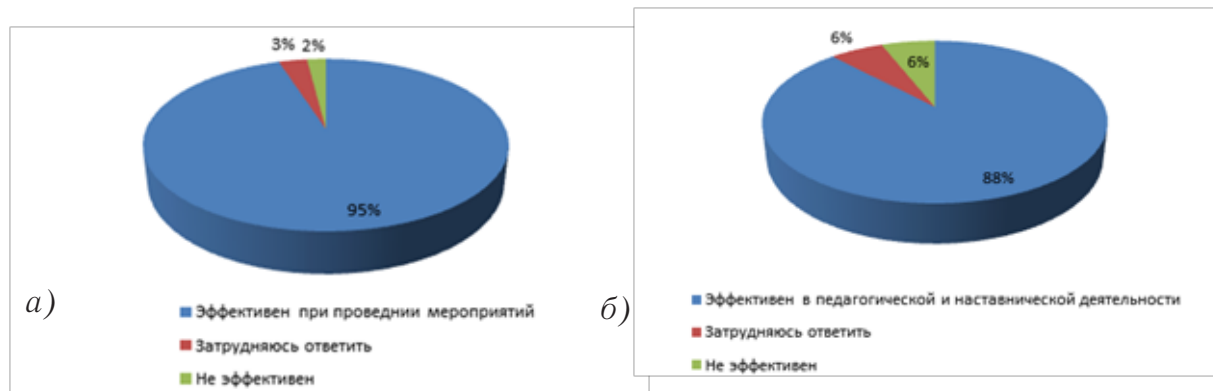


Рис. 3. Результаты опроса об эффективности применения ВДМ-БДД: а) при проведении мероприятия по безопасности дорожного движения волонтерами; б) в педагогической практике представителей НКО, педагогов/наставников при работе с волонтерами

### Выводы

Предложен для применения в педагогической практике ВДМ-БДД, основанный на обобщенных методах педагоги и андрагогики.

Ключевыми аспектами предложенного метода являются понимание целей, задач и ролей волонтеров, адаптация методов взаимодействия с учетом потребностей обучающихся, а также организационные аспек-

ты работы с волонтерами посредством управляющего взаимодействия между педагогом/наставником, волонтером и целевой группой.

В ходе практического применения ВДМ-БДД получены высокие результаты опроса педагогов/наставников, волонтеров-школьников и волонтеров-студентов о его эффективности.

Автор продолжает исследования по коррективке и усовершенствованию ВДМ-БДД посредством развития созданных им волонтерских отрядов из дошкольников, школьников и студентов, практикоориентированного взаимодействия

с волонтерами НКО, педагогами/наставниками образовательных организаций.

И автор считает, что предложенный метод является мощным инструментом, способствующим развитию и личностному росту волонтеров, их самоорганизации, самоопределению в практической деятельности, помогает достичь эффективного взаимодействия и долгосрочных позитивных результатов, благодаря которым волонтеры могут быть полезными членами общества и внести значительный вклад в решение социальных проблем (повышение безопасности дорожного движения).

### **Список литературы**

1. Бабанский, Ю. К. Методы обучения в современной общеобразовательной школе / Ю. К. Бабанский. – Москва : Просвещение, 2012. – 118 с.
2. Инклюзивное образование. Индивидуализация сопровождения детей с ограниченными возможностями здоровья: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Челябинск, 9 февраля 2016 г.) / отв. за выпуск: Л.Б. Осипова, Е.В. Плотникова. – Челябинск : Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2016. – 349 с.
3. Инклюзивное образование. Настольная книга педагога, работающего с детьми с ОВЗ: методическое пособие. – Москва : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2014. – 167 с.
4. Инновационные методы обучения и воспитания: сборник материалов областной научно-практической конференции (с международным участием) IV-е Омельченковские чтения в двух частях (18 февраля 2022 г.): Часть I / отв. ред. О.В. Лихонина. – Магнитогорск, 2022. – 304 с.
5. Князева, В. В. Педагогика / В. В. Князева. – Москва : Вузовская книга. – 2016. – 872 с.
6. Кох, М. Н. Основы педагогики и андрагогики : учеб. пособие / М. Н. Кох, Т. Н. Пешкова. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 90 с.
7. Методика обучения и воспитания в области дошкольного образования: курс лекций: учебно-методическое пособие / сост. И. О. Карелина. – Рыбинск : филиал ЯГПУ, 2012. – 68 с.
8. Петрова, В. И. Этические беседы с детьми 4-7 лет: Нравственное воспитание в детском саду. Пособие для педагогов и методистов. / В. И. Петрова, Т. Д. Стульник. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва, 2008.
9. Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2018 г. № 2950-р Об утверждении Концепции развития добровольчества (волонтерства) в РФ до 2025 г. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72039562/> (дата обращения: 15.04.2024). – Текст: электронный.
10. Сайт Фонд Президентских грантов. – URL: <https://xn--80afcdbalict6afooklqi5o.xn--p1ai/public/application/item?id=b7c6fac1-e0f2-414d-b7a5-03d496b72e85> (дата обращения: 14.04.2024). – Текст: электронный.
11. Сайт Фонд Президентских грантов. – URL: <https://xn--80afcdbalict6afooklqi5o.xn--p1ai/public/application/item?id=4D979121-FCDF-4E70-9FCF-D21F8348F3F8> (дата обращения: 15.04.2024). – Текст: электронный.

12. Федеральный закон от 10 декабря 1995 г. №196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» (с изменениями и дополнениями). – URL: <https://base.garant.ru/10105643/> (дата обращения: 15.04.2024). – Текст: электронный.
13. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / М-во образования и науки Рос. Федерации. – Москва : Просвещение, 2011. – 48 с.
14. Шевченко, О. И. Использование педагогических технологий в образовательном процессе с обучающимися в вузе / О. И. Шевченко, Д. А. Науменко // Интеграция науки и практики в современных условиях: сборник материалов XI Междунар. научн.-практич. конф. (19 февраля 2018 г.). – Москва: Изд-во «Перо», 2018. – С. 72–77.
15. Щербаков, И. Н. Практическое применение волонтерами иммерсивных технологий при проведении мероприятий по безопасности дорожного движения / И. Н. Щербаков // Вестник НЦБЖД. – 2023. – № 4 (58). – С. 134–140.
16. Щербаков, И. Н. Педагогический потенциал волонтерских мероприятий с применением пазлового мобильного автогородка / И. Н. Щербаков // Вестник НЦБЖД. – 2023. – № 3 (57). – С. 95–105.
17. Щербаков, И. Н. Исследование отношения участников образовательного процесса к интеграционным связям по безопасности дорожного движения / И. Н. Щербаков, Е. А. Щербакова // Вестник НЦБЖД. – 2019. – № 3 (41). – С. 80–88.
18. Щербаков, И. Н. Диагностика востребованности проектной деятельности учащихся и педагогов по безопасности дорожного движения / И. Н. Щербаков, Е. А. Щербакова // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 58-4. – С. 281–286.



УДК 517.977.56

**АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
СВЕТОФОРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВО-  
ВДОХНОВЛЕННОГО ОПТИМИЗАТОРА****ADAPTIVE CONTROL OF TRAFFIC  
SIGNAL OBJECTS USING  
A QUANTUM-INSPIRED OPTIMIZER**

Девятков Т.В., к.т.н., заместитель  
директора ООО «Элина-Компьютер»;  
E-mail: t@alina.computer;  
Маряшина Д.Н., ведущий программист  
ООО «Элина-Компьютер», ассистент  
кафедры «Автоматизированные системы  
обработки информации и управления»  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;  
E-mail: d@alina.computer

Devyatkov T.V., Ph.D., Deputy Director of Elina-  
Computer LLC;  
E-mail: t@alina.computer;  
Maryashina D.N., Leading Programmer at Elina-  
Computer LLC, Assistant at the Department of  
Automated Information Processing and Control  
Systems, Kazan National Research Technical  
University A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;  
E-mail: d@alina.computer

**Аннотация**

Современные интеллектуальные транспортные системы предъявляют всё более жёсткие требования к качеству и скорости управления дорожным движением, особенно в условиях высокой плотности транспортных потоков, стохастических флуктуаций входных данных и ограниченного времени на принятие решений. Одним из ключевых узлов управления городской улично-дорожной сетью являются светофорные объекты, от эффективности функционирования которых зависит уровень загруженности перекрёстков, длительность задержек, средняя скорость движения и экологическая нагрузка.

В данной статье предлагается подход к адаптивному управлению светофорными объектами, базирующийся на интеграции имитационного моделирования и квантово-вдохновлённой оптимизации. Подход не требует предварительного обучения, ручной калибровки или постоянного вмешательства оператора. В качестве ключевого компонента используется регрессионная модель, аппроксимирующая зависимость метрик эффективности управления от параметров сигнального плана. Модель автоматически формируется на основе выборки, полученной в результате многократного имитационного моделирования различных сценариев дорожной обстановки с использованием специализированной программной среды ALINA Simulation Traffic. После построения аналитическая запись транслируется в QUBO-представление, что делает возможным применение квантово-вдохновлённого оптимизатора. Последний реализуется на классических архитектурах и способен находить приближённо-оптимальные решения с малыми временными затратами. Вся процедура осуществляется автоматически, что позволяет внедрить метод в системы, работающие в режиме реального времени.

Экспериментальная проверка разработанного подхода выполнена на цифровом двойнике перекрёстка на пересечении улиц Островского – Туфана Миннуллина города Казань с типовой геометрией, созданного в среде ALINA Simulation Traffic. Проведён численный эксперимент, охватывающий все ключевые этапы метода: генерацию выборки, формирование аналитической записи и построение QUBO-представления, демонстрирующие готовность метода к интеграции с квантово-вдохновлёнными алгоритмами.

Метод может быть масштабирован на группы перекрёстков, интегрирован в предиктивные модули интеллектуальных транспортных систем, а также адаптирован для решения задач многопараметрической комбинаторной оптимизации в смежных предметных областях, таких как логистика, энергосбережение, управление производственными линиями и транспортно-складскими операциями.

**Ключевые слова:** автотранспортные потоки, светофорные объекты, адаптивное управление, имитационное моделирование, регрессионные модели, квантово-вдохновленные оптимизаторы

### Abstract

Modern intelligent transportation systems impose increasingly stringent requirements on the quality and speed of traffic management, especially under conditions of high traffic density, stochastic fluctuations in input data, and limited decision-making time. One of the key control nodes in urban road networks is traffic signal systems, whose effective functioning determines intersection congestion levels, delay durations, average speeds, and environmental impact.

This article proposes an approach to adaptive traffic signal control based on the integration of simulation modeling and quantum-inspired optimization. The approach does not require prior training, manual calibration, or constant operator intervention. As a key component, it employs a regression model that approximates the relationship between control efficiency metrics and signal plan parameters. The model is automatically generated based on a dataset obtained through multiple simulation runs of various traffic scenarios using the specialized ALINA Simulation Traffic software environment. Once constructed, the analytical expression is transformed into a QUBO (Quadratic Unconstrained Binary Optimization) formulation, enabling the use of a quantum-inspired optimizer. The optimizer is implemented on classical architectures and is capable of finding near-optimal solutions with minimal computational time. The entire procedure is carried out automatically, allowing the method to be deployed in real-time systems.

Experimental validation of the developed approach was conducted using a digital twin of the intersection at Ostrovskogo and Tufana Minnullina streets in Kazan, with a standard geometry created in the ALINA Simulation Traffic environment. A computational experiment was conducted covering all key stages of the method: sample generation, formation of the analytical expression, and construction of the QUBO representation, demonstrating the method's readiness for integration with quantum-inspired algorithms.

The method can be scaled to groups of intersections, integrated into the predictive modules of intelligent transportation systems, and adapted for solving multiparametric combinatorial optimization problems in related fields—such as logistics, energy saving, production line management, and transport-warehouse operations.

**Keywords:** vehicular traffic flows, traffic signal systems, adaptive control, simulation modeling, regression models, and quantum-inspired optimizers

### Введение

Интеллектуальные транспортные системы (далее – ИТС) на сегодняшний день представляют собой один из наиболее эффективных инструментов управления городской транспортной инфраструктурой. ИТС за счёт интеграции различных информационных, управляющих и аналитических модулей позволяют автоматизировать процессы контроля и координации дорожного движения. Автоматизированные системы управления дорожным движением (далее – АСУДД) демонстрируют высокую эффективность. АСУДД за

счёт обработки данных с детекторов транспорта, стационарных видеокамер, систем спутникового позиционирования и средств V2X-связи способны в реальном времени формировать управляющие воздействия и согласовывать работу транспортных узлов, снижая вероятность заторов и повышая пропускную способность.

Тем не менее, по мере усложнения структуры транспортной сети, роста объёмов входных данных и увеличения требований к скорости принятия решений, традиционные методы адаптивного управления сталкиваются с рядом ограничений:

высокая вычислительная нагрузка при решении задач комбинаторной оптимизации в реальном времени, ограниченная масштабируемость существующих алгоритмов, а также чувствительность к неполноте и стохастичности входных данных. Это обуславливает необходимость поиска новых алгоритмических и вычислительных подходов, способных обеспечить требуемую производительность, устойчивость и адаптивность.

В настоящее время внимание исследователей направлено на квантовые вычисления и, в частности, на квантово-вдохновлённые вычислительные методы. Их использование позволит гарантированно обеспечить поиск оптимальных решений и ускорить этот процесс в разы. Например, в [1] для решения задач светофорного регулирования авторы применили квантовый отжиг с использованием специализированной архитектуры D-Wave. Исследование опирается на оригинальную формализацию в виде задачи квадратичной бинарной оптимизации (от англ. quadratic unconstrained binary optimization, далее QUBO), в которой отражена топологическая сложность городской дорожной сети. Полученные результаты были сопоставлены с решениями, вычисленными с применением классического решателя Gurobi. Несмотря на то, что на первоначальной стадии предложенный исследователями подход пока уступает в точности и производительности, он демонстрирует потенциал к дальнейшему развитию в рамках задач ИТС. Отдельный интерес представляет пилотное внедрение, осуществлённое в Лиссабоне при участии компании Volkswagen [2], в котором алгоритмы на квантовых принципах использовались для оперативной оптимизации маршрутов общественного транспорта с интервалом обновления в две минуты, что приблизило условия к реальному времени. Ряд исследований [3-5] также показывает, что квантово-вдохновлённые подходы могут превосходить классические по скорости решения комбинаторных задач и могут

быть применены непосредственно в ИТС.

#### *Архитектура сервиса адаптивного управления с использованием квантового оптимизатора*

Развитие квантовых технологий и появление квантово-вдохновлённых вычислительных платформ позволят существенно повысить качество и оперативность интеллектуального управления транспортной инфраструктурой.

В рамках данной статьи поднимается вопрос о включении таких решений в контур системы адаптивного управления светофорными объектами. На рис. 1 представлена архитектура будущего сервиса, в котором квантовый оптимизатор выступает как нативный управляющий модуль, получающий актуальные данные о дорожной ситуации, формирующий оптимальное управляющее воздействие и передающий его в исполнительный механизм регулирования.

Однако на текущем этапе развития квантовых вычислений интеграция реального квантового оптимизатора в контур управления перекрёстком остаётся технологически и экономически затруднительной.

В связи с этим в рамках данной статьи будет рассмотрена функционально эквивалентная схема с использованием квантово-вдохновлённого оптимизатора, разработанного РКЦ и ООО «СП «Квант» [6].

Оптимизатор реализует приближённые квантовые алгоритмы на классических вычислительных ресурсах и доступен через API, принимая задачи в стандартизированном формате и возвращая оптимальное или приближённо-оптимальное решение. Особенностью выбранного квантово-вдохновлённого оптимизатора является требование к постановке задачи в виде QUBO-представления. Это означает, что любые прикладные сценарии должны быть приведены к параметрической форме, где все переменные бинарны, а целевая функция задаётся через симметричную матрицу взаимодействий. Формирование такой модели

напрямую из исходных данных дорожной ситуации представляет собой нетривиальную задачу, особенно в условиях реально-

го времени и высокой динамики входных параметров.

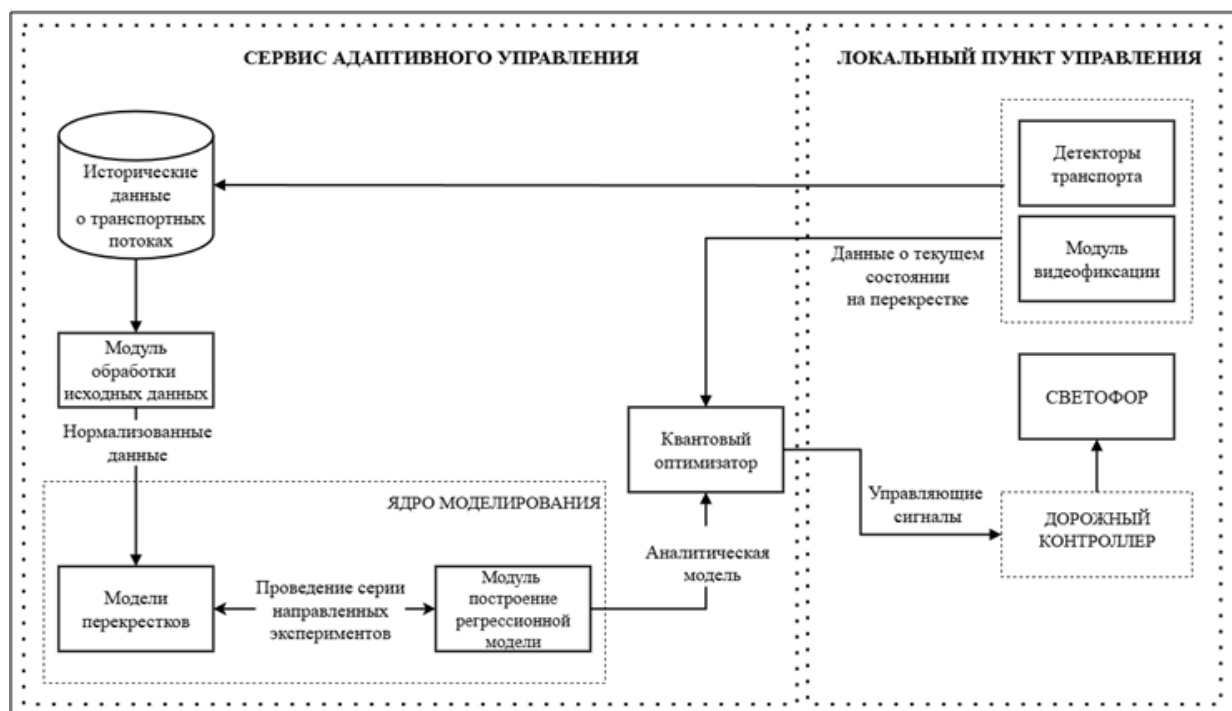


Рис. 1. Концептуальная архитектура сервиса адаптивного управления с использованием квантового оптимизатора

#### Методология

Для решения этой задачи был предложен и апробирован общий подход к использованию квантовой оптимизации в задачах

управления и проектирования сложных систем, представленных в виде цифрового двойника и описываемых имитационными моделями (рис. 2).

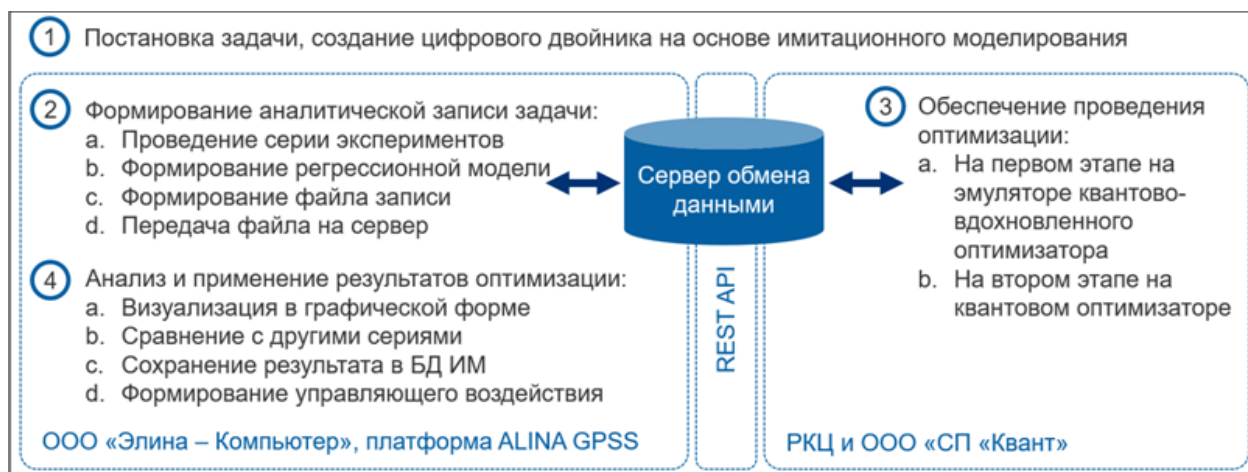


Рис. 2. Укрупненная схема оптимизации с использованием имитационного моделирования и квантово-вдохновленных алгоритмов



Ключевая идея заключается в автоматической генерации аналитической модели поведения системы на основе данных имитационного моделирования. В качестве формы аналитической записи используется регрессионная модель, обучаемая на основе заранее сгенерированной выборки. Такой подход позволяет обобщить поведение системы в управляющих координатах и подготовить входные данные в виде, пригодном для последующей трансляции в QUBO-представление.

В настоящей работе данный подход впервые реализован в контексте адаптивного управления светофорными объектами. Рассмотрим основные этапы реализации, отражающие как методологическую структуру решения, так и его практическую реализацию.

Этап 1. Имитационное моделирование. На первом этапе формируется цифровая модель перекрестка, описывающая геометрию, параметры сигнального плана, характеристики транспортного потока и поведение транспортных средств. Используется отечественная среда ALINA Simulation Traffic [7, 8], позволяющая воспроизводить различные сценарии и оценивать ключевые метрики эффективности, такие как среднее время ожидания, длина очередей, пропускная способность и т.д. В результате многократных прогонов формируется выборка.

Этап 2. Построение аналитической записи. Полученная на первом этапе выборка используется для построения аналитической записи в виде регрессионной модели, отражающей зависимость метрик эффективности от параметров управления. Данный этап является связующим звеном между имитационным моделированием и квантово-вдохновленным оптимизатором. Важно подчеркнуть, что регрессионная модель формируется один раз на этапе конфигурации системы. Её повторное построение требуется только при структурных изменениях в организации дорожного движения на рассматриваемом перекрестке.

Этап 3. Генерация QUBO-представления и настройка конфигурации оптимизатора. Полученная на втором этапе аналитическая запись в виде регрессионной модели передаётся на вход квантово-вдохновлённому оптимизатору. Формирование QUBO-представления и конфигурация решателя выполняется автоматически внутри оптимизатора. Этот модуль рассматривается как «чёрный ящик», взаимодействие реализуется через стандартный API, не касаясь внутренних механизмов. Далее оптимизатор переходит в рабочий режим и готов к приёму актуальных данных.

Этап 4. Оптимизация и обновление параметров управления. Оптимизатор получает актуальные данные о дорожной обстановке. Найденные оптимальные или приближённо-оптимальные значения параметров возвращаются в систему управления.

#### *Численный эксперимент*

Для оценки корректности ключевых компонентов разработанного подхода и анализа его вычислительной эффективности проведён численный эксперимент, включающий сравнение предложенного метода с классическим, реализованным через оптимизатор IOSO, встроенный в среду GPSS Studio [9]. Оба подхода были проверены в идентичных условиях на основе единой имитационной модели перекрёстка с целью объективной оценки различий.

В качестве объекта исследования выбран четырёхсторонний перекрёсток на пересечении улиц Островского и Туфан Миннуллина в городе Казань (рис. 3). Модель включала геометрию объекта, конфигурацию сигнального плана, параметры транспортных потоков и маршруты движения транспортных средств. Все исходные данные для эксперимента были синхронизированы между методами, что исключает постановочные расхождения и обеспечивает корректность сравнения.

Интенсивность транспортных потоков составляла 1800 автомобилей в час по направлениям 1 и 7 и 1200 автомобилей в час по направлениям 3 и 5 (рис. 3).



Распределение транспортных средств по направлениям движения на перекрестке (прямо, направо, налево) задавалось фиксированными долями и оставалось постоянным на протяжении всей серии

экспериментов. Это позволило исключить влияние стохастических колебаний и сосредоточиться исключительно на влиянии структуры сигнального плана. Период моделирования составлял 15 минут.



Рис. 3. Схематичное представление рассматриваемого перекрестка

Оптимизационная задача заключалась в определении длительностей зелёных фаз с целью увеличения пропускной способности и снижения средней задержки по пере-

крестку. В обоих методах использовался единый набор факторов и целевых показателей, представленный в табл. 1.

Таблица 1

Структура факторов и показателей эксперимента

	Начальное значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Критерий оптимизации
<b>Факторы</b>				
Фаза 1	20	20	38	-
Фаза 2	20	20	38	-
<b>Целевые показатели</b>				
Пропускная способность перекрестка	—	—	—	Максимизация
Время простоя по перекрестку	—	—	—	Минимизация

Различие между подходами состоит в механизме обращения к имитационной модели. В предложенном методе предварительно формируется выборка по результатам серии направленных экспериментов. Автоматически строится план серии, который при исходных значениях факторов с шагом изменения равным 3, составил 49 экспериментов. Далее каждый из экспериментов плана моделируется, результаты обрабатываются и строится регрессионная модель. Общее время моделирования серии экспериментов, а соответственно и время построения регрессионной модели, составило 4 минуты 50 секунд. Полученная аналитическая запись используется для генерации QUBO-представления, после чего оптимизация выполняется без прямого взаимодействия с имитационной моделью. Оценка времени обращения к квантово-вдохновлённым решателям показывает, что при готовой аналитической модели время вычислений может составлять считанные секунды, что подтверждает применимость подхода в сценариях, близких к реальному времени.

В классическом варианте, с использованием оптимизатора IOSO, осуществляется прямое взаимодействие с имитационной моделью. Каждая итерация оптимизатора требует запуска моделирования, что приводит к значительным затратам по времени. В среднем для поиска оптимального значения потребовалось проведение 200 запусков моделирования. Итоговое время поиска одного наилучшего решения составило 32 минуты, что практически исключает возможность применения метода в условиях высокой частоты обновления входных данных.

Полученные результаты демонстрируют не только сопоставимость качества решений, но и принципиальное превосходство предложенного метода по вычислительным характеристикам. Исключение итеративного взаимодействия с имитационной

моделью позволило сократить общее время оптимизации более чем на порядок. Высокая скорость отклика, автоматизированная настройка и устойчивость к вариациям внешней среды делают метод практически применимым в условиях реального времени и предпочтительным для использования в составе интеллектуальных транспортных систем нового поколения.

Для подтверждения универсальности предложенного подхода и его применимости к широкому классу задач управления сложными системами приведены результаты ранее выполненного эксперимента на производственной задаче.

В этом эксперименте также проводилось сравнение квантово-вдохновлённого метода и классического оптимизатора IOSO при идентичных условиях. В табл. 2 представлены временные характеристики поиска решений, параметры вычислительной платформы и нормализованные показатели, что позволяет объективно сопоставить сравниваемые методы с учётом аппаратной нагрузки.

Результаты показывают, что при сопоставимом качестве решений квантово-вдохновлённый метод обеспечивает значительное сокращение времени отклика. После построения регрессионной модели поиск решения занимает секунды, а повторные вызовы оптимизатора выполняются за доли секунды. В противоположность этому, классический метод требует сотен итераций и десятков минут вычислений, что делает его малоприменимым для задач, требующих высокой частоты обновления решений.

Эти результаты в совокупности с проведённым численным анализом транспортной задачи подтверждают готовность предложенного метода к интеграции с квантово-вдохновлёнными алгоритмами и демонстрируют его потенциал для применения в реальном времени.

Таблица 2

**Равнение характеристик эксперимента  
и временных показателей работы методов оптимизации**

Время подготовки модели (создание регрессионной модели), сек	Количество точек оптимума для поиска	Среднее время работы алгоритма, сек	Количество физических ядер процессора	Количество виртуальных ядер процессора	Тактовая частота, ГГц	Время загрузки 1ГГц одного ядра	Соотношение времени поиска решения	Соотношение времени поиска решения в пересчете на загрузку одного ГГц
<b>IOSO</b>							<b>IOSO/Квантово- вдохновленный метод</b>	
0,1	1	498	8	16	3,2	9,73	0,55	0,44
0,1	5	2490	8	16	3,2	48,63	2,76	2,20
0,1	10	4980	8	16	3,2	97,27	5,51	4,39
0,1	100	49800	8	16	3,2	972,66	54,61	43,51
0,1	1000	498000	8	16	3,2	9726,56	497,01	396,05
0,1	10000	4980000	8	16	3,2	97265,63	2618,30	2086,46
<b>Квантово-вдохновленный метод</b>								
900	1	902,1	6	12	3,4	22,11		
900	5	902,5	6	12	3,4	22,12		
900	10	903	6	12	3,4	22,13		
900	100	912	6	12	3,4	22,35		
900	1000	1002	6	12	3,4	24,56		
900	10000	1902	6	12	3,4	46,62		

*Заключение*

В работе предложен метод адаптивного управления светофорными объектами на основе квантово-вдохновлённой оптимизации. Основное внимание уделено интеграции цифрового двойника перекрёстка и автоматической генерации регрессионной модели, пригодной для последующей трансляции в QUBO-представление. Проведённый численный анализ транспортной задачи и независимые результаты на производственной задаче подтвердили корректность метода, его универсальность и

готовность к интеграции с квантово-вдохновлёнными алгоритмами.

Дополнительно рассмотрены результаты сравнения квантово-вдохновлённой оптимизации и классического метода на независимой задаче, которые подтвердили её вычислительные преимущества и применимость в сценариях с высокими требованиями к скорости отклика.

Таким образом, предложенная методика формирует основу для внедрения квантово-вдохновлённых алгоритмов в управление транспортной инфраструктурой.

В дальнейшем планируется масштабирование подхода на группы перекрёстков, включение предиктивных компонентов и использование аппаратных квантовых ускорителей по мере их доступности.

### Список литературы

1. Shikanai R., Ohzeki M., Tanaka K. Traffic signal optimization using quantum annealing on real map. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3302709/v1. Research Square. 2023. URL: [www.researchgate.net/publication/373668921\\_Traffic\\_signal\\_optimization\\_using\\_quantum\\_annealing\\_on\\_real\\_map](https://www.researchgate.net/publication/373668921_Traffic_signal_optimization_using_quantum_annealing_on_real_map) (accessed: 19.06.2025).
2. Volkswagen optimizes traffic flow with quantum computers : официальный сайт. URL: [www.volkswagen-group.com/en/press-releases/volkswagen-optimizes-traffic-flow-with-quantum-computers-16995](https://www.volkswagen-group.com/en/press-releases/volkswagen-optimizes-traffic-flow-with-quantum-computers-16995) (accessed: 19.06.2025).
3. Kähm, K. Introduction To QUBO ("Quadratic Unconstrained Binary Optimization Problem") + Application problem: Simple road traffic modeling of the city of Beijing. DOI: 10.13140/RG.2.2.31658.22720. 2024. URL: [www.researchgate.net/publication/380733079](https://www.researchgate.net/publication/380733079) (accessed: 19.06.2025).
4. Upare D., Baddi T., Benni R., Patil P. Quantum-Inspired Firefly Algorithm: An Enhanced Approach To Traffic Signal Optimization. 15th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT). 2024; 1–9. DOI: 10.1109/ICCCNT61001.2024.10726156.
5. Wang S., Pei Z., Wang C., Wu J. Shaping the Future of the Application of Quantum Computing in Intelligent Transportation System. DOI: 10.23919/ICN.2021.0019. *Intelligent and Converged Networks*. 2021; Vol. 2: 259–276.
6. Куборд: официальный сайт. – URL: [qboard.tech](https://qboard.tech) (19.06.2025).
7. Автоматизированная система моделирования сегментов УДС / В. В. Девятков, М. В. Федотов, Д. Н. Маряшина [и др.] // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2023): сборник трудов одиннадцатой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности (Казань, 18–20 октября 2023 г.). – Казань: Изд-во АН РТ, 2023. – С. 321–331.
8. Усовершенствованный подход при построении имитационных моделей сегментов улично-дорожной сети / Р. Р. Минниханов, В. В. Девятков, Д. Н. Маряшина [и др.] // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2023): труды Шестнадцатой международной конференции (Москва, 26–28 сентября 2023 г.). – Москва : Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2023. – С. 1145–1155. – DOI 10.25728/mlsd.2023.1145.
9. Сигма Технология: официальный сайт. – URL: [iosotech.com/ru/](https://iosotech.com/ru/) (дата обращения: 19.06.2025).

УДК 338.46

# ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА И ТАКСИ В ГОРОДАХ С РАЗЛИЧНОЙ ЧИСЛЕННОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

## TRENDS IN PUBLIC TRANSPORT AND TAXI USAGE IN CITIES WITH VARYING POPULATION SIZES

Иштирякова Л.Х., к.э.н., главный научный  
сотрудник ОСП «Центр перспективных  
экономических исследований Академии наук  
Республики Татарстан»;

ORCID: 0000-0002-0876-3710;

Зайнуллина М.Р., к.э.н., доцент кафедры  
общего менеджмента Института  
управления, экономики и финансов ФГБОУ  
ВО «Казанский (Приволжский) федеральный  
университет», г. Казань, Россия;  
ORCID: 0000-0003-1086-0031

Ishtiryakova L.H., Chief Researcher, candidate of  
economic sciences, Center for Advanced Economic  
Research of the Academy of Sciences of the  
Republic of Tatarstan;

ORCID: 0000-0002-0876-3710;

Zainullina M.R., candidate of economic sciences,  
Associate Professor of the Department of General  
Management, Institute of Management,  
Economics and Finance,  
Kazan Federal University,  
Kazan, Russia;

ORCID: 0000-0003-1086-0031

### Аннотация

Транспортная система играет важную роль в социально-экономическом развитии территории. Рост мобильности населения, урбанизация, развитие информационных технологий и расширение использования искусственного интеллекта в сфере общественного транспорта повлияли на спрос на таксомоторные услуги среди населения. В данной статье представлен анализ текущих трендов в использовании общественного транспорта и такси с учетом типов населенных пунктов в период с 2014 по 2022 гг.

По результатам анализа были сделаны выводы об изменении спроса на услуги такси. Принятие во внимание динамики потребления этих услуг населением будет способствовать улучшению эффективности текущей системы общественного транспорта.

**Ключевые слова:** пассажирский транспорт, такси, онлайн агрегаторы, спрос населения на поездки в такси, количество водителей такси

### Abstract

The transport system plays an important role in the socio-economic development of the territory. The growth of population mobility, urbanization, the development of information technologies, and the expanded use of artificial intelligence in public transport have influenced the demand for taxi services among the population. This article examines the analysis of current trends in the use of public transport and taxis, taking into account the types of settlements during the period from 2014 to 2022.

Based on the analysis results, conclusions were made about the changes in demand for taxi services. Considering the dynamics of consumption of these services by the population will contribute to improving the efficiency of the current public transport system.

