

ISSN 2227-930X (online)

# International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies  
VOLUME 14, NUMBER 2, 2024



# International Journal of Advanced Studies

Том 14, № 2  
2024

Vol. 14, No. 2  
2024

**Transport and Information Technologies**  
IJAS:T&IT

## Главный редактор

**А.В. Остроух** д.т.н., профессор кафедры «Автоматизированные системы управления» (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Российская Федерация)

## Editor-in-Chief

**Andrey V. Ostroukh** Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department 'Automated Control Systems' (Moscow Automobile And Road Construction State Technical University, Moscow, Russian Federation)

Шеф-редактор - Максимов Я.А.

Выпускающие редакторы - Доценко Д.В., Максимова Н.А.

Корректор - Зливко С.Д.

Компьютерная верстка, дизайн - Орлов Р.В.

Технический редактор, администратор сайта - Бяков Ю.В.

Ответственный секретарь - Коробцева К.А.

# International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies  
IJAS:T&IT

Специализированный научно-технический рецензируемый журнал  
Peer-reviewed specialized science and technology journal

Периодичность. 4 номера в год / Periodicity. 4 issues per year

Том 14, № 2, 2024 / Vol. 14, No 2, 2024

<p><b>Учредитель и издатель:</b> ООО Научно-инновационный центр</p> <p><b>Журнал основан в 2011 году</b> Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77 - 63681 от 10.11.2015</p> <p>Журнал <b>входит</b> в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук</p> <p><b>Индексирование и реферирование:</b> РИНЦ Ulrich's Periodicals Directory Google Scholar DOAJ BASE WorldCat OpenAIRE ЭБС IPRbooks ЭБС Znanium ЭБС Лань</p> <p>Адрес редакции, издателя и для корреспонденции: Россия, 660127, Красноярский край, г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192 E-mail: <a href="mailto:ijas@ijournal-as.com">ijas@ijournal-as.com</a> <a href="http://ijournal-as.com/">http://ijournal-as.com/</a> +7 (995) 080-90-42</p>	<p><b>Founder and publisher:</b> Science and Innovation Center Publishing House</p> <p><b>Founded 2011</b> The edition is registered by the Federal Service of Intercommunication and Mass Media Control Mass media registration certificate EL № FS 77 - 63681, issued November 10, 2015.</p> <p>International Journal of Advanced Studies: Transport and Information Technologies is <b>included</b> in the List of leading peer-reviewed scientific journals and publications issued in the Russian Federation, which should publish main scientific results of doctor's and candidate's theses</p> <p><b>Indexing and Abstracting:</b> RSCI Ulrich's Periodicals Directory Google Scholar DOAJ BASE WorldCat OpenAIRE IPRbooks Znanium Lan<sup>2</sup></p> <p>Editorial Board Office: 9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk, 660127, Russian Federation E-mail: <a href="mailto:ijas@ijournal-as.com">ijas@ijournal-as.com</a> <a href="http://ijournal-as.com/">http://ijournal-as.com/</a> +7 (995) 080-90-42</p>
---	--

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2024

## Editorial Board Members

**Sunil Kumar Yadav**, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

**Yong Lee**, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

**Tatiana V. Avdeenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automated Control Systems, Leading Researcher (Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation).

**Vitaly N. Vasilenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Technology (Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation).

**Alexey V. Voropay**, Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Department «Machine Parts and Theory of Machines and Mechanisms» (Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine).

**Vladimir A. Dresvyannikov**, Doctor of Economics, Assistant Professor, Professor of the Department of Management and Marketing (Penza Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Penza, Russian Federation).

**Elena V. Erokhina**, Doctor of Economics, Professor of Economics and Organization of Production (Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation).

**Sultan V. Zhankaziev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research (Moscow Automobile And Road Construction State Technical University, Moscow, Russian Federation).

**Nikolay S. Zakharov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Technological Machines Service (Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation).

**Sergey V. Kosyakov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Software for Computer Systems (Ivanovo State Energy University named after V.I. Lenin, Ivanovo, Russian Federation).

**Andrey V. Kochetkov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Expertise and Risk Assessment (Russian Road Research Institute, Moscow, Russian Federation).

**Mikhail N. Krasnyanskiy**, Doctor of Technical Sciences, Rector (Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation).

**Aleksey L. Manakov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department "Technology of Transport Engineering and Machine Operation", Rector (Siberian Transport University, Novosibirsk, Russian Federation).

**Boris Yu. Serbinovskiy**, Doctor of Economics, Professor of the Department of Systems Analysis and Management of the Faculty of High Technologies (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation).

**Boris S. Sergeev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Electric Machines" (Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russian Federation).

**Habibulla Turanov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Stations, Knots and Cargo Work" (Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russian Federation).

**Ilya A. Khodashinsky**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Complex Information Security of Electronic Computing Systems (Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation).

**Vyacheslav P. Shuvalov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Discrete Communications and Metrology (Siberian State University of Telecommunications and Informatics, Novosibirsk, Russian Federation).

**Nikolai N. Yakunin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Motor Transport (Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation).

### Члены редакционной коллегии

**Sunil Kumar Yadav**, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

**Yong Lee**, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

**Авдеенко Татьяна Владимировна**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры АСУ, вед. науч. сотрудник НОЦ ИИТБ (Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Российская Федерация).

**Василенко Виталий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, декан Технологического факультета (Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация).

**Воропай Алексей Валерьевич**, кандидат технических наук (PhD), доцент, доцент кафедры Деталей машин и ТММ (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина).

**Дресвянников Владимир Александрович**, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Менеджмент и маркетинг» (Пензенский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Пенза, Российская Федерация).

**Ерохина Елена Вячеславовна**, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства (Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Российская Федерация).

**Жанказиев Султан Владимирович**, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Российская Федерация).

**Захаров Николай Степанович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сервиса автомобилей и технологических машин (Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация).

**Косяков Сергей Витальевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения компьютерных систем (ФГБОУ ВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина", Иваново, Российская Федерация).

**Кочетков Андрей Викторович**, доктор технических наук, профессор, начальник отдела экспертизы и оценки риска (ФАУ «РОСДОРНИИ», г. Москва, Российская Федерация).

**Краснянский Михаил Николаевич**, доктор технических наук, ректор (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Российская Федерация).

**Манаков Алексей Леонидович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», ректор (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения»), г. Новосибирск, Российская Федерация).

**Сербиновский Борис Юрьевич**, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления факультета высоких технологий (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация).

**Сергеев Борис Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Электрические машины" (ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российская Федерация).

**Туранов Хабибулла Туранович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Станции, узлы и грузовая работа" (ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российская Федерация).

**Ходашинский Илья Александрович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Российская Федерация).

**Шувалов Вячеслав Петрович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Передачи дискретных сообщений и метрологии (Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Российская Федерация).

**Якунин Николай Николаевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта (Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация).

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-292

УДК 621.397.42



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

## АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ: УЯЗВИМОСТИ И СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ

*А. Исрафилов, П.Р. Ситников, А.Д. Соколов,  
А.Ю. Ишанхонов, И.Ю. Благова*

*В эпоху цифровизации городских пространств, системы видеонаблюдения играют ключевую роль в обеспечении общественной безопасности. Однако уязвимости в программном обеспечении и аппаратной части этих систем могут привести к серьезным нарушениям приватности и безопасности. Важность этой темы обусловлена растущим количеством кибератак и утечек данных, целями которых часто становятся городские инфраструктуры.*

***Цель.** Целью данной статьи является анализ уязвимостей систем видеонаблюдения в контексте городской инфраструктуры, а также определение потенциальных рисков для безопасности данных и личной приватности. Статья стремится выявить слабые места в технологиях и предложить рекомендации по их устранению.*

***Методы исследования.** Для анализа использовались методы анализа данных о нарушениях в системах видеонаблюдения за последние пять лет и обзор современных технологий: Изучение современных методов шифрования и практик регулярного обновления программного обеспечения, направленных на минимизацию рисков.*

***Результаты.** Исследование показало, что большинство систем видеонаблюдения уязвимы к атакам среднего уровня сложности. Наиболее часто встречающиеся уязвимости связаны с недостаточным шифрованием данных и устаревшим программным обеспечением. В результате анализа были разработаны предложения по усилению защиты данных, включая регулярное обновление ПО, использование многоуровневых систем аутентификации и шифрования.*

**Область применения результатов.** Полученные результаты и рекомендации по укреплению систем видеонаблюдения могут быть применены в различных сферах городской инфраструктуры, включая общественный транспорт, муниципальные учреждения и коммерческие объекты. Особенно актуально применение этих рекомендаций для объектов с высокой проходимостью людей и повышенными требованиями к безопасности, таких как школы, больницы и торговые центры. Эффективное внедрение предложенных технологий шифрования и усиленные меры безопасности помогут предотвратить не только утечки данных, но и потенциальные акты терроризма или другие угрозы безопасности граждан.

**Ключевые слова:** городская инфраструктура; видеонаблюдение; камеры видеонаблюдения; системы видеонаблюдения; шифрование данных; кибербезопасность; обновление программного обеспечения; защита приватности; хранение данных; кибератаки

**Для цитирования.** Исрафилов А., Ситников П.Р., Соколов А.Д., Ишанхонов А.Ю., Благова И.Ю. Анализ безопасности городских систем видеонаблюдения: уязвимости и стратегии защиты // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 2. С. 7-31. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-292

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## SECURITY ANALYSIS OF URBAN VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS: VULNERABILITIES AND PROTECTION STRATEGIES

*A. Israfilov, P.R. Sitnikov, A.D. Sokolov,  
A. Yu. Ishankhonov, I. Yu. Blagova*

*In the era of digitalization of urban spaces, video surveillance systems play a key role in ensuring public safety. However, vulnerabilities in the software and hardware of these systems can lead to serious pri-*

vacy and security breaches. The importance of this topic is due to the growing number of cyber attacks and data leaks, the targets of which are often urban infrastructure.

**Purpose.** The main aim of this article is to analyze the vulnerabilities of video surveillance systems in the context of urban infrastructure, as well as to identify potential risks to data security and personal privacy. The article seeks to identify weaknesses in technologies and offer recommendations for eliminating them.

**Methodology.** The analysis used methods for analyzing data on violations in video surveillance systems over the past five years and a review of modern technologies: Study of modern encryption methods and practices of regular software updates aimed at minimizing risks.

**Results.** The study showed that most video surveillance systems are vulnerable to medium-level attacks. The most common vulnerabilities are related to insufficient data encryption and outdated software. As a result of the analysis, proposals were developed to strengthen data protection, including regular software updates and the use of multi-level authentication and encryption systems.

**Practical implications.** The findings and recommendations for strengthening surveillance systems can be applied across various sectors of urban infrastructure, including public transportation, municipal institutions, and commercial facilities. The implementation of these recommendations is particularly critical for locations with high foot traffic and elevated security requirements, such as schools, hospitals, and shopping centers. Effective adoption of the proposed encryption technologies and enhanced security measures will help prevent not only data breaches but also potential acts of terrorism or other security threats to citizens.

**Keywords:** urban infrastructure; video surveillance; surveillance cameras; video surveillance systems; data encryption; cybersecurity; software updating; privacy protection; data storage; cyberattacks

**For citation.** Israfilov A., Sitnikov P.R., Sokolov A.D., Ishankhonov A.Yu., Blagova I.Yu. Security Analysis of Urban Video Surveil-

*lance Systems: Vulnerabilities and Protection Strategies. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 7-31. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-292*

## **Введение**

В условиях увеличения плотности населения в крупных городах вопросы безопасности приобретают особую значимость. Камеры видеонаблюдения (КВ), выполняющие функции контроля за обстановкой в общественных пространствах, транспортных узлах и других стратегически важных объектах, играют ключевую роль в поддержании общественного порядка. Несмотря на значительные преимущества, данные технологии имеют некоторые недостатки, которые могут быть использованы для получения конфиденциальной информации и кибератак.

## **Основная часть**

КВ предназначены для визуального мониторинга территорий, объектов и людей. Они позволяют фиксировать, хранить и анализировать изображения с целью обеспечения безопасности, контроля и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации.

Видеонаблюдение впервые применили в 1942 году для мониторинга запуска ракет в Германии во время Второй мировой войны. Однако широкое распространение технологии началось в 1970-х годах благодаря развитию способов записи и передачи видео.

На текущий, 2024 год, объем мирового рынка СВН оценивается в 81,68 млрд. долларов. По прогнозу рынок достигнет 145,38 млрд. долларов к 2029 году, увеличившись в среднем на 12,22% в течение прогнозируемого периода [1]. Значительный рост использования СВН в последнее время фиксируется в Азиатско-Тихоокеанском регионе, особенно в Китае, где правительство финансирует установку СВН в общественных местах для повышения уровня безопасности. В 2023 году Китай стал лидером по количеству КВ на 1000 человек с показателем 439,07 (рис.1).



Рис. 1. Количество КВ в городах мира на 1000 чел, шт [2]

СВН являются частью стратегий устойчивого развития, направленных на повышение качества жизни граждан, обеспечение эффективного городского управления и безопасности на национальном и глобальном уровнях.