**Keywords:** passenger transportation, taxi, online aggregators, demand of the population for taxi rides, number of taxi drivers

### Введение

Транспортная система городов Российской Федерации в последние десятилетия претерпевает значительные изменения благодаря технологическим инновациям и новым бизнес-моделям [8, 9]. Особенно это заметно в сфере такси, где внедрение

новых технологий и изменение потребительских предпочтений формируют новые тренды и влияют на динамику спроса населения на таксомоторные услуги. Такие компании, как Яндекс.Такси и Uber, используя современные технологии, включая GPS-навигацию, алгоритмы распределе-

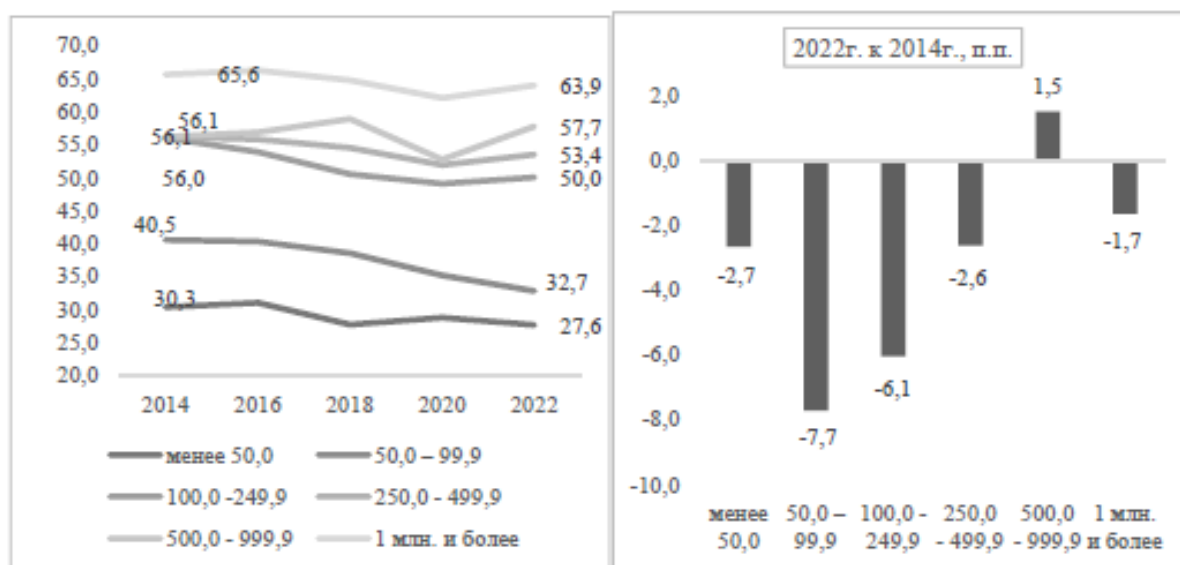


ния заказов и электронные платежи, способствовали трансформации предоставляемых услуг в данной сфере, оптимизируя способы взаимодействия водителей и пассажиров. В данной статье мы рассмотрим ключевые тенденции, которые определяют развитие такси в российских городах с различной численностью населения, что особенно важно в условиях роста городов и их численности населения [6]. Доступность транспорта в малонаселенных регионах, использование личных автомобилей вместо общественного транспорта, а также влияние транспортной системы на социальную интеграцию рассматриваются в исследованиях как отечественных, так и зарубежных авторов [7].

Данное исследование основывается на принципах системного подхода, а также на методах логической кластеризации и экономической статистики, методе наблюдения.

По итогам Комплексного наблюдения (Росстат), доля городского населения, которая использует муниципальный общественный транспорт на регулярной основе, демонстрирует устойчивое снижение в период 2014-2022 гг., с 51,1% до 49,7%.

С 2014 по 2022 гг. спрос на услуги муниципального общественного транспорта увеличился с 56,1% до 57,7% в средних городах (рис. 1), тогда как в остальных категориях, наоборот, снизился. Наименьшее снижение наблюдалось в городах с населением более миллиона человек (-1,7 процентного пункта), что связано с развитой транспортной инфраструктурой в крупных городах России. В городах с населением от 50 до 100 тыс. человек потребительский спрос на рассматриваемый вид услуг продемонстрировал наиболее значительное снижение (-7,7 п.п.), чуть ниже – в городах от 100 до 250 тыс. жителей (-6,1 п.п.).



Источник: Росстат, [https://rosstat.gov.ru/statisticheskie\\_obsledovaniya](https://rosstat.gov.ru/statisticheskie_obsledovaniya)

Рис. 1. Динамика доли населения РФ, регулярно пользующегося общественным транспортом, в городах по численности населения [1]

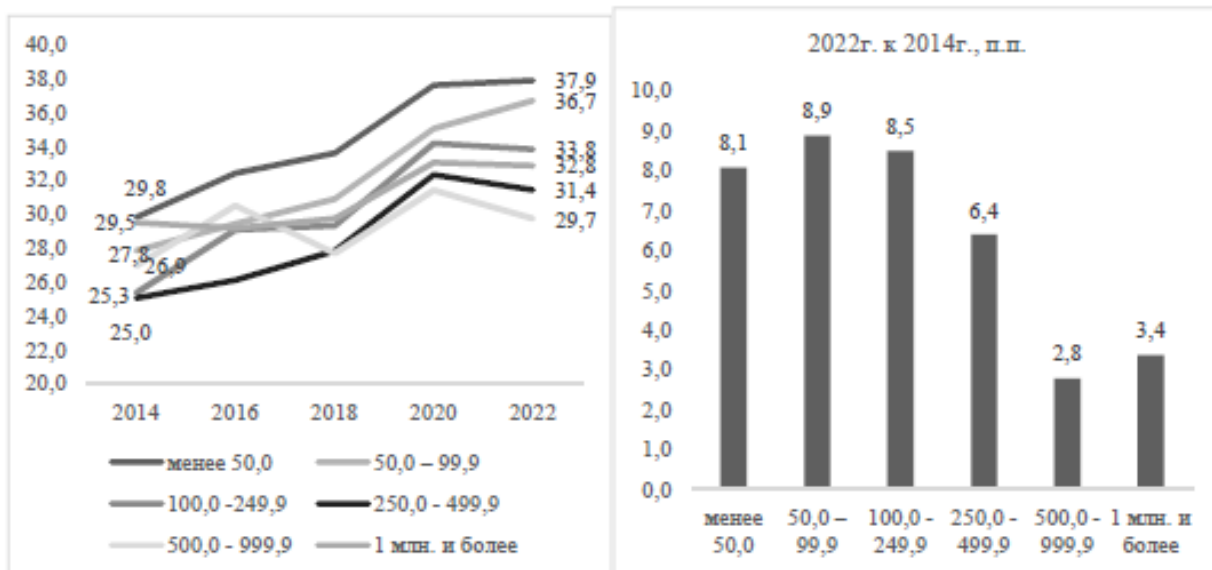
Несмотря на небольшое снижение удельного веса городских жителей, использующих муниципальный общественный транспорт, в городах продолжается устойчивая тенденция увеличения доли населения, регулярно пользующейся авто-

мобилем, мотоциклом в качестве водителя – на 5,7 п.п. (рис. 2). Так, наличие легкового автотранспорта у физических и юридических лиц в Российской Федерации выросло в 2022 г. на 16,7% в сравнении с показателем 2014 г., а в 2024 г. – уже на 22,1%

(к 2014 г.). На начало 2024 г. обеспеченность легковыми автомобилями населения Российской Федерации составила 332,1 ед. на 1000 жителей.

Следует отметить, что наибольший рост доли граждан, пользующихся легковым автотранспортом в качестве водителя, наблюдался в малых, средних и больших городах (8-9 п.п.), в крупных и крупнейших городах в 2,5 раза меньше (3 п.п.), что,

вероятно, связано с их более высокой обеспеченностью легковыми автомобилями, развитой транспортной инфраструктурой, а также более высокими темпами прироста населения в сравнении с автопарком. Так, в г. Москве прирост населения за 2014–2023 гг. составил 8,9%, тогда как прирост автомобильного транспорта – 3%, в г. Санкт-Петербурге – 7,8% и 6% соответственно.



Источник: Росстат, [https://rosstat.gov.ru/statisticheskie\\_obsledovaniya](https://rosstat.gov.ru/statisticheskie_obsledovaniya)

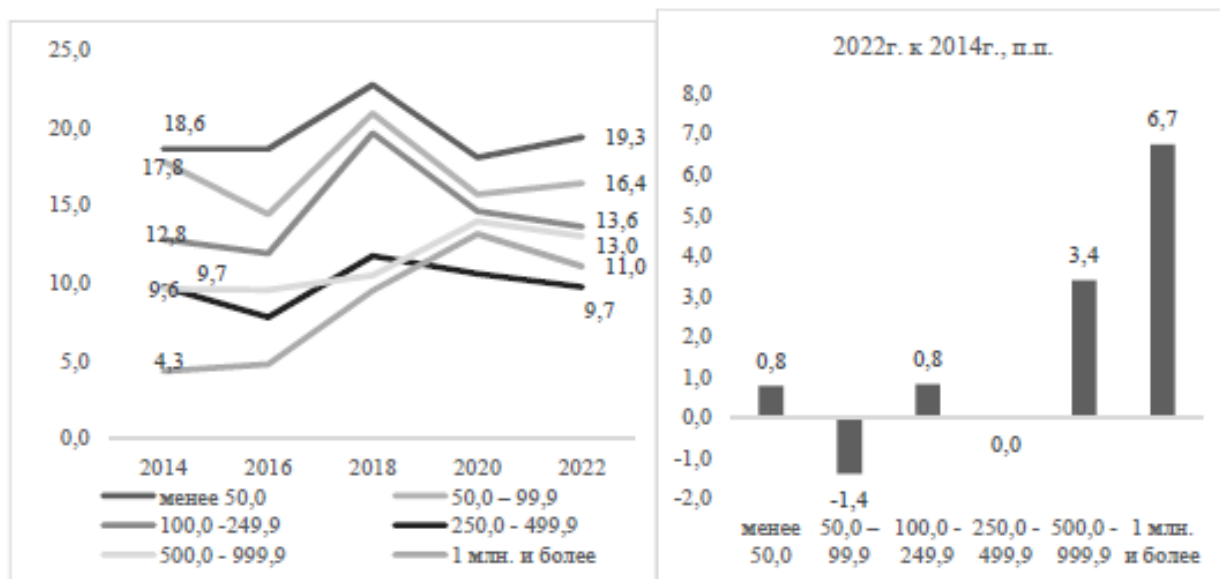
Рис. 2. Динамика доли населения РФ, регулярно пользующегося легковым автотранспортом в качестве водителя, в городах по численности населения [1]

В последние годы наблюдается динамика роста пользования населением услугами такси. Так, если в 2014 г. доля населения, регулярно пользующегося услугами такси, составляла 12%, то в 2022 г. – 13,5% [2].

В небольших городах с населением до 250 тыс. человек 14-19% жителей регулярно пользуются такси (рис. 3). В последние годы спрос на такси значительно возрос в крупных городах (на 3,4 процентных пункта) и крупнейших городах (на 6,7 процентных пункта). В то время как в менее крупных городах рост составил всего

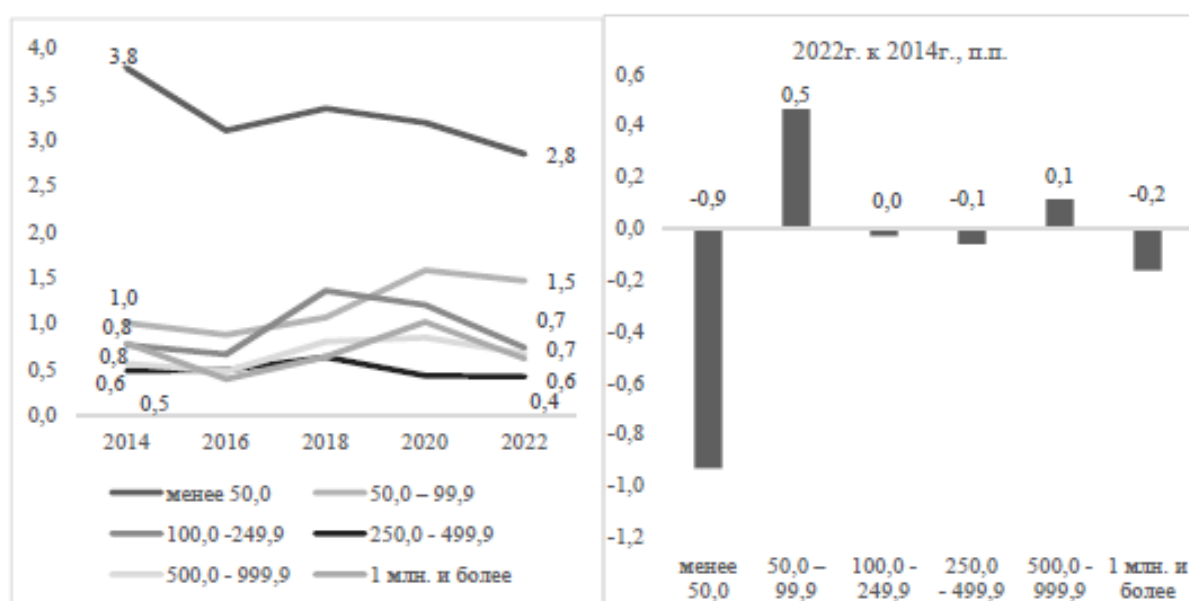
0,8 процентных пункта. Снижение спроса зафиксировано только в городах с населением от 50 до 100 тыс. человек, где он упал на 1,4 процентных пункта.

В городах не наблюдается замещение общественного транспорта использованием велосипеда, мопеда (рис. 4). Во всех группах городов наблюдалось либо снижение удельного веса жителей (до 1 процентного пункта), пользующегося данным транспортом, либо незначительный рост (0,1-0,5 процентных пункта).



Источник: Росстат, [https://rosstat.gov.ru/statisticheskie\\_obsledovaniya](https://rosstat.gov.ru/statisticheskie_obsledovaniya)

Рис. 3. Динамика доли населения РФ, регулярно пользующегося такси, в городах по численности населения [1]



Источник: Росстат, [https://rosstat.gov.ru/statisticheskie\\_obsledovaniya](https://rosstat.gov.ru/statisticheskie_obsledovaniya)

Рис. 4. Динамика доли населения РФ, регулярно пользующегося велосипедом, мопедом в городах по численности населения [1]

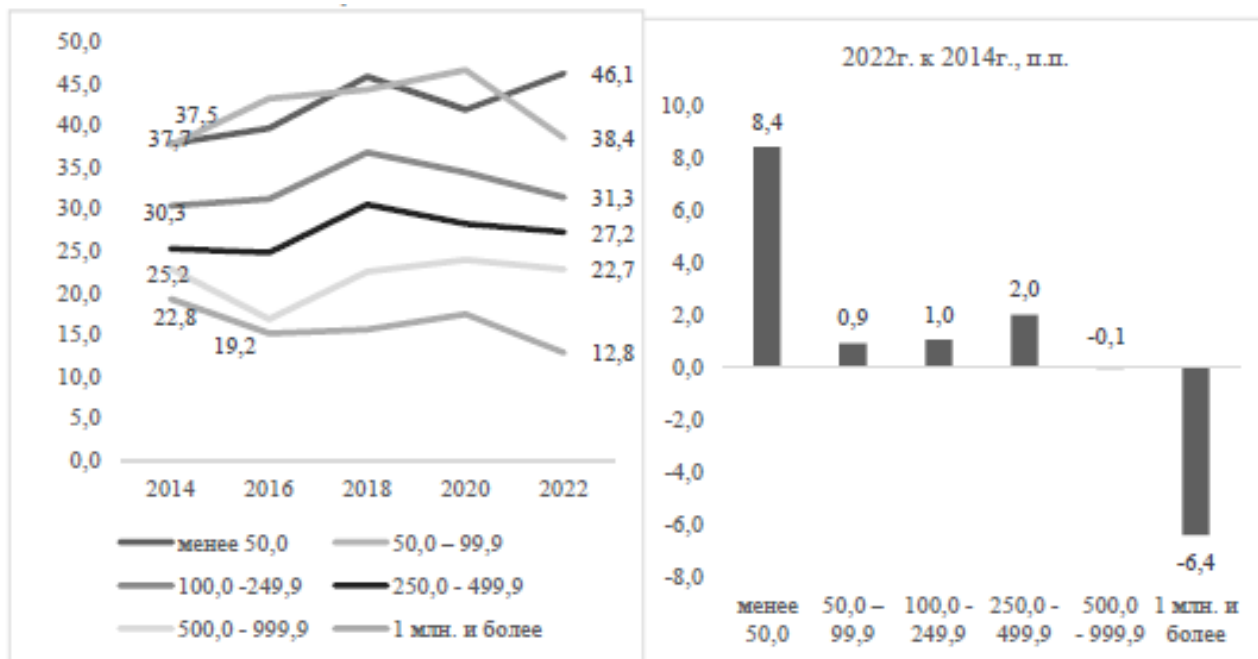
Доля населения, для которого в случае проблем в работе общественного транспорта единственным выходом является такси, снижается в крупнейших (на 6,4 процентного пункта в 2022 г. к 2014 г.) и незначительно в крупных городах (на 0,1 процент-

ного пункта). Напротив, в меньших городах наблюдается рост данной доли, особенно в населенных пунктах с численностью до 50 тыс. человек, где увеличение демонстрирует ускоренные темпы в сравнении с другими категориями городов.

К 2022 г. четверть городского населения использует такси вместо общественного транспорта, в 2018 г. этот показатель составлял 27,2%.

Если посмотреть значения анализируемого индикатора в разрезе групп городских населенных пунктов по чис-

ленности населения, то с уменьшением численности населения увеличиваются значения показателя: в городах-миллионниках этот показатель составляет 12,8%, а в городах с населением до 50 тыс. человек – 46,1%.



Источник: Росстат, [https://rosstat.gov.ru/statisticheskie\\_obsledovaniya](https://rosstat.gov.ru/statisticheskie_obsledovaniya)

Рис. 5. Динамика удельного веса населения, для которых при наличии проблем в работе общественного транспорта единственным выходом является такси в городах по численности населения [1]

Анализируя спрос на такси среди различных возрастных групп, можно заметить, что наибольшей популярностью оно пользуется у молодежи до 20 лет (25%). В последние годы именно у этой группы наблюдается стремительный рост интереса к такси, который составил 14,6 процентных пункта с 2014 по 2022 гг. Интересно отметить, что только у молодежи спрос на такси стал увеличиваться после 2018 г., в то время как у остальных возрастных групп наблюдалось снижение. Различия в показателях спроса на такси среди других возрастных групп незначительные, и по итогам

2018 г. их уровень варьировался от 12% до 17% (табл. 1).

Доля людей, регулярно пользующихся такси, среди незанятого населения составляла в 2014 г. 12,2%, увеличившись к 2022 г. до 13,4%, среди занятого – 11,9% и 13,5% соответственно. Исключение составил период с 2014 по 2018 гг., когда потребность в такси среди работающего населения значительно возросла и к 2018 г. составила почти 16%, что на 1 процентный пункт выше [2], чем у незанятого населения (рис. 6).

Таблица 1

**Динамика доли населения РФ, регулярно пользующегося такси,  
в разрезе возрастных групп населения, % [1]**

Наименование	Возраст	2014	2016	2018	2020	2022	2022 г. к 2014 г., п.п.
Всего		12	11,1	15,4	14,2	13,5	1,5
В том числе	15-19	10,7	9,1	13,3	13,1	25,3	14,6
	20-29	29,0	28,6	41,4	40,5	34,9	5,9
	30-44	25,3	22,2	32,9	30,6	29,6	4,3
	45-59	22,8	20,8	28,2	26	25	2,2
	60 и более	21,8	20,5	26,8	23,9	25,1	3,3



*Рис. 6. Динамика доли населения РФ, регулярно пользующегося такси,  
в разрезе групп населения по положению в занятости, % [1]*

Одна пятая группы населения, имеющего совместно проживающих детей до 16 лет, воспитывающая их без супруга (супруги), пользуются услугами такси. Только эта категория продемонстрировала рост спроса на услуги такси за девятилетний период (2014 – 2022 гг.) на 1,7 п.п. Значительно реже стали пользоваться услугами такси за аналогичный период многодетные родители (–2,9 п.п.).

Если проанализировать спрос на такси среди различных групп населения в зависимости от их занятости, можно выделить достаточно близкие значения у всех групп (12,6%–15,4%), тогда как почти половина респондентов, владеющих автомобилем (45,7%), имеют высшее образование и лишь 3,6% лиц не имеют основного образования (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика доли населения РФ, регулярно пользующегося такси и автомобилем  
(в качестве водителя), по уровню образования, % [1]**

		2014	2016	2018	2020	2022	2022 г. к 2014 г., п.п.
Такси		12,0	11,1	15,4	14,2	13,5	1,5



Автомобилем, мотоциклом (в качестве водителя)	высшее	11,3	10,5	16,7	15,2	13,5	2,2
	среднее (полное)	12,3	12,7	14,7	14,5	15,1	2,8
	основное (неполное среднее)	12,8	11,3	15,6	15,3	15,4	2,6
	не имеют основного (неполного среднего)	15,3	12,9	14,2	11,6	12,6	-2,7
	Все респонденты, в т.ч. имеют образование	28,1	29,6	30,6	35,4	35,2	7,1
	высшее	37,7	38,9	39,8	45,9	45,7	8,0
	среднее полное	20,7	20,5	22,0	25,7	25,6	4,9
	основное (неполное среднее)	11,6	10,0	10,	14,5	12,8	1,2
	не имеют основного (неполного среднего)	4,9	4,0	2,9	2,8	3,6	-1,3

В заключение можно сказать, что в малых городах (до 50 тыс. жителей) наблюдается значительное увеличение числа автомобилей, однако спрос на такси растет умеренно в течение восьми лет, при этом в последние два года количество поездок уменьшается. В средних городах (от 50 до 100 тыс.) также фиксируется заметное падение использования общественного транспорта и одновременно наблюдается наибольшее увеличение автомобилизации, однако спрос на такси и количество поездок снижаются. В больших городах (от 100 до 250 тыс.) ситуация схожа: наблюдается резкое снижение спроса на общественный транспорт и небольшой рост спроса на такси, тогда как спрос на муниципальный общественный транспорт увеличивается в городах с численностью населения от 250 тыс. до 1 млн. При на-

селении от 250 до 500 тыс. спрос на такси остается стабильным, но в городах с населением свыше 500 тыс. рост спроса на такси в два раза ниже по сравнению с крупнейшими городами, хотя в три раза превышает уровень в остальных категориях. В крупнейших городах развитая транспортная система поддерживает эффективность общественного транспорта, что приводит к наименьшему падению спроса на него. Здесь рост автомобилизации ниже, чем в малых, средних и больших городах, но спрос на такси значительно увеличивается, наряду с резким удорожанием его услуг и ростом числа водителей.

Примечательно, что около 25% пользователей такси составляют молодые люди до 20 лет, и этот показатель не зависит от их занятости.

### Список литературы

1. Комплексное наблюдение условий жизни населения. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс]. – URL: [https://rosstat.gov.ru/free\\_doc/new\\_site/kouz/survey0/index.html](https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/kouz/survey0/index.html) (дата обращения: 29.05.2025).
2. Иштирякова, Л. Х. Анализ основных тенденций изменения спроса на услуги в сфере частного извоза (такси, сервисов «экономики совместного потребления») /

Л. Х. Иштирякова, Ю. Г. Мингазова, М. Р. Зайнуллина // Вестник экономики, права и социологии. – 2020. – № 2. – С. 11–14.

3. Иштирякова, Л. Х. Тенденции пользования общественным транспортом и такси в городских и сельских населенных пунктах / Л. Х. Иштирякова // Креативная экономика. – 2021. – Т. 15, №1. – С. 93–104.

4. Иштирякова, Л. Х. Экономика совместного потребления: понятие / Л. Х. Иштирякова // Научные труды Центра перспективных экономических исследований. – 2017. – №13. – С. 45–49.

5. Сафиуллин, М. Р. Анализ рынка городского передвижения и влияния Убер на развитие рынка в России, с фокусом на следующих городах: Москва, Санкт-Петербург, Казань, Новосибирск и Екатеринбург / М. Р. Сафиуллин, О. Н. Запорожец, О. В. Бычкова, А. А. Фазлыев, М. В. Савеличев и др. // Электронный экономический вестник Татарстана. – 2017. – № 2. – С. 4–63.

6. Buchanan M. The benefits of public transport. Nat. Phys. 15, 876 (2019). – URL: <https://doi.org/10.1038/s41567-019-0656-8> (date of access: 19.05.2025).

7. Berg, J.; Ihlström, J. The Importance of Public Transport for Mobility and Everyday Activities among Rural Residents. Soc. Sci. 2019; 8, 58. URL: <https://www.mdpi.com/2076-0760/8/2/58> (date of access: 21.05.2025).

8. Enoch, M. Taxis and Private Hire Vehicles in the UK Transport System: How and Why are they Changing? URL: [www.gov.uk/government/collections/future-of-mobility](http://www.gov.uk/government/collections/future-of-mobility) (date of access: 23.05.2025).

9. Enoch, M. Mobility as a Service (MaaS): in the UK: Change and its Implications. URL: [www.gov.uk/government/collections/future-of-mobility](http://www.gov.uk/government/collections/future-of-mobility) (date of access: 23.05.2025).

## УДК 681.5

### АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

### ALGORITHM FOR DECIDING ON PREVENTING AN ACCIDENT DURING THE OPERATION OF AN UNMANNED VEHICLE

*Кулик А.А., д.т.н., профессор кафедры систем автоматического управления;*  
ORCID: 0000-0002-4099-1641;

*Дорошенко А.В., аспирант кафедры систем автоматического управления ФГАО ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия;*  
ORCID: 0009-0000-5988-8030

*Kulik A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor of the automatic control systems department;*  
ORCID: 0000-0002-4099-1641;

*Doroshenko A.V., postgraduate student of the automatic control systems department of Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia;*  
ORCID: 0009-0000-5988-8030

## Аннотация

Приводится система поддержки принятия решений по предотвращению дорожно-транспортного происшествия с участием беспилотного автомобиля. Основным элементом системы поддержки принятия решений (далее – СППР) является база знаний, содержащая набор правил корректирования управления автомобилем в аварийных условиях его движения. Система поддержки принятия решений по предотвращению угрозы дорожно-транспортного происшествия взаимодействует с комплексом бортового оборудования и системой автоматического управления беспилотного автомобиля. При этом способ пре-

дотвращения аварийного движения автомобиля определяется на основе оценки угрозы дорожно-транспортного происшествия с использованием нечеткой логики, а также вероятностей принятия мер противодействия аварийной ситуации. Полученные значения вероятностей предотвращения угрозы аварийного движения беспилотного автомобиля вычислены на основе диаграммы предаварийных состояний движения автомобиля. На основе разработанной диаграммы состояний сформированы правила выдачи информации оператору беспилотного автомобиля по предотвращению угрозы дорожно-транспортного происшествия. Авторами предложен алгоритм принятия решения по предотвращению аварийной ситуации движения беспилотного автомобиля, позволяющий сформировать и выдать оператору рекомендации по изменению режима управления автомобилем на основе набора правил предотвращения угрозы транспортного происшествия. Также эти рекомендации в виде командных сигналов поступают в систему автоматического управления беспилотным автомобилем при автономном его движении. Входными данными алгоритма являются показатели безопасности движения автомобиля, характеризующие психофизическое состояние оператора, техническое состояние объекта управления и внешние воздействующие факторы. Моделирование противодействия угрозе транспортного происшествия в условиях неисправности тормозной системы беспилотного автомобиля и снижения количества его топлива показали работоспособность алгоритма принятия решений по предотвращению аварийной ситуации движения беспилотного автомобиля с различными вероятностями исхода событий. Предложенный алгоритм может быть технически реализован в системах обеспечения безопасности движения беспилотных автомобилей при ручном и автоматическом управлении. Также этот алгоритм может быть использован в составе программного комплекса поддержки принятия решений оператора беспилотного автомобиля.

**Ключевые слова:** беспилотный автомобиль, диаграмма состояний, аварийные комбинации событий, алгоритм предотвращения угрозы аварийной ситуации, система поддержки принятия решений

#### **Abstract**

A decision support system for preventing a traffic accident involving an unmanned vehicle is provided. The main element of the decision support system (DSS) is a knowledge base containing a set of rules for correcting driving in emergency driving conditions. The decision support system for preventing the threat of a traffic accident interacts with the complex of on-board equipment and the automatic control system of an unmanned vehicle. In this case, the method of preventing an emergency movement of a car is determined based on an assessment of the threat of a traffic accident using fuzzy logic, as well as the probabilities of taking measures to counteract an emergency situation. The obtained values of the probabilities of preventing the threat of emergency movement of an unmanned vehicle are calculated based on a diagram of the pre-emergency conditions of the vehicle. Based on the developed state diagram, the rules for issuing information to the operator of an unmanned vehicle to prevent the threat of a traffic accident have been formed. The authors propose an algorithm for decision-making to prevent an emergency situation in an unmanned vehicle, which allows the operator to form and issue recommendations on changing the driving mode based on a set of rules for preventing the threat of a traffic accident. Also, these recommendations are sent in the form of command signals to the automatic control system of an unmanned vehicle during its autonomous movement. The input data of the algorithm are vehicle safety indicators that characterize the psychophysical state of the operator, the technical condition of the control object and external influencing factors. Modeling of countering the threat of a traffic accident in conditions of malfunction of the braking system of an unmanned vehicle and a decrease in the amount of its fuel showed

the efficiency of the decision-making algorithm to prevent an emergency driving an unmanned vehicle with different probabilities of the outcome of events. The proposed algorithm can be technically implemented in traffic safety systems for unmanned vehicles with manual and automatic control. This algorithm can also be used as part of a decision support software package for an unmanned vehicle operator.

**Keywords:** self-driving car, status diagram, emergency combinations of events, algorithm for preventing the threat of an emergency, decision support system

### *Введение*

Безопасность дорожного движения является одним из приоритетных направлений развития беспилотных автомобилей (далее – БПА). В работах [1-3] приводятся результаты исследования причин аварий и факторов, воздействующих на безопасность движения транспортного средства. Также в этих работах представлены методы оценок угрозы дорожно-транспортного происшествия с участием беспилотных автомобилей. При этом достаточно важным направлением в оценке безопасности движения автомобиля является определение способов измерения влияния различных факторов на состояние БПА и разработка базы знаний оценки угрозы транспортного происшествия с использованием средств нечеткой логики [4-5]. В свою очередь анализ взаимосвязи действий и ответных реакций водителя [6] показал актуальность внедрения в бортовые комплексы автомобилей систем поддержки принятия решений оператором по противодействию угрозе транспортного происшествия.

В настоящее время системы принятия решений при управлении беспилотным автомобилем используются для удержания автомобиля в полосе движения, контроля дистанции, предупреждения водителя о скоростных ограничениях и повышения информированности водителя [7]. Стоит отметить, что создание эффективных алгоритмов принятия решений имеет важное значение в развитии систем подобного класса.

Целью работы является разработка алгоритма поддержки принятия решений для

предотвращения аварийной ситуации при эксплуатации беспилотного автомобиля.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: разработать структурную схему и алгоритм системы поддержки принятия решений по предотвращению аварийной ситуации движения беспилотного автомобиля, выполнить моделирование системы принятия решений по предотвращению аварийной ситуации.

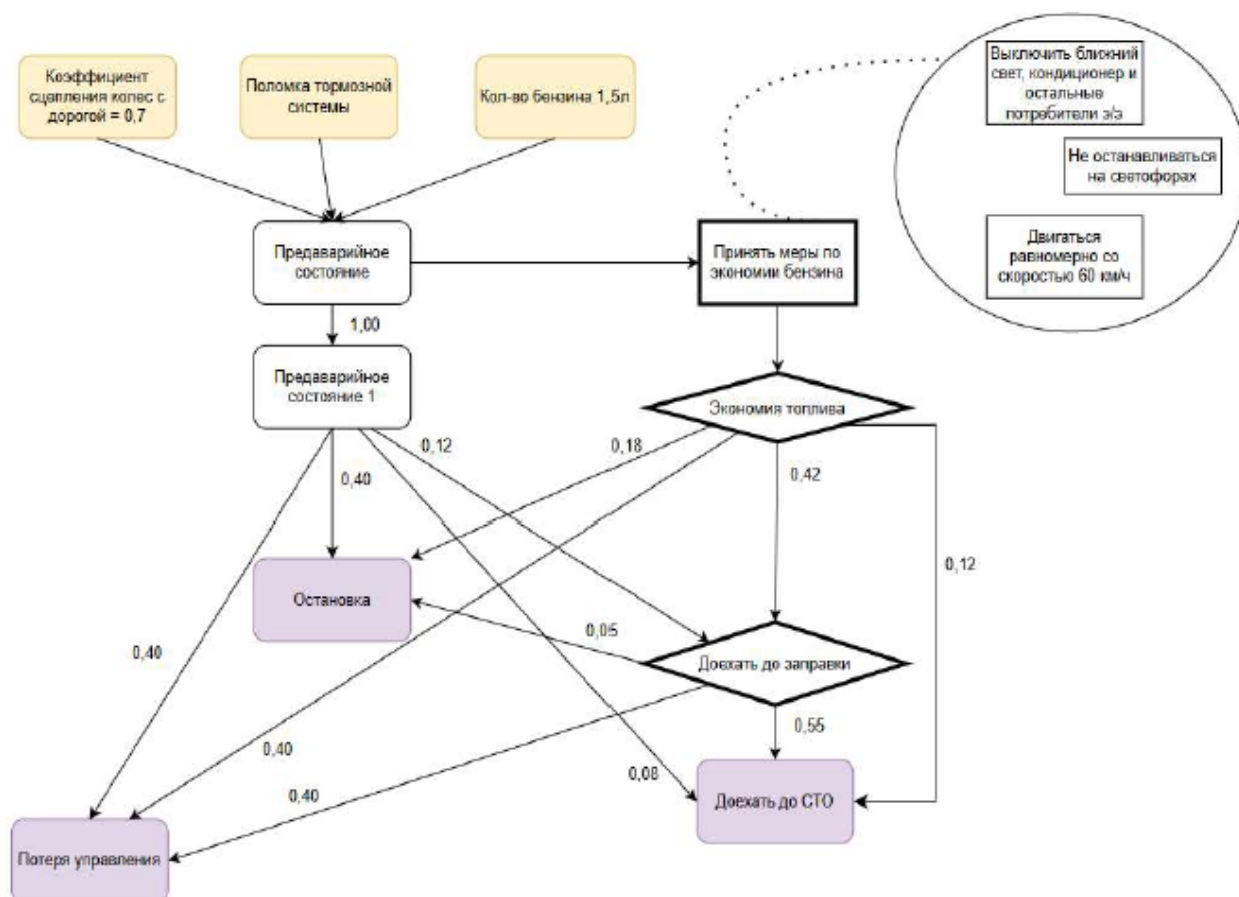
*1. Система поддержки принятия решений по предотвращению аварийной ситуации при движении беспилотного автомобиля*

Система поддержки принятия решений предотвращения аварийной ситуации с участием беспилотного автомобиля представляет собой систему с интеллектуальными компонентами информационной поддержки решений оператора БПА. Структурная схема системы ППР представлена на рис. 1.

Система принятия решений на основе данных базы знаний предлагает оператору оптимальный режим управления беспилотным автомобилем для обеспечения безопасности его движения. Основными функциями СППР являются анализ текущей дорожной ситуации, состояние элементов системы БПА и их взаимодействие с внешними объектами, сравнение текущих и целевых значений переменных безопасности движения, определение области допустимых решений предотвращения аварийной ситуации и распределение их в соответствии с показателями эффективности.

Данные базы знаний формируются на основе диаграммы предаварийных состояний БПА, пример которой представлен на рис. 2. Диаграмма содержит факто-

ры, влияющие на предаварийное состояние автомобиля и действия по предотвращению аварийного движения.