Отметим, что в крупных российских городах, таких как Москва и Санкт-Петербург, количество КВ на 1000 человек выше, чем в среднем в Европе или в США. Это свидетельствует о повышенном внимании к вопросам общественной безопасности и стремлении к обеспечению контроля в условиях городской среды. Усиленное использование СВН помогает в профилактике преступлений и повышении уровня защищенности граждан. По оценкам аналитиков, в период до 2028 года объем российского рынка видеонаблюдения будет расти на 10-12% в год и достигнет 24 млрд. рублей [3]. СВН преимущественно используются государственными структурами: проекты «Безопасный город», «Антитеррор», системы безопасности метро, аэропортов и вокзалов.

## **Классификация КВ**

Для обеспечения эффективного видеонаблюдения в городской инфраструктуре [4] используются различные типы КВ, каждый из которых предназначен для конкретных задач и условий эксплуатации:

1) Купольные КВ получили свое название благодаря наличию полусферического кожуха. Он не только защищает камеру от внешних воздействий, но и делает направление объектива менее заметным. У устройств широкий угол обзора, поэтому они часто применяются в общественных местах.

2) Камеры-пули имеют цилиндрическую форму. Используются для мониторинга больших открытых пространств.

3) КВ коробчатого типа – традиционный тип камер, которые обладают большим набором настроек объектива. Это позволяет использовать их для наблюдения на значительных расстояниях или в особых условиях освещенности.

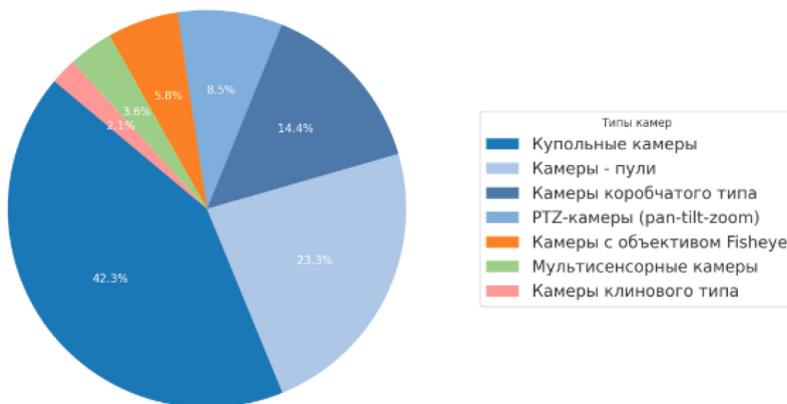
4) PTZ-камеры (pan-tilt-zoom) могут поворачиваться горизонтально и вертикально, а также изменять фокусное расстояние. Применяются в городских наблюдательных системах, больших торговых залах или для обеспечения безопасности на массовых мероприятиях.

5) КВ с объективом Fisheye обеспечивают сверхширокий угол обзора. Используются на больших открытых пространствах.

6) Мультисенсорные КВ сочетают несколько объективов и датчиков в одном устройстве, обеспечивая мультидирекциональный обзор и возможность мониторинга нескольких направлений одновременно без слепых зон. Они часто применяются в сложных системах безопасности.

7) КВ клинового типа обладают компактным дизайном, что важно для дискретного мониторинга. Используются в условиях, требующих минимального внимания к установленной системе видеонаблюдения, таких как магазины, частные дома или офисы.

Статистика показывает, что КВ купольного типа являются самыми популярными на рынке из-за их широкого угла обзора (рис.2).



**Рис. 2.** Популярность использования разных типов KB в городской среде [5]

По типу сигнала наиболее распространенными являются аналоговые и цифровые СВН:

1) Аналоговые СВН используют телевизионное вещание для передачи видео по коаксиальному кабелю. Они просты в эксплуатации и имеют низкую стоимость установки и обслуживания, поэтому чаще всего используются в небольших торговых точках или на предприятиях.

2) Цифровые СВН передают данные через IP-сети. Это позволяет применять современные методы обработки изображений, такие как распознавание лиц и анализ поведения.

В последние годы наблюдается снижение доли аналоговых СВН на фоне увеличения сегмента IP-камер и СВН с интеграцией искусственного интеллекта (ИИ) [6]. Объем мирового рынка IP-камер достиг 12,2 млрд. долларов в 2023 году. Прогнозируется, что показатель вырастет до 33,4 млрд. долларов к 2032 году со среднегодовыми темпами роста в 11,83% [7]. Это обусловлено необходимостью получения изображений более высокого качества для предупреждения и предотвращения незаконного поведения людей, например, нарушения правил дорожного движения.

Лидером по количеству дорожных КВ является Россия – 18 424 штуки [8]. Второе место занимает Бразилия (17 939 КВ), третье – Италия (11 296 КВ), четвертое – США (8 129 КВ). Это свидетельствует о высокой приоритетности вопросов безопасности дорожного движения в этих странах и стремлении правительств использовать технологические решения для контроля и управления транспортными потоками, а также для повышения общей безопасности.

Среди СВН стоит выделить технологии, интегрированные с другими элементами безопасности, например, с системами контроля доступа. Это позволяет усилить защиту объекта на основе верификации личности и предотвратить несанкционированный доступ [9].

Внедрение в городские КВ программного обеспечения (ПО) для анализа видео позволяет автоматизировать процесс мониторинга и увеличивает его эффективность. Технологии распознают аномалии в поведении людей и предупреждают о возможных угрозах в реальном времени. Это способствует созданию более безопасных пространств. Например, в Лондоне КВ подключены к системе экстренного реагирования, что позволяет полиции оперативно прибывать на место происшествия.

#### Основные уязвимости КВ

Сбои в работе КВ представляют серьезную угрозу для общественной безопасности. Они могут быть вызваны системными или программными уязвимостями.

**Системные уязвимости** представляют собой дефекты в аппаратном обеспечении КВ. Они включают недостаточную защиту устройств от физических воздействий и вмешательств, что может привести к несанкционированному доступу к камерам [10].

В ответ потенциальные вызовы компания Axis Communications (Швеция) выпустила серию уличных КВ с улучшенной устойчивостью к вандализму. Устройства оснащены усиленными корпусами и специальными защитными козырьками, что повышает их стойкость к механическим повреждениям.

Компания Honeywell (США) выпускает КВ с интегрированным датчиком движения. В случае попытки физического воздействия на устройство, система автоматически активирует звуковую и световую сигнализацию, что привлекает внимание к инциденту и ускоряет реакцию служб безопасности. Эти примеры показывают, как улучшение конструктивных характеристик аппаратного обеспечения КВ может снизить риски, связанные с системными уязвимостями.

В России, в ответ на уязвимости СВН связанные с физическими воздействиями, были разработаны камеры с улучшенной противоударной защитой. Например, компания «Ростелеком» интегрировала в КВ специальные антивандальные корпуса, которые устойчивы к попыткам взлома. Это значительно повышает безопасность установленных устройств и снижает риск несанкционированного доступа к данным, обеспечивая надежную защиту как для частных, так и для государственных объектов.

**Программные уязвимости** связаны с ошибками во встроеном ПО КВ. Они могут быть использованы злоумышленниками для контроля над устройством или получения доступа к передаваемым данным [11].

В 2021-2023 гг. более полумиллиона IP-камер китайской компании Hikvision были взломаны за счет уязвимости CVE-2021-36260 [12]. Киберпреступники отправляли на веб-серверы СВН специальные сообщения, которые позволяли в дальнейшем получать контроль над устройствами. Уязвимость возникла вследствие отсутствия систематических обновлений систем и слабых паролей на устройствах.

В 2022 году в СВН ZoneMinder была обнаружена уязвимость, позволяющая злоумышленникам подключаться к внутренней сети клиентов и получать доступ к видеопотоку [13]. На тот период большее количество пользователей ZoneMinder проживало в США (17 % от общего количества). В Польше – 15 %, в Италии – 11 %, в Германии и Люксембурге по 7 %, в России – 6 %. Все они оказались под угрозой кибератаки с целью получения сведений.

В этот же период российская компания «Информзащита» успешно обновила ПО КВ после обнаружения уязвимости, которая позволяла злоумышленникам получить несанкционированный доступ к данным. Благодаря быстрому реагированию и внедрению патчей, были предотвращены возможные кибератаки и обеспечен высокий уровень защиты персональных данных пользователей и общественной безопасности [14]. В общей сложности в 2023 году в России отразили более 65 000 кибератак на объекты критической инфраструктуры. Это подчеркивает высокий уровень развития СВН и защиты данных в стране, подтверждая эффективность внедренных мер безопасности. Российские технологии видеонаблюдения, оснащенные передовыми алгоритмами обнаружения угроз и автоматической реакцией на инциденты, демонстрируют способность не только к активному отслеживанию, но и к оперативному предотвращению потенциальных взломов.

Тем не менее, наличие уязвимостей в СВН во всем мире подчеркивает необходимость постоянного обновления систем безопасности, использования современных методов криптографической защиты и реализации многоуровневых систем аутентификации для управления доступом к городским КВ.

### **Риски и последствия эксплуатации уязвимостей КВ**

Использование злоумышленниками системных и программных уязвимостей может привести к серьезным последствиям, например, к **нарушению неприкосновенности частной жизни** [15]. Разглашение личной информации граждан путем незаконного распространения данных с КВ противоречит нормам Общего регламента по защите данных (GDPR) в Европейском Союзе, Конвенции о защите прав человека и основных свобод, Международного пакта о гражданских и политических правах, Закона Калифорнии о конфиденциальности потребителей (CCPA), ФЗ «О персональных данных» РФ и многих других национальных и международных официальных документов.

КВ часто собирают информацию без явного согласия наблюдаемых лиц, что ставит под угрозу право людей на конфиденциальность. Внедрение технологий распознавания лиц в системы городского видеонаблюдения приводит к созданию баз данных личных изображений, доступ к которым может быть получен не только государственными органами, но и злоумышленниками в случае несанкционированного обнародования.

Так, в Вашингтоне (США) злоумышленники взломали СВН полицейского управления с помощью уязвимости в программном обеспечении [16]. Они получили доступ к камерам, расположенным в различных частях города. Это позволило мошенникам наблюдать за действиями граждан в реальном времени, а также просматривать записи, содержащие персональные данные.

В 2021 году хакеры получили доступ к 150 000 камер компании Verkada (США) по всему миру. Устройства были установлены на различных объектах, включая больницы, школы, компании (Tesla Inc), отделения полиции и тюрьмы [17]. Злоумышленники получили возможность просматривать как живые трансляции, так и архивные записи видео, что позволило использовать личные данные. Инцидент привел к усиленному контролю за ИБ и стимулировал ужесточение требований к протоколам защиты частной жизни людей.

Проблема конфиденциальности информации усложняется, когда КВ интегрируются с другими технологиями, например, с системами «умного дома» или мобильными приложениями. По прогнозам, рынок КВ на частных территориях достигнет 30,10 млрд. долларов к 2030 году с совокупным годовым темпом роста в 19,2%. При этом количество домовладений, в которых установлены интеллектуальные камеры, в 2027 году составит 180,7 млн (рис. 3).

Исследователи из международной компании Checkmarx в 2022 году обнаружили уязвимость в камерах Ring от Amazon (США) [19]. Это распространенная модель, которая позволяет пользователям управлять устройствами в доме через мобильное

приложение. Из-за недостатков в системе ИБ появился риск незаконного распространения частных видеозаписей. Обновление ПО видеокamer помогло устранить проблему.

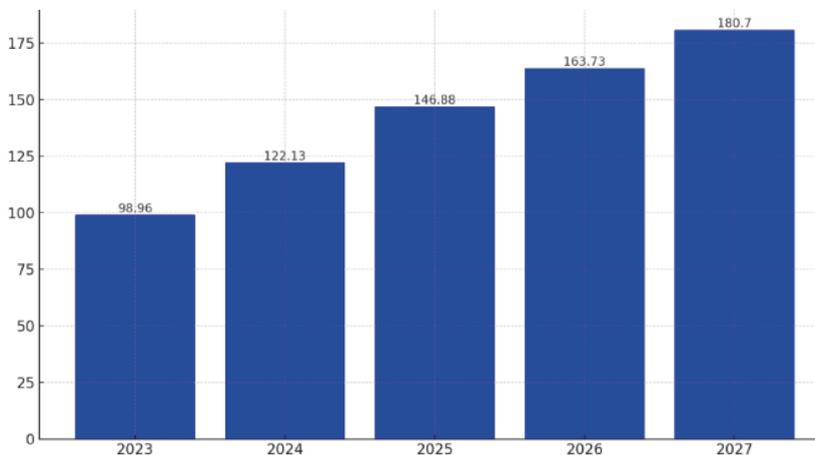


Рис. 3. Количество домовладений с интеллектуальными камерами безопасности во всем мире, млн. [18]

Несанкционированный доступ к КВ может быть осуществлен с целью **наблюдения за объектами критической инфраструктуры** и создания помех в их работе. В январе 2022 года в Вашингтоне хакеры нарушили функционирование СВН полицейского управления. Злоумышленники получили доступ к КВ, установленными в районах города для обеспечения безопасности, на 48 часов [20]. Последствия взлома оказались значительными: полиция потеряла доступ к онлайн-мониторингу происшествий и реагированию на них.

В России в 2023 году начали разрабатывать метод на основе ИИ, который помогает пресекать попытки обойти защиту СВН. Ранее злоумышленники могли внедряться в системы и искажать передаваемые данные таким образом, что посторонние объекты воспринимались КВ как часть фона. Внедрение новых технологий направлено на комплексную защиту СВН от подобных ин-

цидентов, что особенно важно для объектов критической инфраструктуры [21].