Вестник НЦ БЖД №3 (65), 2025



Диаграмма предаварийных состояний автомобиля отображает взаимосвязь итоговых событий от принятия решений по противодействию развитию аварийной ситуации. В качестве примера рассматривается ситуация, согласно которой произошло ухудшение состояния тормозной системы и уменьшилось количество топлива. Для предотвращения развития дорожно-транспортного происшествия (далее – ДТП) необходимо принять меры по экономии количества топлива и обеспечить прибытие транспортного средства на станцию технического обслуживания. При этом неблагоприятными условием развития предаварийного состояния автомобиля является потеря управления. Числовыми характеристиками перехода между состояниями, представленными на диаграмме, является вероятности благоприятных и неблагоприятных исходов принятия решений.

Анализ ситуаций диаграмм предаварийных состояний автомобиля показал целесообразность разработки правил выбора режимов управления БПА, формируемых системой принятия решений. Полученные в процессе выполнения работы правила СППР имеют следующий вид:

Правило 1. Если  $k_{э(i)} \leq 0,3$  тогда  $inf=i$ ,  
 Правило 2. Если  $0,4 \leq |\Delta_{i-j}| \leq 1,0$   
 и  $|\Delta_{i-j}| > |\Delta_{j-i}|$  тогда  $inf=i$ , (1)  
 где  $k_{э(i)}$  – коэффициент  $i$ -го режима управления БПА;  $|\Delta_{i-j}|$ ,  $|\Delta_{j-i}|$  – разница между коэффициентами эффективности  $i$ -го и  $j$ -го режимов управления БПА;  $i, j = \{A, B, C\}$  – режимы ручного, полуавтоматического и автоматического управления, соответственно;  $inf$  – переменная выдачи информации на индикатор режима управления автомобилем.

Таким образом, база правил СППР по предотвращению аварийных условий движения беспилотного автомобиля содержит набор правил выбора способа управления автомобилем (ручной, полуавтоматический, автоматический), полученные на основе диаграммы предаварийного состояния БПА.

## 2. Алгоритм принятия решений по предотвращению аварийной ситуации при эксплуатации беспилотного автомобиля

Согласно представленному описанию системы принятия решений по предотвращению аварийных условий движения беспилотного автомобиля алгоритм системы должен содержать основные элементы: идентификация степени угрозы аварийной ситуации при эксплуатации БПА, выбор способа предотвращения аварийной ситуации, вычисление и сравнение коэффициентов эффективности предотвращения угрозы дорожно-транспортного происшествия и выдача рекомендаций оператору по выбору режима управления автомобилем. Блок схема алгоритма, представлена на рис. 3.

Из рисунка видно, что основным блоком алгоритма является определение способа предотвращения аварийной ситуации в соответствии с данными базы знаний, которые формируются на основе диаграммы предаварийных состояний автомобиля с определением благоприятных исходов предотвращения угрозы транспортного происшествия. Стоит отметить, что выбор режима управления беспилотным автомобилем осуществляется на основании выражения (1). Техническая реализация алгоритма осуществляется в составе системы управления безопасностью движения автомобиля, которая взаимодействует с комплексом беспилотной транспортной системы.

## 3. Моделирование предотвращения угрозы дорожно-транспортного происшествия

Оценка работоспособности алгоритма поддержки принятия решений по предотвращению аварийной ситуации производится на основе результатов моделирования предаварийной ситуации с использованием матрицы воздействующих факторов и начальными условиями, представленными в табл. 1.

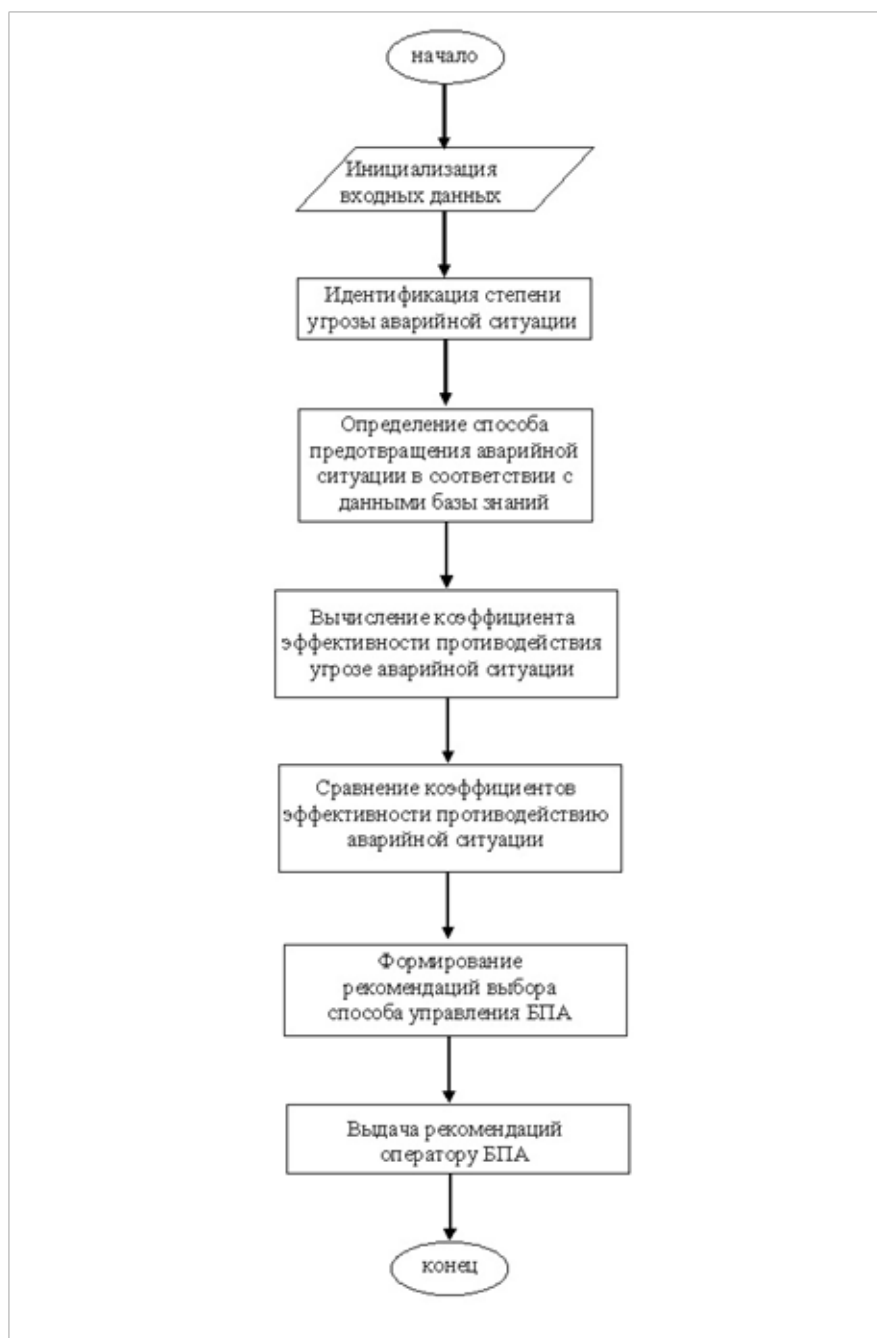


Рис. 3. Блок-схема алгоритма принятия решений предотвращения аварийной ситуации БПА

Таблица 1

#### Начальные условия

Модель автомобиля	Audi A8 D4/4H
Расход топлива по тех. паспорту, л/100 км	
- в городе	13,3
- на трассе	7,2
- смешанный	9,5
Остаток топлива, л	2

Окончание таблицы 1

Состояние тормозной системы по шкале	0,6
Состояние водителя по шкале	0,7
Состояние дорожного покрытия по шкале	0,45
Сцепление колес с дорогой	0,7
Расстояние до заправки, км	10
Расстояние до СТО, км	15

Фрагмент схемы моделирования принятия решения о режиме движения БПА для предотвращения аварийной ситуации представлен на рис. 4.

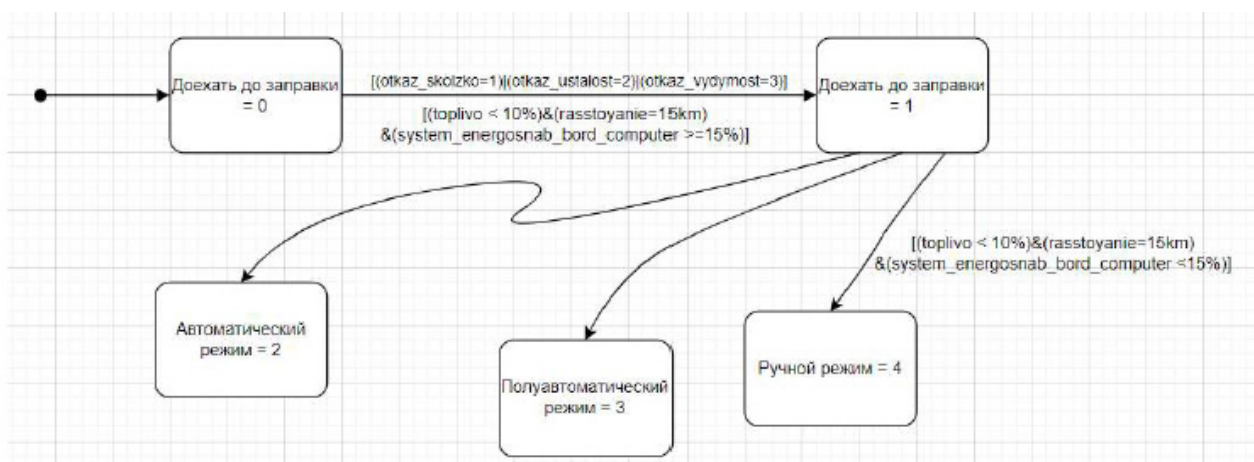


Рис. 4. Фрагмент схемы моделирования принятия решения о режиме движения

На основании диаграммы предаварийного состояния БПА и оценок безопасности его движения составлена матрица влияния внешних обстоятельств на выбор режима управления (табл. 2).

Таблица 2

**Матрица влияния воздействующих факторов на выбор режима управления**

Воздействующие факторы	Ручной	Полуавтоматический	Автоматический
Препятствие через 1 м			
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: неудов.	0,6	0,4	0,3
Состояние оператора: неудов. Состояние дороги: удов.	0,2	0,4	0,9
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: удов.	0,6	0,4	0,9
Состояние оператора: неудов. Состояние дороги: неудов.	0,2	0,4	0,9
Оживленная улица			
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: неудов.	0,7	0,3	0,2

Состояние оператора: неудов. Состояние дороги: удов.	0,2	0,7	0,5
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: удов.	0,7	0,4	0,2
Состояние оператора: неудов. Состояние дороги: неудов.	0,2	0,6	0,7
Перекрытая дорога			
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: неудов.	0,9	0,8	0,3
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: удов.	0,9	0,8	0,3
Нарушение городских коммуникаций			
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: неудов.	0,5	0,6	0,7
Состояние оператора: неудов. Состояние дороги: удов.	0,4	0,6	0,8
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: удов.	0,5	0,6	0,7
Состояние оператора: неудов. Состояние дороги: неудов.	0,4	0,8	0,6
Авария с разливом нефтепродуктов по проезжей части			
Состояние оператора: удов. Состояние дороги: неудов.	0,7	0,8	0,6
Состояние оператора: неудов. Состояние дороги: неудов.	0,5	0,8	0,6

Согласно результатам оценки выбора решений по предотвращению угрозы транспортного происшествия с участием беспилотного автомобиля при его технической неисправности и удовлетворительном состоянии оператора наиболее предпочтительным является режим ручного управления.

Таким образом в процессе исследования получена ситуационная модель движения БПА при возникновении аварийной ситуации под влиянием сочетания нескольких факторов. Модель учитывает постоянные изменения внешней среды, на основе коэффициентов эффективности предотвращения угрозы происшествия предлагает вариант управления транспортным средством. В результате применения

алгоритма принятия решений по противодействию угрозы дорожно-транспортного происшествия повысилась вероятность выхода БПА из аварийного состояния в 1,4 раза.

#### Заключение

В результате выполнения работы предложена система поддержки принятия решений по предотвращению аварийной ситуации с участием беспилотного автомобиля, которая выдает рекомендации водителю транспортного средства в части способа предотвращения дорожно-транспортного происшествия и выбора режима управления БПА. Отличительной особенностью базы знаний СППР является ее формирование на основе диаграммы предаварийных состояний с учетом вероят-

ностей благоприятных и неблагоприятных вариантов предотвращения аварийной ситуации, что позволяет определить эффективный способ управления автомобилем. Также база знаний СППР содержит правила выдачи информации на индикатор режима управления БПА. На основе диаграммы предаварийного состояния беспилотного автомобиля и правил выбора режим его движения разработан алгоритм принятия решений пар предотвращению аварийной ситуации при эксплуатации БПА. Моделирование работы системы поддержки принятия решений позволило проверить рабо-

тоспособность предложенного алгоритма и целесообразность применения системы в комплексе бортового оборудования беспилотного автомобиля. Техническая реализация системы и алгоритма принятия решений по предотвращению аварийной ситуации может быть выполнена в составе системы управления беспилотным автомобилем. Дальнейшие исследования в данном направлении связаны с интеграцией систем поддержки принятия решений и оценки безопасности движения автомобиля в составе его бортового комплекса.

### Список литературы

1. Дорошенко, А. В. Разработка алгоритма формирования базы знаний для определения аварийных сочетаний воздействующих факторов при эксплуатации беспилотного автомобиля / А. В. Дорошенко, А. А. Кулик // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2023. – № 4. – С. 48-56.
2. Кулик, А. А. Алгоритм формирования базы знаний выявления дорожно-транспортного происшествия при эксплуатации беспилотного автомобиля / А. А. Кулик, А. В. Дорошенко // Вестник НЦБЖД. – 2023. – № 4(58). – С. 26-32.
3. Doroshenko A.V., Kulik A. A. Development of a Knowledge Base for the Assessment of the Threats of a Road Accident During the Operation of a Driving Car. *Cyber-Physical Systems. Data Science, Modelling and Software Optimization*. 2024; 91-104.
4. Katasev A., Dagaeva M. Fuzzy rules reduction in knowledge bases of decision support systems by objects state evaluation. *Studies in Systems, Decision and Control*. 2021; 113-123.
5. Ismagilov I. I., Murtazin A.A., Kataseva D.V., Katasev A.S., Barinova A.O. Formation of a knowledge base to analyze the issue of transport and the environment. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2020; Т. 18. № 5: 615-621.
6. Короткова, Ю. А. Особенности восприятия информации водителем высокоавтоматизированного транспортного средства / Ю. А. Короткова // Безопасность дорожного движения. – 2022. – № 3. – С. 48-51. – EDN WAXYXP.
7. Ермакова, А. Е. Принципы построения и функционирования современных интеллектуальных систем управления автомобильным транспортом без участия оператора / А. Е. Ермакова, И. С. Иконников, А. И. Сафронов // Интеллектуальные транспортные системы: Материалы III Международной научно-практической конференции, Москва, 30 мая 2024 года. – Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2024. – С. 118-122. – DOI 10.30932/9785002446094-2024-118-122. – EDN AMKDDM.



УДК 519.872.6

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЕТЕЙ  
КОЛМОГОРОВА-АРНОЛЬДА  
С РАЗЛИЧНЫМИ БАЗИСНЫМИ  
ФУНКЦИЯМИ****COMPARATIVE ANALYSIS OF  
KOLMOGOROV-ARNOLD NETWORKS  
WITH VARIOUS BASIS FUNCTIONS**

Леонтьев Д.К., аспирант, помощник  
преподавателя АНО ВО «Университет  
Иннополис», г. Иннополис, Россия;  
ORCID: 0009-0008-3208-1673

Leontiev D.K., postgraduate student, Teaching  
Assistant, Innopolis University, Innopolis, Russia;  
ORCID: 0009-0008-3208-1673

**Аннотация**

В статье представлен первый сравнительный анализ сетей Колмогорова-Арнольда (KAN) с различными базисными функциями для интеллектуальных транспортных систем. Исследуется влияние кубических В-сплайнов, вейвлетов Добеши и тригонометрических базисов Фурье на точность прогнозирования трафика и эффективность адаптивного управления светофорами. Эксперименты проведены на основе реальных данных перекрестков Москвы (ТТК) и Ingolstadt (SUMO) с имитацией зашумленных сенсоров.

Ключевые результаты:

- использование вейвлетов в качестве базисных функций обеспечило минимальную ошибку прогноза (RMSE 7,2% для Ingolstadt) за счет фильтрации шумов;
- применение В-сплайнов в качестве базисных функций позволило улучшить эффективность системы путём сокращения общего времени задержки на 28% при управлении светофорами благодаря интерпретируемости решений;
- базисная функция Фурье-основы показала ограниченную применимость для непериодических сценариев;
- доказана целесообразность создания и дальнейшего практического применения гибридных архитектур с объединёнными базисными функциями (вейвлеты + сплайны) для ресурсоограниченных систем edge-вычислений.

**Ключевые слова:** сеть Колмогорова-Арнольда, базисная функция, интеллектуальные транспортные системы, адаптивное управление, прогнозирование трафика, В-сплайн, вейвлет Добеши, гибридная архитектура, SUMO, edge-вычисление

**Abstract**

This article presents the first comparative study of Kolmogorov-Arnold Networks (KAN) with different basis functions for intelligent transportation systems. We analyze the impact of cubic B-splines, Daubechies wavelets, and Fourier trigonometric bases on traffic prediction accuracy and adaptive traffic signal control efficiency. Experiments used real-world data from Moscow (TTK) and Ingolstadt (SUMO) intersections with simulated sensor noise.

Key findings:

- wavelets achieved minimal prediction error (RMSE 7.2% for Ingolstadt) through noise filtering;
- B-splines reduced delays by 28% in signal control due to decision interpretability;
- fourier bases showed limited applicability for non-periodic events;
- hybrid architectures (wavelets + splines) are proven optimal for resource-constrained edge computing systems.

**Keywords:** Kolmogorov-Arnold networks, basis function, intelligent transportation systems, adaptive control, traffic prediction, B-splines, Daubechies wavelets, hybrid architectures, SUMO, edge computing

# Введение

Интеллектуальные транспортные системы (далее – ИТС) требуют высокоточных методов прогнозирования и адаптивного управления потоками для снижения заторов и повышения безопасности. Сети Колмогорова-Арнольда (далее – KAN), основанные на теореме о представлении многомерных функций, предлагают революционный подход благодаря интерпретируемости и адаптивности. Ключевым аспектом их эффективности является выбор базисных функций, определяющих скорость обучения, точность и устойчивость к шумам. В данной статье сравниваются три типа базисов: кубические В-сплайны, вейвлеты Добеши и тригонометрические базисы Фурье в контексте ИТС.

## Методология

### 1. Архитектура KAN для ИТС.

KAN аппроксимируют транспортные параметры (интенсивность потока  $q$ , скорость  $v$ , задержку  $\tau$ ) через композицию:

$$f(x) = \sum_{q=1}^{2n+1} \Phi_q \left( \sum_{p=1}^n \phi_{q,p}(x_p) \right) \quad (1)$$

где  $\Phi_q$  – это базисная функция сети;  $x_p$  – это данные, полученные с датчиков (камер, радаров, детекторных устройств).

### 2. Базисные функции.

– В-сплайны 3-го порядка:

$$\phi(x) = \sum_k c_k B_k(x) \quad (2)$$

где  $c_k$  – обучаемые коэффициенты;  $B$  – В-сплайн. Для порядка  $k$  (степень полинома  $k-1$ ) и узлов сети  $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_m$ , В-сплайн  $B_{i,k}(x)$  определяется рекурсивно (согласно формуле Кокса де-Бора):

$$B_{i,1}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } t_i \leq x < t_{i+1} \\ 0, & \text{в ином случае} \end{cases}$$

Основные преимущества данной базисной функции над остальными – гладкость  $C^2$  и локальная поддержка [1].

– Вейвлеты Добеши (DB4):

$$\phi(x) = \sum_k d_k \psi_{j,k}(x), \quad (3)$$

где  $\psi$  – вейвлет-функция (детали);  
 $j$  – уровень детализации (scale);  
 $k$  – временной сдвиг (shift);  
 $d$  – обучаемые коэффициенты.

Основные преимущества данной базисной функции – повышенная устойчивость к шумам и зашумленным данным, а также быстрый анализ резких изменений в потоке [2].

– Фурье-базис:

$$\phi(x) = a_0 + \sum_{m=1}^M (a_m \cos(\omega_m x) + b_m \sin(\omega_m x)), \quad (4)$$

где  $a_m, b_m$  – обучаемые коэффициенты;  
 $\omega_m = 2\pi m/T$  – частоты с периодом  $T$ .

Основным преимуществом данной базисной функции является эффективность её работы для периодических процессов (пиковые часы) [3].

### 3. Метрики оценки сети.

- точность: RMSE (Root Mean Square Error) на тестовой выборке;
- скорость обучения: время до сходимости (эпохи);
- интерпретируемость: визуализация функций  $\phi_{q,p}$ ;
- устойчивость: чувствительность к гиперпараметрам.

#### Основная часть

Для проведения эксперимента используется следующая базовая модель.

Датасеты – Ingolstadt, Moscow; симуляционная среда – SUMO с настройкой SUMO-RL. Основные сравнительные метрики для каждого из методов следующие:

- RMSE прогноза заторов (%);
- среднее время задержки (с/авто);
- время обучения алгоритма (мин).

Основное экспериментальное оборудование:

- процессор 13th Gen Intel(R) Core(TM) i7-13620H, частота – 2.40 ГГц;
- видеокарта NVIDIA RTX 4050 для ноутбуков 6 Гб;
- оперативная память – 16,0 Гб DDR 4, тактовая частота – 2,23 ГГц.

Анализ полученной информации

В результате эксперимента были полу-

чены следующие данные (табл. 1).

Таблица 1

### Сравнительный анализ базисных функций для KAN

	RMSE (Ingolstadt)	RMSE (Moscow)	Время обучения
В-сплайны	8,9%	12,3%	42 мин.
Вейвлеты DB4	7,2%	9,8%	68 мин.
Фурье-базис	14,1%	18,7%	25 мин.

Вейвлеты снизили ошибку на 19% (Москва) за счёт фильтрации шумов от датчиков.

В-сплайны показали баланс точности/скорости для регулярных потоков.

Фурье-базис быстро обучался, но давал сбои при неперiodических инцидентах (дорожно-транспортные проис-

шествия, аварийные ситуации и т.д.).

Среднее время задержки в результате генерации KAN длительности фаз световых Tgreen (зелёный сигнал) по результатам проверки прогнозирования на 24-х часовых датасетах при создании имитации 20% зашумленности данных с камер наблюдения представлено в табл. 2

Таблица 2

### Анализ работы алгоритмов в случае зашумленности входных данных о состоянии транспортного потока

	Средняя задержка	Устойчивость	Интерпретируемость
В-сплайны	28,7 сек.	+2,1%	Высокая
Вейвлеты DB4	24,3 сек.	+0+5,9%,8%	Средняя
Фурье-базис	41,9 сек.	+5,9%	Низкая

Применение базисной функции DB4 позволило сократить среднее время задержки на 15% за счёт детектирования аномалий (резкое увеличение потока). Фурье-базис повысил пропускную способность на 9% в пиковые часы (7:00–9:00).

#### Обсуждение

Ключевые компромиссы:

1. Точность против ресурсозатратности.

Вейвлеты максимизируют точность (+25% к В-сплайнам при авариях), но требуют на 40% больше GPU-памяти.

В-сплайны – оптимальный выбор для edge-устройств (наименьшая ресурсозатратность по сравнению с другими базисными функциями, что даёт возможность использовать устройства на базе Raspberry).

2. Периодичность данных.

Фурье-базис эффективен для прогноза формата управления «час пик» (сходимость

за 15 эпох), но не подходит для управления в реальном времени.

Ограничения:

– вейвлеты: декомпозиция увеличивает время отклика на 0,7 сек. (критично для экстренных служб);

– В-сплайны: чувствительны к количеству узлов сетки (оптимум: 5–7 узлов).

#### Рекомендации для ИТС

Городские магистрали (Москва, ТТК): вейвлеты Добеши для обработки шумов и детектирования инцидентов.

Исторические центры (Ingolstadt): В-сплайны для плавного регулирования с интерпретируемостью решений.

Системы с ограниченными ресурсами: гибрид Фурье + В-сплайны для прогноза периодических событий.

#### Выводы

Вейвлеты Добеши являются эталоном

для задач прогнозирования в условиях шума (снижение RMSE до 7,2%), но требуют мощных вычислителей.

В-сплайны обеспечивают баланс для адаптивного управления на перекрёстках (снижение задержек на 28%).

Фурье-базис эффективен только для периодических процессов (пиковые часы).

Перспективным направлением является разработка гибридных KAN-архитектур, которые будут использовать несколько раз-

личных базисных функций для своей работы, в частности, вейвлеты для обработки «сырых» данных с датчиков и В-сплайны для генерации управляющих сигналов. Такие системы повысят точность прогнозирования на 30% и сократят энергопотребление на 22%, что критично для глобальных ИТС как в плане стоимости их работы и обслуживания, так и относительно эффективности управляющих системами алгоритмов [4].

### Список литературы

1. Kich V.A., Bottega J.A., Steinmetz R. Kolmogorov-Arnold Networks for Online Reinforcement Learning. EPJ Quantum Technol. 11, 76. 2024. DOI: <https://doi.org/10.23919/ICCAS63016.2024.10773080>. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10773080/> (accessed: 19.06.2025).
2. Liang X. et al. Adaptive signal control optimization using dueling network architectures. IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. 23(8), 11241–11253 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3122277>.
3. Zhang L. et al. Kolmogorov-Arnold networks guided optimization for adaptive traffic flow prediction. Eng. Appl. Artif. Intell. 123, 106452. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106452>.
4. A Survey on Kolmogorov-Arnold Network Shriyank Somvanshi, Syed Aaqib Javed, Md Monzurul Islam, Diwas Pandit, and Subasish Das. 2025. ACM Comput. Surv. Just Accepted (June 2025). DOI: <https://doi.org/10.1145/3743128>. URL: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3743128> (accessed: 29.06.2025).

### УДК 656

### АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОФИЛАКТИКИ КОНФЛИКТОВ СРЕДИ УЧАСТНИКОВ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Маврин О.В., к.с.н., доцент, заведующий центром медиации, урегулирования конфликтов и профилактики экстремизма, кафедра конфликтологии Института социально-философских наук и массовых коммуникаций ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»; ORCID: 0000-0002-4421-0478;  
Попов В.Н., начальник отдела безопасности дорожного движения ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан»;  
Кофанова В.С., магистрант направления «Конфликтология» кафедры конфликтологии Института социально-философских наук и массовых коммуникаций ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

### TOPICAL ISSUES OF CONFLICT PREVENTION AMONG ROAD USERS

Mavrin O.V., Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor, Head of Center of Mediation, Conflict Resolution and Extremism Prevention, Conflict Studies Department, Institute of Social and Philosophical Sciences and Mass Communications, Kazan Federal University; ORCID: 0000-0002-4421-0478;  
Popov V.N., Head of the Road Safety Department, «Scientific Center for Road Safety of Academy of Science Republic of Tatarstan»;  
Kofanova V.S., Master's degree student in Conflictology of the Department of Conflictology, Institute of Social and Philosophical Sciences and Mass Communications, Kazan Federal University, Kazan, Russia

### Аннотация

Практически каждый житель крупных и малых городов ежедневно становится участником дорожного движения. В связи с этим актуальной задачей является обеспечение безопасности на дорогах, исследуемое в рамках различных научных дисциплин. Значительный потенциал имеет конфликтология, позволяющая проводить анализ причин возникновения конфликтных ситуаций и уровня информированности участников дорожного движения о способах их профилактики. В статье представлены результаты исследования, проведенного в 2020 г., сохраняющие свою актуальность для решения указанной проблемы.

**Ключевые слова:** дорожное движение, участники дорожного движения, безопасность, конфликтологический анализ, конфликтология, профилактика конфликтов

### Abstract

Citizens of both large and small cities become road traffic participants daily. Thus, the study of road safety through the lens of various scientific fields remains relevant. Conflict studies, in this context, provides a framework for analyzing the potential causes of collisions between road users and assessing their awareness of conflict prevention strategies. Although the study presents results from 2020, it does not diminish the importance of investigating this aspect.

**Keywords:** road traffic, road traffic participants, safety, conflict analysis, conflict studies, conflict prevention

Современная жизнь характеризуется многообразием конфликтов. Особую категорию составляют конфликты с участием водителей транспортных средств, которые часто возникают на дорогах.

Движение в условиях интенсивного транспортного потока создает повышенную психологическую нагрузку на водителей. Маневрирование транспортным средством требует быстрой реакции, постоянного внимания, прогнозирования действий других водителей и часто ограничивает возможности для маневра. Эти факторы способствуют росту числа конфликтных ситуаций и ошибок участников дорожного движения, что приводит к увеличению количества дорожно-транспортных происшествий (далее – ДТП) [1], а также к конфликтному поведению в отношении сотрудников правоохранительных органов (инспекторов ДПС) и персонала пунктов весового контроля и комплексов фотовидеофиксации.

Меры по снижению аварийности, такие как установка комплексов фото-видеофиксации и организация пунктов весового контроля, иногда воспринимаются участниками дорожного движения негативно.

Конфликтный потенциал дорожной сре-

ды отчасти обусловлен самой природой управления транспортным средством, которое является источником повышенной опасности [2]. Неисправности автомобилей, сложные дорожные ситуации вызывают у многих водителей чувство тревоги, которое может перерасти в раздражительность и агрессию [3]. Важную роль играют личностные характеристики водителя: структура личности, опыт вождения, психоэмоциональное состояние и настроение в конкретный момент. Негативное поведение на дороге часто бывает спровоцировано сильными отрицательными эмоциями.

Факторы внешней среды также влияют на психологическое состояние водителя, создавая предпосылки для возникновения конфликтов. Конфликтные ситуации возникают при столкновении интересов. Их источниками часто выступают конкуренция между водителями, взаимное неуважение участников движения, а также проявление неуважения или агрессии в отношении сотрудников ДПС, пунктов весового контроля и фотовидеофиксации.

Рост интенсивности движения транспортных средств увеличивает частоту



взаимодействий между его участниками. Естественным следствием этого является повышение конфликтности среды. Помимо прямых столкновений (далее – ДТП), распространены неконструктивные коммуникации между участниками дорожного движения, характеризующиеся интенсивным негативным эмоционально-информационным обменом. Последствия таких вербальных конфликтов иногда бывают тяжелее, чем последствия ДТП. Опасность дорожных конфликтов очевидна: они снижают качество движения транспортных средств по дорогам, становятся причиной ДТП и сами могут квалифицироваться как правонарушения. Поэтому необходимо изучать информированность участников дорожного движения о способах снижения конфликтного потенциала и их готовность применять эти способы на практике [4].

Внедрение пунктов весового контроля и комплексов фотовидеофиксации создало новые формы дорожных конфликтов, требующие отдельного изучения.

Все перечисленное определяет практическую значимость исследования проблем профилактики конфликтов среди участников дорожного движения, поскольку снижение уровня конфликтности напрямую способствует повышению безопасности транспортной системы.

Анализ специальной литературы свидетельствует о наличии теоретической базы по смежным проблемам. Вопросы формирования культуры безопасности в дорожном движении изучались в работах А.Г. Бусыгина, О.А. Мальцевой, С.В. Мосиной, М.И. Марьина, С.А. Тимко, Ю.Г. Касперовича, Р.А. Севостьянова и др. Социально-психологический подход к исследованию дорожного движения представлен в трудах Ф.М. Пиир, Е.С. Кузьмина, Ю.П. Степкина, М.И. Логапова, Б.Ф. Венды, Р.В. Ротенберга, Г.С. Улиханян, Ю.К. Стрелкова, В.Э. Утлика, М.Б. Васильевой и др.

Однако, несмотря на значительное коли-

чество работ, посвященных безопасности дорожного движения и отдельным аспектам поведения его участников, проблема дорожных конфликтов как самостоятельное явление изучена недостаточно. Исследований, специально посвященных социальным-психологическим особенностям, источникам, структуре, динамике и типологии конфликтов именно между участниками дорожного движения (водитель – водитель, водитель – пешеход, водитель – сотрудник контроля), явно не хватает. Одним из следствий этой проблемы является недостаточная конфликтологическая подготовка водителей, отсутствие единой системы обучения навыкам бесконфликтного взаимодействия в специфических дорожных условиях и, как результат, высокий уровень конфликтности на дорогах.

Таким образом, существует проблема недостаточной изученности социально-психологических особенностей конфликтов между участниками дорожного движения, их причин, содержания, структуры, динамики и разновидностей. Без учета этих характеристик невозможно сформировать адекватное научное представление о дорожном конфликте как социальном явлении и разработать эффективные условия для его предупреждения.

Теоретико-методологическую основу исследования составили:

- общепсихологическая концепция общения Б.Ф. Ломова;
- социально-психологические теории общения;
- положения М.М. Бахтина и П. Вацлавика о неизбежности коммуникации и ее формах;
- теория позитивно-функционального конфликта Л. Козера;
- теории агрессии (Р. Бэрн, Д. Ричардсон);
- фундаментальные работы по конфликтологии (А.Я. Анцупов, А.И. Шипилов);
- социально-экологическая теория конфликта Ф. Глазла;

– факторный подход к возникновению конфликтов У. Линкольна.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью выявления ключевых факторов возникновения и профилактики конфликтов среди участников дорожного движения. Выявленное противоречие между большой частотой дорожных конфликтов и недостаточной их изученностью позволило сформулировать проблему исследования: разработка мер профилактики конфликтов между участниками дорожного движения (включая взаимодействие с инспекторами ДПС, сотрудниками весового контроля и фотовидеофиксации).

*Объект исследования:* участники дорожного движения Республики Татарстан.

*Предмет исследования:* конфликты между участниками дорожного движения (включая конфликты с сотрудниками ДПС, весового контроля и фотовидеофиксации) и информированность о способах их профилактики.

*Цель исследования:* оценка уровня информированности участников дорожного движения Республики Татарстан о способах профилактики конфликтов в процессе движения транспортных и пешеходных потоков в Республике Татарстан.

*Гипотеза исследования:* эффективная организация профилактики конфликтов между участниками дорожного движения будет способствовать снижению проявлений агрессивного поведения и улучшению условий для безопасного и комфортного движения.

*Цель и гипотеза определили задачи исследования:*

1. Выявить частоту возникновения конфликтов у участников дорожного движения и определить наиболее распространенные их виды.

2. Оценить потенциал напряженности и конфликтности у участников дорожного движения в процессе управления транспортным средством.

3. Установить наиболее известные

участникам дорожного движения способы предотвращения конфликтов.

4. Определить источники и доступность информации о способах профилактики дорожных конфликтов.

5. Выявить степень доступности и возможности получения информации о способах профилактики конфликтов для водителей и пешеходов.

Основным методологическим подходом в исследовании выступил системный анализ. Изучение профилактики конфликтов требует определения основных элементов конфликтной системы (участники, предмет, действия, среда) и влияющих на нее внешних факторов. Системный подход позволяет:

- рассматривать взаимосвязи и взаимодействия между всеми элементами системы (деятельность одного элемента влияет на другие);

- анализировать каждый элемент в отдельности и во взаимодействии с другими элементами системы;

- исследовать объект в динамике.

При разработке обучающих программ для участников дорожного движения системный анализ важен для выявления системных предпосылок конфликта.

Для решения поставленных задач и проверки гипотезы использовались следующие методы:

- теоретические: анализ научной литературы и учебных материалов по проблеме конфликтов и безопасности движения транспортных средств и пешеходов; обобщение педагогического опыта в области обучения водителей;

- эмпирические: анкетирование участников дорожного движения; стандартизированное (формализованное) интервью с экспертами.

Исследование дорожных конфликтов требует понимания специфики дорожного социума как особой социальной общности и дорожного движения как сложного процесса коммуникаций, многие из которых носят конфликтный характер.

Согласно классическому определению Л. Козера, «конфликт может быть определен как борьба из-за ценностей или претензий на статус, власть или ограниченные ресурсы, в которой целями конфликтующих сторон являются не только достижение желаемого, но и нейтрализация, нанесение ущерба или устранение соперника» [5]. В дорожном контексте цели часто менее масштабны (отстоять приоритет, выразить недовольство), но механизм противоборства схож.

Участники дорожного движения находятся в состоянии постоянного, хотя и минимального, взаимодействия. Базовой формой этого взаимодействия является стремление реализовать свои цели (проехать, перейти), стараясь минимизировать прямое соприкосновение. Конфликты возникают при нарушении этого «правила не-соприкосновения», когда действия одного участника воспринимаются другим как создание помехи или угрозы.

*Факторы конфликтогенности дорожной среды включают:*

1. Относительно стабильные факторы:
  - личностные особенности участников (агрессивность, импульсивность, низкая стрессоустойчивость);
  - социально-психологические характеристики водительского сообщества (нормы, стереотипы, например, предвзятое отношение к определенным категориям водителей или пешеходов).
2. Ситуативные факторы:
  - психофизиологическое состояние участников (усталость, стресс, эмоциональное возбуждение);
  - особенности дорожной ситуации (плохие погодные условия, качество дорожного покрытия, заторы, сложность маневра).
3. Конкретные действия (конфликтогенные):
  - грубое поведение (оскорбления, нецензурная брань, агрессивные жесты);
  - нарушение правил приоритета, ложное толкование своих прав;

- нерешительность или неумелость в управлении;
- ошибочное прогнозирование действий других участников;
- нарушение ПДД;
- склонность к рискованному вождению;
- действия, снижающие мотивацию к безопасности (например, использование телефона за рулем);
- физические факторы: перегруженность дорог, неудовлетворительное состояние дорожной инфраструктуры.

Дорожный конфликт часто происходит между незнакомыми людьми, может носить аффективный характер, отличается быстротечностью, редко приводит к конструктивному разрешению и ограничивает возможности для вмешательства третьих лиц [9].

Поскольку нарушения ПДД имеют психологические корни, проблеме снижения аварийности и конфликтности необходимо решать с использованием принципов психологии, педагогики [10] и конфликтологии.

Классификация факторов конфликтов, предложенная У. Линкольном (1994), остается актуальной:

1. Информационные факторы: конфликт возникает из-за неполной, искаженной, несвоевременной информации, ее сокрытия или нежелательного разглашения, а также различий в интерпретации. Пример: водитель не заметил новый знак «Въезд запрещен» и был остановлен инспектором ДПС.
2. Поведенческие факторы: конфликт провоцируется конкретными действиями (или бездействием) одной из сторон в конкретный момент. Пример: водитель перестроился без включения поворотника, что вынудило другого водителя резко затормозить; второй водитель в ответ «подрезает» первого.
3. Факторы отношений: конфликт вызван неудовлетворенностью одной или обеих сторон сложившимися между ними

отношениями (недоверие, неприязнь). Пример: водитель систематически нарушает правила перестроения без включения сигнала поворота. Другой водитель, вынужденный постоянно подстраиваться под его опасные маневры, испытывает нарастающее раздражение. Несмотря на адаптацию к каждому отдельному случаю, кумулятивный негатив в отношениях приводит к решению «проучить» нарушителя при следующей возможности.

4. Структурные факторы: конфликт порождается стабильными, часто объективными обстоятельствами, которые трудно или невозможно изменить в рамках конкретного инцидента (нормативно-правовая база, распределение власти, географические условия, технические ограничения). Пример: на перекрестке равнозначных дорог произошло отключение светофора. Водители с разных направлений, не имея четкого регламента проезда в данной ситуации (структурная проблема), начинают конфликтовать за приоритет.

5. Ценностные факторы: конфликт коренится в различии фундаментальных принципов, убеждений, культурных норм или представлений о правильном/неправильном между сторонами. Пример: водитель, придерживающийся патриархальных взглядов, считает, что женщины за рулем менее компетентны и мужчины должны им «уступать дорогу всегда». Столкновение с водителем-женщиной, ожидающей равноправного соблюдения ПДД, или с мужчиной-водителем, не разделяющим эти взгляды, приводит к ценностному конфликту.

Линкольн также предложил рекомендации по разрешению конфликтов в зависимости от ведущего фактора:

Факторы отношений:

1. Проработка эмоций: использовать техники активного слушания, «Я-высказываний», перефразирования. Дать сторонам безопасно выразить чувства без осуждения, демонстрируя понимание и поддержку.

2. Диагностика причин: выяснить корни проблем в отношениях (источники недоверия, страха, нежелания сотрудничать).

3. Устранение причин: совместно выработать изменения в поведении и формах общения для улучшения отношений.

Структурные факторы:

1. Осознание объективности: признать, что источник конфликта лежит вне воли непосредственных участников (система, правила, условия), и не винить ни себя, ни оппонента.

2. Принятие реальности: отказаться от иллюзий, что ситуация разрешится сама собой или быстро изменится к лучшему в рамках этого инцидента. Сфокусироваться на адаптации к ограничениям.

Ценностные факторы:

1. Уважение к различиям: проявить уважение к ценностям другой стороны, даже если они не разделяются.

2. Признание права на собственные ценности: признать право другого человека иметь иные ценности. Инициатива в этом признании выгодна инициатору, так как снижает защитную реакцию оппонента.

3. Поиск общего на более высоком уровне: сосредоточиться не на борьбе друг с другом, а на поиске общей высшей цели или ценности (например, безопасность всех участников движения) и путей ее достижения несмотря на различия.

4. Совместный поиск решений: искать практические способы взаимодействия, которые позволяют соблюсти ключевые интересы каждой стороны, не требуя изменения их глубинных ценностей в рамках данной ситуации.

Учет доминирующего фактора конфликта позволяет разрабатывать более адресные условия для его разрешения и, в перспективе, механизмы профилактики.

*Эмпирическое исследование*

В рамках исследования была предпринята попытка определить ключевые факторы возникновения конфликтов с участием сотрудников ДПС, весового контроля и

фотовидеофиксации, на которые следует обратить особое внимание в профилактической работе.

Цель эмпирической части: изучить осведомленность участников дорожного движения (далее – УДД) Республики Татарстан о способах профилактики конфликтов.

Задачи эмпирического исследования:

1. Выявить частоту столкновения УДД с конфликтами на дорогах и определить наиболее распространенные их типы.

2. Оценить потенциал напряженности и конфликтности у УДД в дорожной среде.

3. Определить наиболее известные УДД способы предотвращения конфликтов.

4. Выявить источники и доступность информации о способах профилактики дорожных конфликтов.

Для реализации задач исследования были использованы следующие методы:

1. Анкетирование участников дорожного движения: проводилось в местах массового скопления целевой аудитории.

Выборка: вероятностная бесповторная многоступенчатая квотно-стратифицированная выборка. Квоты устанавливались по полу, возрасту и типу населенного пункта (город/село) на основе данных Росстата РФ и Росстата РТ.

Объем выборки: 400 респондентов (расчитан по формуле Паниотто).

Ошибка выборки: 5% при уровне доверия 0,95 ( $p \leq 0,05$ ).

2. Стандартизированное (формализованное) интервью с экспертами: проводилось с сотрудниками ДПС, весового контроля, фотовидеофиксации, инструкторами автошкол, конфликтологами.

Анализ данных выявил ключевые проблемные зоны («узкие места») в области профилактики дорожных конфликтов в Республике Татарстан:

1. Распространенность и самооценка поведения: около трети (33%) опрошенных жителей РТ сталкивались с конфликтными ситуациями на дороге. При этом лишь 25% из числа столкнувшихся с конфликтом

признали, что сами проявляли агрессию по отношению к другой стороне. Это позволяет предположить, что водители часто изначально воспринимают себя как «правую» сторону в конфликте, что само по себе является конфликтогенным фактором, затрудняющим конструктивное разрешение ситуации.

2. Источники поведенческих моделей и их эффективность: большинство респондентов указали, что основой их поведения в конфликте является жизненный опыт, который они считают достаточным для предотвращения агрессии. Однако полученные данные ставят это утверждение под сомнение:

Основными стратегиями поведения в конфликте названы приспособление (уступчивость) или борьба/соперничество (настаивание на своем).

Ни одна из этих стратегий (особенно в их крайних проявлениях) не свидетельствует о высоком уровне коммуникативной компетентности или владении навыками конструктивного разрешения конфликтов. Приспособление может вести к накоплению негатива, а борьба – к эскалации.

Данный диссонанс (уверенность в достаточности опыта при использовании неконструктивных стратегий) указывает на высокий уровень латентной конфликтности среди УДД. Возникают вопросы: Какой опыт и какого качества необходим? Сколько конфликтов и потенциальных ДТП должно произойти, прежде чем будет накоплен «достаточный» опыт?

Вывод: требуется целенаправленная работа по формированию у водителей адекватной оценки собственного поведения в конфликте и обучению альтернативным, конструктивным стратегиям.

3. Различия в поведении УДД:

Пешеходы vs Водители: пешеходы, согласно данным, значительно чаще, чем водители, используют стратегию борьбы/соперничества и отстаивания своей правоты в конфликтах (особенно в конфликтах



с водителями). Это указывает на необходимость корректировки профилактических программ с акцентом на формирование взаимного уважения и ответственности в системе «пешеход – водитель».

Город vs Село: респонденты из крупных городов демонстрируют более высокий уровень агрессивности в спорных ситуациях по сравнению с жителями малых населенных пунктов и сельской местности. Эта закономерность требует дальнейшего детального изучения причин (высокая интенсивность движения, стресс, анонимность большого города и т.д.). В качестве рекомендации:

- программы подготовки сотрудников ДПС должны учитывать специфику работы в мегаполисах и малых городах;
- в программы обучения водителей целесообразно включать специализированные модули по бесконфликтному взаимодействию, адаптированные под особенности разных типов населенных пунктов.

4. Отношение к техническим средствам контроля: выявлена закономерность: в крупных городах отношение к комплексам фото-видеофиксации и другим техническим средствам контроля дорожного движения значительно хуже, чем в малых городах и сельской местности. Это указывает на необходимость:

- более эффективной подготовки городских сотрудников ДПС и служб контроля к работе в конфликтных ситуациях, провоцируемых техническими средствами;
- разработки и размещения адресной социальной рекламы, разъясняющей роль технических средств в обеспечении безопасности и формирующей более лояльное и понимающее отношение к ним со стороны водителей.

5. Образовательные потребности: результаты опроса показали высокую заинтересованность респондентов во включении в программы подготовки водителей в автошколах специального образовательного блока. Этот блок должен быть направлен на:

- отработку навыков реагирования на агрессивное поведение других УДД;
- обучение способам восстановления собственного психоэмоционального состояния в стрессовых дорожных ситуациях.

Требуется: детальная проработка содержания, форм и методов такого образовательного модуля.

6. Мнение экспертов (по результатам интервью):

- ключевое предложение: повышение уровня профессиональной подготовки сотрудников весового контроля, пунктов фотовидеофиксации и инспекторов ДПС на начальном этапе их карьеры. Особый акцент – на конфликтологическую компетентность.

Необходимость: разработка и внедрение подробных инструкций/алгоритмов действий для сотрудников в типовых и нестандартных конфликтных ситуациях.

Работа с водителями: часть экспертов подчеркнула необходимость для водителей:

- регулярно актуализировать знания ПДД и норм взаимодействия;
- работать над регуляцией своего морально-психологического состояния;
- придерживаться принципов взаимовыдерживания и сдержанности на дороге.

Пробел: эксперты не предложили конкретных механизмов реализации этих рекомендаций для водителей, что требует дальнейших исследований.

*Рекомендации по профилактике на основе конфликтологии*

Опираясь на потенциал конфликтологии, можно предложить следующие прикладные методы для профессиональной подготовки сотрудников ДПС, весового контроля и фотовидеофиксации:

1. Специализированные тренинги:

- деловые игры: моделирование сложных и конфликтных дорожных ситуаций, отработка регламентов действий;
- ролевые игры: развитие эмпатии, навыков коммуникации и управления эмо-

циями в конфликте (например, играя роль «разгневанного водителя»);

– методы психогимнастики: техники быстрого снятия эмоционального напряжения, саморегуляции в стрессе.

2. Подготовка к взаимодействию с провокаторами: конфликтологическая подготовка должна включать блок по работе с лицами, намеренно провоцирующими конфликты для создания контента (в т.ч. некоторыми блогерами). Цели таких лиц: соответствие трендам, искусственное создание конфликта для повышения просмотров и монетизации.

Для блогеров, использующих провокации для выявления реальных нарушений/непрофессионализма сотрудников, могут быть эффективны инструменты совместного разбора инцидента с участием обеих сторон. Это позволяет объяснить регламент действий, провести просветительскую работу и улучшить имидж контролирующих органов.

Позитивный контент: целесообразно рассмотреть привлечение блогеров, демонстрирующих позитивные модели взаимодействия и высокий профессионализм сотрудников, для формирования положительного образа служб и повышения их значимости в глазах общественности.

3. Профилактика профессиональной деформации: обучение навыкам работы в конфликтах будет малоэффективным без системы мониторинга и профилактики профессиональной деформации личности сотрудника (негативных изменений социально-психологических и личностных качеств под влиянием стрессовых факторов службы).

Меры:

– регулярное индивидуальное психоло-

гическое консультирование (при необходимости – терапия);

– организация групповой супервизии (профессионально ориентированные обсуждения сложных случаев под руководством опытного наставника/психолога).

Цель: поддержание оптимального психологического состояния сотрудников, коррекция негативных профессиональных установок, предотвращение эмоционального выгорания.

Цель исследования достигнута: определена осведомленность участников дорожного движения Республики Татарстан о способах профилактики конфликтов в дорожной среде.

Гипотеза исследования о том, что организация профилактики конфликтов способствует снижению агрессии и улучшению условий движения, нашла частичное подтверждение в выявленных закономерностях и обоснована теоретически. Для ее полной практической проверки необходима реализация предложенных рекомендаций (адаптация обучения водителей и сотрудников, внедрение тренингов, информационная кампания, система поддержки психологического здоровья сотрудников). Последующий мониторинг позволит оценить эффективность этих мер в снижении конфликтности и агрессивного поведения на дорогах.

Реализация предложенного комплекса корректирующих мер, основанного на результатах исследования и принципах конфликтологии, имеет значительный потенциал для снижения количества конфликтных и аварийных ситуаций на дорогах Республики Татарстан, способствуя повышению безопасности и комфорта всех участников дорожного движения.

### **Список литературы**

1. Elvik R. Speed and road accidents: An evaluation of the Power Model // *Accident Analysis & Prevention*. 2023; №187: 421-429.
2. Ильин, Н. П. К вопросу об отнесении транспортного средства к источникам повышенной опасности / Н. П. Ильин // *Отечественная юриспруденция*. – 2017. – №6 (20).

- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-otnesenii-transportnogo-sredstva-k-istochnikam-povyshennoy-opasnosti> (дата обращения: 08.11.2024).
3. Lai Zheng, Karim Ismail, Xianghai Meng Traffic conflict techniques for road safety analysis: open questions and some insights. Canadian Journal of Civil Engineering. 2014; №41: 7-23.
4. Гражданский кодекс Российской Федерации часть 2 (ГК РФ ч.2) <https://stgkrf.ru/1079> (дата обращения: 23.10.2024).
5. Deutsch M. The Handbook of Conflict Resolution: Theory and Practice; 3-е изд.; Сан-Франциско: Jossey-Bass; 2014; 245.
6. Zhang W., Kaber D.B. Effects of mental workload on driving behavior using behavioral and physiological measures. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. 2022; №9: 322-337.
7. Spitzberg B.H., Cupach W.R. Interpersonal communication competence // The International Encyclopedia of Interpersonal Communication. 2015; №18: 1-15.
8. Дмитриев, С. Н. Дорожно-патрульная служба: Пособие для сотрудников ГИБДД / С. Н. Дмитриев. – Москва : Спарк, 2000. – 656 с.
9. Севостьянов, Р. А. Вопросы детерминации дорожных конфликтов / Р. А. Севостьянов // Вопросы российского и международного права. – 2020. Том 10. – №3. – С. 98-104.
10. Принципы и инструменты для повышения безопасности дорожного движения на дорогах общего пользования Международный опыт – URL: [https://www.ador.ru/data/files/static/bdd\\_01.pdf](https://www.ador.ru/data/files/static/bdd_01.pdf) (дата обращения: 23.10.2024).

УДК 004.94

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ  
СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА  
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ЗАПОЛНЯЕМОСТИ ПАРКОВОК  
В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ**

*Минниханов Р.Н., д.т.н., президент Академии наук Республики Татарстан, директор ГБУ «Безопасность дорожного движения»;  
ORCID: 0000-0001-9166-2955;*

*Баторшин Т.Р., магистрант кафедры автоматизации технологических процессов и производств ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»;  
ORCID: 0009-0001-9995-8854;*

*Габбазов Р.М., магистрант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления;  
ORCID: 0009-0009-9187-9121;*

*Фахразиев Р.И., магистрант кафедры систем информационной безопасности;  
ORCID: 0009-0008-3463-7663;*

*Катасёв А.С., д.т.н., профессор кафедры систем информационной безопасности;  
ORCID: 0000-0002-9446-0491;*

*Дагаева М.В., к.т.н., доцент кафедры интеллектуальных транспортных систем ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», начальник Центра разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения», г. Казань, Россия;  
ORCID: 0000-0002-5444-9669*

**USING A RANDOM FOREST MODEL TO  
FORECAST PARKING OCCUPATION IN  
URBAN AGGLOMERATIONS**

*Minnikhanov R.N., Doctor of Technical Sciences, President of Tatarstan Academy of Sciences, Director of the SBI «Road Safety»;  
ORCID: 0000-0001-9166-2955;*

*Batorshin T.R., Master's student of the Department of Automation of Technological Processes and Production of Kazan State Power Engineering University;  
ORCID: 0009-0001-9995-8854;*

*Gabbazov R.M., Master's student of the Department of Automated Information Processing and Control Systems;  
ORCID: 0009-0009-9187-9121;*

*Fakhraziev R.I., Master's student of the Department of Information Security Systems;  
ORCID: 0009-0008-3463-7663;*

*Katasev A.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of the information security systems department;  
ORCID: 0000-0002-9446-0491;*

*Dagaeva M.V., candidate of technical sciences, Associate Professor of Intelligent Transport Systems Department of Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Head of the Center for Development and Maintenance of Information Systems of the SBI «Road Safety», Kazan, Russia;  
ORCID: 0000-0002-5444-9669*

**Аннотация**

Рассмотрена задача прогнозирования заполняемости парковок в условиях городской среды. Показано, что для ее решения целесообразно использовать методы искусственного интеллекта и машинного обучения. Решение задачи получено на примере парковок города Казани. Для этого проанализированы данные о точках интереса и данные о заполняемости парковок. Точки интереса взяты из открытого источника OpenStreetMap. Данные о парковках города Казани и их заполняемости получены с помощью сервиса parkingzn. Сбор данных проводился в течение месяца, что позволило накопить сведения о заполняемости парковок в разное время суток и дни недели. Рассмотрены особенности подготовки полученных данных для анализа. Для понимания взаимосвязи между точками интереса и парковочными зонами применена кластеризация данных с помощью алгоритма k-means. Всего получено 20 кластеров. Результаты показали, что точки интереса распределены по кластерам, характеризующим зоны с разной плотностью населения и автомобилизации. Для прогнозирования заполняемости парковок построена модель случайного леса, показавшая высокую точность на уровне 94,21%. Кроме того, представлено

сравнение результатов реальной заполняемости парковок с результатами, полученными моделью. Анализ важности признаков в модели позволил определить, что наибольшее влияние на заполняемость парковок оказывают факторы близости к объектам, наличия магазинов и цены парковки. Полученные результаты могут быть использованы при ценообразовании на территориях парковочных пространств, а также при прогнозировании заполняемости новых парковок, что будет способствовать улучшению планирования городской инфраструктуры.

**Ключевые слова:** городская парковка, заполняемость парковочных мест, модель случайного леса, OpenStreetMap, POI, оптимизация

### Abstract

The article considers the problem of predicting the occupancy rate of parking lots in an urban environment. It is shown that it is advisable to use artificial intelligence and machine learning methods to solve this problem. The solution to the problem is obtained using the example of parking lots in Kazan. For this purpose, data on points of interest and data on parking occupancy are analyzed. Points of interest are taken from the open source OpenStreetMap. Data on parking lots in Kazan and their occupancy are obtained using the parkingkzn service. Data collection was carried out over the course of a month, which made it possible to accumulate information on the occupancy rate of parking lots at different times of the day and days of the week. The features of preparing the obtained data for analysis are considered. To understand the relationship between points of interest and parking zones, data clustering is used using the k-means algorithm. A total of 20 clusters were obtained. The results showed that points of interest are distributed across clusters characterizing zones with different population density and motorization. To predict the occupancy rate of parking lots, a random forest model was built, which showed high accuracy at the level of 94,21%. In addition, a comparison of the results of real parking occupancy with the results obtained by the model is presented. An analysis of the importance of features in the model made it possible to determine that the greatest influence on parking occupancy is exerted by the factors of proximity to objects, availability of stores and parking price. The obtained results can be used in pricing in the territories of parking spaces, as well as in forecasting the occupancy of new parking lots, which will contribute to improving the planning of urban infrastructure.

**Keywords:** urban parking, parking space occupancy, random forest model, OpenStreetMap, POI, optimization

### Введение

В современном мире прогнозирование заполняемости парковок является одной из важных и актуальных задач для городских агломераций [1]. Ее решение оказывает существенное влияние на ценообразование в этой области и учитывается при планировании новых парковок. Прогнозирование может осуществляться как вручную с привлечением специалистов, так и с использованием технологий интеллектуального анализа данных. Для реализации первого подхода требуется большая аналитическая работа, которая не всегда приводит к желаемому результату, особенно в дина-

мически меняющихся условиях. Второй подход является наиболее целесообразным вследствие наличия больших объемов данных по заполняемости парковок, а также эффективных инструментов для их анализа. Анализ литературных источников показал, что для решения этой задачи целесообразно использовать методы искусственного интеллекта [2, 3] и машинного обучения [4-6].

### Получение и подготовка данных для анализа

Рассмотрим решение задачи прогнозирования заполняемости парковок на примере города Казани. Для этого были полу-

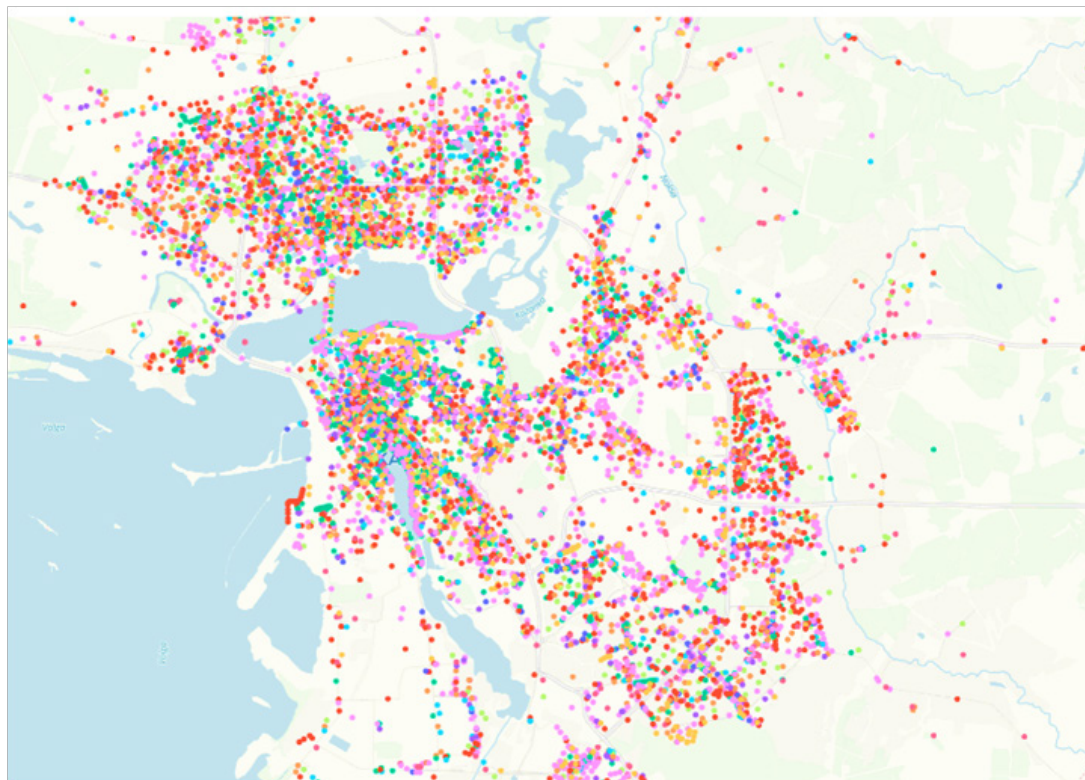


чены, подготовлены и проанализированы следующие данные: точки интереса (POI), а также данные о парковках и их заполняемости за определенный период.

Точки интереса были взяты из открытого картографического проекта

OpenStreetMap [7]. Для их получения использовались запросы к Overpass API, включая такие типы, как amenity, shop, tourism, healthcare и другие [8].

На рис. 1 представлена карта расположения POI в городе Казани.



*Рис. 1. Карта расположения POI в городе Казани*

Данные о парковках города Казани и их заполняемости были получены с помощью сервиса parkingkzn [9]. Сбор данных проводился в течение месяца, что позволило накопить сведения о заполняемости парковок в разное время суток и дни недели. Рассмотрим особенности подготовки данных для анализа.

Для каждой парковочной зоны задавался радиус в 100 метров, в пределах которого подсчитывалось количество POI каждого типа, что позволило оценить влияние окружающей инфраструктуры на заполняемость парковок. Данные были объединены в единый датафрейм, включающий сле-

дующие признаки: время суток, день недели, цена парковки, категория парковки и количество POI каждого типа. Кроме того, рассчитывалось значение целевой переменной «доля свободных мест» как отношение свободных мест к их общему числу.

Для более глубокого понимания взаимосвязи между точками интереса и парковочными зонами применена кластеризация полученных данных с помощью алгоритма k-means [10]. Всего получено 20 кластеров, содержащих однородные точки интереса.

На рис. 2 представлена визуализация объединения точек интересов в различные кластеры.

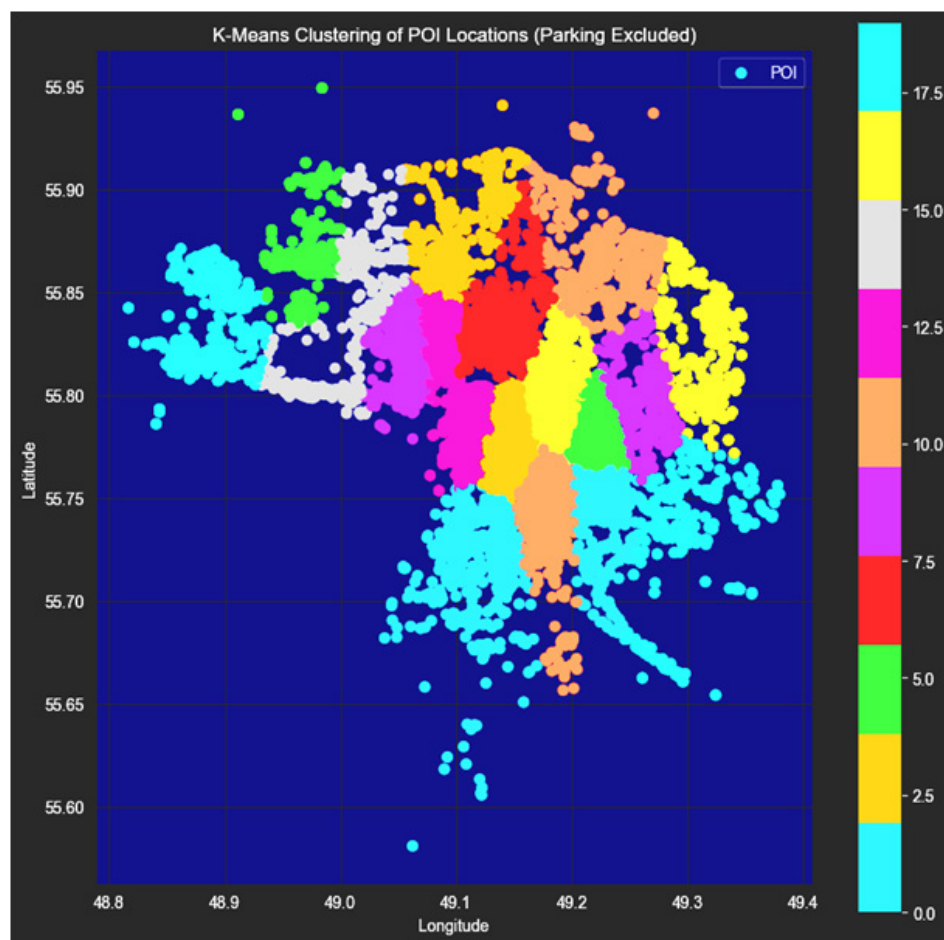


Рис. 2. Визуализация разделения POI на кластеры алгоритмом *k-means*

Результаты кластеризации показали, что точки интереса распределены по различным кластерам, характеризующим зоны с разной плотностью населения и автомобилизации. Полученная информация была интегрирована в модель, чтобы учесть пространственные взаимосвязи при анализе и прогнозировании заполняемости парковочных мест.

*Построение и оценка модели прогнозирования*

Для решения задачи прогнозирования заполняемости парковок в городе Казани построена модель случайного леса [11] со следующими характеристиками:

- среднеквадратическая ошибка  $MSE = 0,0011$ ;
- коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9421$ .

Построенная модель показала высокую точность прогнозирования, объясняя

94,21% вариаций заполняемости парковок.

Анализ важности признаков в модели случайного леса позволил определить, что наибольшее влияние на заполняемость парковок оказывают такие факторы, как близость к объектам (amenity, 16,88%), наличие магазинов (shop, 16,32%), а также цена парковки (price, 10,37%). Признаки healthcare и tourism также имеют заметное влияние (7,42% и 7,33% соответственно), тогда как hour и weekday оказались менее значимыми (4,76% и 4,94%).

В табл. 1 представлены количественные значения важности каждого признака в построенной модели случайного леса.

На рис. 3 представлен пример сравнения результатов реальной заполняемости парковочных мест (на основе имеющихся исторических данных) с результатами, полученными моделью.

Таблица 1

Характеристики признаков в модели случайного леса

Ключ признака	Признак	Важность
amenity	удобства	0,168817
shop	магазины	0,163242
price	цена за час	0,103743
healthcare	здравоохранение	0,074179
tourism	туризм	0,073299
office	офис	0,064066
weekday	день недели	0,049351
hour	час суток	0,047614
public_transport	остановки общественного транспорта	0,043562
natural	природные объекты	0,043203
historic	исторические места	0,038385
craft	ремонт	0,028847
category_id	идентификатор категории парковки	0,024406
religion	религия	0,022223
leisure	досуг	0,020953
man_made	искусственные сооружения	0,020584
emergency	экстренные службы	0,009208
education	образование	0,003730
sport	спорт	0,000588

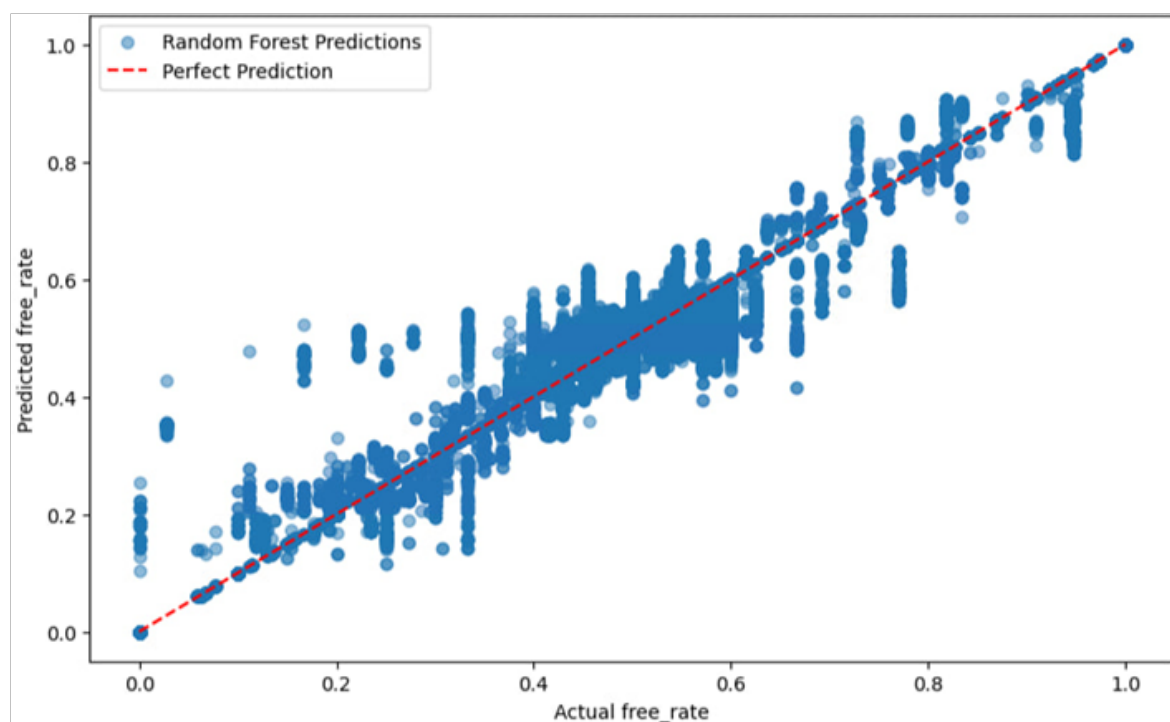


Рис. 3. График сравнения реальных данных по заполняемости парковочных мест и данных, полученных моделью

На графике по оси абсцисс показана доля реальных свободных мест в парковочной зоне, а по оси ординат – доля свободных мест, спрогнозированная моделью. Точками на графике отмечены прогнозные значения на основе модели случайного леса, а пунктирная линия соответствует идеальной модели прогнозирования.

Анализ полученных результатов показал, что в большинстве случаев прогнозные значения соответствуют реальным данным по заполняемости парковок города Казани. Наблюдающиеся отклонения являются незначительными и не превышают уровень

допустимой погрешности. Таким образом, построенная модель является адекватной и позволяет эффективно решать задачу прогнозирования заполняемости парковок.

#### Заключение

Построенная модель позволяет с высокой точностью прогнозировать заполняемость парковок. Результаты моделирования могут быть использованы, например, при ценообразовании на территориях парковочных пространств, а также при прогнозировании заполняемости новых парковок, что будет способствовать улучшению планирования городской инфраструктуры.