Уязвимости видеонаблюдения могут быть использованы для **проведения кибератак с целью дестабилизации экономической ситуации**. Атаки на КВ могут происходить за счет распространения вирусов, которые поражают сегменты сети и провоцируют сбои в работе камер. Это приводит к потере данных и значительным финансовым убыткам для предприятий и государственных структур из-за восстановления работы устройств.

Технические уязвимости СВН создают **риски внедрения вредоносного ПО**. Оно обеспечивает злоумышленникам возможность не только перехватывать потоки данных, но и управлять функционированием самих камер. Это может привести к несанкционированному изменению настроек устройств или их отключению в важный момент. В результате, возможности для мониторинга и реагирования на реальные угрозы значительно снижаются, создавая угрозы для безопасности городской инфраструктуры.

Использование уязвимостей в КВ несет за собой **риск создания аварийных ситуаций на транспорте и в общественных местах** [22]. Внешнее управление устройствами может привести к неправильной интерпретации событий службами безопасности и спровоцировать неправомерные действия, например, мобилизацию правоохранительных органов. КВ могут выступить инструментами манипуляции, что способствует дестабилизации общественного порядка и влияет на стратегические решения в чрезвычайных ситуациях. Например, взлом КВ в общественных местах может привести к эвакуации людей при отсутствии реальной угрозы безопасности.

Уязвимости КВ, особенно тех, которые используют технологии распознавания лиц, могут создавать серьезные **проблемы для правосудия**, включая риск привлечения к ответственности невиновных людей. Ошибки идентификации возникают по различным причинам, включая низкое качество изображения, изме-

нения во внешности человека, или системные сбои. Так, полиция Детройта (США) арестовала гражданина по подозрению в краже часов. Позже выяснилось, что он не имел к преступлению никакого отношения. Ошибка произошла по вине видеосистемы распознавания лиц, которая перепутала мужчину с настоящим преступником [23].

В России к системе распознавания лиц подключена каждая третья КВ. Лидером по внедрению СВН является Москва, где за последние 10 лет количество зарегистрированных преступлений на улицах уменьшилось в два раза, а количество угонов – в 10 раз [24]. В целом раскрываемость преступлений выросла вдвое, что подтверждает значительное усиление общественной безопасности благодаря эффективному использованию СВН с функциями распознавания лиц.

### **Методы оценки и минимизации рисков**

В рамках обеспечения безопасности городской инфраструктуры особое внимание уделяется оценке рисков, связанных с уязвимостями КВ. Такие процедуры включают идентификацию потенциальных угроз, анализ слабых мест и разработку мер по их устранению. В таблице 1 представлена классификация методов, которые могут быть применены для совершенствования ИБ.

По мнению автора, изучение и применение данных методов позволяет не только оценить существующие и потенциальные риски, но и разработать эффективные стратегии для их минимизации. Основываясь на анализе, можно определить приоритетные направления для укрепления безопасности СВН, что способствует повышению общей устойчивости городских информационных систем к киберугрозам. Это подтверждается успешной практикой российской компании «Информзащита», которая внедрила продвинутые системы обнаружения вторжений и анализа аномалий в поведении сетевого трафика. Использование интегрированных решений, включая шифрование

данных и аутентификацию на основе биометрии, позволило значительно снизить вероятность несанкционированного доступа к СВН. Внедрение этих технологий в комплекс с регулярными обновлениями безопасности и обучением персонала на специализированных курсах, предоставляет компании возможность оперативно реагировать на угрозы, повышая таким образом надежность и доверие к используемым СВН.

Таблица 1.

**Методы оценки и минимизации рисков атак на КВ**

Метод оценки рисков	Инструменты контроля	Преимущества	Недостатки
Аудит	ПО для мониторинга изменений, утилиты для сканирования уязвимостей, такие как Nessus или Qualys, использование стандартов ISO/IEC 27001, аудиты Федеральной службы по техническому и экспортному контролю России	Детальный обзор безопасности систем.	Требует регулярного обновления программ и высокой квалификации персонала.
Тестирование на проникновение (моделирование атаки)	Автоматизированные инструменты тестирования. Применение фреймворков, например, Metasploit.	Имитирует реальные атаки для проверки устойчивости систем.	Может быть дорогостоящим и требует специализированных знаний [27].
Анализ потенциальных угроз	Использование ПО, например, RSA Archer.	Определяет наиболее вероятные угрозы.	Может не учитывать новые или нестандартные угрозы.
Комплексная оценка уязвимостей	Многоуровневая система защиты. Интеграция физических барьеров и сетевых межсетевых экранов (firewalls), систем обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS); российские системы защиты информации «Аккорд»	Обеспечивает защиту на нескольких уровнях.	Трудоемкий метод, может потребовать значительных вложений.

В контексте обеспечения ИБ городской инфраструктуры, важное значение имеет применение стратегий минимизации рисков, связанных с уязвимостями КВ. Одной из основных мер является регулярное обновление ПО и оборудования. Это не только предотвращает использование мошенниками известных уязвимостей, но и способствует интеграции актуальных достижений в области технологий защиты.

Еще одним направлением является шифрование данных. Оно обеспечивает безопасность передаваемой информации, делая ее бесполезной для злоумышленников. Использование современных стандартов шифрования, таких как AES и TLS, является обязательным условием для повышения устойчивости СВН к внешним угрозам.

Разработка правил и нормативов ИБ играет ключевую роль в минимизации рисков [25]. Стандарты помогают унифицировать обязательства по ИБ на всех этапах использования СВН от производства до эксплуатации. Они включают требования к регистрации операций с системой, к управлению доступом, аудиту активности и реагированию на инциденты. Например, международный стандарт ISO/IEC 27001 регламентирует рамки установления, реализации, поддержания и непрерывного улучшения системы управления ИБ [26]. Это обеспечивает систематический подход к защите конфиденциальности, целостности и доступности информационных активов, что особенно важно в контексте использования КВ в городской среде.

Эффективная реализация стратегий минимизации рисков способствует не только предотвращению непосредственных киберугроз, но и создает условия для устойчивого развития урбанистической среды, повышая уровень жизни граждан [27]. Компаниям необходимо поддерживать высокие стандарты в области ИБ и постоянно адаптироваться к новым вызовам и угрозам, чтобы защитить общественные и частные интересы в динамично меняющемся технологическом ландшафте.

## **Заключение**

Обеспечение ИБ городской инфраструктуры через КВ требует комплексного подхода, включая постоянное обновление и модернизацию технологических средств. Необходима интеграция передовых методов шифрования и регулярное обновление ПО для защиты от новейших угроз. Внедрение строгих нормативов позволяет стандартизировать механизмы ИБ и повышать надежность СВН. Совершенствование методов защиты данных и управление доступом становятся ключевыми в борьбе с киберпреступностью, способствуя созданию безопасного и стабильного урбанистического пространства.

Подходы к городскому видеонаблюдению значительно отличаются в разных странах. В Европе и США особое внимание уделяется развитию законодательной базы, которая регулирует сбор и обработку персональных данных. Это сопровождается широким использованием облачных технологий и больших данных для анализа и управления городскими услугами, требующими внедрения продвинутых механизмов защиты. В России, где количество установленных камер видеонаблюдения одно из самых высоких в мире, ситуация выглядит более благоприятной. Это связано с эффективностью использования КВ в системах безопасности, а также с активным внедрением современных технологий шифрования и автоматизации обработки данных. Такой подход позволяет России успешно противостоять киберугрозам, обеспечивая высокий уровень защиты информации в городских СВН.

## ***Список литературы***

1. Video Surveillance Market Size & Share Analysis – Growth Trends & Forecasts (2024-2029). URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/video-surveillance-systems-market> (дата обращения: 05.04.2024)
2. Surveillance camera statistics / Surveillance Studies. URL: <https://www.comparitech.com/vpn-privacy/the-worlds-most-surveilled-cities/> (дата обращения: 02.04.2024)

3. ИАА TelecomDaily: рынок ВА может вырасти в два раза / Информационно-аналитическое агентство «Телеком-Дэйли». URL: <https://telecomdaily.ru/news/2022/06/16/iaa-telecomdaily-v-2023-gynok-va-mozhet-vyrasti-v-dva-raza/> (дата обращения: 09.04.2024)
4. Губеев Э.П. Перспективы развития городской инфраструктуры для улучшения качества жизни // Вестник науки. 2023. №7 (64). С. 245-266.
5. Popular CCTV Camera Brands – JVSG Ratings. URL: <https://www.jvsg.com/ipica-ratings/> (дата обращения: 09.04.2024)
6. Kaliuta K. Integration of AI for Routine Tasks Using Salesforce // Asian Journal of Research in Computer Science. 2023. Vol. 16(3). P. 119-127.
7. IP Camera Market by Component (Hardware, Services), Product Type (Fixed, Pan-Tilt-Zoom (PTZ), Infrared), Connection Type (Consolidated, Distributed), Application (Residential, Commercial, Government), and Region 2024-2032. URL: <https://www.imarc-group.com/ip-camera-market#:~:text=The%20global%20IP%20camera%20market,key%20factors%20driving%20the%20market> (дата обращения: 08.04.2024)
8. Speed camera statistics. URL: <https://www.scdb.info/en/stats/> (дата обращения: 08.04.2024)
9. Фролова Е. Ю., Кошлыкова Ю.А. Идентификация человека по биометрическим данным: обзор современных технологий // Северо-Кавказский юридический вестник. 2022. №3. С. 167-174.
10. Космачева И.М., Кучин И.Ю., Давидюк Н.В., Руденко М.Ф., Лобейко В.И., Сибикина И.В. Система событийного мониторинга для автоматизированного обнаружения инцидентов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. №. 3. С. 76-86.
11. Накиев Р.Р., Ульянов В.В. Анализ уязвимостей Интернета вещей (IoT) и способы их предотвращения // Вестник науки. 2023. Т. 4. №. 7 (64). С. 250-264.

12. RCE Vulnerability in Hikvision Cameras. URL: <https://www.cisa.gov/news-events/alerts/2021/09/28/rce-vulnerability-hikvision-cameras-cve-2021-36260> (дата обращения: 11.04.2024)
13. USN-5889-1: ZoneMinder vulnerabilities / Linux. URL: <https://www.linuxcompatible.org/story/usn58891-zoneminder-vulnerabilities/> (дата обращения: 11.04.2024)
14. Киберитоги 2022 года по версии «Информзащиты». URL: <https://www.infosec.ru/press-center/news/kiberitogi-2022-goda-po-versii-informzashchity/> (дата обращения: 02.04.2024)
15. Исрафилов А. Кибератаки: масштабы и возможные последствия вирусов, созданных хакерами для компьютеров и телефонов // Тенденции развития науки и образования. 2024. №106(11). С. 48-52.
16. Яковишин А.Д. Борьба с перехватом трафика RFID и дистанционного управления: методы защиты и повышение безопасности // Современные научные исследования и инновации. 2024. № 1. <https://web.snauka.ru/issues/2024/01/101405>
17. Security startup Verkada hack exposes 150,000 security cameras in Tesla factories, jails, and more / Verkada. URL: <https://www.theverge.com/2021/3/9/22322122/verkada-hack-150000-security-cameras-tesla-factory-cloudflare-jails-hospitals> (дата обращения: 02.04.2024)
18. Number of households with smart security cameras worldwide from 2016 to 2027 // Statista. URL: <https://www.statista.com/forecasts/1301193/worldwide-smart-security-camera-homes> (дата обращения: 12.04.2024)
19. Amazon Quickly Fixed a Vulnerability in Ring Android App That Could Expose Users' Camera Recordings / Checkmarx. URL: <https://www.statista.com/forecasts/1301193/worldwide-smart-security-camera-homes> (дата обращения: 12.04.2024)
20. U.S. Department of Justice Disrupts Hive Ransomware Variant. URL: <https://www.justice.gov/opa/pr/us-department-justice-disrupts-hive-ransomware-variant> (дата обращения: 05.04.2024)
21. В России научились защищать системы интеллектуального видеонаблюдения от кибератак / Национальный портал в сфере искусственно-

- го интеллекта. URL: <https://ai.gov.ru/mediacenter/v-rossii-nauchilis-zashchishchat-sistemy-intellektualnogo-videonablyudeniya-ot-kiberatak/> (дата обращения: 05.04.2024)
22. Герасимов А. С. Основные проблемы информационной сетевой безопасности и варианты борьбы с ними // Актуальные исследования. 2022. №40 (119). <https://apni.ru/article/5662-osnovnie-problemi-informatsionnoj-setevoj-bez>
23. Man Wrongfully Arrested Because Face Recognition Can't Tell People Apart / Aclu Press Releases. URL: <https://www.justice.gov/opa/pr/us-department-justice-disrupts-hive-ransomware-variant> (дата обращения: 12.04.2024)
24. Более миллиона камер установлены в России для наблюдения за безопасностью / Национальный портал в сфере искусственного интеллекта. URL: <https://ai.gov.ru/mediacenter/glava-mintsifrymaksut-shadaev-zayavil-chno-kazhdaya-tretya-kamera-sledyashchaya-za-bezopasnostyu-v-/> (дата обращения: 08.04.2024)
25. Grepan V. Theoretical and practical foundations of smart contract validation // Innovacionnaya nauka. 2024. №3-2. P. 24-28.
26. ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection. URL: <https://www.iso.org/standard/27001> (дата обращения: 13.04.2024)
27. Котлярова Е. В., Волохова Е. А. Архитектурно-градостроительные особенности редевелопмента бывших промышленных зон на примере Канэри-Уорф в Лондоне // Цифровизация: новые тренды и опыт внедрения: сборник статей. 2023. С. 128.

### *References*

1. Video Surveillance Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024-2029). URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/video-surveillance-systems-market> (accessed 05.04.2024)
2. Surveillance camera statistics / Surveillance Studies. URL: <https://www.comparitech.com/vpn-privacy/the-worlds-most-surveilled-cities/> (accessed 02.04.2024).

3. IAA TelecomDaily: IA market can grow twice / Information and Analytical Agency “Telecom-Daily”. URL: <https://telecomdaily.ru/news/2022/06/16/iaa-telecomdaily-v-2023-ryнок-va-mozhet-vyrasti-v-dva-raza/> (accessed 09.04.2024)
4. Gubeev E.P. Prospects for the development of urban infrastructure to improve the quality of life. *Vestnik nauki*, 2023, no. 7 (64), pp. 245-266.
5. Popular CCTV Camera Brands - JVSG Ratings. URL: <https://www.jvsg.com/ipica-ratings/> (accessed 09.04.2024)
6. Kaliuta K. Integration of AI for Routine Tasks Using Salesforce. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 2023, vol. 16(3), pp. 119-127.
7. IP Camera Market by Component (Hardware, Services), Product Type (Fixed, Pan-Tilt-Zoom (PTZ), Infrared), Connection Type (Consolidated, Distributed), Application (Residential, Commercial, Government), and Region 2024-2032. URL: <https://www.imarcgroup.com/ip-camera-market#:~:text=The%20global%20IP%20camera%20market,key%20factors%20driving%20the%20market> (accessed 08.04.2024)
8. Speed camera statistics. URL: <https://www.scdb.info/en/stats/> (accessed 08.04.2024)
9. Frolova E. Y., Koshlykova Y.A. Human identification by biometric data: a review of modern technologies. *North Caucasian Legal Bulletin*, 2022, no. 3, pp. 167-174.
10. Kosmacheva, I.M.; Kuchin, I.Yu.; Davidyuk, N.V.; Rudenko, M.F.; Lobeiko, V.I.; Sibikina, I.V. Event monitoring system for automated incident detection. *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*, 2023, no. 3, pp. 76-86.
11. Nakiev R.R., Ulyanov V.V. Analysis of the Internet of Things (IoT) vulnerabilities and ways to prevent them. *Vestnik nauki*, 2023, vol. 4, no. 7 (64), pp. 250-264.
12. RCE Vulnerability in Hikvision Cameras. URL: <https://www.cisa.gov/news-events/alerts/2021/09/28/rce-vulnerability-hikvision-cameras-cve-2021-36260> (accessed 11.04.2024)

13. USN-5889-1: ZoneMinder vulnerabilities / Linux. URL: <https://www.linuxcompatible.org/story/usn58891-zoneminder-vulnerabilities/> (accessed 11.04.2024)
14. CyberTogs of 2022 according to Informzaschita. URL: <https://www.infosec.ru/press-center/news/kiberitogi-2022-goda-po-versii-informzashchity/> (accessed 02.04.2024)
15. Israfilov A. Cyberattacks: the scale and possible consequences of viruses created by hackers for computers and phones. *Trends in the development of science and education*, 2024, no. 106(11), pp. 48-52.
16. Yakovishin A.D. Combating the interception of RFID and remote control traffic: methods of protection and security enhancement. *Modern Scientific Research and Innovations*, 2024, no. 1. <https://web.snauka.ru/issues/2024/01/101405>
17. Security startup Verkada hack exposes 150,000 security cameras in Tesla factories, jails, and more / Verkada. URL: <https://www.theverge.com/2021/3/9/22322122/verkada-hack-150000-security-cameras-tesla-factory-cloudflare-jails-hospitals> (accessed 02.04.2024)
18. Number of households with smart security cameras worldwide from 2016 to 2027 / Statista. URL: <https://www.statista.com/forecasts/1301193/worldwide-smart-security-camera-homes> (accessed 12.04.2024)
19. Amazon Quickly Fixed a Vulnerability in Ring Android App That Could Expose Users' Camera Recordings / Checkmarx. URL: <https://www.statista.com/forecasts/1301193/worldwide-smart-security-camera-homes> (accessed on 12.04.2024)
20. U.S. Department of Justice Disrupts Hive Ransomware Variant. URL: <https://www.justice.gov/opa/pr/us-department-justice-disrupts-hive-ransomware-variant> (accessed 05.04.2024)
21. Russia has learned to protect intelligent video surveillance systems from cyberattacks / National portal in the field of artificial intelligence. URL: <https://ai.gov.ru/mediacenter/v-rossii-nauchilis-zashchishchat-sistemy-intellektualnogo-videonablyudeniya-ot-kiberatak/> (accessed 05.04.2024)
22. Gerasimov A. S. Main problems of information network security and options to combat them. *Actual researches*, 2022, no. 40 (119). <https://apni.ru/article/5662-osnovnie-problemi-informatsionnoj-setevoj-bez>

23. Man Wrongfully Arrested Because Face Recognition Can't Tell People Apart / Aclu Press Releases. URL: <https://www.justice.gov/opa/pr/us-department-justice-disrupts-hive-ransomware-variant> (accessed 12.04.2024)
24. More than one million cameras installed in Russia for security surveillance / National portal in the field of artificial intelligence. URL: <https://ai.gov.ru/mediacenter/glava-mintsifry-maksut-shadaev-zayavil-chto-kazhdaya-tretya-kamera-sledyashchaya-za-bezopasnostyu-v/> (accessed 08.04.2024)
25. Grepan V. Theoretical and practical foundations of smart contract validation. *Innovacionnaya nauka*, 2024, no. 3-2, pp. 24-28.
26. ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection. URL: <https://www.iso.org/standard/27001> (accessed 13.04.2024)
27. Kotlyarova E. V., Volokhova E. A. Architectural and urban planning features of redevelopment of former industrial zones on the example of Canary Wharf in London. *Digitalization: new trends and experience of implementation: a collection of articles*, 2023, p. 128.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Анар Исрафилов**, индивидуальный исследователь  
*israfilov\_anar@ro.ru*

**Ситников Павел Романович**, бакалавр  
*Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана  
ул. 2-я Бауманская, 5, Москва, 105005, Российская Федерация  
sitnikov\_p@mail.ru*

**Соколов Александр Денисович**, бакалавр  
*Московский государственный технический университет  
им. Н. Э. Баумана  
ул. 2-я Бауманская, 5, Москва, 105005, Российская Федерация  
sokolov\_alex@mail.ru*

**Ишанхонов Азизхон Юнусхон угли**, магистр

*Университет науки и технологий МИСИС*

*Ленинский пр-кт, 4, стр. 1., Москва, 119049, Российская Федерация*

*ishanaziz@ya.ru*

**Благова Ирина Юрьевна**, к.э.н., доцент

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»*

*ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, 195251, Российская Федерация*

*blagovairina@ya.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Anar Israfilov**, individual researcher

*israfilov\_anar@ro.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5760-9631>*

**Pavel R. Sitnikov**, bachelor's degree

*Bauman Moscow State Technical University*

*5, 2nd Baumanskaya Str., Moscow, 105005, Russian Federation*

*sitnikov\_p@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0960-4108>*

**Aleksandr D. Sokolov**, bachelor's degree

*Bauman Moscow State Technical University*

*5, 2nd Baumanskaya Str., Moscow, 105005, Russian Federation*

*sokolov\_alex@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7336-9573>*

**Azizkhon Yu. Ishankhonov**, master's degree

*The National University of Science and Technology MISIS*

*4, Leninskiy Prospekt, Moscow, 119049, Russian Federation*

*ishanaziz@ya.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8934-6289>*

**Irina Yu. Blagova**, PhD, Associate Professor

*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University*

*29, Politekhnikeskaya Str., St. Petersburg, 195251, Russian Federation*

*blagovairina@ya.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2418-1702>*

Поступила 14.05.2024

После рецензирования 01.06.2024

Принята 05.06.2024

Received 14.05.2024

Revised 01.06.2024

Accepted 05.06.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-286  
УДК 629.3.014



Научная статья |  
Эксплуатация автомобильного транспорта

## СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ВИБРАЦИИ

*А.Г. Садриев, Д.М. Шамсутдинов, С.А. Вильцын,  
М.Х. Низамутдинов, О.В. Иванова*

*Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью обеспечения надежной эксплуатации транспортных средств и минимизации рисков перебоев в работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Часто встречаемым явлением в работе двигателя считается пропуск зажигания, который негативно отражается на эффективности работы ДВС и может привести к аварийным ситуациям, влекущим за собой значительные финансовые и временные потери для коммерческих компаний. Постановка проблемы заключается в необходимости раннего выявления и предотвращения подобных неисправностей.*

***Цель** – разработка и тестирование системы регистрации и анализа технического состояния ДВС посредством вибрационных измерений.*

***Метод и методология проведения работы.** В работе применялся метод безразборного диагностирования, использование которого повышает эффективность определения технического состояния двигателя внутреннего сгорания транспортного средства.*

**Результаты.** В статье описана разработанная авторами система для проверки технического состояния двигателя внутреннего сгорания на основе измерения и анализа вибрационных сигналов.

В среде MATLAB разработано программное обеспечение для обработки и записи данных вибрации и сигнала синхронизации. Проведено расчетно-экспериментальное исследование влияния дефектов в механизмах и системах ДВС на равномерность временно-амплитудной характеристики импульсов вибрации каждого отдельно взятого цилиндра, которые возникают во время работы двигателя.

В качестве основного вывода авторами отмечается, что разработанная система позволяет оперативно и неинвазивно определить неработающий цилиндр или тот цилиндр, вклад которого, по сравнению с другими, во вращательное движение коленчатого вала является наименьшим. Данная система позволяет провести диагностику двигателя за короткое время с использованием доступных средств.

**Область применения результатов.** Результаты исследований апробированы в условиях сервисного предприятия при проведении диагностирования ДВС легковых автомобилей и грузового автотранспорта, и могут быть применимы как авторемонтными мастерскими, так и автолюбителями.

**Ключевые слова:** диагностика; виброакустическая диагностика; вибрация; синхронизация; амплитуда; частота; MATLAB; программное обеспечение; программный код; дефект; двигатель внутреннего сгорания; ДВС

**Для цитирования.** Садриев А.Г., Шамсутдинов Д.М., Вильцын С.А., Низамутдинов М.Х., Иванова О.В. Система определения технического состояния двигателя внутреннего сгорания на основе измерения и анализа вибрации // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 2. С. 32-50. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-286

Original article | Operation of Road Transport

## SYSTEM FOR DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE BASED ON MEASUREMENT AND ANALYSIS OF VIBRATION

*A.G. Sadriev, D.M. Shamsutdinov, S.A. Viltsyn,  
M.Kh. Nizamutdinov, O.V. Ivanova*

*The **relevance** of the topic of this study is due to the need to ensure reliable operation of vehicles and minimize the risks of interruptions in the operation of internal combustion engines (ICE). A common phenomenon in operation is misfiring, which negatively affects the efficiency of the ICE and can lead to emergencies that entail significant financial and temporary losses for commercial companies. The problem is the need to identify and prevent such malfunctions early.*

*The **purpose** of the study is to develop and test a system for monitoring and analyzing the technical condition of the internal combustion engine through vibration measurements.*

***Method and methodology.** The work used the method of in-place diagnostics, the use of which increases efficiency of determining the technical condition of the vehicle internal combustion engine.*

***Results.** This article describes the system developed by the authors for checking the technical condition of an internal combustion engine. As a result, software to process and record vibration and timing data has been developed in MATLAB. The study of influence of defects in mechanisms and systems of internal combustion engine on uniformity of time-amplitude characteristic of vibration pulses of each individual cylinder, which occur during operation of internal combustion engine, was carried out by calculation and experimentation.*

*As a key conclusion, it is noted that the developed system allows to quickly and non-invasively identify the idle cylinder or the one of*

*which contribution to the rotational movement of the crankshaft is the least compared to others. The research makes it possible to provide diagnostics in a short time using available means.*

**Scope of application of the results.** *The research results were tested in the conditions of a service company when diagnosing the internal combustion engines of passenger cars and trucks, and can be applied by both car repair shops and car enthusiasts.*

**Keywords:** *diagnostics; vibration diagnostics; vibration; synchronization; amplitude; frequency; MATLAB; software; program code; defect; internal combustion engine; ICE*

**For citation.** *Sadriev A.G., Shamsutdinov D.M., Viltsyn S.A., Nizamutdinov M.Kh., Ivanova O.V. System for Determining the Technical Condition of an Internal Combustion Engine Based on Measurement and Analysis of Vibration. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 32-50. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-286*

## **Введение**

В современном мире автомобили являются сложными системами мехатроники, собранными из огромного разнообразия материалов, при этом детали отличаются высокой степенью производства. Известно, что с течением времени эксплуатационные характеристики автомобилей претерпевают изменения. С развитием технологий в области автомобилестроения и диагностики появляются новые прогрессивные методы для обнаружения неисправностей и оценки условий эксплуатации техники. Понятие «техническая диагностика» охватывает теоретические и практические знания, а также средства, применяемые для определения текущего технического состояния различных устройств и механизмов.