#### Список литературы

1. Мамаев, Г. И. Проблемы уличных парковок и зарубежный опыт организации парковок / Г. И. Мамаев, Л. Ю. Бакиров // *Universum: технические науки*. – 2022. – № 5-4 (98). – С. 57–61.
2. Soni A. Multi-story and intelligent car parking system. *International research journal of engineering & applied sciences*. 2022; 13–16.
3. Aditya A., Anwarul Sh., Tanwar R., Koneru S.K.V. An IoT assisted intelligent parking system for smart cities. *Procedia Computer Science*. 2023; Vol. 218: 1045–1054.
4. Минниханов, Р. Н. Нейросетевые сверточные модели обнаружения и распознавания сигналов светофора / Р. Н. Минниханов, А. С. Катасёв, Д. В. Катасёва, В. Скибин // *Вестник Технологического университета*. – 2024. – Т. 27. – № 11. – С. 199–205.
5. Дагаева, М. В. Аугментация данных и построение нейросетевых моделей распознавания рукописных символов в системах биометрической аутентификации / М. В. Дагаева, Д. В. Катасёва, А. С. Катасёв // *Информация и безопасность*. – 2018. – Т. 21. – № 3. – С. 366–371.
6. Нургалиев, Б. Х. Нейросетевая модель и программный комплекс распознавания изображений типа CAPTCHA / Б. Х. Нургалиев, Д. В. Катасёва, А. С. Катасёв // *Вестник Технологического университета*. – 2021. – Т. 24. – № 1. – С. 104–107.
7. Open Street Map: сайт. URL: <https://www.openstreetmap.org/> (accessed: 17.07.2025).
8. GitHub. tyrasd/overpass-turbo: A web based data mining tool for OpenStreetMap using the Overpass API. URL: <https://github.com/tyrasd/overpass-turbo> (accessed: 17.07.2025).
9. Горпарковки Казань. Официальный сайт сервиса парковок [Электронный ресурс]. – URL: <https://parkingkzn.ru/ru/> (дата обращения: 71.07.2025).
10. Aliguliyev R., Tahirzada S.F. Performance comparison of k-means, parallel k-means and k-means++. *Reliability: Theory & Applications*. 2025; Vol. 20. № S7 (83): 169–176.
11. Gao Yu. The prediction of apple stock price based on linear regression model and random forest model. *Theoretical and Natural Science*. 2024; Vol. 30. № 1: 103–109.



УДК 656.13

# РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С УЧЁТОМ ДИСЛОКАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

# DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF AN ADAPTIVE CONTROL SYSTEM FOR TRAFFIC LIGHTS TAKING INTO ACCOUNT THE LOCATION OF VEHICLES

Николаева Р.В., к.т.н., доцент кафедры  
«Цифровые дорожные технологии» ФГБОУ ВО  
«Казанский государственный архитектурно-  
строительный университет»,  
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;

Низамов Р.К., д.т.н., профессор, ректор  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный  
архитектурно-строительный  
университет», академик-секретарь  
отделения математики, механики и  
машиноведения, действительный член  
Академии наук Республики Татарстан;  
Добров А.А., магистрант ФГБОУ ВО  
«Казанский государственный архитектурно-  
строительный университет»,  
г. Казань, Россия;  
E-mail: osnovnayapochta19@gmail.com

Nikolaeva R.V., candidate of technical sciences,  
associate professor of the Department of Digital  
Road Technologies, Kazan State University of  
Architecture and Engineering;  
E-mail: nikolaeva1@bk.ru;

Nizamov R.K., Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Rector of Kazan State University of  
Architecture and Engineering; Academician-  
Secretary of the Department of Mathematics,  
Mechanics and Machine Science, Full Member  
of the Academy of Sciences of the Republic of  
Tatarstan;

Dobrov A.A., undergraduate student, Kazan  
State University of Architecture and Engineering,  
Kazan, Russia  
E-mail: osnovnayapochta19@gmail.com

## Аннотация

В статье рассматривается разработка системы взаимодействия транспортных средств с дорожной инфраструктурой V2I (Vehicle-to-Infrastructure,). Коммуникационная платформа V2I – это инновационная технология, которая реализует беспрепятственный обмен данными между транспортными средствами и окружающей инфраструктурой, такой как светофоры, дорожные знаки и датчики. Внедрение данных систем позволяет решать такие транспортные проблемы, как уменьшение заторов на улично-дорожной сети, повышение безопасности дорожного движения и улучшение экологической обстановки.

В рамках данной работы разработан цифровой прототип системы V2I на платформе Python с использованием имитационного моделирования, протокола MQTT и алгоритмов геопозиционирования. Цель создания прототипа – реализовать адаптивное управление светофорными объектами на основе обмена информацией между светофорами и транспортными средствами, а также преждевременно предупреждать водителя об опасной обстановке в реальном времени. Разработанный прототип системы V2I позволит существенно повысить уровень безопасности улично-дорожной сети, а также увеличить мобильность населения и экологическую обстановку в городе.

Ожидаемые преимущества при внедрении прототипа системы V2I – это снижение аварийности и загруженности улично-дорожной сети, а также сокращение экономических потерь от заторов, увеличение скорости проезда регулируемых пересечений.

**Ключевые слова:** интеллектуальные транспортные системы, управление трафиком, дорожная инфраструктура, периферийное оборудование, транспортные средства

## Abstract

The article discusses the development of a system for vehicle interaction with the V2I (Vehicle-to-Infrastructure) road infrastructure. The V2I communication platform is an innovative technology that implements seamless data exchange between vehicles and surrounding infrastructure such as traffic lights, road signs, and sensors. The implementation of



these systems makes it possible to solve such transport problems as reducing congestion on the road network, improving road safety and improving the environmental situation.

As part of this work, a digital prototype of the V2I system has been developed on the Python platform using simulation modeling, the MQTT protocol and geo-positioning algorithms. The purpose of the prototype is to implement adaptive control of traffic lights, based on the exchange of information between traffic lights and vehicles, as well as prematurely warn the driver about a dangerous situation in real time. The developed prototype of the V2I system will significantly increase the level of safety of the road network, as well as increase the mobility of the population and the environmental situation in the city.

The expected advantages of implementing the V2I prototype system are a reduction in accidents and congestion on the road network, as well as a reduction in economic losses from congestion, and an increase in the speed of controlled intersections.

**Keywords:** intelligent transportation systems, traffic flow, traffic signal control, roadside equipment.

### *1. Введение*

В современных городах основное внимание уделяется эффективности, безопасности и защите окружающей среды. Одним из ключевых решений для достижения этой цели является бесперебойное управление дорожным движением, которое можно реализовать путем применения интеллектуальных транспортных систем [1].

Незаменимым инструментом в достижении этой цели является адаптивное управление светофорами, которое регулирует движение транспортного потока на основе его характеристик, улучшая городской транспортный трафик и устраняя проблему ненужных задержек на регулируемом пересечении. Это, в свою очередь, не только снижает выбросы CO<sub>2</sub> и NO<sub>x</sub>, но и уменьшает шумовое загрязнение на перегруженных улицах и минимизирует загрязнение мелкодисперсными частицами [2].

Сегодня перспективной технологией является разработка системы связи V2X (Vehicle-to-Everything) «автомобиль-все», которая позволяет автомобилю «общаться» с другими транспортными средствами и окружающей дорожной инфраструктурой, при этом она способна уменьшить количество заторов, а также снизить количество дорожно-транспортных происшествий [3].

Для достижения цели создания настоящего автономного транспортного

средства необходимо, чтобы транспортное средство точно знало, что происходит в окружающем его мире. Встроенные датчики, радары и камеры – это одна часть головоломки. Для достижения общей картины мира необходимо получать дополнительную информацию от датчиков окружающих транспортных средств, интеллектуальных систем управления дорожным движением, пешеходов и глобальной сети сбора информации о дорожном движении [4]. Передача этих данных по задаче V2X позволит обеспечить доступ ко всем объектам. Благодаря глобальному обзору ситуации с транспортными средствами и дорожным движением поблизости, можно управлять автомобилем автономно. Необходимая информация основана на бортовых датчиках и данных V2X, которые затем обрабатываются алгоритмами объединения датчиков.

В состав коммуникационной платформы V2X входят системы [5]:

- V2V (vehicle-to-vehicle): система «связь между транспортными средствами»;
- V2P (vehicle-to-pedestrian): система «связь между транспортным средством и пешеходом»;
- V2I (vehicle-to-infrastructure): система «связь между транспортным средством и инфраструктурой»;
- V2N (vehicle-to-network): система

«связь между транспортным средством и сетью».

*Цель исследования:* создание прототипа системы V2I для реализации адаптивного управления циклами светофорного регулирования.

## 2. Материалы и методы

Коммуникационная платформа V2V реализует возможность взаимодействия транспортного средства с инфраструктурой подобно системам, она основана на беспроводных технологиях связи [6].

Традиционные системы управления дорожным движением часто не справляются с управлением сложными современными дорожными сетями. В этом и заключается потенциал V2I-коммуникаций: повышение плавности движения, минимизация веро-

ятности аварий и сокращение выбросов от транспортных средств.

Рассматривая системы V2I, стоит отметить, что основа их работы – это обмен информацией между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой (светофоры, дорожные знаки и т.д.). Внедрение систем V2I позволяет оптимизировать работу транспортных потоков, при этом снизить транспортные задержки, повысить скорость проезда перекрестков и т.п.

Цикл управления трафиком системы V2I заключается в сборе показателей транспортного потока и информации об окружающей среде, после обработки и анализа данных система предлагает водителям определенные модели поведения (рис. 1) [7].

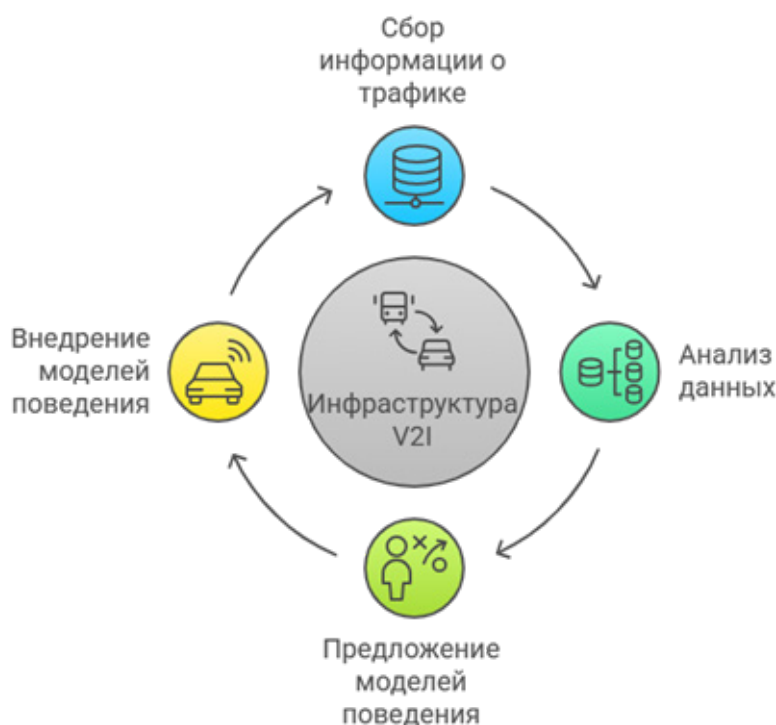


Рис. 1. Цикл управления трафиком системы V2I

Системы V2I включают в себя алгоритмы, необходимые для обмена информацией между элементами системы, к которым относятся транспортные средства и элементы дорожной инфраструктуры [8]. Основная работа данных систем заключается в воздействии на транспортные средства, и как результат-управлении

транспортными потоками [9]. Таким образом, систему V2I можно использовать для адаптивного управления светофорными объектами с учетом дислокации транспортных средств.

## 3. Результаты

Для реализации адаптивного управления светофорными объектами с учётом

дислокации транспортных средств предлагается разработка прототипа системы V2I на основе имеющихся баз данных и алгоритмов, позволяющих симулировать обмен данными и их визуализацию между светофорным объектом и клиентом (транспортным средством).

Исходя из поставленной цели были определены задачи прототипа системы V2I для реализации адаптивного управления светофорными объектами:

- обеспечение обмена информацией между дорожной инфраструктурой (светофорными объектами) и транспортными средствами;
- выполнение адаптивного управления светофорными объектами;
- визуализация опасной обстановки водителями в режиме реального времени;
- интеграция с отечественными навигационными системами ГЛОНАСС;
- снижение экономических потерь от заторов на дорогах;
- сокращение времени в пути;
- уменьшение расхода топлива.

Целевые функции прототипа системы V2I для реализации адаптивного управления светофорными объектами представлены на рис. 2.

На основе имитационного моделирования с использованием открытых протоколов связи (MQTT) и алгоритмов геопозиционирования создана цифровая платформа на языке программирования Python. Прототип системы включает в себя сервер (светофорный объект) и клиента (транспортное средство), между которыми происходит обмен данными:

- 1) сервер (светофорный объект):
  - циклически переключает статус (красный / зеленый);
  - передает свои GPS-координаты.
  - отправляет MQTT-сообщения с текущим статусом, временем до переключения, с последующим статусом.
- 2) клиент (транспортное средство):
  - получает данные;
  - вычисляет расстояние.



Рис. 2. Целевые функции прототипа системы V2I

В интерфейсе отображается: статус светофора, обратный отсчет времени до сме-

ны цикла, дистанция в метрах (рис. 3).

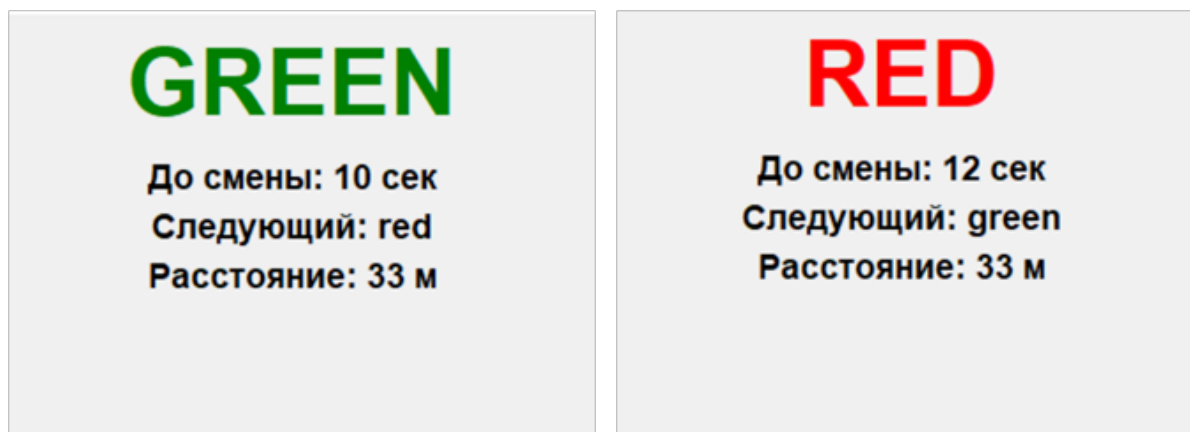


Рис. 3. Визуализация отображения информации для клиента системы V2I

Связь между транспортными средствами и инфраструктурой (V2I) предлагает множество преимуществ, которые распространяются как на отдельных водителей, так и на целые городские районы. Одним из наиболее значимых преимуществ является улучшение управления дорожным движением. Благодаря обмену данными в режиме реального времени между транспортными средствами и системами управления дорожным движением технология V2I позволяет более точно прогнозировать дорожную ситуацию и лучше контролировать светофоры. Это приводит к более плавному транспортному потоку, существенно снижая заторы, которые являются распространённой проблемой в густонаселённых городах.

#### Список литературы

1. Николаева, Р. В. Совершенствование транспортной системы на основе развития интеллектуальных транспортных систем / Р. В. Николаева // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы. – 2016. – С. 387-392. – EDN YPACUN.
2. Savchenko V.V., Poddubko S.N. Development approach to a method for monitoring of driver's ability of resumption of control over the vehicle by on-board systems in automatic mode. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018; № 386: 1-7 (in Russian).
3. Jun D. Songlin Liu Unmanned ground vehicle-unmanned aerial vehicle relative navigation robust adaptive localization algorithm. *IET Science, Measurement & Technology*. 2023; Vol. 17, Iss. 5: 45-49 (in China).
4. Канонин, Ю. Н. Проблемы безопасности при эксплуатации высокоавтоматизиро-

#### 4. Заключение

Системы V2I играют ключевую роль в интеллектуальных транспортных системах и могут значительно повысить безопасность дорожного движения, пропускную способность и общую эффективность транспорта.

По результатам анализа и изучению данных о потенциальном внедрении системы V2I на регулируемый светофорный объект для обмена информации и предупреждения водителей можно сделать вывод о том, что с помощью разработанного прототипа возможно добиться снижения аварийности на перекрестках, снижения экономического и экологического ущерба за счёт минимизации необязательных торможений и ускорений, экономии топлива, снижения времени ожидания смены сигнала.

ванных транспортных средств / Ю. Н. Канонин // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2024. – №1. – С. 76-84. – doi:10.20295/1815-588X-2024-01-76-84.

5. Савченко, В. В. Консолидация данных в коммуникационной платформе для высокоавтоматизированных транспортных средств / В. В. Савченко, В. В. Литарович // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2022. – №2 (137). – С.105-114.

6. Кутдусов, Р. Ф. Снижение аварийности на объектах дорожного сервиса применением элементов интеллектуальных транспортных систем / Р. Ф. Кутдусов, М. Х. Гатиятуллин // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. – 2024. – № 1(5). – С. 124-133. – EDN АНЛТУТ.

7. Евстигнеев, И. А. Вопросы взаимодействия беспилотных транспортных средств с дорожной инфраструктурой / И. А. Евстигнеев, В. В. Шмытинский // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2019. – №6 (85). – С. 17-21.

8. Мержанов, А. А. Аппаратные средства беспилотного автомобиля / А. А. Мержанов, А. С. Руднев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – №1-2 (88). – С. 172-175.

9. Gulia A. K. A Simulation Study on the Performance Comparison of the V2X Communication Systems: ITS-G5 and C-V2X. KTH royal institute of technology school of electrical engineering and computer science. Sweden. 2020; 69 (in Portugal).

## УДК 691

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

### PREDICTING THE DURABILITY OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Сулейманов А.М., д.т.н., заведующий  
кафедрой «Строительные материалы»  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный  
архитектурно-строительный университет»,  
академик АН РТ;

E-mail: alfred-sulejmanov@yandex.ru;

Валиев А.И., к.т.н., ФГБОУ ВО «Казанский  
государственный архитектурно-  
строительный университет», инженер по  
технологии и развитию продукции  
ООО «Рекон С»;

E-mail: tatcompsite@mail.ru;

Шагилова Е.А., студент ФГБОУ ВО  
«Казанский государственный архитектурно-  
строительный университет»,  
г. Казань, Россия;

Email: shagilovaevgenia@gmail.com

Suleimanov A.M., doctor of technical  
sciences, head of the Department of construction  
Materials Kazan State University of Architecture  
and Engineering, Academician of the Academy of  
Sciences of the Republic of Tatarstan;

E-mail: alfred-sulejmanov@yandex.ru;

Valiev A.I., candidate of technical sciences, Kazan  
State University of Architecture and Engineering,  
technology and product development engineer  
LLC «Recon C»;

E-mail: tatcomposite@mail.ru;

Shagilova E.A., student, Kazan State University  
of Architecture and Engineering, Kazan, Russia;

E-mail: shagilovaevgenia@gmail.com

## Аннотация

Для полимерных композиционных материалов из-за отсутствия единой теории старения и разрушения единственным способом прогнозирования их свойств остается применение экспериментально-теоретических методов. При этом исследуемые материалы должны быть испытаны в условиях, повторяющих условия их эксплуатации, а результаты приведены в виде математической модели, учитывающей многофакторность и многокритериальность процессов, происходящих в полимерных композитах.



Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки методов, методологий для прогнозирования свойств полимерных композитов, позволяющих учитывать синергизм и/или антагонизм воздействия различных факторов.

Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в расширении методов прогнозирования свойств полимерных композитов, обеспечивающих применение надежного инструментария, позволяющего прогнозировать долговечность строительных материалов.

**Ключевые слова:** старение, долговечность, нейронные сети, композитные материалы

#### Abstract

Due to the lack of a general theory of aging and destruction, the only way to predict their properties for polymer composites is to use experimental and theoretical methods. At the same time, the materials under study should be tested under conditions similar to their operating conditions, and the results are presented in the form of a mathematical model that takes into account the multifactorial and multi-criteria processes occurring in polymer composites.

The relevance of the study is due to the need to develop methods and methodologies for predicting the properties of polymer composites, allowing for the synergism and/or antagonism of the effects of various factors.

The significance of the results obtained for the construction industry lies in the expansion of methods for predicting the properties of polymer composites, which ensure the use of reliable tools that can predict the durability of building materials.

**Keywords:** aging, durability, neural networks, composite materials

Разрушение полимерных композитов под воздействием эксплуатационных факторов является одним из значительных аспектов, влекущих к ежегодным потерям в части экономического развития стран [1]. Этих проблем по большей части можно было бы избежать при наличии точного и надежного прогностического инструментария, позволяющего прогнозировать долговечность строительных материалов с представлением их гарантированного срока службы. Для формирования методов, методологий для отдельных материалов одним из способов является проведение испытаний в средах, влияющих на их старение с целью ускорения кинетики разрушения их структуры [2]. Особенно актуальным является проведение испытаний для конструкционных полимерных композиционных материалов, таких как пултрузионные стеклопластики, которые сегодня в сфере строительства нашли применение для пешеходных мостовых сооружений, опор освещения, ограждений, ж/д платформ, остановочных павильонов [3, 4]. Для обеспечения надежности в части приме-

нения конструкционных стеклопластиков необходимым является исследование процессов старения с выявлением значимых факторов с разработкой новых способов прогнозирования поведения материала в процессе эксплуатации [5].

Процессы, происходящие в полимерных композитах, многофакторны и многокритериальны, их невозможно описать единственной математической моделью при сквозном описании процессов [6]. Важным является исследование материала с учетом совместного влияния эксплуатационных факторов (температуры, УФ-радиации, агрессивных сред и др.), так как они могут неоднозначно оказывать влияние на процессы разрушения материала. При проектировании конструкций из полимерных композитов изменения свойств учитываются введением в расчетные модели коэффициентов условия работы. Согласно ГОСТ 33119-2014 для несущих конструкций из полимерных композитов в части учета единого коэффициента условия работы предлагается перемножение отдельных коэффициентов условия работы (от ползу-

чести под действием постоянной нагрузки, влияния температуры, УФ, воздействия жидких агрессивных сред и увлажнения). Такой подход значительно занижает или завышает реальные показатели процессов старения материала в среде, где негативное воздействие происходит в совокупности.

Прогнозирование свойств полимерных композитов с применением искусственного интеллекта позволяет учесть значимые факторы, их синергетику, используя вычислительные возможности компьютера для аппроксимаций большого количества данных, отобразить первые результаты в короткие сроки [7, 8]. Искусственные нейронные сети – относительно новый метод искусственного интеллекта. В большинстве случаев представляют собой адаптивную систему, которая меняет свою структуру на основе внешней или внутренней информации, проходящей через сеть на этапе обучения. Процедура обучения пытается найти набор связей, которые дают отображение, хорошо соответствующее обучающей выборке [9, 10]. Особенность применения искусственных нейронных сетей связана с тем, что используется механизм обучения, который настраивает параметры сети без участия пользователя. От пользо-

вателя требуется только набор эвристических знаний, намного меньше, чем при использовании традиционных методов.

Цель исследований заключается в изучении процессов старения пултрузионных стеклопластиков на основе полиуретана с последующей разработкой модели на основе искусственной нейронной сети с целью определения частных коэффициентов условия работы. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- экспонирование стеклопластиков на основе полиуретана в напряженно-деформированном состоянии по методу продольного изгиба в различных средах с определение значимости воздействующих факторов в отдельности и совместно;
- разработка модели на основе искусственной нейронной сети, позволяющей учитывать многофакторность и многокритериальность процессов, происходящих в полимерных композитах.

В исследованиях применялись стеклопластики на основе полиуретанов. Для определения значимости воздействующих факторов на старение стеклопластиков была разработана программа лабораторных испытаний, представленная в табл. 1.

Таблица 1

Программа лабораторных испытаний

УФ-радиация	80 Вт/м <sup>2</sup>
Температура	60°C
Механическое напряжение	300 МПа
Дистиллированная вода	–
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> и HCl	10% раствор
NaOH и KOH	10% раствор
NaClO	7-10 мг/л
CuSO <sub>4</sub>	2,0 мг/л
[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5-8 мг/л

По разработанной программе образцы стеклопластиков экспонировались в напряженно-деформированном состоянии по методу продольного изгиба в течение 3000 часов с целью определения значимости воздействия как отдельно-

го фактора (а – УФ-радиации; б – температуры; в – воды и жидких технических сред; г – механического напряжения) в отдельности, так и их совместного вклада в процессы старения и разрушения композита (рис. 1).



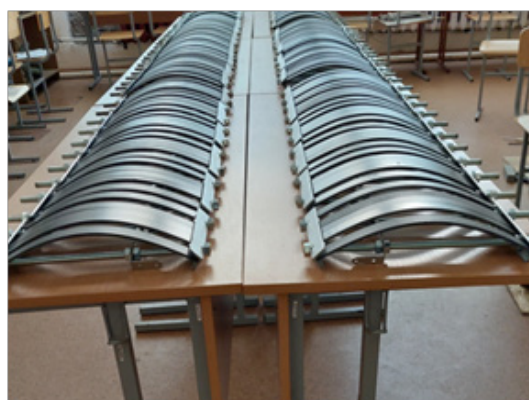
а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Моделирование раздельного и совместного воздействия факторов в лабораторных условиях

После экспонирования определялись: предел прочности при трехточечном изгибе –  $\sigma_{изг}$ , модуль упругости при трехточечном изгибе –  $E$ . Для каждого образца, исходя из анализа состаренного материала и исходного рассчитывались коэффициенты условия работы ( $\gamma$ ), из произведения частных коэффициентов по отдельным факторам как  $\gamma_{ур} = \gamma_{\sigma} \cdot \gamma_{UV} \cdot \gamma_{т} \cdot \gamma_{w} \cdot \gamma_{C}$  и интегрального коэффициент условия работы  $\gamma_{\Sigmaур}$  при совместном воздействии всех выбранных факторов. Полученная информация легла в основу обучения искусственной нейронной сети (более 80 образцов с рассчитанными показателями прочности, модуля упругости и частных коэффициентов условия работы).

Выполнение расчета функции по выявлению закономерностей и прогнозированию коэффициентов условия работы были выполнены в рабочей среде MatLAB 2020b. Рассматривается вектор из набора входных

векторов  $x$  (в нашем случае модуля упругости и предела прочности при изгибе) и вычисляется вес сети  $w$  (преобладание фактора или коэффициент суммы) и приращение смещения  $b$  (уточнение модели) из-за каждого из входов. Затем сеть корректируется с помощью суммы всех этих поправок. Смещение ошибки ( $b$ -«bias») – это систематическая ошибка в предсказаниях модели, когда среднее предсказание систематически отличается от истинного значения.

Сама искусственная нейронная сеть задается с необходимым числом вычислительных слоев (подуровней). А само количество циклов выполнения данной структуры определяется автоматически самой искусственной нейронной сетью в ходе тестирования сети после определения оптимального варианта. Архитектура искусственной нейронной сети представлена на рис. 2.

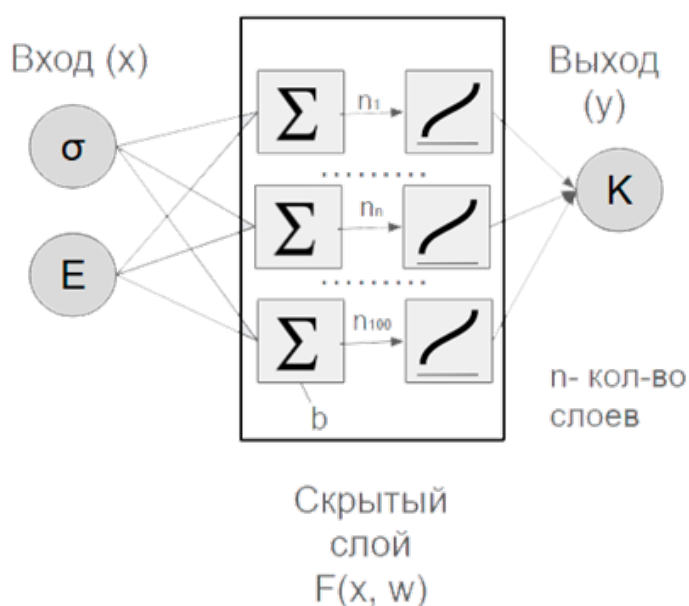


Рис. 2. Архитектура искусственной нейронной сети

Основные этапы построения модели на основе искусственной нейронной сети:

- подготовка данных для обучения сети (сведение в табличную или матричную форму, подгрузка данных);
- разработка сети (загрузка данных в модель, выбор математического метода обработки их, определение ступеней обучения);
- обучение сети (автоматически по выбранному методу моделирования сети, просмотр параметров полученной сети);
- тестирование сети (разработчиком с использованием ранее загруженных данных в сеть);
- моделирование сети (использование сети для решения поставленной задачи).

Изменение механических характеристик от раздельного и совместного воздействия всех факторов в % от исходного значения представлены на рис. 3. Согласно приведенным гистограммам, при различных воздействующих факторах и их комбинациях процессы старения исследуемых стекло-

пластиков могут как ускоряться, так и замедляться. Такое изменение свойств связано с физико-химическими процессами, которые протекают в композите на различном уровне структурной организации. При совместном воздействии факторов на исследуемые стеклопластики выявлены как синергетические эффекты (для модуля упругости +24,4%), так и антагонистические эффекты (для предела прочности -19,1%).

Для описания выявленных физико-механических концепций в исследовании предлагается применение искусственной нейронной сети. В процессе обучения искусственной нейронной сети предоставляются графики обучения во времени. Они поясняют картину поведения всей системы нейронной сети на каждом из этапов. Анализ обучения, тестирование и проверка искусственной нейронной сети с уточнением погрешности выполняемых операций представлены на рис. 4.



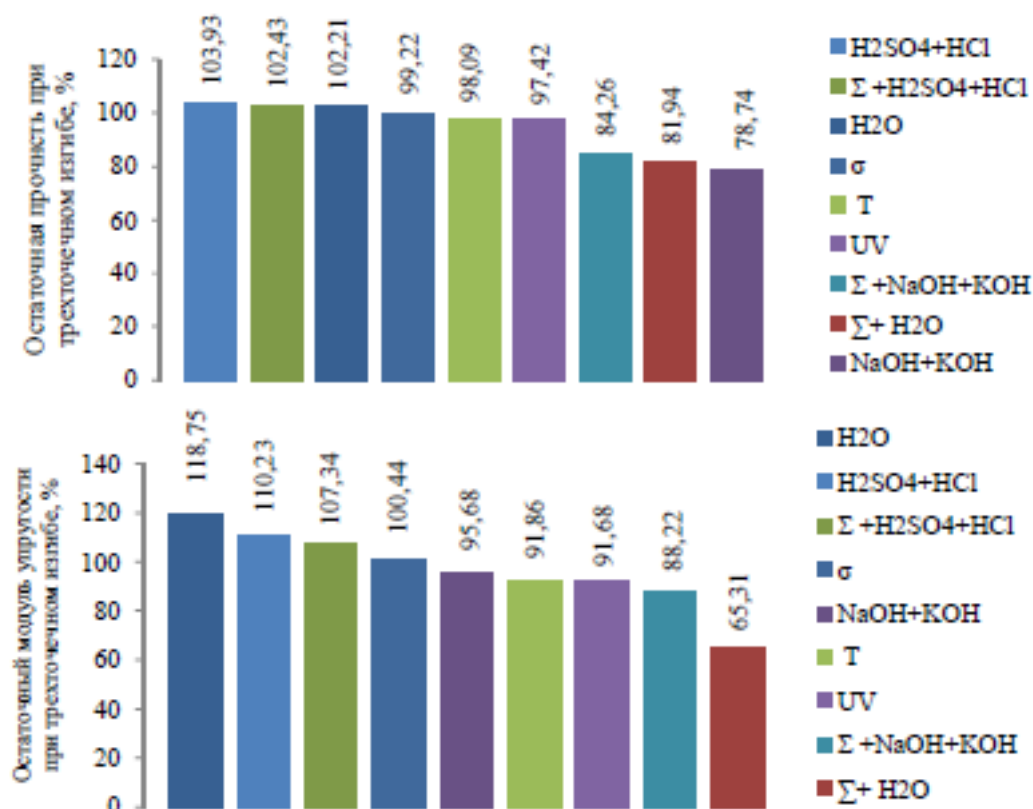


Рис. 3. Остаточная прочность и остаточный модуль упругости стеклопластиков при трехточечном изгибе в % относительно исходного значения

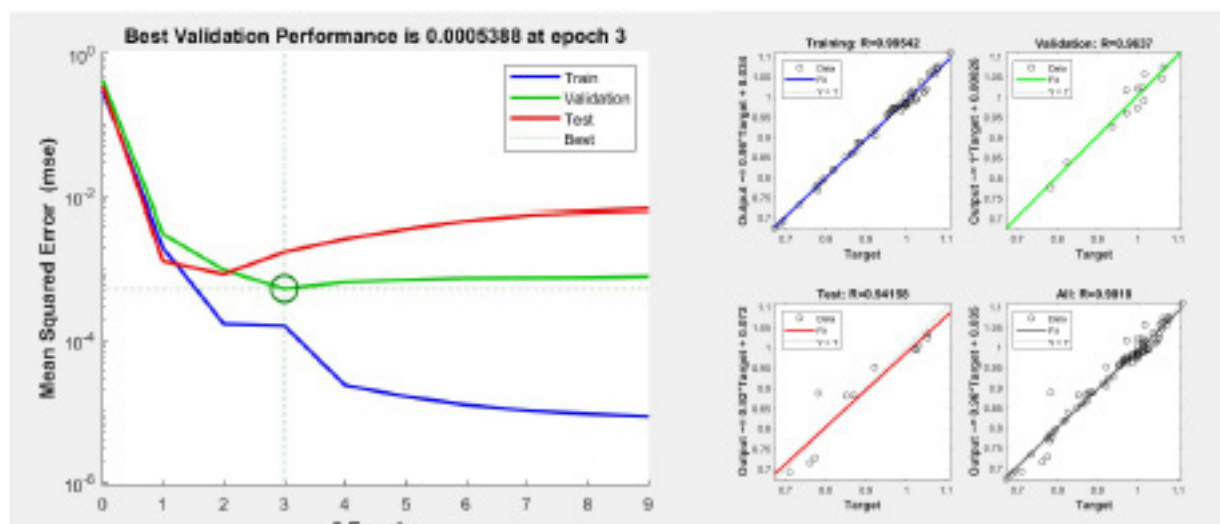


Рис. 4. Анализ обучения, тестирования и проверки искусственной нейронной сети с уточнением погрешности выполняемых операций

Эти графики предоставляют информацию о динамике ошибок, валидации в процессе обучения нейронной сети. На оси  $x$  отображается количество эпох-циклов (iterations), а на оси  $y$  – значение среднеквадратической ошибки (mean squared error,

mse). График содержит несколько кривых: train (обучение), validation (валидация), test (тестирование), best (оптимальная производительность обучения).

В процессе обучения искусственной нейронной сети было выявлено, что:



- ошибка обычно уменьшается с увеличением количества эпох;
- при чрезмерном обучении (overfitting) ошибка на валидационном наборе может расти;
- обучение останавливается после последовательных увеличений ошибки валидации;
- финальная модель выбирается по эпохе-циклу с минимальной ошибкой валидации.