Сегодня наблюдается тенденция применения методов, позволяющих оценивать состояние оборудования без его разборки, так называемых «предиктивных методов», что способствует сокращению расходов на его техническое обслуживание. Одним из та-

ких эффективных методов является вибрационная диагностика. Этот метод анализирует характеристики вибраций, излучаемые в процессе функционирования оборудования, для выявления потенциальных дефектов [9].

**Цель работы:** разработка приложения и устройства синхронизации фаз вибраций с положением коленчатого вала для пользователей, который упрощает процесс определения неисправного цилиндра, уменьшая временные и экономические затраты.

### **Материалы и методы**

В качестве методов исследования были выбраны регистрация и анализ виброакустических сигналов, позволяющие оперативно оценивать техническое состояние поршневых двигателей внутреннего сгорания.

В процессе диагностирования силовых агрегатов их систем и механизмов используют обширный спектр методов, которые можно разделить по способу получения информации о текущем его состоянии, перечисленные ниже [4-5, 13].

1. Оценка эффективности: отслеживание изменений рабочих параметров агрегата и сравнение их с нормативами.
2. Виброакустический контроль: анализ вибрации и звука, генерируемых агрегатом, может помочь уловить неправильную работу или износ компонентов.
3. Проверка давления сжатия: оценка давления в цилиндрах двигателя может указывать на состояние сальников, клапанов и поршневой группы.
4. Анализ пульсаций давления на выпуске: помогает определить равномерность и корректность открытия и закрытия выпускных клапанов.
5. Анализ состава выхлопных газов: показатели состава смеси могут указывать на отклонение формирования топливно-воздушной смеси и качество ее сгорания с учетом режимов работы двигателя.

6. Мониторинг давления в картере: увеличение давления может быть признаком износа и потери упругости поршневых колец или неисправности других компонентов двигателя.
7. Анализ параметров системы зажигания: отклонение параметров искрообразования может свидетельствовать о неисправности при накоплении энергии и формировании искрового разряда.
8. Отслеживание неравномерности вращения коленчатого вала: неравномерность может свидетельствовать о недостаточном вкладе одного из цилиндров в работу двигателя.
9. Исследование работающего моторного масла: оценка концентрации металлических частиц для установления причин их образования и выявления предельного износа трущихся деталей двигателя.
10. Сопоставление моделей и данных: сравнение показателей, полученных в ходе испытаний, с математическими моделями для выявления отклонений.
11. Ультразвуковое тестирование: выявление внутренних дефектов, таких как трещины и износ.
12. Контроль температуры и уровня масла: позволяет оценить работоспособность системы охлаждения и смазки двигателя.
13. Тепловизионная диагностика: указывает на перегрев отдельных узлов двигателя из-за повышенного трения и потенциальную опасность их отказа.
14. Геометрические измерения: проверка размеров деталей и соответствие их первоначальным номинальным параметрам для выявления износа или деформации деталей, узлов и агрегатов.

С появлением доступных средств виброакустической диагностики, предназначенных для измерения вибраций и шумов высокочастотного диапазона, а также для спектрального анализа таких сигналов, стали актуальными исследования, направленные

на разработку специализированных методов обработки этих сигналов в области производства и технической эксплуатации автомобилей.

Результаты этих исследований показали, что данные, содержащиеся в сигнале вибрации, несут значимую информацию. Информация, получаемая традиционными методами диагностирования, повторяет и, тем самым, подтверждает данные сигнала вибрации [2-3, 12, 14-18]. Авторы [8, 10-11] показали, что дефекты начинают возникать задолго до аварийного состояния. Дефекты в узлах двигателей влияют на их вибрацию и уровень шума. Основной сложностью выделения искомым величин в вибрационном сигнале является их разграничение с изменениями, вызванными колебаниями нагрузки и температуры компонентов, неравномерностью частоты вращения и других рабочих параметров двигателя.

Вибрационный сигнал работающего двигателя внутреннего сгорания содержит большое количество информации о его состоянии. Диагностирование по параметрам вибраций дополнит существующие применяемые на практике методы определения технического состояния двигателя внутреннего сгорания.

### **Результаты и обсуждения**

Для решения проблемы выхода из строя узлов ДВС предлагается внедрение системы определения технического состояния на основе измерения вибрации в реальном времени, что позволит обнаруживать неисправности на ранних стадиях в процессе эксплуатации и даст возможность локализовать их.

Для осуществления записи сигналов вибраций и их синхронизации по положению коленчатого вала написан программный код, на основе которого разработаны мобильное приложение записи сигнала вибраций ДВС и устройство синхронизации фаз вибраций с положением коленчатого и распределительного валов. Внешний вид приложения показан на рис. 1.

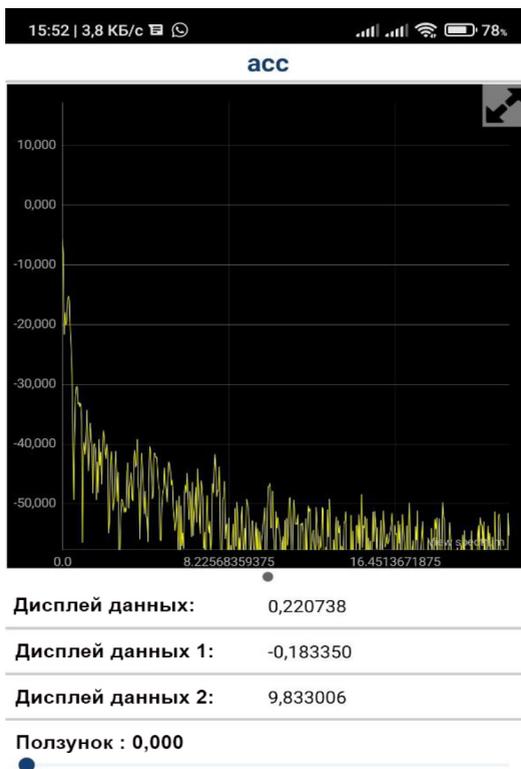


Рис. 1. Приложение для записи данных со смартфона

Для проведения корректного диагностирования поршневых машин по вибросигналам необходимо жестко синхронизировать сигналы вибрации с положением коленчатого вала для того, чтобы точно выделять в полном исходном сигнале временные зоны, соответствующие тем или иным фазам работы оборудования, в том числе ДВС [1, 6].

В связи с этим был разработан отдельным прибор, позволяющий регистрировать прохождение поршнем первого цилиндра верхней мертвой точки (ВМТ) в конце такта сжатия. Прибор состоит из датчика Холла, микроконтроллера и питающего элемента.

Для качественного замера вибрационных данных необходимо подобрать вибродатчики с определенными амплитудно-частотными характеристиками. В случае ДВС диапазон частот колебаний находится в пределах от сотен Гц до 1 кГц. Из этого следует, что можно применять микроэлектромеханические акселерометры, позволяющие измерять вибрации с частотой до 5 кГц.

Измерение вибрации осуществляли посредством смартфона, оборудованного трехосевым акселерометром LSM6DS3, характеристики которого приведены в таблице 1.

Таблица 1.

**Основные характеристики встроенного в смартфон акселерометра [6]**

Характеристики	Значение
Модель	LSM6DS3
Состав	Акселерометр и гироскоп
Диапазон измерения	$\pm 2, \pm 4, \pm 8, \pm 16 \text{ g};$ $\pm 125/\pm 245/\pm 500/\pm 1000/\pm 2000$ (диапазон полной шкалы)
Напряжение питания, В	1,71...3,6
Рабочая температура, °С	-40...85
Ток потребления, мкА	24
ODR для акселерометра, Гц	12,5...6664

Одной из базовых характеристик датчика ускорения является частота дискретизации, Output data rates (ODR) и чувствительность. Чтобы не потерять качество сигнала необходимо использовать акселерометр, частота измерения которого как минимум в 2 раза превышает, согласно теореме Котельникова, собственную частоту колебаний объекта измерения [7]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что данный датчик соответствует требованиям и для измерения и анализа силового агрегата автомобиля, при условии, что частота колебаний в процессе сгорания не будет превышать значение – 3332 Гц.

Опытные замеры получены с двигателя автомобиля Ford Fusion. Сигналы снимались осциллографом АК ИП 4701/1 непосредствен-

но с датчика положения распределительного вала и разработанным устройством синхронизации. На рис. 2 синей стрелкой показано место расположения датчика положения распределительного вала (ДПРВ), а зеленой – расположение устройства синхронизации вблизи действия электромагнитного поля топливной форсунки первого цилиндра.



Рис. 2. Подключение измерительного оборудования

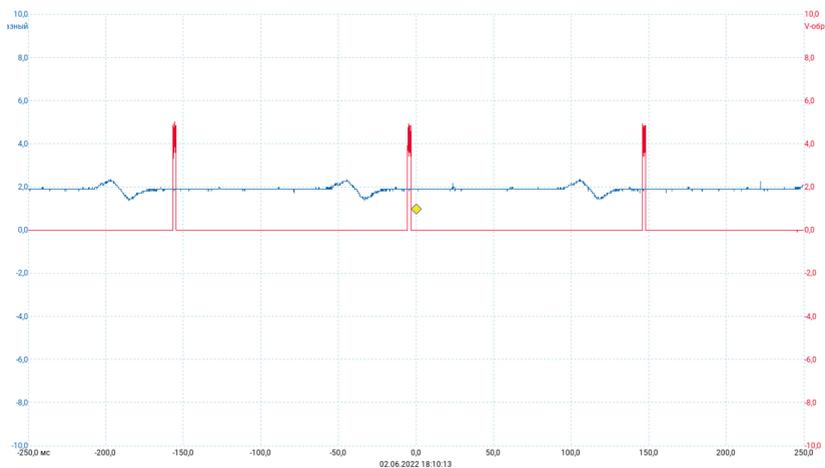


Рис. 3. Сигналы синхронизации

На рис. 3 синий график показывает сигнал от ДПРВ, который в свою очередь определяет время момент прохождения поршнем ВМТ такта сжатия первого цилиндра и синхронизирует управление форсунками, а красный график - сигнал устройства синхронизации.

На рис. 4 цифрами указаны номера цилиндров, согласно последовательности работы цилиндров ДВС. В данном случае сигналы зарегистрированы посредством встроенного в смартфон трехосевого акселерометра и устройства виброакустической синхронизации.

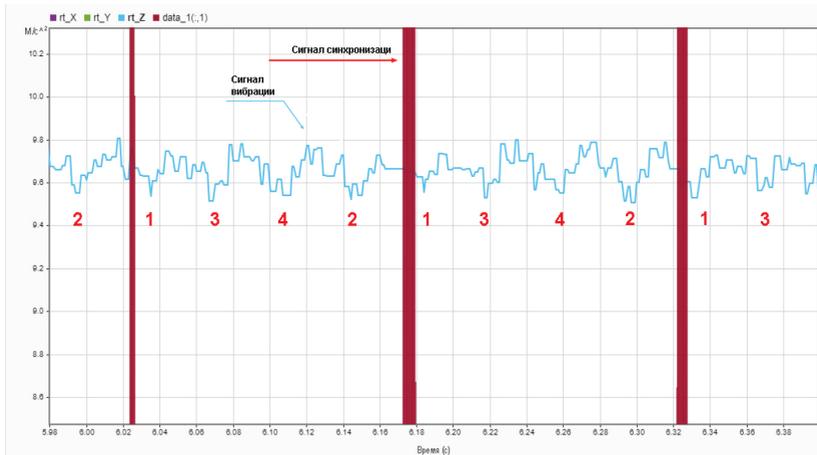
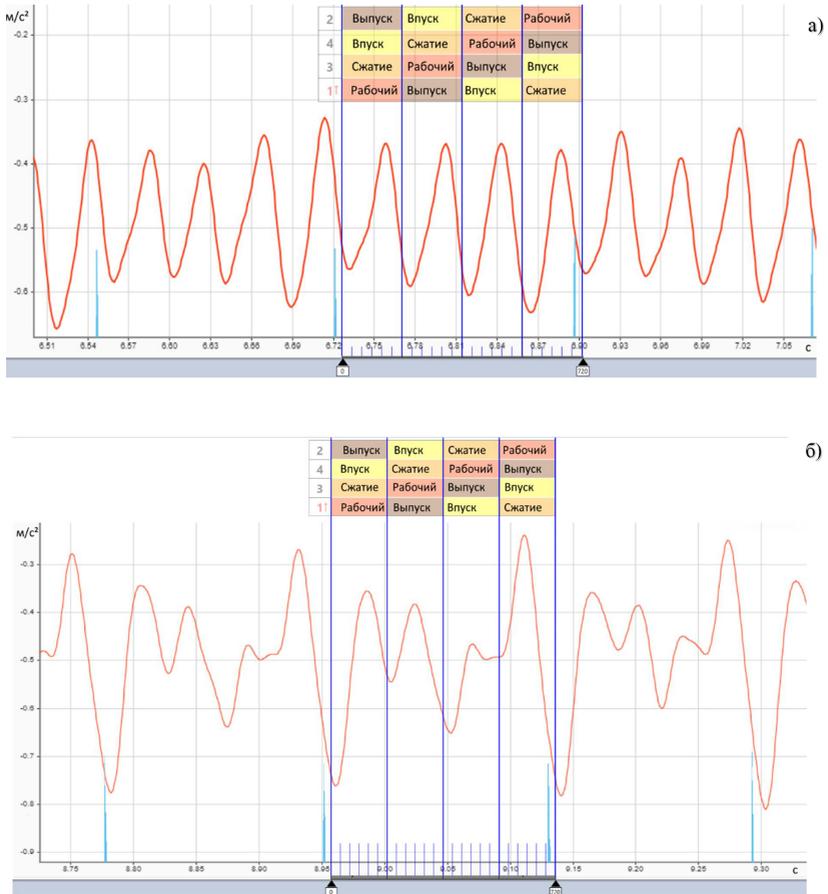


Рис. 4. График виброакустического сигнала

На рис. 5 (а, б) представлены результаты визуализации анализа записанных сигналов. Сигналы показаны с привязкой к углу поворота коленчатого вала, также показан момент искрообразования с указанием номера цилиндра, (последовательность работы цилиндров 1-3-4-2).

На рис. 5 (а) показан график сигнала вибрации с синхронизацией по первому цилиндру при исправной работе всех цилиндров, а на рис. 5 (б) – сигнал вибрации с имитацией неисправности ра-

боты системы зажигания, выполненной при помощи отключения высоковольтного провода четвертого цилиндра ДВС.



**Рис. 5.** График сигналов: а) при исправной работе всех цилиндров; б) при отключении четвертого цилиндра

Анализируя график вибрации с учетом сигнала устройства синхронизации, зная порядок работы цилиндров, нетрудно определить к какому цилиндру относятся фазы вибраций. Предложенный способ упрощает процесс определения неработающего цилиндра.

## **Выводы**

Разработанная система позволяет определять техническое состояние ДВС на основе измерения и анализа сигнала вибрации. Корректность показаний и работоспособность была подтверждена при использовании системы в реальных условиях эксплуатации.

Достоинством данной установки является высокая точность диагностирования, мобильность, автономность, простая методика тестирования.

Необходимо отметить, что методика не требует значительных капиталовложений, так как используется высококачественный акселерометр мобильного телефона.

Доступность предложенного способа приобретает ключевое значение в процессе диагностики технического состояния автомобиля.

## ***Список литературы***

1. Вибродиагностика поршневых двигателей / Юдин П. Е., Лимонова И. А., Лиманов И. А. // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: материалы Всерос. науч.-техн. конференции. Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. 2011. С. 99-103.
2. Волков Ю.В. Об особенностях оценки технического состояния дизелей на основе анализа вибросигналов // Вестник ВСГТУ. 2018. № 2. С. 5-12.
3. Диагностирование газораспределительного механизма виброакустическим методом / Грищенко А.В., Шепелев В.Д., Альметова З.В., Шепелева Е.В. // Вестник ЮУрГУ. 2017. Т. 17, №3. С. 48-57.
4. Диагностирование дизелей / Никитин Е.А., Станиславский Л.В., Улановский Э.А. и др. М: Машиностроение, 1987. 224 с.
5. Ждановский Н.С. Диагностика автотракторных двигателей. Л.: Колос, 1977. 264 с.
6. Костюков В. Н., Науменко А. П. Практические основы виброакустической диагностики машинного оборудования: учебное пособие. Омск: ОмГТУ, 2002. 125 с.

7. Котельников В. А. О пропускной способности «эффира» и проволоки в электросвязи // УФН. 2006. Том 176. №7. С. 762-770.
8. Методика расчёта характеристик бензинового двигателя и дизеля с отключаемыми цилиндрами / Савастенко А.А., Алексеев И.В., Иванов И.Е., Яковенко А.Л., Савастенко Э.А. // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2018. № 2(53). С. 30-37.
9. Новиков Д.С. Анализ вибрации двигателя в составе автомобильного силового агрегата: Дис. ... кандидата технических наук. Ярославль, 2013. 151 с.
10. Оценка крутящего момента двигателя по внутрицикловой вариации угловой скорости коленчатого вала на автомобиле / Сафронов П.В., Першутин Е.А., Алексеев И.В., Иванов И.Е., Богданов С.Н. // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 1 (28). С. 50-56.
11. Савастенко Э.А. Регулирование двигателя с искровым зажиганием изменением его рабочего объёма: Автореферат дис. ... кандидата технических наук. Москва, 2016. 15 с.
12. Формирование вектора диагностических признаков на основе характеристической функции виброакустического 536 сигнала / Костюков В.Н., Науменко А.П., Бойченко С.Н., Кудрявцева И.С. // Контроль. Диагностика. 2016. № 8. С. 22-29.
13. Sharkey A. J. C., Chandroth G. O. Acoustic emission, cylinder pressure and vibration: A multisensor approach to robust fault diagnosis // IEEE, International Joint Conference on Neural Networks. Como, Itali. 2000. Vol. 6. P. 223-228.
14. Gelle G., Colas M., Serviere C. Blind source separation: a tool for rotating machine monitoring by vibration analysis // Journal of Sound and Vibration. 2001. Vol. 248. P. 865-885.
15. Shibata K., Takahashi A., Shirai T. Fault diagnosis of rotating machinery through visualization of sound signals // Mechanical Systems and Signal Processing. 2000. Vol. 14. P. 229-241.

16. Geng Z., Chen J., Hull B. Analysis of engine vibration and design of an applicable diagnosis approach // *International Journal of Mechanical Science*. 2003. Vol. 45. P. 1391-1410.
17. Wang Q.W., Ismail F., Golnarghi F. Assessment of gear damage monitoring techniques using vibration measurements // *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2001. Vol. 5. P. 905-922.
18. Zheng H., Li Z., Chen X. Gear fault diagnosis based on continuous wavelet transform // *Mechanical System and Signal Processing*. 2002. Vol. 16. P. 447-457.

### *References*

1. Yudin P. E., Limonova I. A., Limanov I. A. Vibrodiagnostics of piston engines. *Actual problems of radio electronics and telecommunications: proceedings of the All-Russian scientific and technical conference*. Samara State Aerospace University, 2011, pp. 99-103.
2. Volkov Yu.V. On the peculiarities of the technical condition assessment of diesel engines based on the analysis of vibration signals. *Vestnik VSGTU*, 2018, no. 2, pp. 5-12.
3. Grishchenko A.V., Shepelev V.D., Almetova Z.V., Shepeleva E.V. Diagnostics of the gas distribution mechanism by the vibroacoustic method. *Bulletin of SUSU*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 48-57.
4. Nikitin E.A., Stanislavskiy L.V., Ulanovskiy E.A. et al. *Diagnostics of diesel engines*. Moscow: Mashinostroenie, 1987, 224 p.
5. Zhdanovsky N.S. *Diagnostics of automobile and tractor engines*. L.: Kolos, 1977, 264 p.
6. Kostyukov V.N., Naumenko A. P. *Practical bases of vibroacoustic diagnostics of the machine equipment*: textbook. Omsk: OmSTU, 2002, 125 p.
7. Kotelnikov V. A. About the throughput capacity of the “ether” and wire in telecommunication. *Uspekhi physicheskikh nauk*, 2006, vol. 176, no. 7, pp. 762-770.
8. Savastenko A.A., Alekseev I.V., Ivanov I.E., Yakovenko A.L., Savastenko E.A. Methodology for calculating the characteristics of gasoline engine and diesel engine with disconnected cylinders. *Bulletin*

- of Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)*, 2018, no. 2(53), pp. 30-37.
9. Novikov D.S. *Analysis of the engine vibration as a part of an automobile power unit*. Yaroslavl, 2013, 151 p.
  10. Safronov P.V., Pershutin E.A., Alekseev I.V., Ivanov I.E., Bogdanov S.N. Estimation of the engine torque by the intra-cycle variation of the crankshaft angular velocity on the automobile. *Bulletin of Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)*, 2012, no. 1 (28), pp. 50-56.
  11. Savastenko E.A. *Regulation of the engine with spark ignition by changing of its working volume*. Moscow, 2016, 15 p.
  12. Kostyukov V.N., Naumenko A.P., Boychenko S.N., Kudryavtseva I.S. Formation of the diagnostic features vector on the basis of the characteristic function of the vibroacoustic 536 signal. *Control. Diagnostics*, 2016, no. 8, pp. 22-29.
  13. Sharkey A. J. C., Chandroth G. O. Acoustic emission, cylinder pressure and vibration: A multisensor approach to robust fault diagnosis. *IEEE, International Joint Conference on Neural Networks*. Como, Itali, 2000, vol. 6, pp. 223-228.
  14. Gelle G., Colas M., Serviere C. Blind source separation: a tool for rotating machine monitoring by vibration analysis. *Journal of Sound and Vibration*, 2001, vol. 248, pp. 865-885.
  15. Shibata K., Takahashi A., Shirai T. Fault diagnosis of rotating machinery through visualization of sound signals. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2000, vol. 14, pp. 229-241.
  16. Geng Z., Chen J., Hull B. Analysis of engine vibration and design of an applicable diagnosis approach. *International Journal of Mechanical Science*, 2003, vol. 45, pp. 1391-1410.
  17. Wang Q.W., Ismail F., Golnarghi F. Assessment of gear damage monitoring techniques using vibration measurements. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2001, vol. 5, pp. 905-922.
  18. Zheng H., Li Z., Chen X. Gear fault diagnosis based on continuous wavelet transform. *Mechanical System and Signal Processing*, 2002, vol. 16, pp. 447-457.

## **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Садриев Артур Гадифович**, магистрант кафедры «Вычислительная техника и инженерная кибернетика»

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Российская Федерация*

*sadriev-artur@bk.ru*

**Шамсутдинов Данир Миниахатович**, доцент кафедры «Эксплуатация наземного транспорта в нефтегазовой промышленности и строительстве», кандидат физико-математических наук  
*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Российская Федерация*

*danir@mail.ru*

**Вильцын Станислав Анатольевич**, доцент кафедры «Вычислительная техника и инженерная кибернетика»

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Российская Федерация*

*viltsyn\_s.a@mail.ru*

**Низамутдинов Малик Халилович**, доцент кафедры «Эксплуатация наземного транспорта в нефтегазовой промышленности и строительстве», кандидат технических наук

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Российская Федерация*

*nizmal@mail.ru*

**Иванова Ольга Владимировна**, доцент кафедры «Эксплуатация наземного транспорта в нефтегазовой промышленности и строительстве», кандидат технических наук, доцент  
*Уфимский государственный нефтяной технический университет*  
*ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450062, Российская Федерация*  
*olgachemist@mail.ru*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Artur G. Sadriev**, Graduate Student, Department of Computer Science and Engineering Cybernetics  
*Ufa State Petroleum Technological University*  
*1, Kosmonavtov Str., Ufa, Bashkortostan, 450062, Russian Federation*  
*sadriev-artur@bk.ru*  
*SPIN-code: 7612-3163*  
*ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3473-3359>*  
*ResearcherID: ITU-6131-2023*

**Danir M. Shamsutdinov**, Assistant Professor, Department of Operation of Ground Transport in Oil, Gas, and Construction Industries, Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
*Ufa State Petroleum Technological University*  
*1, Kosmonavtov Str., Ufa, Bashkortostan, 450062, Russian Federation*  
*danir@mail.ru*  
*SPIN-code: 1334-8596*  
*ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4981-3698>*  
*ResearcherID: IQR-7200-2023*  
*Scopus Author ID: 6507089452*

**Stanislav A. Viltzyn**, Assistant Professor, Department of Computer Engineering and Engineering Cybernetics

*Ufa State Petroleum Technological University  
1, Kosmonavtov Str., Ufa, Bashkortostan, 450062, Russian Fe-  
deration  
viltsyn\_s.a@mail.ru*

**Malik Kh. Nizamutdinov**, assistant professor, Department of Oper-  
ation of Ground Transport in Oil, Gas, and Construction Indus-  
tries, Candidate of Technical Science  
*Ufa State Petroleum Technological University  
1, Kosmonavtov Str., Ufa, Bashkortostan, 450062, Russian Fe-  
deration  
nizmal@mail.ru  
SPIN-code: 7729-9170  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9447-6126>  
ResearcherID: KIK-7379-2024*

**Olga V. Ivanova**, Assistant Professor, Department of Operation of  
Ground Transport in Oil, Gas, and Construction Industries,  
Candidate of Technical Science, Associate Professor  
*Ufa State Petroleum Technological University  
1, Kosmonavtov Str., Ufa, Bashkortostan, 450062, Russian Fe-  
deration  
olgachemist@mail.ru  
SPIN-code: 1380-7421  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6678-8369>  
ResearcherID: S-4929-2017  
Scopus AuthorID: 57195293974*

Поступила 30.04.2024  
После рецензирования 25.05.2024  
Принята 07.06.2024

Received 30.04.2024  
Revised 25.05.2024  
Accepted 07.06.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-285

УДК 657



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

## ВЛИЯНИЕ БОКОВОГО ТРЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ ТРАНСПОРТА НА УЛИЦЕ ФАТИМА АЛЬ-ЗАХРА В КЕРБЕЛЕ: ПРИЧИНЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

*Х.С. Кхудхаир, В.Н. Коноплев, Х.А.И. Аль-Джамиль*

*Боковое трение считается одной из основных причин снижения эффективности дорожного движения в городских улицах и вызывается рядом факторов, таких как парковка транспортных средств на обочине, переход пешеходов в непредназначенных для них местах, въезд транспортных средств на главную дорогу с второстепенных и их выезд с нее на второстепенные дороги и др. Научная новизна данной работы заключается в том, что она впервые, насколько нам известно, дает статистическое описание влияния факторов бокового трения на эффективность дорожного движения на улице Фатима Аль-Захра в городе Кербела, а также как на классификации дорог. Результаты исследования показали, что боковое трение является причиной значительного снижения эффективности эксплуатации исследуемой дороги, а также снижения классификации дороги.*

***Цель** – определение влияния бокового трения на эффективность дорожного движения на улице Фатимы Захры в городе Кербела и определение оптимальных решений для улучшения эффективности дорожного движения на этой улице.*

***Методы исследования.** В данной работе использовались как экспериментальные методы сбора данных, так и статистические методы их обработки.*

**Результаты** исследования показали, что боковое трение является причиной снижения эффективности эксплуатации исследуемой дороги на величину в пределах 62,16–86,3%, а также понижения класса дороги с I или II до IV.