Performance (производительность) – это метрика, показывающая, насколько успешно сеть справляется с поставленной задачей. Обычно измеряется через функцию ошибки (например, среднеквадратичную ошибку – mse). Для каждого этапа (обучения, валидации, тестирования и их общей совокупности) были также построены линейные зависимости с определением коэффициентов вариации. Оптимальным результатом обучения считается, если

график получившейся нейросетевой функции и график линейной функции совпадут (точки на линии  $y = x$ ). В данном случае получена высокая точность вычислений. Точность совпадения результатов при тестировании – 94%, а точность общей модели составляет 98%. Высокий результат удалось получить при подборе двух факторов: заложении достаточного числа слоев вычисления и необходимого ряда данных для обучения.

Представленные графики позволили оценить точность предсказаний, наличие систематических ошибок, диапазон значений, где сеть работает хуже всего. В процессе обучения сети также были определены моменты переобучения, оценено качество обобщения, найдены области для улучшения модели, приняты решения о необходимости дополнительной настройки параметров обучения. Погрешность варьировалась от 0,5% до 2,5%.

### Список литературы

1. Каблов, Е. Н. Старение полимерных композиционных материалов / Е. Н. Каблов, В. О. Старцев, А. Б. Лаптев. – Москва : НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, 2023. – 520 с.
2. Старцев, О. В. Исследование свойств углепластика с покрытиями после 8 и 13 лет старения в умеренно теплом климате. Часть 3. Состояние полимерной матрицы композита / О. В. Старцев, Т. В. Коваль, Е. В. Двирная, Г. В. Корниенко, И. М. Велигодский // Труды ВИАМ. 2025. – № 4 (146). Ст. 08. – URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2025-0-4-96-106.
3. Салахутдинов, М. А. Экспериментальные исследования несущей способности балок составного двутаврового сечения из пултрузионных стеклопластиковых профилей (ПСП) / М. А. Салахутдинов, Д. Н. Арипов, А. Р. Ханеков, С. С. Киселев // Вестник МГСУ. – 2024. Т. 19. Вып. 12. – С. 1883–1895. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.12.1883-1895.
4. Антаков, И. А. Деформативность изгибаемых бетонных элементов, армированных полимерной композитной арматурой / И. А. Антаков, А. М. Сулейманов // Известия КГАСУ. – 2023. – № 3 (65). – С. 101–109. DOI: 10.52409/20731523\_2023\_3\_101. EDN HJVCIL.
5. Сулейманов, А. М. Моделирование работы, старения и разрушения конструкционных полимерных композиционных материалов в условиях эксплуатации / А. М. Сулейманов, Р. А. Каюмов // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений : Тезисы докладов VIII-го международного симпозиума, Тамбов, 17–21 мая 2023 года. – Тамбов: ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 409–410. – EDN MNXQOQ.
6. Karamov R., Akhatov I., Sergeichev I.V. Prediction of Fracture Toughness of Pultruded Composites Based on Supervised Machine Learning. *Polymers* 2022, 14, 3619. <https://doi.org/10.3390/polym14173619>.

7. Ye S., Li B., Li Q., Zhao H.-P., Feng, X.-Q. Deep neural network method for predicting the mechanical properties of composites. *Appl. Phys. Lett.* 2019, 115, 161901.
8. Yang C., Kim Y., Ryu S., Gu G.X. Prediction of composite microstructure stress-strain curves using convolutional neural networks. *Mater. Des.* 2020, 189, 108509.
9. Gu G.X., Chen C.-T., Buehler M.J. De novo composite design based on machine learning algorithm. *Extrem. Mech. Lett.* 2018, 18, 19–28.
10. Almeida-Fernandes L., Silvestre N., Correia J.R., Arruda M. Fracture toughness-based models for damage simulation of pultruded GFRP materials. *Compos. Part B Eng.* 2020, 186, 107818.

УДК 699.8

## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENSURING FIRE SAFETY OF CONSTRUCTION SITES

Хузиахметов Р.А., к.т.н., доцент кафедры  
технологий строительного производства;  
ORCID: 0000-0003-3737-018X;  
E-mail: hroustam@mail.ru;  
Баязитов Н.И., студент ФГБОУ ВО  
«Казанский государственный архитектурно-  
строительный университет»,  
г. Казань, Россия;  
E-mail: bajazitovniaz87@gmail.com

Khuziakhmetov R.A., Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor of the Department of  
Construction Production Technologies;  
ORCID: 0000-0003-3737-018X;  
E-mail: hroustam@mail.ru;  
Bayazitov N.I., student of Kazan State University  
of Architecture and Civil Engineering,  
Kazan, Russia;  
E-mail: bajazitovniaz87@gmail.com

### Аннотация

В данной обзорной статье рассматриваются возможности применения технологий искусственного интеллекта и цифровых двойников зданий для трансформации систем мониторинга и прогнозирования пожаров. Цифровой двойник представляет собой BIM-модель, интегрированную с датчика IoT, видеонаблюдением, модулями предиктивного анализа и алгоритмами искусственного интеллекта, обученными на базе CFD-симуляций и экспериментальных данных. Такой подход позволяет отслеживать развитие пожара в конкретном временном интервале, прогнозировать критические сценарии, поддерживать организацию процесса эвакуации с координацией действий служб тушения пожара. Рассматриваются примеры существующих решений, включая систему FireGrid и концепцию предиктивного механизма SureFire. Особое внимание уделено проблемам интеграции искусственного интеллекта с инженерными системами зданий, а также ограничениям существующих моделей прогнозирования. Описаны перспективы использования имитационного моделирования и предобученных моделей на основе искусственного интеллекта. Отмечается потенциал создания интеллектуальной среды, способной не только фиксировать, но и предупреждать пожары. Представлены направления дальнейшего развития цифровых решений для безопасности зданий.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность, прогнозирование пожара, искусственный интеллект, цифровой двойник, IoT, BIM

### Abstract

This review article discusses the possibilities of using artificial intelligence technologies and digital twins of buildings to transform fire monitoring and prediction systems. A digital twin is a BIM model integrated with an IoT sensor, video surveillance, predictive analysis modules, and artificial intelligence algorithms trained on the basis of CFD simulations and experimental data.

This approach allows you to track the development of a fire in a specific time interval, predict critical scenarios, support the organization of the evacuation process with the coordination of fire extinguishing services. Examples of existing solutions are considered, including the FireGrid system and the concept of the SureFire predictive mechanism. Particular attention is paid to the problems of integrating artificial intelligence with building engineering systems, as well as the limitations of existing forecasting models. The prospects for using simulation modeling and pre-trained models based on artificial intelligence are described. The potential for creating an intelligent environment capable of not only recording but also preventing fires is noted. Directions for further development of digital solutions for building safety are presented.

**Keywords:** fire safety, fire prediction, artificial intelligence, digital twin, IoT, BIM

### *Введение*

Пожары в зданиях и инженерных сооружениях являются одной из наиболее опасных угроз для жизни людей и сохранности инфраструктуры. Несмотря на развитие нормативной базы и совершенствование строительных норм, внедрение автоматических систем пожаротушения, статистика пожаров в жилых, общественных и промышленных объектах остаётся весьма тревожной [1–3].

По данным международной ассоциации пожарных служб, ежегодно в мире фиксируется свыше 3,5 млн пожаров, при этом Россия, к сожалению, стабильно входит в пятёрку стран с наибольшим числом подобных происшествий. В 2023 г., по данным МЧС России, было зарегистрировано более 400 тыс. пожаров, из которых свыше 92 тыс. случаев приходится на жилой фонд. В первой половине 2024 г. произошло более 69 тыс. пожаров, с общими материальными потерями, исчисляемыми в миллиардах рублей. На пожарах ежегодно гибнут от 7 до 8 тыс. человек, ещё более 200 тыс. человек получают травмы или подвергаются угрозе для жизни [4].

Большинство пожаров развивается стремительно и непредсказуемо: уже через 3–5 мин. после начала возгорания может наступить фаза интенсивного горения, особенно в зданиях с высокой пожарной нагрузкой и сложной планировкой. Современные методы обнаружения – такие как дымовые извещатели, ручные кнопки или даже видеонаблюдение – имеют ограниченную функциональность. Они не спо-

собны адекватно оценивать динамику распространения огня, зонировать угрозы и оценивать состояние путей эвакуации. Это существенно снижает эффективность реагирования и мешает формированию тактических решений в реальном времени.

В условиях цифровой трансформации строительной отрасли особую актуальность приобретают подходы по прогнозированию и оценке развития пожаров в зданиях. В связи с этим целью работы является анализ современных подходов к обеспечению пожарной безопасности зданий с применением искусственного интеллекта (далее – ИИ), а также систематизация существующих решений по их интеграции в архитектурно-строительное проектирование, мониторинг и управление в условиях чрезвычайных ситуаций.

### *Основная часть*

В процессе цифровой трансформации строительной сферы более значимой становится интеграция технологий ИИ в состав цифровых двойников зданий. Цифровой двойник представляет собой интегрированную информационную модель объекта (на базе Building Information Modeling, BIM), синхронизированную с компонентами интернета вещей (IoT, Internet of Things), систем видеонаблюдения, систем контроля среды и алгоритмов предиктивной аналитики. Концепция цифрового двойника, впервые применённая NASA в начале 2000-х гг. для мониторинга и прогнозирования поведения космических аппаратов, в настоящее время находит применение в авиационной промышленности,

производственных линиях, интеллектуальных зданиях и энергетике. Однако уровень развитости технологий цифрового двойника по-прежнему остаётся недостаточным для полноценной интеграции в отрасль обеспечения пожарной безопасности [5].

В сочетании с применяемыми моделями ИИ, способными на основе реальных данных и имевших место быть сценариев предсказывать поведение пожара, такая система открывает принципиально новые возможности для раннего обнаружения возгорания, оценки рисков, прогнозирования распространения огня и поддержки оперативного принятия решений. Тем не менее, с точки зрения опережающего предупредительного контроля, а также анализа развития пожара, оценочного прогноза эвакуации и организации спасательных мероприятий, традиционные системы имеют ограниченные функциональные возможности по сбору и обработке информации. Для качественного повышения эффективности систем пожарной безопасности на данный момент имеются предложения интегрирования всех датчиков, связанных с защитой от пожара, в единую информационно-аналитическую среду здания с последующей синхронизацией с цифровым двойником.

Для существующих объектов, не имеющих BIM, формирование цифрового двойника возможно с использованием лазерного сканирования, геоинформационной системы MicroGIS, компьютерного зрения и построения 3D-виртуальных моделей. Однако совместное и беспрепятственное применение таких компонентов осложнено различием в используемом программном обеспечении, языках программирования и протоколах передачи данных. Это создаёт затруднения при передаче реальных данных с места пожара в отображение цифрового двойника. Цифровой двойник может непрерывно обновляться в режиме реального времени, включая оценку пожарных рисков, например, данных о пожарной нагрузке в помещениях и о транспортиров-

ке пожароопасных материалов в здании.

После возникновения пожара получить подробную информацию с места возгорания сложно, поскольку до приезда пожарных обзор территории быстро ограничивается из-за задымления, а традиционные датчики не способны обеспечить полноценную картину происходящего. Между тем, весьма важными являются сведения о расположении очагов возгорания, скорости тепловыделения, а также путей эвакуации и нахождения людей в здании. Для преодоления этих ограничений цифровой двойник «пожар-здание» связывается с предварительно подготовленной базой данных сценариев пожаров, включающей тысячи CFD-моделей, экспериментальные данные и эмпирические зависимости для конкретных типов зданий. Система ИИ, обученная на этой базе, в связке с потоковыми данными с датчиков и видеокамер, способна выполнять распознавание и визуализацию пожара в реальном времени в контексте цифровой модели объекта. Экспериментальный прототип интеллектуальной системы цифрового двойника был реализован в работе [6] для мониторинга пожаров в модели туннеля. Он использует датчики IoT и алгоритмы ИИ для определения площади загорания (пожара), теплового распределения и других параметров в реальном времени, что демонстрирует перспективность применения данной концепции в инженерной практике противопожарной защиты.

На рис. 1 показана демонстрационная система цифрового двойника пожара для испытательного стенда по воспламенению в экспериментальной установке Департамента пожарной охраны Гонконга [7]. Внутри установки были размещены 16 датчиков термпар, предназначенных для регистрации распределения температуры по объему исследуемого пространства. Собранные данные в режиме реального времени передавались в облачное хранилище, а также на сервер, инте-



гированный с механизмом ИИ. Алгоритм ИИ был предварительно обучен обширным массивом данных, включающим результаты реальных экспериментов, а также сотни CFD-симуляций пожаров, смоделированных с различными параметрами. Благодаря использованию методов сопоставления шаблонов и распознавания признаков, обученная нейросетевая модель оперативно классифицировала поступающие температурные сигналы и распознавала сценарий развития пожара. Далее информация передавалась и отображалась на цифровом двойнике, обеспечивая

наглядное представление текущей картины пожара в помещении с минимальной задержкой. Дальнейшее развитие концепции предполагает интеграцию цифрового двойника с существующими инженерными системами зданий, в частности, с системами отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и их подсистемами. Такая интеграция позволит в реальном времени отследить пожар даже в условиях сильного задымления, обеспечивая сквозной мониторинг на уровне объекта за счёт взаимодействия с модернизированной системой диспетчерского управления.



Рис. 1. Цифровой двойник экспериментальной установки [7]

В рамках традиционных подходов к организации противопожарного реагирования данные, поступающие с датчиков в режиме реального времени, а также возможности цифровых двойников практически не используются при выборе тактики и стратегии тушения пожаров. Основными ограничивающими факторами являются низкий уровень автоматизации сбора информации, неточность существующих моделей распространения огня и ограниченная пропускная способность каналов передачи данных между объектом и центром

управления. Для повышения эффективности реагирования были предложены различные методы, в том числе анализ данных с целью поддержки моделирования пожаров [8; 9], а также использование датчиков непосредственно в процессе развития возгорания, что отмечено в ряде современных обзоров по интеллектуальным системам пожаротушения.

Одним из решений в данной области стала система FireGrid (первое поколение) [10], в основе которой лежит аналогия с метеорологическим прогнози-



рованием и механизм ассимиляции данных датчиков [11]. Подавая данные датчиков в модель K-Crisp [12], система FireGrid продемонстрировала, что сверхреальное прогнозирование с опережением до 10-15 мин. возможно в масштабе полноразмерной трехкомнатной квартиры. Хотя основная цель прогнозирования развития пожара была достигнута, его точность ограничена зоной модели и применима только к небольшим пожарам после возгорания.

В сравнении с подобными аналитическими моделями, CFD-методы обеспечивают более высокую точность прогноза при аналогичных исходных данных. Однако сложность CFD-моделей требует значительных объемов входной информации, которую существующие датчики зданий обеспечить не могут [13]. Более того, даже с учетом роста вычислительных мощностей время проведения одной CFD-симуляции может составлять от нескольких часов до суток, что более чем на порядок превышает реальное время развития пожара. Следовательно, применение детализированных

CFD-подходов, основанных на оперативных данных, для мгновенного прогнозирования пожаров в сложных объектах в условиях реального времени на текущем этапе технологически нецелесообразно. Необходим переход к альтернативным моделям, ориентированным на быстроедействие, гибридные вычисления и предобученные ИИ-механизмы, интегрированные с цифровыми двойниками.

С другой стороны, после создания и ввода в эксплуатацию цифрового двойника здания с учетом пожарной безопасности механизм ИИ (или механизм прогнозирования SureFire на рис. 2) может пойти еще дальше и прогнозировать развитие пожара внутри здания. А ещё более важно, он может предсказывать критические события в режиме реального времени и даже с опережением, такие как возгорание, распространение огня, обрушение конструкции, неблагоприятные условия людей, находящихся в горящих зданиях, в том числе и пожарных, участвующих в пожаротушении.



Рис. 2. Концепция механизма прогнозирования SureFire на основе ИИ и сфера применения предлагаемой интеллектуальной системы пожаротушения

Чтобы на практике достичь «сверхреального времени» прогнозирования пожара с опережением от 1 до 10 мин., необходимо решить следующие задачи:

- разработать точный алгоритм ИИ для прогнозирования крупных пожаров;
- разработать и установить надежные сети датчиков для сбора данных в целях реагирования на чрезвычайные ситуации;
- для поддержки пожаротушения и спасательных операций необходима стабильная и самовосстанавливающаяся сеть связи между датчиками и цифровым двойником.

Кроме рассмотренных решений, в последнее время активно развиваются и другие подходы к повышению прогностических возможностей – это имитационное моделирование. Такие инструменты, как AnyLogic, позволяют формировать сценарии эвакуации людей в условиях чрезвычайной ситуации, анализируя поведение толпы, загрузку путей и временные характеристики выхода из здания. Однако подобный программный продукт чаще ограничивается моделированием движения людей и не охватывает комплексно тепловые и газодинамические процессы при пожарах [14].

В этой связи становится актуальной интеграция BIM с физико-химическими симуляторами, например, Fire Dynamics Simulator (FDS), обеспечивающим точный расчёт распространения огня и продуктов горения. Связывание FDS с BIM через промежуточные платформы типа Fenix+ позволяет создавать виртуальные испытания, где можно одновременно оценивать тепловую нагрузку, токсичность среды, уровень видимости и индивидуальный риск для каждого помещения. Это обеспечивает иммерсивное представление об опасных сценариях и является эффективным инструментом обучения персонала [15].

Кроме того, развивается направление обучения ИИ на базе имитационных моделей. Предобученные нейросети могут «запоминать» последствия различных сценариев, обучаясь на тысячах симуляций.

Таким образом, в условиях реального времени можно не только воспроизводить развитие пожара, но и предлагать наиболее вероятные траектории его распространения и оптимальные маршруты эвакуации, даже если часть сенсоров выведена из строя.

Дальнейшие перспективы развития ИИ в обеспечении пожарной безопасности объектов строительства включают:

- интеграцию BIM и мультиагентных систем для более реалистичного моделирования поведения людей при чрезвычайных случаях;
- создание унифицированных цифровых платформ, совмещающих архитектурные, инженерные и пожарные аспекты в одном интерфейсе;
- развитие технологий дополненной реальности на базе BIM-двойников для поддержки пожарных и спасателей на месте;
- внедрение физических систем на основе ИИ, BIM и сенсорных сетей, позволяющих не только реагировать, но и предупреждать возникновение пожара на ранних стадиях.

Таким образом, «оживление» BIM-моделей через синтез ИИ, имитационного моделирования и обучающихся алгоритмов является важным шагом на пути к построению интеллектуальной среды для обеспечения пожарной безопасности зданий.

#### Выводы

1. Ежегодная статистика по числу пожаров и жертв в России демонстрирует необходимость технологического переосмысления подходов к организации пожарной защиты.
2. Традиционные системы пожарной сигнализации и обнаружения пожара обладают ограниченной способностью к прогнозированию и неэффективны в условиях быстро развивающегося пожара.
3. Использование цифровых двойников зданий, интегрированных с IoT-датчиками и ИИ-модулями, позволяет реализовать мониторинг и прогнозирование пожара в режиме реального времени.

4. Имитационные модели и машинное обучение на симулированных сценариях открывают перспективы создания самообучающихся систем пожарной безопасности.

5. Представленные решения демонстрируют высокую потенциальную эффективность и могут лечь в основу будущих интеллектуальных систем пожарной безопасности зданий и иных важных объектов.

### Список литературы

1. Колодяжный, С. А. Математическое моделирование динамики основных опасных факторов в начальной стадии пожара / С. А. Колодяжный, И. И. Переславцева // Известия КГАСУ. – 2014. – Том 30. – № 4. – С. 403-412.
2. Салахова, А. Р. Технология возведения колонн с применением несъемной опалубки / А. Р. Салахова, Ю. В. Евстигнеева, Р. А. Ибрагимов // Известия КГАСУ. – 2019. – Том 49. – № 3. – С. 197-204.
3. Алешин, М. Э. Дымоудаление из коридора прямолинейной конфигурации при разном расположении отверстий систем противодымной вентиляции / М. Э. Алешин, Ф. Р. Гаязов, Ю. Р. Кареева, М. Б. Чухлова // Известия КГАСУ. – 2024. – Том 70. – № 4. – С. 265-274. DOI: 10.48612/NewsKSUAE/70.23.
4. В МЧС назвали число погибших при пожарах в 2024 году в России. Риа Новости : официальный сайт. – URL: ria.ru (дата обращения: 03.07.2025). – Текст: электронный.
5. Tao F., Zhang H., Liu A., Nee A.Y.C. Digital Twin in Industry: State-of-the-Art. IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2019; Vol. 15. № 4: 2405–2415. DOI: 10.1109/TII.2018.2873186.
6. Wu X., Zhang X., Jiang Y. etc. An intelligent tunnel firefighting system and small-scale demonstration. Tunnelling and Underground Space Technology. 2022; Vol. 120. DOI: 10.1016/j.tust.2021.104301.
7. Huang X., Usmani X.Wu, A. Perspectives of Using Artificial Intelligence in Building Fire Safety. Handbook of Cognitive and Autonomous Systems for Fire Resilient Infrastructures. 2022; 139-159. DOI:10.1007/978-3-030-98685-8\_6.
8. Torero J.L. Scaling-Up fire. Proceedings of the Combustion Institute. 2013; Vol. 34. № 1: 99-124. DOI: 10.1016/j.proci.2012.09.007.
9. Cowlard A., Jahn W., Abecassis-Empis C. etc. Sensor assisted fire fighting. Fire Technology. 2010; Vol. 46. № 3: 719-741. DOI: 10.1007/s10694-008-0069-1.
10. Han L., Potter S., Beckett G. etc. FireGrid: An e-infrastructure for next-generation emergency response support. Journal of Parallel and Distributed Computing. 2010; Vol. 70. № 11: 1128-1141. DOI: 10.1016/j.jpdc.2010.06.005.
11. Palmer T. The ECMWF ensemble prediction system: Looking back (more than) 25 years and projecting forward 25 years. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2019; Vol. 145. № S1: 12-24. DOI: 10.1002/qj.3383.
12. Koo S.H., Fraser-Mitchell J., Welch S. Sensor-steered fire simulation. *Fire Safety Journal*. 2010; Vol. 45. № 3: 193-205. DOI: 10.1016/j.firesaf.2010.02.003.
13. Brown A., Bruns M., Gollner M. etc. Proceedings of the first workshop organized by the IAFSS Working Group on Measurement and Computation of Fire Phenomena (MaCFP). *Fire Safety Journal*. 2018; Vol. 101.
14. Коткова, Е. А. Модель оценки эффективности управления безопасностью людей в общественном здании при пожаре с использованием методов имитационного моделирования / Е. А. Коткова // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2021. – № 4. – С. 69-76.

15. Авдеева, М. О. Использование метода имитационного моделирования для оценки чрезвычайных ситуаций / М. О. Авдеева, Н. В. Румянцева, И. Г. Русскова, А. С. Доронин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Том 8. – № 2(46). – С. 74-78.

## УДК 656

### РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ВЗИМАНИЯ ПЛАТЫ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

### DEVELOPMENT OF TOLL COLLECTION SYSTEMS ON HIGHWAYS

*Хузиахметова К.Р., ассистент кафедры цифровых дорожных технологий; ORCID: 0000-0001-5313-3147; E-mail: karina261996@mail.ru;*  
*Шияпова Д.М., студент; E-mail: princessdindin8105@gmail.com;*  
*Мавлиев Л.Ф., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой цифровых дорожных технологий ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»; ORCID: 0000-0001-6301-0941; E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;*  
*Низамов Р.К., д.т.н., академик-секретарь Отделения математики, механики и машиноведения, действительный член Академии наук Республики Татарстан, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия; ORCID: 0000-0002-3448-7369; E-mail: Nizamov@kgasu.ru*

*Khuziakhmetova K.R., Assistant of the Department of Digital Road Technologies; ORCID: 0000-0001-5313-3147; E-mail: karina261996@mail.ru;*  
*Shiyapova D.M., student; E-mail: princessdindin8105@gmail.com;*  
*Mavliev L.F., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Digital Road Technologies of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering; ORCID: 0000-0001-6301-0941; E-mail: lenarmavliev@yandex.ru;*  
*Nizamov R.K., Doctor of Technical Sciences, Academician-Secretary of the Department of Mathematics, Mechanics and Mechanical Engineering, Full Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Professor, Rector of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia; ORCID: 0000-0002-3448-7369; E-mail: Nizamov@kgasu.ru*

## Аннотация

Представлен обзор подходов к организации систем взимания платы за проезд на автомобильных дорогах в рамках интеллектуальных транспортных систем. Проведен анализ традиционных и инновационных технологий, таких как DSRC, RFID, GNSS и ANPR, а также описаны их преимущества и недостатки. Особое внимание уделяется системам «свободного потока», основанным на применении искусственного интеллекта и технологий компьютерного зрения, которые обеспечивают автоматическую идентификацию транспортных средств без остановки. Отдельно рассматриваются примеры внедрения подобных систем в различных странах, включая Россию, с акцентом на их гибкость и влияние на устойчивость транспортной инфраструктуры. Статья подчеркивает важность интеграции передовых технологий в дорожное хозяйство для повышения эффективности, безопасности и пропускной способности автодорог.

**Ключевые слова:** интеллектуальные транспортные системы, системы взимания платы, идентификация транспортных средств, искусственный интеллект, Free-flow, DSRC, GNSS, ANPR

## Abstract

The article presents an overview of approaches to organizing toll collection systems on motorways within the framework of intelligent transport systems. The article analyzes traditional and innovative technologies, such as DSRC, RFID, GNSS and ANPR, and describes



their advantages and disadvantages. Particular attention is paid to «free flow» systems based on the use of artificial intelligence and computer vision technologies, which provide automatic identification of vehicles without stopping. Examples of the implementation of such systems in various countries, including Russia, are considered separately, with an emphasis on their flexibility and impact on the sustainability of transport infrastructure. The article emphasizes the importance of integrating advanced technologies into the road industry to improve the efficiency, safety and capacity of roads.

**Keywords:** intelligent transport systems, toll collection systems, vehicle identification, artificial intelligence, Free-flow, DSRC, GNSS, ANPR

Электронный сбор платы (далее – ЭСП) – это система, позволяющая взимать плату за проезд с транспортного средства или его пользователя путем автоматической идентификации и классификации транспортных средств на платном объекте, таком как дорога, туннель или мост.

Традиционно плата за проезд взималась наличными с участием кассира-контролера, в некоторых случаях жетонами, предоплаченными картами, кредитными картами и т.д. Позднее вместо подобных операций были установлены автоматические платежные автоматы. Эволюция безналичных и автоматических операций способствовала сокращению времени, необходимого для проведения операции, и трудозатрат. Однако все эти платежи требуют полной остановки всех транспортных средств для проведения операции на пункте взимания платы. Такие традиционные системы неэффективны по многим причинам [1]:

- каждому автомобилю приходится снижать скорость, останавливаться и ждать транзакции на платной площадке, что вынуждает транспортный поток замедляться и приводит к образованию заторов при большом количестве транспорта. Это вызывает задержки в движении, негативно сказывается на настроении водителей и способствует увеличению выбросов выхлопных газов из-за частого торможения и ускорения;

- необходимое количество пунктов взимания платы (особенно в открытой системе, где пункты взимания платы расположены на определенных участках дорог) на платных участках обычно больше, чем ко-

личество полос движения, поскольку пропускная способность пунктов взимания платы значительно ниже, чем на других общих участках. Это требует значительно больших затрат на инфраструктуру, в том числе на земельный участок;

- ручной сбор платы за проезд требует привлечения большого количества рабочих, что связано не только с оплатой их труда, но и с созданием дополнительной инфраструктуры, например, барьеров или подземных переходов вокруг пунктов взимания платы, чтобы защитить рабочих;

- применяемая схема взимания платы становится более ограниченной. Сложно применять комплексные тарифы, различающиеся, например, по времени суток, типу транспортных средств, массе груза, пройденному расстоянию.

ЭСП за проезд использует информационно-коммуникационные технологии для автоматического сбора платы за проезд без остановки транспортных средств на пунктах взимания платы, напрямую решая связанные с этим проблемы заторов, задержек, выбросов и т.д. Во многих случаях это позволяет сократить необходимые инфраструктурные и земельные площади, а также снизить трудозатраты. Например, в Норвегии было показано, что полоса с электронными пунктами взимания платы за проезд может обрабатывать в три раза больше транспортных потоков, чем отдельные полосы с кассиром-контролером, а затраты при полном ЭСП могут составлять от 33% до 50% в сравнении со стоимостью с участием кассира-контролера [1].

Стоимость внедрения и управления



ЭСП зависит от конкретного случая, но некоторые эмпирические данные свидетельствуют о том, что она более экономически эффективна, чем ручное управление. Таким образом, с 1989 г. она получила широкое распространение и стала одним из наиболее успешных примеров использования интеллектуальных транспортных систем (далее – ИТС) во всем мире, когда с помощью ЭСП впервые оснастили автомагистрали в Италии. Согласно исследованию [2], 43 различные частные и государственные организации, участвующие в эксплуатации платных дорог в Америке, Европе и Азии, используют 91% ту или иную форму ЭСП, а 27% – только ЭСП без каких-либо других альтернатив по состоянию на 2014-2015 годы.

Одним из важнейших преимуществ ЭСП за проезд является гибкая применимость к различным схемам взимания платы. Она позволяет дифференцировать плату за проезд по времени суток, типу транспортных средств, массе груза, пройденному расстоянию, используя соответствующий компонент в бортовом устройстве и придорожном оборудовании. Благодаря этому преимуществу система в настоящее время рассматривается как широко применимое средство ценообразования на дорогах, по-

этому иногда называется электронным сбором взимания платы, при котором плата взимается не просто на отдельных маршрутах или участках, а в пределах определенной территории, например, в центре города (т.е. ценообразование на городских дорогах) или в зависимости от условий транспортного потока (т.е. ценообразование в условиях заторов).

Существуют четыре основных компонента электронной системы взимания платы за проезд: идентификация транспортных средств, классификация транспортных средств, процесс транзакций и контроль нарушений. В настоящее время в разных странах, штатах и дорожных операторах можно наблюдать различные технологии, используемые для каждого компонента.

Идентификация транспортных средств, сокращенно «AVI» (Automated Vehicle Identification), является наиболее важным процессом в системе электронного сбора платы за проезд. Существуют три различных типа AVI: системы, использующие специальное придорожное оборудование, автономные системы со спутниковым позиционированием и системы обнаружения с помощью камер, как показано на рис. 1. Первые две системы требуют наличия бортовых транспондеров.

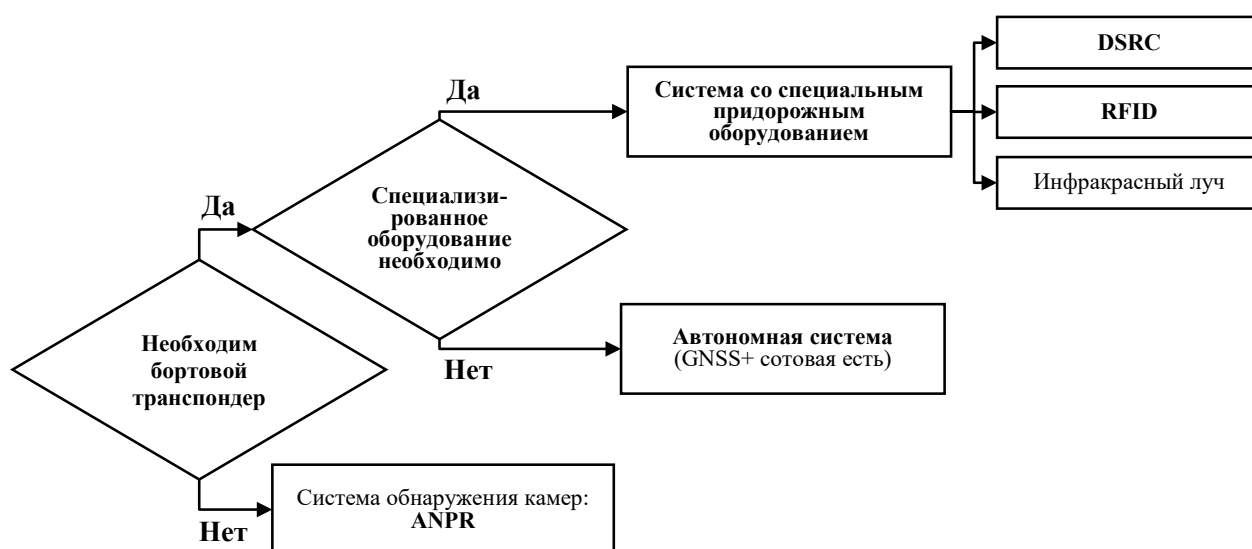


Рис. 1. Типы систем AVI

Системы с придорожным оборудованием являются одними из наиболее традиционных и широко применяемых систем, в которых транспортные средства идентифицируются посредством связи между бортовым транспондером, расположенным в автомобиле, и придорожными антеннами, когда транспортное средство проезжает через дорогу. Радиосвязь ближнего действия

(Dedicated Short-Range Communication, DSRC) широко используется во всем мире, а радиочастотные идентификаторы (Radio Frequency Identification, RFID) также активно распространяются во многих странах. Некоторые системы используют инфракрасные лучи для связи вместо радиоволн. Системы, использующие DSRC и RFID, показаны на рис. 2 [3, 4].

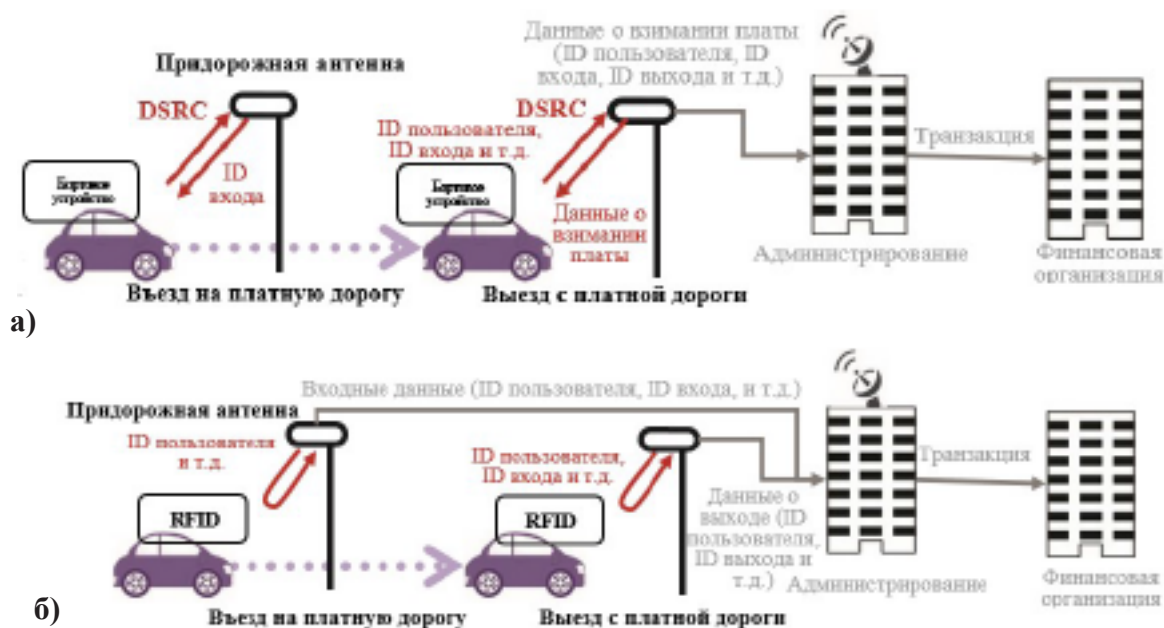


Рис. 2. Системы с использованием (а) DSRC и (б) RFID

В целом, DSRC обеспечивает высокую скорость связи, большую пропускную способность и точность по сравнению с другими системами, а также позволяет осуществлять двунаправленную связь между бортовым транспондером и придорожной антенной. То есть с помощью DSRC возможна связь как между «транспортное средство – инфраструктура» (V2I), так и между «инфраструктура – транспортное средство» (I2V). Таким образом, можно расширить функции бортового устройства с помощью того же транспондера (например, дорожная информация может передаваться от придорожной антенны к транспортному средству). С другой стороны,

RFID недорог в установке, поскольку для бортового транспондера требуется только небольшой RFID-тег, в отличие от механического бортового устройства для DSRC. Поэтому его проще внедрить с меньшими затратами, но бэк-офис должен будет обрабатывать такие задачи, как сопоставление данных о въезде и выезде, в сравнении с системой DSRC, где многие задачи могут выполняться локально с помощью придорожных устройств.

Помимо вышеупомянутых систем, автономные системы используют спутниковое позиционирование для AVI, не требуя специального оборудования на дороге, как показано на рис. 3.

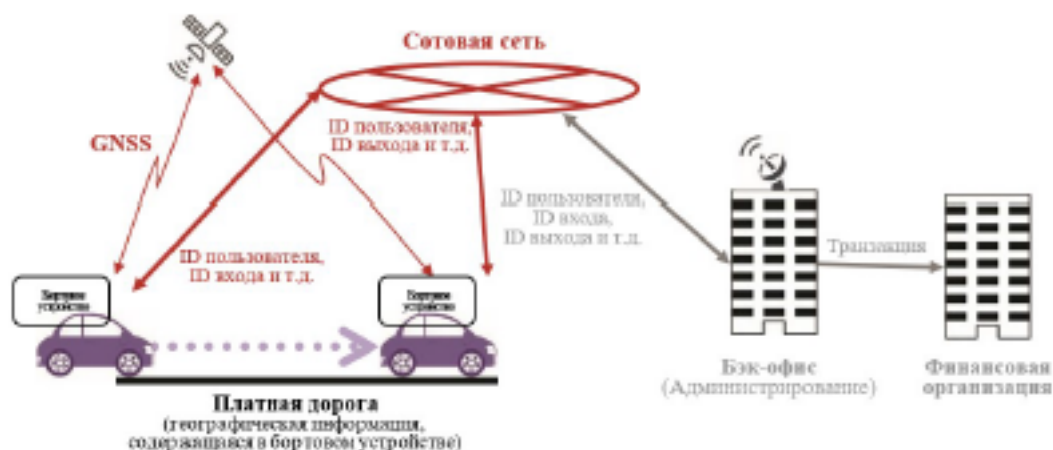


Рис. 3. Автономная система с использованием GNSS

Системы этого типа определяют местонахождение транспортного средства с помощью глобальной навигационной спутниковой системы (Global Navigation Satellite System, GNSS) и находят его положение на карте, содержащейся в бортовом устройстве. Здесь во многих случаях используются дополнительные датчики, такие как гироскопы, одометры и акселерометры. Затем, поскольку карта в бортовом устройстве содержит географическую информацию о платной зоне, транспортные средства могут быть идентифицированы при въезде и выезде из платной зоны, и эта информация отправляется в бэк-офис, который осуществляет платежные операции через сотовую сеть. Как уже упоминалось, эта система не требует специального дорожного оборудования для AVI, поэтому затраты на инфраструктуру могут быть ниже. Однако в качестве средства контроля за нарушениями для проверки соблюдения правил часто используется дорожное оборудование, такое как антенны DSRC или камеры. Большим преимуществом автономных систем является их широкая применимость к различным типам схем взимания платы за проезд, таким как плата за проезд в зависимости от расстояния и маршрута, плата за проезд в городской и иной зоне, поскольку идентификация транспортных средств может осуществляться непрерывно [5].

Автоматическое распознавание но-

мерных знаков (Automatic Number Plate Recognition, ANPR) – еще один способ AVI, при котором придорожные камеры снимают изображения транспортных средств, проходящих через пункты взимания платы, а номерные знаки транспортных средств извлекаются с помощью распознавания изображений. Это не требует наличия бортового транспондера, что позволяет пользователям использовать платные дороги без оснащения (т.е. приобретения бортового устройства или RFID-метки). Однако на данный момент точность полностью автоматического распознавания не так высока, как у других систем. Для повышения точности можно дополнительно использовать ручную проверку, но это требует дополнительных трудозатрат. Вопросы конфиденциальности и юрисдикции также часто поднимаются в связи с ANPR во многих странах [6, 7].

Как уже упоминалось, каждая система имеет свои преимущества и недостатки в различных аспектах, таких как точность, гибкость схемы взимания платы, возможность расширения систем, совместимость, первоначальные и эксплуатационные затраты для пользователей дорог, а также для операторов дорог. Таким образом, для стран, штатов или операторов дорог важно выбрать систему в соответствии со своими потребностями и требованиями. В некоторых странах также появляются новые си-

стемы с новыми технологиями. Типы технологий взимания платы (в основном касающиеся идентификации транспортных

средств) и схемы взимания платы в разных странах перечислены в табл. 1 [8].

Типы технологий и схемы взимания платы [8]

Таблица 1

Схемы		Финансирование дорожной инфраструктуры			Управление пропускной способностью	
Технология		Платная дорога	Международная дорога (плата за проезд большегрузных автомобилей)	Остальные дороги	Дорога в городе (плата за проезд в часпик)	Международная дорога
ANPR					Лондон, Стокгольм	
DSRC		По всему миру (более 50 стран)	Австрия, Чехия, Польша, (Словения)		Осло, Берген, Сингапур и т.д.	
GNSS	Мобильная связь		Германия, Словакия, Венгрия, Бельгия, Россия, (Болгария)			
	Одометр			США – оплата за проезд		
	DSRC					Япония – оплата по маршрутам

Примечание: в скобках указаны страны, планирующие ввести оплату в ближайшем будущем

Классификация транспортных средств необходима, когда для разных типов транспортных средств взимаются разные ставки платы за проезд. Эта технология тесно связана с идентификацией транспортных средств (AVI), поскольку самый простой метод заключается в хранении информации о типе транспортного средства в бортовом устройстве и отправке ее вместе с идентификацией транспортного средства. Другой способ – использование датчиков,

таких как индуктивные датчики, лазерные датчики и т.д.

Один из успешных примеров приведен в Сингапуре, где в 1975 г. была введена система ценообразования на дорогах, основанная на кордонах и получившая название Area Licensing Scheme (ALS). Данная система подразумевала взимание платы с водителей, въезжающих в центр города, чтобы регулировать дорожный спрос. Эта система была усовершенствована до

Electronic Road Pricing (ERP) с использованием системы электронного сбора платы DSRC. В данной системе плата за проезд варьируется в зависимости от времени суток и расположения порталов с антеннами DSRC на сайте. Размер платы за проезд пересматривается каждые три месяца, чтобы средняя скорость движения по дорогам поддерживалась на определенном уровне (например, 20-30 км/ч в городе и 45-65 км/ч на скоростных автомагистралях). В Сингапуре разрабатывали систему ценообразования на основе технологий GNSS и внедрили ее в 2020 г. [9].

С развитием подключенных и автоматизированных транспортных средств и инфраструктуры, важности управления дорожным движением с использованием таких технологий будет уделяться гораздо больше внимания в будущем. Соответственно, ожидается, что электронная система взимания платы за проезд будет развиваться и интегрироваться в другие системы ИТС.

В начале XXI века развитие искусственного интеллекта привело к созданию системы взимания платы «свободный поток» (Free-flow), которая устраняет заторы и снижает количество аварий. Новый подход Free-flow, внедренный в Сингапуре, исключил дорожное оборудование и использовал устройства в транспортных средствах для автоматического расчета платы [10].

В России система была установлена на ЦКАД в начале 2020-х гг., используя высокотехнологичное оборудование и искусственный интеллект. Пункты взимания платы включают камеры для распознавания номеров, определения количества осей и лазерные сканеры для создания 3D-моделей транспортных средств. Обработка данных осуществляется нейронными сетями и алгоритмами компьютерного зрения. Каждый день сотни тысяч транспортных средств проходят через эти системы, и собранные данные постоянно улучшают искусственный интеллект. Требования к точности алгоритмов Free-flow выше, чем

в барьерных системах, поскольку ошибки не могут быть компенсированы.

Первые российские комплексы Free-flow создавались с использованием зарубежных решений. В 2022 г. на трассе М-12 «Восток» внедрили полностью отечественную систему безбарьерного взимания платы от концерна «Телематика» [11]. Сейчас такие комплексы охватывают более 1000 км платных дорог, и новые трассы проектируются с учетом этой технологии.

Таким образом, комплексы безбарьерной оплаты являются одними из самых сложных частей интеллектуальной транспортной инфраструктуры.

#### *Выводы*

Электронные системы взимания платы являются ключевым элементом интеллектуальных транспортных систем, обеспечивая снижение заторов, повышение пропускной способности и сокращение выбросов. Использование технологий DSRC и RFID позволяет эффективно идентифицировать транспортные средства в реальном времени, однако требует наличия бортового оборудования и придорожной инфраструктуры. Автономные системы на основе GNSS демонстрируют большую гибкость в применении и снижают инфраструктурные издержки, хотя требуют точного картографирования и комплексного администрирования. Системы ANPR позволяют пользователям не устанавливать дополнительное оборудование, но обладают меньшей точностью и требуют высоких вычислительных ресурсов. Безбарьерные технологии (Free-flow), особенно с применением искусственного интеллекта и компьютерного зрения, становятся передовым решением в области взимания платы, обеспечивая высокий уровень автоматизации и минимизацию задержек. В России активно внедряются отечественные решения в области Free-flow, что свидетельствует о технологической независимости и устойчивом развитии национальной транспортной инфраструктуры.



**Список литературы**

1. Hensher D.A. Electronic toll collection. Transportation Research Part A: General. 1991; Vol. 25. № 1: 9–16.
2. Stephen B. KPMG Toll Benchmarking Study 2015 | An evolution of tolling. Canada : An evolution of tolling. 2015; 28 p.
3. Вишневский, В. М. Методы оценки эффективности систем радиочастотной идентификации транспортных средств / В. М. Вишневский, А. А. Ларионов, Е. А. Михайлов, И. А. Федотов, В. Л. Абрамян // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2023. – № 1. – С. 59-70.
4. Ahangar M.N., Ahmed Q.Z., Khan F.A., Hafeez M. A survey of autonomous vehicles: Enabling communication technologies and challenges. Sensors (Switzerland). 2021; Vol. 21. № 3: 2–33.
5. Легкий, Н. М. Идентификация угроз радиоканалам транспортных средств при использовании глобальных навигационных спутниковых систем / Н. М. Легкий, Е. А. Чистяков, Д. П. Зеленский, Н. А. Коневцов, М. В. Цветков // Успехи современной радиоэлектроники. – 2025. – Том 79. – № 5. – С. 46-52.
6. Akhtar Z., Ali R. Automatic Number Plate Recognition Using Random Forest Classifier. SN Computer Science. 2020; Vol. 1. № 3: 2-15.
7. Tang J., Wan L., Schooling J. и др. Automatic number plate recognition (ANPR) in smart cities: A systematic review on technological advancements and application cases. Cities. 2022; Vol. 129.
8. ITS Standardization Activities in Japan. Tokyo : Society of Automotive Engineers of Japan, Inc. 2018; 66 p.
9. Smart Use of Roads. Paris : Research Report. 2019; 47 p.
10. Подольский, В. П. Перспективы использования технологии «свободный поток» на платных дорогах России / В. П. Подольский, Е. Б. Тюков, Т. В. Белова // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2023. – Том 70. – № 2. – С. 102-111.
11. Брызгалов, В. И. Платные дороги и их экономическая эффективность / В. И. Брызгалов // Известия КГАСУ. – 2025. – Том 71. – № 1. – С. 29-40.

УДК 536.46: 519.63

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ

## STUDY OF VIBRATION SIGNALS FOR ASSESSMENT AND FORECASTING OF THE STATE OF DIESEL ENGINES IN THE PROCESS OF PRODUCTION AND OPERATION USING NEURAL NETWORK METHODS

Чорный А.Д., к.ф.-м.н., доцент, заведующий лабораторией турбулентности;  
 Тимонович Г.Л., к.т.н., доцент, заведующий лабораторией распределенных систем;  
 Гринько М.М., стажер младшего научного сотрудника лаборатории турбулентности;  
 Кухарчук И.Г., научный сотрудник лаборатории турбулентности,  
 Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси» г. Минск, Республика Беларусь;  
 Попов И.А., д.т.н., профессор кафедры теплотехники и энергетического машиностроения, заведующий лабораторией моделирования физико-технических процессов, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан; ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия

Chorny A.D., PhD, Assistant professor, Head of Turbulence Laboratory;  
 Timonovich G.L., PhD, Assistant professor, Head of Distributed Informational Systems Laboratory;  
 Grinko M.M., Junior Researcher of Turbulence Laboratory;  
 Kukharchuk I.G., Researcher of Turbulence Laboratory;  
 A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences, Minsk, Republic of Belarus;  
 Popov I.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory for Modeling Physical and Technical Processes, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia

### Аннотация

В статье рассматривается применение нейросетевых методов для анализа вибрационных сигналов дизельных двигателей с целью автоматизации диагностики их технического состояния. Основное внимание уделено проблеме недостатка экспериментальных данных для обучения нейронных сетей и предложен подход, основанный на численном моделировании вибрационных сигналов с последующей верификацией модели. Рассмотрены методы обработки вибросигналов (частотный, вейвлет-анализ, статистические методы) и возможности их использования для выявления дисбаланса вращающихся масс и разности масс шатунно-поршневых групп. Предложено создание цифровой модели двигателя для генерации обучающих данных, что позволит повысить точность диагностики и прогнозирования остаточного ресурса. Конечной целью является интеграция модуля интеллектуального анализа вибрации в автоматизированную систему стендовых испытаний.

**Ключевые слова:** дизельные двигатели, вибрационная диагностика, стендовые испытания, численное моделирование, цифровая модель двигателя, статистическая обработка сигналов, нейронные сети, машинное обучение

### Abstract

The report explores the application of neural network methods for analyzing vibration signals in diesel engines to automate the diagnosis of their technical condition. The main focus is on the problem of insufficient experimental data for training neural networks, proposing an approach

based on numerical modeling of vibration signals with subsequent model verification. Methods for processing vibration signals (frequency analysis, wavelet analysis, statistical methods) and their use in detecting imbalances in rotating masses and differences in piston-connecting rod group masses are discussed. The creation of a digital engine model for generating training data is suggested to improve diagnostic accuracy and residual life prediction. The ultimate goal is integrating an intelligent vibration analysis module into an automated test bench system.

**Keywords:** diesel engines, vibration diagnostics, bench testing, numerical modeling, digital engine model, signal processing, neural networks, machine learning

Современные дизельные двигатели являются сложными техническими системами, требующими постоянного контроля состояния для обеспечения надежности и долговечности. Одним из ключевых методов диагностики является анализ вибрационных сигналов, которые несут информацию о динамических процессах внутри двигателя [1, 2].

Применение нейросетевых методов позволяет автоматизировать анализ вибрационных данных, повысить точность диагностики и прогнозировать остаточный ресурс двигателя [3-5]. В данной работе рассматривается подход к обработке вибрационных сигналов, включая численное моделирование для генерации обучающих данных, и возможности применения нейронных сетей для оценки состояния дизельных двигателей на этапах производства и эксплуатации, что позволит расширить возможности вибрационных методов контроля и диагностики состояния двигателей службой качества при проведении испытаний выпускаемых двигателей. В этой связи конечной целью станет включение модуля интеллектуального анализа результатов измерения вибрации в состав автоматизированной информационной системы стендовых испытаний. Т.е. на основе анализа данных вибрации, получаемых при проведении стендовых испытаний с датчиков вибрации (акселерометров), используя современные интеллектуальные методы машинного обучения и обработки данных, определять текущее состояние двигателя в части выявления дисбаланса вращающихся масс двигателя и оценки разности масс шатунно-поршневых групп отдельных цилиндров.

Анализ вибрационных сигналов дизельных двигателей показывает [1], что основными источниками вибрации в них являются работа цилиндропоршневой группы (ЦПГ), динамика газораспределительного механизма (ГРМ), неуравновешенность коленчатого вала, износ подшипников и других узлов трения. При проведении стендовых испытаний методы обработки результатов в основном направлены на выявление причин и признаков повышенного дисбаланса двигателя, в целом и разности масс шатунно-поршневых групп по цилиндрам, в частности.

К основным методам обработки вибросигналов следует отнести методики автоматизированного выделения из сигналов вибрации двигателя признаков и причин, вызывающих повышенный уровень вибрации (дисбаланс вращающихся масс или разницу масс (веса) шатунно-поршневых групп). Для анализа применяется частотный, частотно-временной анализ (Фурье и вейвлет анализ), выявление характерных частотных составляющих, статистические методы с оценкой амплитуд, дисперсии, эксцесса и других параметров [1-3]. Для классификации состояний двигателя применяются методы машинного обучения с моделированием вибрационных сигналов для обучения нейронных сетей [4]. Однако основным ограничением на применение нейросетевых методов является отсутствие данных по вибрации, полученных при проведении стендовых испытаний двигателей, которых было бы достаточно для обучения нейронной сети для устойчивой диагностики. Еще одним ограничением, отчасти связанным с недостаточным объемом дан-

ных виброиспытаний, является отсутствие готовых методик выделения из сигналов вибрации сигнатур, необходимых для формирования наборов обучающих данных.

Данные ограничения могут быть преодолены за счет создания компьютерной (цифровой) модели двигателя [5], с помощью которой могут быть получены данные вибрации, необходимые для обучения нейросетевых моделей. Для этого необходим этап исследований, связанный с созданием компьютерной модели отдельных систем и узлов дизельного двигателя для моделирования рабочих процессов в нем [6, 7]. Такой подход позволяет смоделировать сигналы вибрации, создаваемые силами возбуждения, возникающими в двигателе, определить их величину, направление и частоту в точках размещения датчиков при проведении испытаний. Обязательным является проведение верификации численной модели путем сравнения с имеющимися результатами виброиспытаний реальных двигателей. Верификация компьютерных моделей производится сравнением с экспериментальными данными (стендовые испытания двигателей) с корректировкой параметров модели для минимизации погрешности. Например, при диагностике износа подшипников добиться максимального совпадения по частоте с минимальной погрешностью при характерном пике на 3,2 кГц при зазоре 0,1 мм. После верификации модель позволит получить массив данных сигналов вибрации двигателя при различных параметрах, определяющих степень дисбаланса вращающихся масс и разности масс шатунно-поршневых групп, необходимый для устойчивого обучения нейросетевых моделей, идентифицирующих степень дисбаланса двигателей.

Для генерации вибрационных данных используются динамические модели (расчет сил инерции, моментов, вибра-

ций от ЦПГ и ГРМ), метод конечных элементов (МКЭ) с моделированием вибраций двигателя и его отдельных систем и узлов при различных режимах работы, алгоритмы идентификации дефектов (например, имитация зазоров в подшипниках, износа поршневых колец, и т.д.). В качестве примера для построения компьютерной модели (расчет реализован методом МКЭ в ПО SolidWorks и Ansys Mechanical) рассмотрен дизельный двигатель MMZ-3LDT (Минский моторный завод), который устанавливается на трактора, комбайны, погрузчики, бульдозеры, экскаваторы, автогрейдеры и дорожные катки. Это 3-цилиндровый дизельный двигатель с рабочим объемом 1,6 л. и номинальной мощностью 26 кВт при частоте вращения коленчатого вала 3000 мин<sup>-1</sup>. Двигатель 4-тактный, рядный, с жидкостной системой охлаждения, без применения турбонаддува и охлаждения наддувочного воздуха (рис. 1, а). Создана трехмерная модель ЦПГ и ГРМ двигателя (рис. 1, б). Она состоит из коленчатого вала 1, шестерни коленчатого вала 2, кулачкового вала газораспределительного механизма 3 с шестерней 4, толкателя со штангой 5, оси коромысел 6, коромысел 7 впускного и выпускного клапанов, клапанов 8, цилиндров 9, поршней 10, шатунов 11, промежуточной шестерни 12 и маховика 13. Механизм зафиксирован в опорах 14. Для анализа движения элементов модели созданы сопряжения, имитирующие контакт твердых тел. В модели вращение шестерен осуществляется при касании делительных диаметров, передаточные числа соответствуют отношению числа зубьев соответствующих зубчатых колес.

Для отработки методики получения вибрационных сигналов рассмотрен один поршень с укороченным по длине коленчатым валом (рис. 2, а).

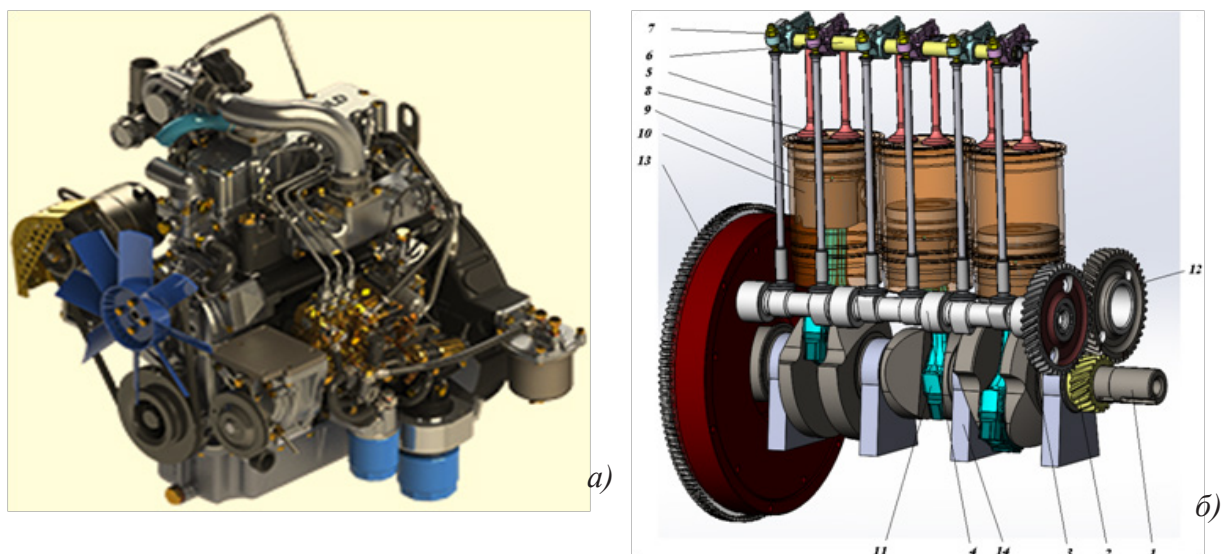


Рис. 1. Внешний вид двигателя MMZ-3LDT (а) и модель (б) его ЦПГ и ГРМ

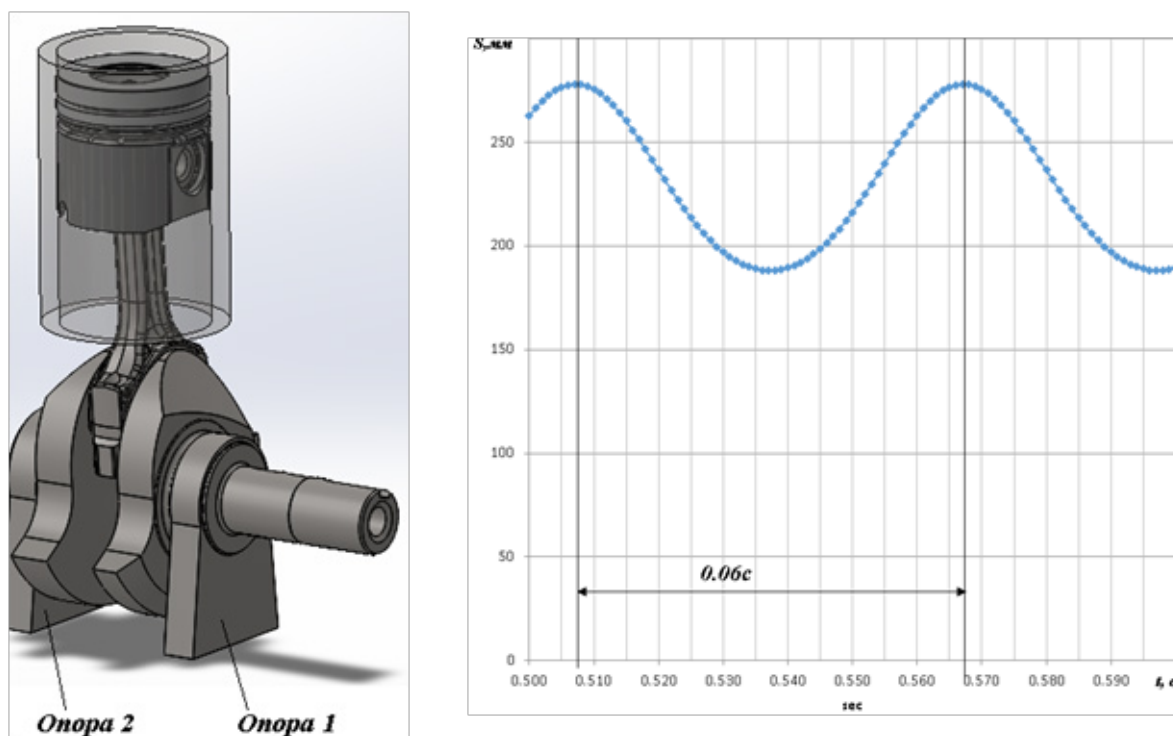


Рис. 2. Поршень с укороченным по длине коленчатым валом (а) и перемещение верхней точки поршня (период 0,06 с соответствует частоте вращения 1000 об/мин или 16,67 об/с) (б)

К валу кривошипа приложен крутящий момент с частотой вращения вала, равной 1000 об/мин. В качестве реакции учитывалась сила противодействия по вертикальной оси, возникающая между опорой и

поверхностью опорных (коренных) шеек коленчатого вала при вращении деталей механизма. Это позволило получить частотный сигнал реакций первой и второй опор (рис. 3).



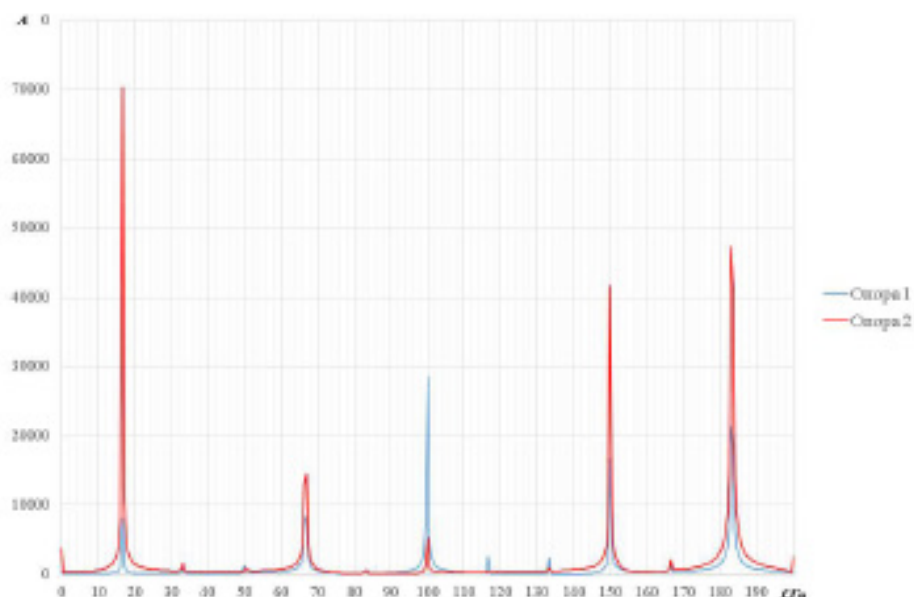


Рис. 3. Частотный сигнал реакций опор коленчатого вала

Рассмотрение всей ЦПГ требует задания в компьютерной модели граничных условий, соответствующих реальному движению узлов ЦПГ (вращение коленвала, от-

носительное вращение нижней и верхней части шатуна, перемещение поверхности поршня, втулки коленвала, закрепление нижней части блока цилиндров) (рис. 4).

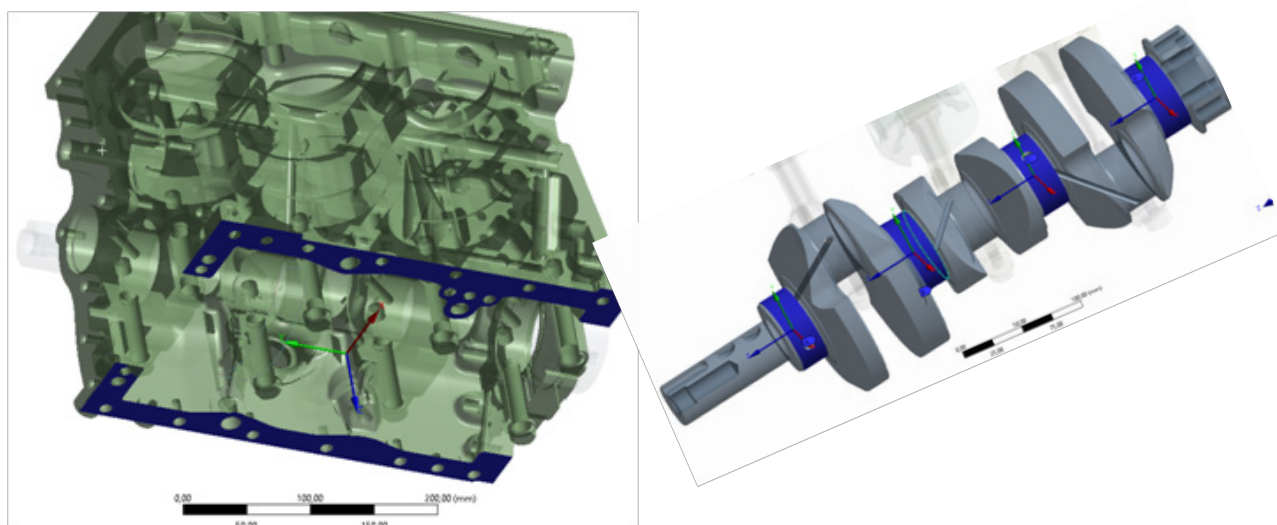


Рис. 4. Граничное условие закрепления нижней части блока цилиндров и втулки

Для заданного вращения коленвала 5000 об/мин со временем анализа 0,5 с нагрузка прикладывалась в 2 шага (до 0,1 с от 0 до 5000 об/мин; от 0,1 с до 0,5 с – постоянная частота 5000 об/мин). Полученная сила реакции втулок и закрепления нижней части цилиндров представлена на рис. 5.

Таким образом, моделирование с построением компьютерной модели дви-

гателя становится источником вибрационных сигналов для обучения нейронных сетей. Примерами ПО могут выступать Solidworks, ANSYS Mechanical [8] с МКЭ анализом с возможностью моделирования вибраций блока цилиндров при различных нагрузках с относительно небольшими объемами расчетной сетки и погрешностью 5 - 8% относительно экспериментальных данных.

AVLEXSITE [9] полезно для динамики ЦПП с возможностью моделирования ударных нагрузок при изменении зазоров в подшипниках, генерации сигналов при различных дефектах (износ шатунного подшипника с увеличением вибраций на 2-й гармонике коленвала; трещина поршневого кольца (появление высокочастотных составляющих порядка 4-8 кГц). MATLAB Simulink предназначен также для системного моделирования с заданием динамической модели двигателя с некоторым заданным количеством степеней свободы. Применение нейросетевых методов для диагностики вибросигналов предполагает

выбор архитектуры нейросетевых моделей, пригодных для выявления в двигателе причин повышенной вибрации, таких как дисбаланс вращающихся масс или разница масс шатунно-поршневых групп. Для обработки вибрационных данных обычно применяются сверточные нейронные сети (CNN), эффективные для анализа спектрограмм и временных рядов, тогда как рекуррентные нейронные сети (RNN, LSTM) подходят для последовательностей данных с учетом нестационарности, а гибридные модели (CNN + LSTM) комбинируют преимущества частотного и временного анализа.

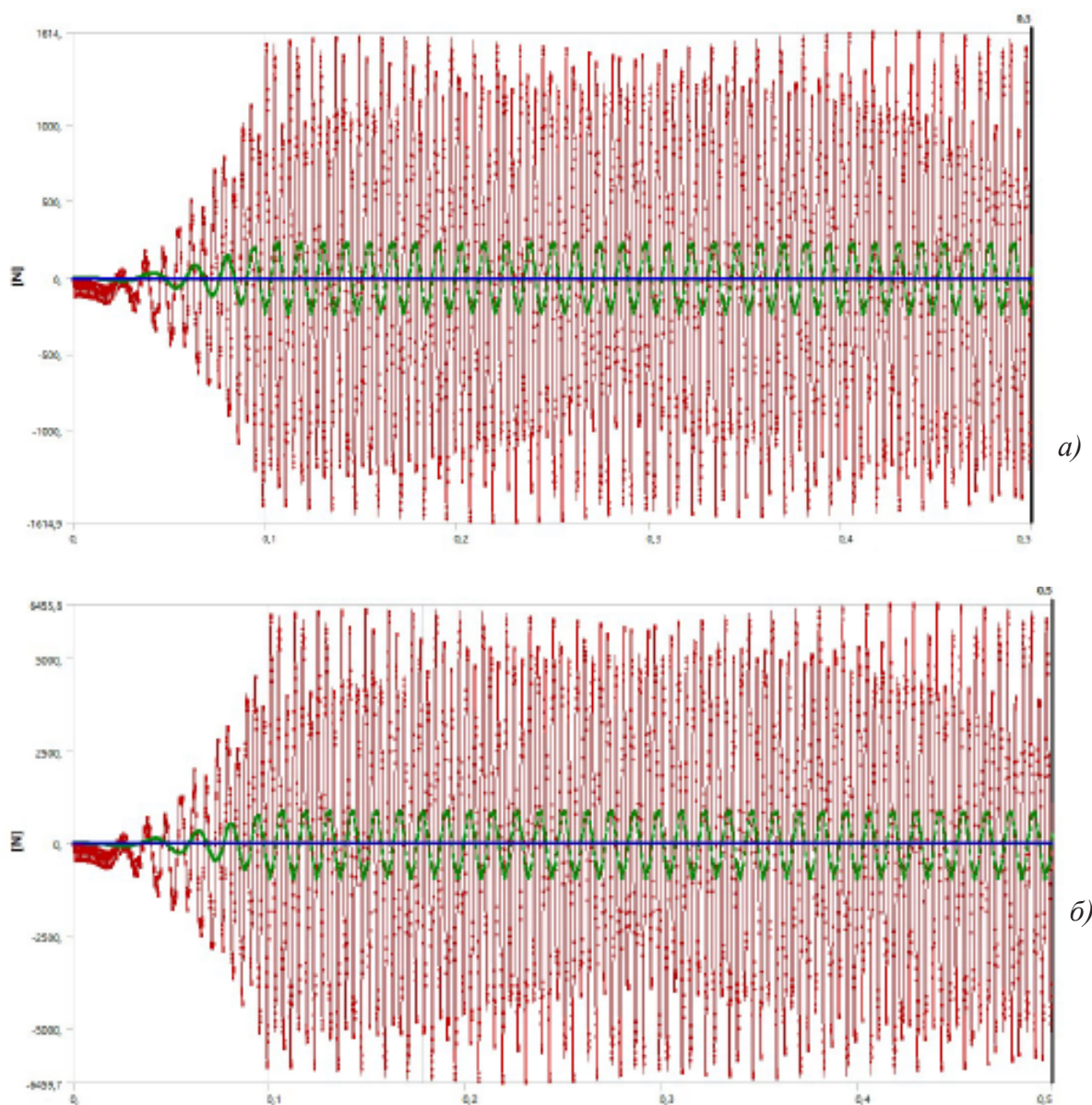


Рис. 5. Изменение силы реакции втудок (а) и закрепления нижней части блока цилиндров (б) (компонента  $F_x$  – красная линия,  $F_y$  – зеленая линия;  $F_z$  – синяя линия)

Для обучения моделей нейросетей используются данные моделирования и реальные замеры вибрации, синтетические данные с применением методов аугментации данных (добавление шума, временные сдвиги) для увеличения обучающей выборки. Использование синтетических данных для обучения нейросети с генерацией боль-

шого объема временных рядов (например, в AVL EXCITE) и добавлением нескольких типов дефектов с вариациями параметров может привести к существенному увеличению точности по сравнению с обучением только на экспериментальных данных. Табл. 1 демонстрирует сравнение способов генерации данных [2 – 5, 10].