**Область применения результатов.** Рекомендуется применить результаты, полученные в Управлении управления дорожным движением города Кербела.

**Ключевые слова:** боковое трение; городские улицы; пешеходы; пробки на дорогах; эффективность дорожного движения

**Для цитирования.** Кхудхаир Х.С., Коноплев В.Н., Аль-Джамиль Х.А.И. Влияние бокового трения на движение транспорта на улице Фатима Аль-Захра в Кербеле: причины, результаты и пути решения // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 2. С. 51-63. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-285

Original article | Operation of Road Transport

## THE INFLUENCE OF SIDE FRICTION ON TRAFFIC ON FATIMA AL-ZAHRA STREET IN KARBALA: CAUSES, RESULTS AND SOLUTIONS

*H.S. Khudhair, V.N. Konoplev, H.A.E. Al-Jamil*

*Side friction is considered one of the main reasons for reducing the efficiency of traffic in urban streets and is caused by a number of factors, such as parking vehicles on the side of the road, pedestrians crossing in places not intended for them, vehicles entering the main road from secondary roads and leaving it on secondary roads, etc. The scientific novelty of this work lies in the fact that for the first time, as far as we know, it provides a statistical description of the influence of Side friction factors on traffic efficiency on Fatima Al-Zahra Street in Karbala, as well as on the classification of roads. The results of the study showed that side friction is responsible for significantly reduc-*

ing the operating efficiency of the studied road, as well as reducing the road classification.

**Purpose:** determination the effect of side friction on the efficiency of traffic on Fatima Zahra Street in Karbala and to determine the optimal solutions to improve the efficiency of traffic on this street.

**Methodology.** In this work, both experimental methods of data collection and statistical methods of their processing were used.

**Results** of the study have shown that Side friction is responsible for a decrease in the operational efficiency of the studied road by an amount in the range of 62.16-86.3%, as well as a decrease in the road classification from I or II to IV.

**Practical implications.** It is recommended to apply the results obtained from the Karbala Traffic Management Department.

**Keywords:** side friction; urban streets, pedestrians; traffic jams; traffic efficiency

**For citation.** Khudhair H.S., Konoplev V.N., Al-Jamil H.A.E. *The Influence of Side Friction on Traffic on Fatima Al-Zahra Street in Karbala: Causes, Results And Solutions. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 51-63. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-285*

Дорожная сеть представляет собой основу, на которой жители городских сообществ могут передвигаться в густонаселенной среде. Это помимо проблемы ограниченного пространства [1, с. 116]. У предназначенных для городских дорог есть еще одна проблема, ограничивающая плавность движения, - боковое трение.

Факторы бокового трения определяются как те действия, которые происходят по обочинам транспортных дорог или даже на транспортных маршрутах и которые могут повлиять на нормальное движение транспорта, проходящего по транспортным маршрутам [2; 3].

Несколько конкретных элементов способствуют нарушению дорожного движения и проблемам безопасности. Первым из них

является парковка на улице, которая относится к транспортным средствам, припаркованным вдоль улицы. Эти транспортные средства занимают линию вдоль улицы и, выезжая на движение, создают потенциальное препятствие и требуют корректировки основного потока движения, что приводит к задержкам и потенциально увеличивает риск аварий [4; 5].

Вторым элементом бокового трения является пешеходный переход улицы, который может нарушить движение транспорта, особенно при отсутствии соответствующей инфраструктуры, такой как пешеходные переходы или светофоры. Транспортным средствам может потребоваться резкая остановка, чтобы позволить пешеходам перейти дорогу, что приводит к заторам и нарушениям транспортного потока [6; 7].

Третьим элементом бокового трения является разворот, при котором транспортные средства разворачиваются, чтобы двигаться в противоположном направлении [8; 9]. Если разворот не организован должным образом или выполняется в зонах с высокой интенсивностью движения, разворот может нарушить движение транспорта и потенциально привести к несчастным случаям.

Последний элемент — движение автомобилей, выезжающих на главную дорогу и выезжающих из нее по боковым дорогам [10; 11]. Как и в случае с парковкой, транспортным средствам, выезжающим на главную дорогу, возможно, придется слиться с потоком транспорта, что приведет к сбоям в работе и потенциальной угрозе безопасности.

Боковое трение влияет на транспортный поток несколькими способами: оно снижает эффективную пропускную способность проезжей части, поскольку прерывает поток движения, что приводит к заторам и задержкам [12]. Кроме того, транспортные средства, выезжающие на проезжую часть или выезжающие из нее, создают конфликты с основным потоком транспорта, что приводит к замедлению движения, пробкам и потенциальному возникновению пробок [13].

Более того, боковое трение увеличивает вероятность несчастных случаев, особенно столкновений сзади или боковых ударов, поскольку транспортные средства маневрируют, чтобы приспособиться к приближающимся или выезжающим транспортным средствам. Более того, постоянные помехи, вызванные въездом или выездом транспортных средств на проезжую часть, могут нарушить плавный поток движения, что приведет к нестабильной скорости и увеличению времени в пути для всех транспортных средств.

Боковое трение также способствует образованию заторов, особенно в часы пик, поскольку перебои, вызванные слиянием транспортных средств, снижают общую эффективность дороги.

В этой статье мы обсудим влияние бокового трения на движение транспорта на одной из самых важных улиц города Кербела, улице Фатимы Аль-Захра, и представим некоторые предложения по улучшению движения транспорта на ней.

### **Методы и оборудование**

В данном исследовании использовались как экспериментальный, так и статистический подходы. Для сбора данных на исследуемой территории была задействована видеокамера (HIKVISION DS-2DY3420IW-DE4(S6), Калифорния, США), которая использовалась для измерения количества событий. Также был использован скоростной измерительный пистолет (Velocity Speed gun 1 MPH Snelheid Richten & Schieten Grijs, Bushnell, Канзас, США) для измерения скорости транспортных средств на дороге с целью определения средней скорости. Эти методы позволили получить комплексные данные о движении и событиях на дороге, что способствует более точному анализу ситуации и принятию обоснованных выводов.

Местоположение исследуемой территории:

Улица Фатимы Аль-Захра превращается в трехполосную городскую магистраль, разделяющуюся на полосы для движения

транспорта в обоих направлениях. Протянувшись более чем на 1,4 километра, он имеет ширину 45 метров и имеет приподнятую срединную часть шириной пять метров [14].

Этот конкретный участок простирается от перекрестка Аль-Дариба до кольцевой развязки Хамза Аль-Сагир и включает в себя три перекрестка: Аль-Дариба, Альсафина и Сайед Джауда, изображенные на рисунке 1.

На этом пути расположены многочисленные коммерческие и развлекательные заведения что вызывает значительные заторы. На рисунке 2 показано разделение улицы на шесть сегментов.

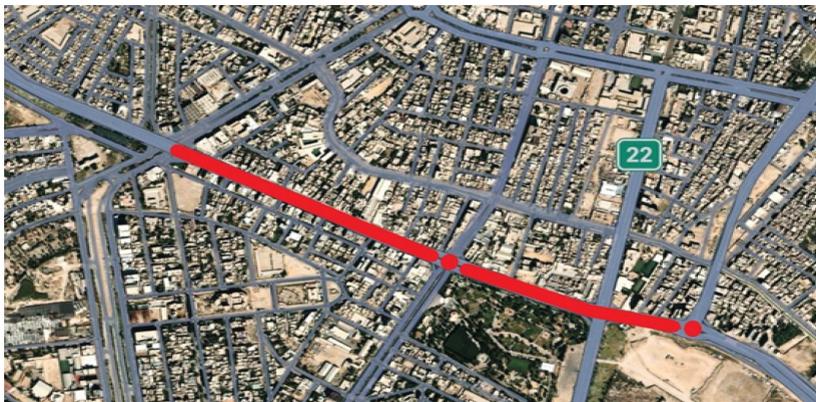


Рис. 1. Расположение дороги Фатима аль-Захраа

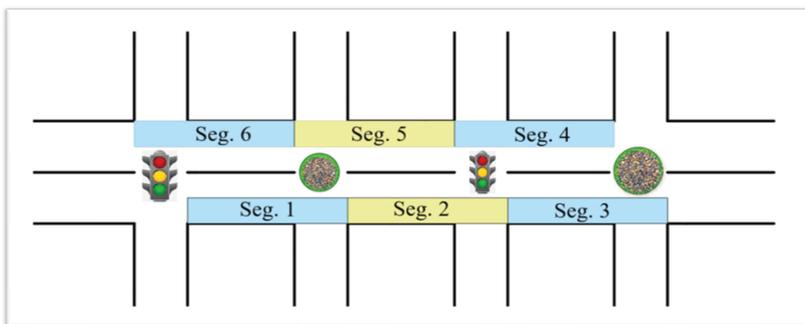


Рис. 2. Сег. улицы № 1 (улица Фатима Аль-Захраа)

## Результаты и обсуждение

Результаты повторения события на час (измерение проводилось в течение двух часов) для каждого бокового трения показали, что поворот назад, осуществляемый автомобилем (U-Turn), играл ключевую роль в возникновении наибольшего бокового трения на улицах.

Это можно объяснить тем, что данная маневренность требуется из-за особенностей коммерческого характера района. Водители вынуждены совершать поворот назад и переходить на дорогу с противоположным направлением движения, чтобы иметь возможность припарковать свой автомобиль как можно ближе к нужному торговому объекту. Это создает дополнительные точки контакта и потенциальные ситуации конфликта с другими участниками движения.

Что касается влияние въезжающих и выезжающих автомобилей с боковых дорог оказывает второе по значимости воздействие на боковое трение. При этом маневры въезда и выезда на главную дорогу также могут создавать опасные ситуации, особенно при неудачном выборе момента для перестроения или при недостаточной видимости. Эти моменты становятся особенно критичными в районах с высокой плотностью транспортного потока.

Далее следует фактор пересечения пешеходами дороги. Ограниченное количество пешеходных переходов, ограничивающееся всего несколькими (одним на каждый светофор), в сочетании с отсутствием пешеходных мостов, приводит к тому, что многие пешеходы вынуждены пересекать дорогу из самых неудобных для этого мест. Они выбирают ближайшие точки к торговым объектам, игнорируя иногда даже наличие безопасных мест для перехода.

Это увеличивает вероятность возникновения конфликтных ситуаций с автомобилями и снижает общий уровень безопасности движения как для пешеходов, так и для водителей.

Наконец, стоянка автомобилей по обочине дороги оказывает наименьшее воздействие на боковое трение. В отличие от других факторов, стоянка не представляет собой непосредственного элемента движения и реже становится причиной аварийных ситуаций.

Тем не менее, она также может вносить свой вклад в создание препятствий для движения и уменьшение пропускной способности дороги. Можно сказать что, эти факторы взаимодействуют друг с другом, создавая сложную ситуацию на исследуемой улице. В таблицах 1 ниже показаны значения каждого фактора, вызывающего боковое трение в вечерние пиковые периоды.

Таблица 1.

Данные о боковом трении в вечерний период пик

Время	Пешеход (событие/час)	Парковка автомобиля (Event/hr)	Автомобиль U-Tern (событие/час)	Въезд-выезд автомобиля (событие/час)	Скорость потока (ав/час)
4:00-4:15	284	240	504	480	2771
4:15-4:30	264	240	428	448	3186
4:30-4:45	425	232	440	380	3152
4:45-5:00	384	260	436	372	3189
5:00-5:15	416	224	480	476	3066
5:15-5:30	180	216	468	488	3734
5:30-5:45	284	216	464	364	3264
5:45-6:00	368	248	456	328	2813

Что касается влияния бокового трения на эффективность транспортного движения, то результаты измерения средней скорости транспортных средств в утренние и вечерние часы пик свидетельствуют о том, что существует большая разница между средней скоростью транспортных средств и скоростью свободного потока транспортных средств движения где это разница достигала до 62,16-86,3%, как показан в диаграммах 3 и 4 ниже. Такое снижение скорости движения автомобиля означает снижение рейтинга дороги с I или II до IV [15].