Таблица 1

## Сравнение способов генерации вибрационных данных

Метод	Преимущества	Недостатки	Точность воспроизведения
Эксперимент	Максимальная достоверность	Ограниченный набор дефектов	100%
ANSYS, SolidWorks	Высокая точность геометрии	Вычислительно затратны	92-95%
Динамические модели	Быстрое вычисление	Упрощение конструкции	75-85%
Нейросетевые модели	Автоматическая генерация дефектов	Требуется большой обучающей выборки	80-90%

При обучении нейросетей для синтеза вибрационных данных с учетом дефектов применяются различные способы [3, 10], связанные как с добавлением искусственных дефектов в компьютерные модели (трещины, дисбаланс, заклинивание), так и с генерацией случайных шумов и нестационарных составляющих в получаемых вибросигналах для приближения к реальным условиям или использования генеративно-сопоставительных сетей (GAN) для дообучения моделей на синтетических данных. С точки зрения прогнозирования состояния двигателя нейросетевые модели позволяют определить ранние признаки износа (микродефекты, дисбаланс), спрогнозировать остаточный ресурс на основе регрессионных моделей [11], оптимизировать техобслуживание за счет предиктивной аналитики.

Таким образом, при наличии серьезных ограничений, связанных с трудностями получения достоверных данных для обучения

нейронных сетей, применение нейросетевых технологий для анализа и прогнозирования состояния дизельных двигателей в процессе их производства и эксплуатации на основе сигналов вибродиагностики вполне состоятельно в сочетании с компьютерным моделированием работы двигателя. Вычленение на основе такого подхода вибрационных сигналов позволяет как создавать обширные обучающие выборки даже при ограниченных экспериментальных данных, так и повышать точность диагностики за счет учета сложных динамических эффектов (например, искусственного введения дефектов), а также обеспечивать раннее прогнозирование отказов на основе как синтетических, так и реальных данных. Тем самым, справедлив комплексный подход, сочетающий точное МКЭ моделирование в ANSYS, быстрое динамическое моделирование в AVL EXCITE или MATLAB Simulink, генерацию дополнительных синтетических данных через генеративно-со-

ствязательные сети (GAN) для дообучения моделей на них. Эффективность такого гибридного подхода связана прежде всего со снижением потребности в экспериментальных данных и улучшением обобщающей способности моделей.

Работа выполнена в рамках задания  
2.35 ГПНИ «Энергетические и ядерные

процессы и технологии», 2021–2025 годы, подпрограмма «Энергетические процессы и технологии» (РБ) и Соглашения о консорциуме между КНИТУ – КАИ имени А.Н. Туполева и Институтом тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси.

### Список литературы

1. Randall R.B. Vibration-based Condition Monitoring: Industrial, Aerospace and Automotive Applications. John Wiley & Sons, Ltd. 2011; 289 p.
2. Romanssini M.A., de Aguirre P.C.C., Compassi-Severo L., Girardi A.G. Review on Vibration Monitoring Techniques for Predictive Maintenance of Rotating Machinery. *Eng. Vol.* 4, № 3. 2023; 1797-1817.
3. Souza R.M., Nascimento E.G.S., Miranda U.A., Silva W.J.D., Lepikson H.A. Deep learning for diagnosis and classification of faults in industrial rotating machinery. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 153. 2021; 107060.
4. Bo Y., Wu H., Che W., Zhang Z., Li X., Myagkov L. Methodology and application of digital twin-driven diesel engine fault diagnosis and virtual fault model acquisition. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 131. 2024; 107853.
5. da Silva L.R.R., Pimenov D.Y., da Silva R.B., Ercetin A., Giasin K. Review of Applications of Digital Twins and Industry 4.0 for Machining. *J. Manuf. Mater. Process.* Vol. 9. 2025; 211.
6. Чорный, А. Д. Опыт создания цифровых двойников для моделирования эксплуатационных режимов транспортных систем / А. Д. Чорный, Ю. В. Жукова, Т. А. Баранова, И. Г. Кухарчук, И. А. Попов // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK - 2023. Сборник материалов. – Казань, 2023. – С. 442-450.
7. Попов, И. А. Цифровые двойники – идеология, опыт и перспективы / И. А. Попов, В. М. Гуреев, Е. Г. Макаров, А. С. Куликов, С. М. Андриянов // Вестник НЦБЖД. – 2024. № 3 (61). – С. 80-87.
8. ANSYS Mechanical User Manual (v2023 R2). <https://www.scribd.com/document/717217119/Ansys-Mechanical-Users-Guide>.
9. AVL EXCITE Power Unit Basic <https://experience.avl.com/products/avl-excite-power-unit-basic>.
10. Freire Moraes G.H., Ribeiro R.F., Junior G.F. Gomes Fault Classification in Diesel Engines Based on Time-Domain Responses through Signal Processing and Convolutional Neural Network. *Vibration*. 2024; Vol. 7: 863–893.
11. Viana D.P., de Sá Só Martins D.H.C., de Lima A.A., Silva F., Pinto M.F., Gutiérrez R.H.R., Monteiro U., Vaz L., Prego T., Andrade F.A.A., et al. Diesel Engine Fault Prediction Using Artificial Intelligence Regression Methods. *Machines*. 2023; Vol. 11: 530.



УДК 656.01

АРХИТЕКТУРА ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ  
ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯTHE ARCHITECTURE OF NATIONAL  
SOFTWARE FOR TRANSPORT  
MODELING AND FORECASTING

Швецов В.Л., генеральный директор  
ООО «Симетра Групп»,  
г. Санкт-Петербург, Россия;  
E-mail: spb@simetragroup.ru

Shvetsov V.L., General Director, Simetra Group  
LLC, Saint-Petersburg, Russia;  
E-mail: spb@simetragroup.ru

**Аннотация**

В статье анализируются современные требования к программному обеспечению для транспортного моделирования и прогнозирования. Рассмотрены типы транспортных моделей по масштабу (макро-, мезо- и микромоделей) и временному срезу (статические и динамические). Исследованы актуальные вызовы в сфере транспортного моделирования, включая необходимость интеграции разнородных источников данных и геополитические факторы. Проведён сравнительный анализ российских и зарубежных программных решений по ключевым параметрам. На основе анализа сформулированы рекомендации по архитектуре программного комплекса для оперативного прогнозирования транспортной ситуации в режиме реального времени. Обоснована необходимость развития отечественного программного обеспечения в данной сфере как фактора технологической независимости и экономического развития.

**Ключевые слова:** транспортное моделирование, программное обеспечение, макромоделей, мезомоделей, микромоделей, динамические модели, транспортная инфраструктура, импортозамещение, кроссплатформенность, микросервисная архитектура, большие данные

**Abstract**

The prerequisites of creation and the existing role of integration platforms of intelligent transport systems in the management of transport systems are considered. The world and Russian experience of their implementation is described, including the analysis of normative-legal documentation regulating the development of intelligent transport systems and a number of domestic software products are considered. The problems of development of intelligent transport systems are considered.

**Keywords:** intelligent transportation system, integration platform, transport system, road infrastructure, agglomeration

**Введение**

Программное обеспечение для транспортного моделирования позволяет проектировщикам и инженерам анализировать, оптимизировать и имитировать транспортные системы. Эти инструменты различаются по масштабу (макро-, мезо-, микроуровень) и применению (планирование, управление в реальном времени, анализ политик). Для определения архитектуры программного обеспечения для транспортного моделирования и прогнозирования был вы-

полнен анализ современных требований к программному обеспечению с учётом технических, социально-экономических и политических факторов, определен перечень предполагаемых для решения в данном программном обеспечении задач.

**Материал и методы**

Формирование архитектуры программного обеспечения, предназначенного для транспортного моделирования и прогнозирования, требует предварительного систематического анализа задач, реше-



ние которых обусловлено применением методов имитационного моделирования. В связи с этим целесообразно провести структурированный обзор современного состояния транспортного моделирования, включая оценку функциональных возможностей, актуальных применений и ограничений в контексте решаемых прикладных проблем.

Транспортные модели укрупненно можно разделять по разным критериям [1, 2], но в данном случае мы выделим следующие – по масштабу и по временному срезу.

По масштабу (пространственное разрешение) выделяют:

1. Макромодели, которые используются для анализа транспортных потоков на уровне городов, регионов или стран [3]. Данные модели используют агрегированные данные (например, матрицы корреспонденций между районами).

Наиболее распространенными являются 4-шаговые транспортные модели. Среди наиболее распространенных в мире программных продуктов можно отметить Cube, EMME, PTV VISUM, Transcad, среди российских – RITM3 и Transnet [4].

2. Мезомодели. В данном типе моделей делается фокус на отдельных транспортных коридорах, магистралях или городских зонах. Они учитывают взаимодействие между потоками и инфраструктурой (например, светофоры). В качестве примера можно назвать модели на основе узлов и связей, LWR-модели (Lighthill – Whitham – Richards).

Мезомодели являются промежуточным классом с точки зрения детализации и оперируют индивидуальными участниками движения или группами участников (пакетами). Взаимодействие между агентами моделируется с меньшей степенью детализации по сравнению с микроподходом для сокращения вычислительных затрат (сокращения расчетного времени), тем не менее, выбор маршрута осуществляется на индивидуальном уровне.

3. Микромодели, представляющие детализированное моделирование отдельных участников движения (автомобили, пешеходы). Выбор маршрута движения осуществляется на уровне каждого участника движения. Микроуровневые модели загрузки сети включают в себя модель движения в рамках одной полосы в сочетании с моделями перестроения и проезда перекрестков. Модели такого типа обладают набором параметров, значения которых должны быть определены корректно.

Обычно используют агентное моделирование (ABM) или модели следования за лидером (car-following) [5]. В качестве примеров можно выделить SUMO, VISSIM, AIMSUN.

По временному срезу выделяют статические и динамические транспортные модели:

1. Статические модели анализируют «усредненный» сценарий (например, час пик или средний день) и не учитывают динамику изменения потоков во времени. Данный тип моделей подходит для стратегического планирования, когда горизонт прогнозирования может составлять 20-30 и более лет.

2. Динамические модели, в отличие от статических, учитывают изменение спроса и предложения в реальном времени, но используются только для краткосрочного прогнозирования (минуты/часы). Среди иностранных решений можно отметить PTV Optima, среди российских – RITM3.

В качестве примеров можно выделить в первую очередь ДТА-модели (динамическое назначение маршрутов).

При этом, так как современные города сталкиваются с такими вызовами, как рост населения, увеличение трафика, экологические ограничения и необходимость адаптации к чрезвычайным ситуациям, всё чаще возникает потребность в инструменте, который объединяет все уровни транспортного анализа – от глобального стратегического планирования до оперативного управления потоками [6].

Однако в настоящий момент подобные инструменты отсутствуют, так как различные решения в части транспортного моделирования были разработаны в разный период времени (например, программное обеспечение для макро моделирования было изначально разработано более 30-40 лет назад, и затем подвергалось глубокой модернизации, а для решения других задач разрабатывалось новое программное обеспечение, которое имеет определенную совместимость, однако говорить о полностью бесшовном процессе обмена информацией нельзя).

Если говорить о решениях для транспортного моделирования, также нельзя не отметить и то, что за последние 15-20 лет качественно изменилась доступность данных для транспортного моделирования. Вместо единичных обследований с низкой детализацией (опросы, ручные подсчеты) сейчас стали доступны постоянные потоки больших данных, позволяющие строить более точные и актуальные модели. Например, сейчас стали доступны такие данные как [7-10]:

- данные операторов сотовой связи;
- GPS-данные и треки транспортных средств;
- данные социальных сетей и мобильных приложений, позволяющих анализировать транспортное поведение пользователей на основе геолокации;
- данные транспортных платежных систем (например, данные валидаторов проездных билетов, банковские транзакции) дают информацию о перемещениях пассажиров общественного транспорта.

В настоящий момент продолжается развитие новых источников данных – например, постепенно внедряются дроны для анализа дорожного движения, особенно в регионах с недостатком наземных датчиков, также более активно начинает использоваться существующая городская инфраструктура – такая как камеры, Bluetooth/Wi-Fi-трекеры, которые фиксируют движе-

ние автомобилей и пешеходов. И основным вызовом является интеграция разнородных источников данных и учет их ограничений, с чем ранее разработанные продукты не всегда хорошо справляются.

Всё это обуславливает необходимость либо существенной модернизации существующих программных продуктов, либо создание новых. При этом, как показывает практика, создание нового продукта часто может быть более предпочтительным и менее ресурсозатратным, нежели переработка уже существующих решений. При этом, если говорить о программном обеспечении для транспортного моделирования, то российских решений практически нет (отметить можно только Transnet, который был разработан более двадцати лет назад, и RITM<sup>3</sup>, относительно более новый продукт).

И, наконец, еще одним ключевым фактором необходимости разработки современного российского программного обеспечения в данной сфере стала геополитическая нестабильность. События 2022 г. показали, что зависимость от иностранных IT-решений становится уязвимостью: санкционные ограничения могут в любой момент лишить страну доступа к ключевым системам, парализовав работу транспорта, энергетики, банковской сферы и госучреждений. Например, отключение зарубежных облачных сервисов или прекращение поддержки ПО для логистики способны вызвать коллапс в управлении инфраструктурой. Национальное ПО, напротив, гарантирует непрерывность процессов даже в кризисных сценариях, так как его развитие и обслуживание полностью контролируются внутри страны.

Не менее важный аспект – защита данных и кибербезопасность. Иностранное программное обеспечение может содержать скрытые уязвимости или инструменты слежения, которые могут использоваться для шпионажа, саботажа или манипуляций. Это особенно актуально для стратеги-

ческих отраслей: оборонного комплекса, электросетей, систем связи и транспорта. Локальные решения, созданные с учетом национальных стандартов шифрования и прошедшие сертификацию, минимизируют риски утечек и кибератак. Например, переход госорганов на отечественные ОС и CRM-системы закрывает каналы несанкционированного доступа к конфиденциальной информации.

Таким образом, необходимость создания национального софта является объективным фактором как по техническим, так и по политическим причинам.

Рассмотрим современные требования к программному обеспечению, которые охватывают широкий спектр аспектов, направленных на гибкость, безопасность, эффективность и удобство. Среди ключевых можно выделить:

1. Кроссплатформенность – совместимость с различными ОС (в первую очередь, российскими) и устройствами. Должно поддерживаться использование распространенных технологий для универсальности.

2. Модульность и микросервисная архитектура. Разделение функционала на независимые компоненты/сервисы позволяет упростить разработку, тестирование и масштабирование. В качестве примера можно привести Docker-контейнеры для оркестрации.

3. Поддержка облачных сред, гибридных решений и сервисов SaaS/PaaS.

4. Безопасность и соответствие стандартам.

5. Производительность и оптимизация. Должны быть использованы технологии для минимизации потребления ресурсов (CPU, память), быстрая загрузка, использование кэширования и асинхронных операций.

6. DevOps и CI/CD – автоматизация сборки, тестирования и развертывания (Jenkins, GitLab CI и др.). Мониторинг.

7. Отказоустойчивость и высокая доступность – резервирование компонентов, распределенные базы данных, механизмы восстановления после сбоев.

8. Искусственный интеллект и аналитика – встроенные ML-модели для прогнозирования, NLP, компьютерного зрения. Инструменты анализа данных (например, интеграция с TensorFlow или PyTorch).

9. Пользовательский опыт (UX/UI) – интуитивный дизайн, адаптация под мобильные устройства, персонализация настроек.

10. Гибкость конфигурации – настройка под нужды заказчика через плагины, модули или low-code платформы.

11. Документация и поддержка – подробные руководства, API-документация, чат-боты и служба технической помощи.

#### *Результаты и обсуждение*

Учитывая специфику рассматриваемой сферы – транспортного планирования, которое не предусматривает значительное число пользователей, количество игроков на данном рынке также невелико. На российском рынке до 2022 г. практически монопольное положение занимали продукты компании РТВ, однако после их ухода распространение стали получать и российские программные продукты. Их сравнение по ряду параметров приведено в табл. 1.

Анализ показал, что в настоящий момент российского программного обеспечения, которое позволяло бы осуществлять моделирование на всех уровнях – от микро- до макро – нет. Пока акцент российскими разработчиками сделан на разработке инструментов для макро моделирования как статических, так и динамических моделей. ПО компании РТВ представляет собой набор отдельных программных продуктов, между которыми возможен обмен информацией, однако он, как показала практика, сопряжен с рядом проблем. Также следует отметить, что с 2022 г. компания РТВ не работает на российском рынке.

Таблица 1

## Сравнение функциональных возможностей российского и иностранного ПО

Критерий	RITM3	Transnet	ПО РТВ
Возможность обеспечения моделирования на всех уровнях	Нет	Нет	Да
Кроссплатформенность	Да	Да	Не поддерживает российские ОС
Модульность и микросервисная архитектура	Да	Нет	Нет
Поддержка облачных сред, гибридных решений и сервисов SaaS	Да	Н/д	Да
Безопасность и соответствие российским стандартам	Да	Н/д	Нет
Искусственный интеллект и аналитика	Да	Н/д	Да
Пользовательский опыт (UX/UI)	Современный с адаптацией для мобильных устройств	Интерфейс выполнен в классическом стиле	Интерфейс выполнен в классическом стиле
Гибкость конфигурации	Да, модульная система	Н/д	Да
Документация и поддержка	Да, есть на русском языке	Да, есть на русском языке	Отсутствует на русском языке

Transnet представляет собой аналог РТВ VISUM, однако в настоящее время не позволяет осуществлять микромоделирование или динамическое макромоделирование. RITM3 в настоящий момент также не поддерживает микромоделирование, однако его открытая архитектура, которая позволяет подключать и использовать различные функциональные модули, в том числе для управления транспортной мобильностью в городе, позволяет сделать вывод, что это в настоящий момент наиболее перспективный продукт, так как он отвечает большинству предъявляемых требований, а функционал планируется расширить в ближайшее время.

Более того, RITM3 заявляется не только как ПО для моделирования, а как основной инструмент для решения таких задач, как:

- сбор и хранение данных от всех подсистем ИТС;
- агрегирование и обработка текущих и ретроспективных данных;
- обработка телематических данных с целью определения и мониторинга местоположений объектов (ОТ, ТС коммунальных служб, такси и др.);
- моделирование транспортных потоков;
- выявление мест концентрации ДТП и выяснение причин их возникновения;
- анализ различных событий на УДС (ремонт, перекрытия, ДТП и др.) и оперативное реагирование на них и на изменения состояний ОТИ (объектов транспортной инфраструктуры);
- визуализация и анализ показателей объектов КСОДД;

- анализ работы парка ТС и отдельных объектов по различным показателям эффективности;
  - журналирование и обработка различных событий в рамках диспетчеризации;
  - формирование ОТИ с привязкой к карте;
  - планирование мероприятий КСОДД.
- В RITM3 используются различные

данные, в том числе, транспортный граф, векторные карты, ПОДД-ы участков дорожной сети, треки ТС, данные о работе общественного транспорта и др.

Основные форматы входящих данных: JSON, JPEG, PDF, XLSX, CSV, XML, NET, DMD, SHP. Функциональная структура RITM3 представлена на рис. 1.

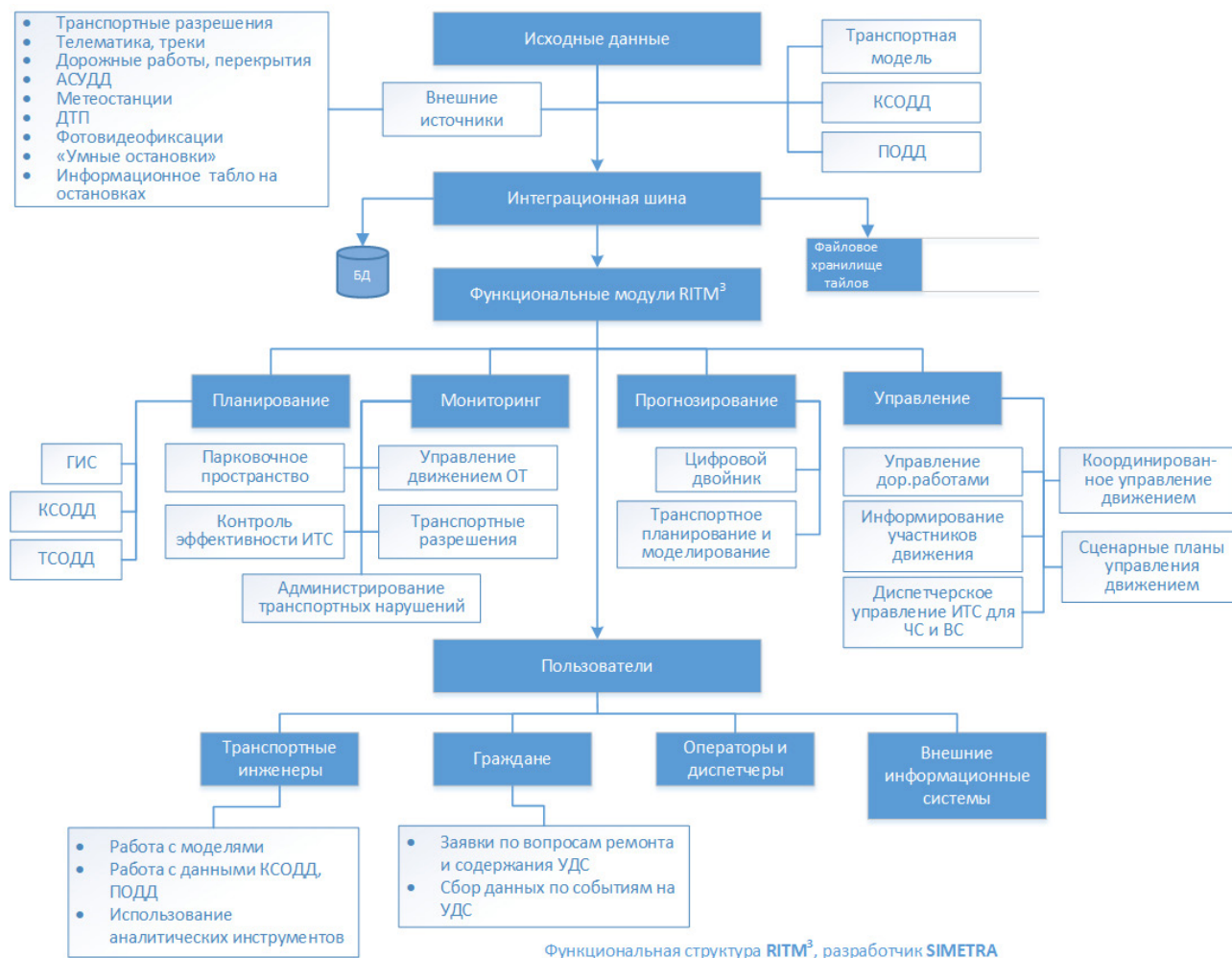


Рис. 1. Функциональная архитектура RITM<sup>3</sup>

### Выводы

Исходя из предложенного выше, можно сделать следующие рекомендации по общей архитектуре программного комплекса для оперативного прогноза развития транспортной ситуации в режиме реального времени. Это должна быть клиент-серверная система, работающая «в облаке» или на серверах компании-пользователя, с возможностью многопользовательского

доступа к данным модели, включая данные цифрового графа транспортной сети, а также данным социально-экономической статистики. ПО должно быть построено на открытых технологиях, иметь открытые интерфейсы интеграции на основе общепризнанных стандартов интеграции (например, веб-сервисы REST API или аналоги), иметь открытые форматы обмена и хранения данных. Должна быть предусмо-



трена возможность интеграции с историческими и онлайн данными о транспортной ситуации с элементов ИТС и АСУДД, включая данные телематики с РНИС и прочие данные, имеющие влияние на транспортную ситуацию.

Кроме того, развитие национального ПО стимулирует экономику и укрепляет технологический потенциал. Импортозамещение в IT-секторе создает тысячи ра-

бочих мест, удерживает талантливых разработчиков и формирует экосистему для инноваций. Это позволяет не только избежать внешнего давления, но и экспортировать собственные решения, усиливая позиции страны на глобальном рынке. Таким образом, инвестиции в национальное программное обеспечение – это вклад не только в безопасность, но и в долгосрочное технологическое лидерство.

### Список литературы

1. Потапова, И. А. Методы моделирования транспортного потока / И. А. Потапова, И. Н. Бояршинова, Т. Р. Исмагилов // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 10-2. – С. 338-342. – URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40856> (дата обращения: 26.06.2025).
2. Классификация методов моделирования транспортных потоков / А. В. Недяк, О. Ю. Рудзейт, А. Р. Зайнетдинов // *Вестник Евразийской науки*. – 2019. – Т 11. – №6. – URL: <https://esj.today/PDF/87SAVN619.pdf> (дата обращения: 25.06.2025).
3. Швецов, В. Л. Транспортные модели в системе государственного управления / В. Л. Швецов, А. В. Прохоров, И. В. Ильин // *π-Economy*. 2009. №5 (85). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportnye-modeli-v-sisteme-gosudarstvennogo-upravleniya> (дата обращения: 26.06.2025).
4. Свистунова, А. Ю. Сравнительный анализ программного обеспечения для транспортного моделирования / А. Ю. Свистунова, И. Е. Агуреев // *Современные материалы, техника и технологии*. 2019. – №4 (25). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-programmnogo-obespecheniya-dlya-transportnogo-modelirovaniya> (дата обращения: 26.06.2025).
5. Пинянский, А. И. Качественные и численные методы исследования математической модели Следования за лидером / А. И. Пинянский, А. П. Буслаев // *T-Comm*. 2017. №8. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvennye-i-chislennyye-metody-issledovaniya-matematicheskoy-modeli-sledovaniya-za-liderom> (дата обращения: 26.06.2025).
6. Солодкий, А. И. Цифровая трансформация транспортной отрасли Российской Федерации. Перспективы развития / А. И. Солодкий, С. С. Евтюков, Н. В. Черных // *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)*. – 2024. – № 1(76). – С. 91-99. – EDN DXSECG.
7. Постолиит, А. В. Инновационные учетные и платежные сервисы на транспорте / А. В. Постолиит // *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике*. – 2019. – №2 (81). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-uchetnye-i-platzhnye-servisy-na-transporte> (дата обращения: 26.06.2025).
8. Бабкин, Р. А. Опыт использования данных операторов сотовой связи в зарубежных экономико-географических исследованиях / Р. А. Бабкин // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. – 2021. – 66 (3). DOI: 10.21638/spbu07.2021.301.
9. Theiss A., Yen D.C., & Ku C.Y. Global Positioning Systems: an analysis of applications, current development and future implementations. *Computer Standards & Interfaces*. 2005; 27(2): 89-100.
10. Zayet T.M.A., Ismail M.A., Varathan K.D. et al. Investigating transportation research based on social media analysis: a systematic mapping review. *Scientometrics* 126, 2021; 6383–6421. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-04046-2>.

*Асхадуллина Наиля Нургаяновна*, к.пед.н., доцент кафедры педагогики Елабужского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Елабуга, Россия;

*Баторшин Тимур Русланович*, магистрант кафедры автоматизации технологических процессов и производств ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;

*Баязитов Нияз Ильгизович*, студент ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Бурнашев Рустам Арифович*, к.т.н., доцент кафедры «Анализ данных и технологий программирования» ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», научный сотрудник Института прикладной семиотики Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Россия;

*Валиев Алмаз Илсурович*, к.т.н., ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», инженер по технологии и развитию продукции ООО «Рекон С», г. Казань, Россия;

*Габбазов Руслан Марселевич*, магистрант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Гаптуллазянова Гульшат Ильдусовна*, старший преподаватель кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Глаголев Сергей Николаевич*, д.э.н., профессор, и.о. ректора Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия;

*Гринько Матеуш Михаил*, стажер младшего научного сотрудника лаборатории турбулентности, Государственное научное

учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси» г. Минск, Республика Беларусь;

*Дагаева Мария Витальевна*, к.т.н., доцент кафедры интеллектуальных транспортных систем ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», начальник Центра разработки и сопровождения информационных систем ГБУ «Безопасность дорожного движения», г. Казань, Россия;

*Девятков Тимур Владимирович*, к.т.н., заместитель директора ООО «Элина-Компьютер», г. Казань, Россия;

*Добров Артём Альбертович*, магистрант ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Дорошенко Арина Викторовна*, аспирант кафедры систем автоматического управления ФГАО ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия;

*Зайнуллина Миляуша Рашитовна*, к.э.н., доцент кафедры общего менеджмента Института управления, экономики и финансов ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Иштирякова Лейсан Хабировна*, к.э.н., главный научный сотрудник ОСП «Центр перспективных экономических исследований Академии наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия;

*Катасёв Алексей Сергеевич*, д.т.н., профессор кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Кац Александра Семёновна*, к.пед.н., младший научный сотрудник научно-исследовательского института физической

культуры и спорта Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, Россия;

*Козырева Мария Сергеевна*, к.х.н., заместитель руководителя отдела по работе с регионами и органами государственной власти ООО «ЯКласс», г. Москва, Россия;

*Кофанова Вера Сергеевна*, магистрант направления «Конфликтология» кафедры конфликтологии Института социально-философских наук и массовых коммуникаций, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Кулик Алексей Анатольевич*, д.т.н., профессор кафедры систем автоматического управления ФГАО ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия;

*Кухарчук Игорь Григорьевич*, научный сотрудник лаборатории турбулентности, Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь;

*Леонтьев Данил Константинович*, аспирант, помощник преподавателя АНО ВО «Университет Иннополис», г. Иннополис, Россия;

*Мавлиев Ленар Фидаесович*, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой цифровых дорожных технологий ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Маврин Олег Викторович*, к.с.н., доцент, заведующий центром медиации, урегулирования конфликтов и профилактики экстремизма, кафедра конфликтологии Института социально-философских наук и массовых коммуникаций ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Маряшина Дарья Николаевна*, ведущий программист ООО «Элина-Компьютер», ассистент кафедры «Автоматизированные

системы обработки информации и управления» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Минниханов Рифкат Нургалиевич*, д.т.н., президент Академии наук Республики Татарстан, директор ГБУ «Безопасность дорожного движения», г. Казань, Россия;

*Мошина Елизавета Андреевна*, магистр истории, региональный менеджер ООО «ЯКласс», г. Москва, Россия;

*Низамов Рашит Курбангалиевич*, д.т.н., академик-секретарь Отделения математики, механики и машиноведения, действительный член Академии наук Республики Татарстан, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Николаева Регина Владимировна*, к.т.н., доцент кафедры «Цифровые дорожные технологии» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Новиков Иван Алексеевич*, д.т.н., профессор, директор транспортно-технологического института Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия;

*Нугуманова Людмила Николаевна*, д.пед.н., ректор ГАОУ ДПО «Институт развития образования Республики Татарстан», г. Казань, Россия;

*Осипова Дарья Сергеевна*, студент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Попов Валерий Николаевич*, начальник отдела безопасности дорожного движения ОСП «Научный центр безопасности жизнедеятельности Академии наук Республики Татарстан», г. Казань, Россия;

*Попов Игорь Александрович*, д.т.н., профессор кафедры теплотехники и энергетического машиностроения, заведующий

лабораторией моделирования физико-технических процессов, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан; ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Сахнова Ирина Александровна*, к.пед.н., заведующий кафедрой педагогики и управления образованием ГАОУ ДПО «Институт развития образования Республики Татарстан», г. Казань, Россия;

*Ситникова Алина Сергеевна*, директор Кадрово-ресурсного центра искусственного интеллекта, информационных технологий и робототехники Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Сулейманов Альфред Мидхатович*, д.т.н., заведующий кафедрой «Строительные материалы» ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», академик АН РТ, г. Казань, Россия;

*Талышева Ирина Анатольевна*, к.пед.н., доцент кафедры педагогики Елабужского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Елабуга, Россия;

*Тимонович Георгий Леонидович*, к.т.н., доцент, заведующий лабораторией распределенных систем, Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь;

*Трегубова Татьяна Моисеевна*, д.пед.н., профессор кафедры педагогики и психологии в сфере физической культуры и спорта Поволжского государственного университета физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, Россия;

*Фахразиев Рузель Илдарович*, магистрант кафедры систем информационной безопасности ФГБОУ ВО

«Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Хохлов Александр Викторович*, к.пед.н., проректор по учебно-методической работе ГАОУ ДПО «Институт развития образования Республики Татарстан», г. Казань, Россия;

*Хузиахметов Рустам Абдулганеевич*, к.т.н., доцент кафедры технологий строительного производства ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Хузиахметова Карина Рустамовна*, ассистент кафедры цифровых дорожных технологий ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Чикрин Дмитрий Евгеньевич*, д.т.н., директор Института искусственного интеллекта, робототехники и системной инженерии доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Чорный Андрей Дмитриевич*, к.ф.-м.н., доцент, заведующий лабораторией турбулентности, Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь;

*Шагилова Евгения Александровна*, студент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Шамсутдинова Лариса Петровна*, к.х.н., проректор по научной и инновационной деятельности ГАОУ ДПО «Институт развития образования Республики Татарстан», г. Казань, Россия;

*Швецов Владимир Леонидович*, генеральный директор ООО «Симетра Групп», г. Санкт-Петербург, Россия;

*Шевцова Анастасия Геннадьевна*, д.т.н., доцент, директор института допол-

нительного образования и профессионального обучения Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия;

*Шияпова Диана Марселевна*, студент  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный

архитектурно-строительный университет», г. Казань, Россия;

*Щербаков Игорь Николаевич*, к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистики» Донского технического университета, г. Ростов-на-Дону, Россия;



Адрес издателя:  
420059, Республика Татарстан,  
г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 5  
Тел. 8 (843) 5333776

E-mail: guncbgd@mail.ru

Адрес редакции: 420059, Республика Татарстан,  
г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 5  
Тел. 8 (843) 5333776  
E-mail: guncbgd@mail.ru

Подписано в печать 14.09.2025  
Дата выхода в свет 17.09.2025

При перепечатке ссылка на журнал обязательна

Усл. печ. л. 7 Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии ОСП «НЦБЖД АН РТ»  
420059, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 5.

Publisher address:  
420059, Republic of Tatarstan,  
Kazan, st. Orenburg tract, 5  
Tel. 8 (843) 5333776  
E-mail: guncbgd@mail.ru  
Editorial office address:  
420059, Republic of Tatarstan,  
Kazan, st. Orenburg tract, 5 Tel. 8 (843) 5333776  
E-mail: guncbgd@mail.ru

Signed for printing 14.09.2025  
Issue date 17.09.2025

When reprinting, a reference to the journal is required  
Conv. print l. 7 Circulation 500 copies.

Printed in typography of Scientific Center  
of Safety Research of the Academy of Sciences of the  
Republic of Tatarstan  
420059, Kazan, st. Orenburg tract, 5.