Можно объяснить большую разницу между средней скоростью движения транспортных средств и скоростью свободного потока в утренние и вечерние часы пик в том что, повышенное боковое трение, вызванное такими факторами, как повороты назад, въезд и выезд с боковых дорог, а также пересечение пешеходами дороги, создает дополнительные точки заторов и конфликтных ситуаций на дороге.

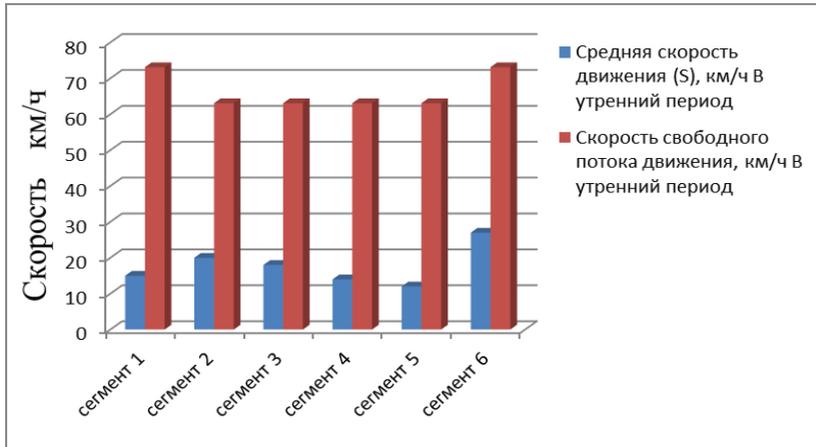


Рис. 3. Разница между скоростью свободного потока и скоростью свободного потока транспортных средств в утренний пик

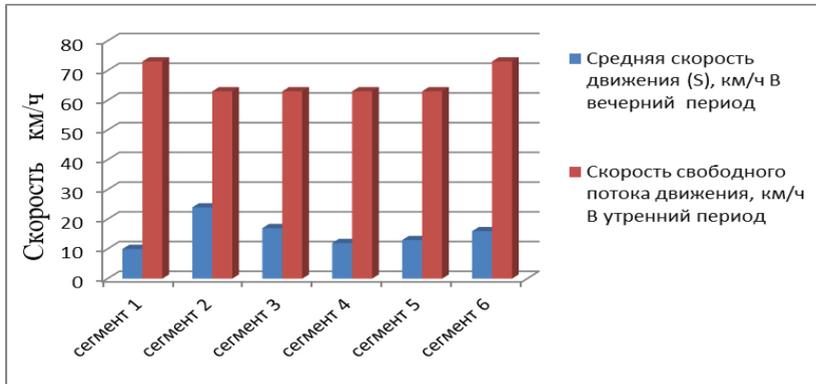


Рис. 4. Разница между скоростью свободного потока и скоростью свободного потока транспортных средств в вечерний период пиковой нагрузки

Эти ситуации приводят к замедлению движения и увеличению времени, необходимого для того, чтобы автомобили могли продвигаться по улицам. В результате, средняя скорость транспортных средств снижается по сравнению со скоростью свободного потока, что приводит к более выраженным задержкам и перегрузкам на дорогах в периоды пиковой нагрузки.

### **Заключение**

В данной работе мы выявили причины бокового трения на улице Фатима Аль-Захра в городе Кербела и изучили его влияние на эффективность дорожного движения на этой улице. На основании анализа результатов можно сказать что, для повышения эффективности движения в таких условиях необходимо принять меры, направленные на снижение бокового трения и улучшение транспортного потока. Это может включать в себя строительство пешеходных мостов, которые позволят пешеходам пересекать дорогу без вмешательства в движение автотранспорта. Также важно обеспечить доступ транспортных средств к коммерческим объектам без создания дополнительных препятствий для движения. Например, требование к коммерческим центрам строить парковки на подземных этажах поможет освободить поверхностные участки от автотранспорта, что снизит вероятность заторов и улучшит проходимость дороги. Кроме того, важно учитывать потребности пешеходов при проектировании и развитии городской инфраструктуры, чтобы сделать их перемещение более безопасным и удобным. Это может включать в себя создание дополнительных пешеходных зон, обустройство пешеходных дорожек и установку дополнительных светофоров и знаков безопасности.

Результаты, полученные в данной работе, направлены в первую очередь органам власти, ответственным за организацию дорожного движения в городе Кербела, чтобы извлечь из них пользу для повышения эффективности дорожного движения на исследуемой территории в частности и в дорожной сети города в целом.

**Информация о конфликте интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

### ***Список литературы / References***

1. Zhao, P., Lyu, D. Correction to: Lifestyle Change and Transport in China. In: Lifestyle Change and Transport in China. Population, Re-

- gional Development and Transport. Springer, Singapore, 2023. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-4399-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-981-19-4399-7_11)
2. Adinarayana I., Anil N.C. The Study Exploration towards Side Friction Influences by traffic performance measures on roads // *International Journal of Science Engineering and Advance Technology*, 2017. Vol. 5, No. 11. P. 1024-1031. <https://core.ac.uk/download/pdf/235197024.pdf>
  3. Salini S., George S., Ashalatha R. Effect of Side Frictions on Traffic Characteristics of Urban Arterials // *Transportation Research Procedia*. 2016. Vol. 17. P. 636-643. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.118>
  4. Biswas S., Chandra S., Ghosh I. Side friction parameters and their influences on capacity of Indian undivided urban streets // *International Journal of Transportation Science and Technology*. 2021. T. 10, № 1. P. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ijst.2020.03.007>
  5. Fadriani H. Evaluate the Performance of Jalan Otista Bandung with on-Street Parking / H. Fadriani, S. Afyah, Y. Liklikwatil, S. Haris, I. Hidayat, R. Hidayat // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. № 1783. P. 012082. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012082>
  6. Road and Airfield Pavement Technology / Ed. H. R. Pasindu, Saman Bandara, W. K. Mampearachchi, T. F. Fwa // *Proceedings of 12th International Conference on Road and Airfield Pavement Technology*, 2021. Springer Nature, 2022. 917 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-87379-0>
  7. Radjawane L.E. Study of Pedestrians Proportion to Roadside Friction Index // *2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* Vol. 841, 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/841/1/012011>
  8. Mansour A.I., Al-jameel H.A. Side-friction impacts on urban streets performance in divided and undivided streets // *Pollack Periodica*. 2023. Vol. 18, Issue 3. P. 147-153. DOI: <https://doi.org/10.1556/606.2023.00817>
  9. Mohanty M., Dey P.P. Modeling the lane changing behavior of major stream traffic due to U-turns // *Transportation Engineering*. 2020. Vol. 2, 100012. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2020.100012>
  10. Arya V. S., Aswathy B. Binu, Jyothi Pradeep, Greena Thomas, Suminamol A., Aparna V. Impact of Side Friction on Urban Roads // *Journal of Transportation Engineering and Traffic Management*. 2020. Vol. 1, Issue 2. P. 1-9.

11. Gulivindala P., Mehar A. Analysis of Side Friction on Urban Arterials // Transport and Telecommunication. 2018. Vol. 19, No. 1. P. 21-30. <https://doi.org/10.2478/tj-2018-0003>
12. Mahendra M., Wicaksono A., Djakfar L. The Effect of Side Friction on Delays in One-Way Urban Road Sections // Journal of South-west Jiaotong University. 2021. Vol. 56, № 5. P. 265-274. <https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.56.5.24>
13. Han Xie, Qinghua Ren, Zheng Lei Influence of Lane-Changing Behavior on Traffic Flow Velocity in Mixed Traffic Environment // Journal of Advanced Transportation. 2022. Vol. 2022. P. 1-26. <https://doi.org/10.1155/2022/8150617>
14. Fatima Al-Zahraa Street // waze. URL: <https://www.waze.com/ar/live-map/directions/iq/krblaa-mhafzh/krblaa/shara-fatmh-alzhaara-a?to=place.ELLYtNin2LHYuSDZgdin2LfZhdipINin2YTYstmH2LHY-p9ihINi52IwgS2FyYmFsYScsIEthcmJhbGEgR292ZXJub3Jhd-GUuSIdU2MDAxLCBJcmFxi4qLAoUChIJd8MPqtrWRURFJGX-WjAf2KYSFAoSccnNuEfha1kVEfARoa6q2sX2>
15. Al Ghanim A. M., Asad F. H., Al-Jameel H. A. Traffic Performance Evaluation for Selected Streets within the Southern Part of Al-Najaf City Network // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1973, № 1. P. 012226-012238. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1973/1/012226>

### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Хайдер Салман Кхурдаир**, аспирант кафедры техники и технологий транспорта

*Российский университет дружбы народов*

*ул. Миклухо-Маклая, 6, г. Москва, 117198, Российская Федерация*

*hyder.s@uokerbala.edu.iq*

**Коноплев Владимир Николаевич**, профессор кафедры техники и технологий транспорта

*Российский университет дружбы народов*

*ул. Миклухо-Маклая, 6, г. Москва, 117198, Российская Федерация*  
*konoplev-vn@rudn.ru*

**Хамид Адаб Идан Аль-Джамиль**, профессор  
*Университет Куфа*  
*Куфа, мухафаза Наджаф, Ирак*  
*hamid.aljameel@uokufa.edu.iq*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Hayder S. Khudhair**, Postgraduate student of the Department of Transportation Engineering and Technologies  
*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)*  
*6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation*  
*hyder.s@uokerbala.edu.iq*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6833-7780>*

**Vladimir N. Konoplev**, Professor of the Department of Transportation Engineering and Technologies  
*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)*  
*6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation*  
*konoplev-vn@rudn.ru*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1662-6254>*

**Hamid A.E. Al-Jameel**, Professor, Civil Department, Engineering College  
*University of Kufa*  
*Kufa, Najaf Governorate, Iraq*  
*hamid.aljameel@uokufa.edu.iq*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1367-4421>*

Поступила 05.04.2024  
После рецензирования 10.05.2024  
Принята 01.06.2024

Received 05.04.2024  
Revised 10.05.2024  
Accepted 01.06.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-244  
УДК 658.5:629.3.023.2



Научная статья | Управление процессами перевозок

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ К АВТОТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВАМ

*Т.В. Аветисян, Я.Е. Львович, А.П. Преображенский*

*Целью проведенного исследования является разработка программной имитационной мультипродуктовой модели, предназначенной для эффективного управления запасами запасных частей. В ходе работы была использована математическая модель, позволяющая оптимизировать процесс производства и хранения запасных частей для транспортных средств. При этом учитывались такие существенные факторы, как общее количество запасных частей, находящихся на складе, частота выхода из строя определенных деталей, условия эксплуатации, интенсивность их использования, а также влияние человеческого фактора. Результаты показывают, что штрафы за доставку и динамичный расход запасных частей существенно влияют на функцию затрат, в то время как штрафы за отсутствие необходимых деталей существенно влияют на минимальный уровень запасов. Результаты могут быть применены при управлении запасами запасных частей в авторизованных сервисных центрах. В исследовании делается вывод, что сезонные колебания спроса на запасные части можно устранить путем создания научно обоснованной системы управления запасами запасных частей.*

**Ключевые слова:** оптимизация; запасная часть; склад; сеть; автотранспортное средство

**Для цитирования.** Аветисян Т.В., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Оптимизация процессов производства запасных частей к авто-

*транспортным средствам // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 2. С. 64-80. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-244*

Original article | Transportation Process Management

## **OPTIMIZATION OF THE PROCESSES OF PRODUCTION OF SPARE PARTS FOR MOTOR VEHICLES**

***T.V. Avetisyan, Y.E. Lvovich, A.P. Preobrazhensky***

*The purpose of the research is to develop a software simulation multi-product model designed for effective inventory management of spare parts. In the course of the work, a mathematical model was used to optimize the production and storage of spare parts for vehicles. At the same time, such significant factors as the total number of spare parts in stock, the frequency of failure of certain parts, operating conditions, the intensity of their use, as well as the influence of the human factor were taken into account. The results show that penalties for shipping and dynamic spare parts consumption significantly affect the cost function, while penalties for missing necessary parts significantly affect the minimum inventory level. The results can be applied to the management of spare parts stocks at authorized service centers. The study concludes that seasonal fluctuations in demand for spare parts can be eliminated by creating a scientifically sound spare parts inventory management system.*

**Keywords:** *optimization; spare part; warehouse; network; vehicle*

**For citation.** *Avetisyan T.V., Lvovich Y.E., Preobrazhensky A.P. Optimization of the Processes of Production of Spare Parts for Motor Vehicles. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 64-80. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-244*

### **Введение**

На сегодняшний день в Центрально-Европейской части России, отлажено работает механизм обеспечения авторизованных

сервисных центров (АСЦ) запасными частями. Складские сети стали более требовательны к поддержанию имиджа торговой марки, а также переориентировались на максимальное удовлетворение потребностей клиентов.

На сегодняшний момент, перемещение запасных частей в складских сетях, как у нас, так и за рубежом, происходит следующим образом: фирма-производитель имеет центральный склад хранения, на котором хранится основное количество ассортимента запасных частей (до 85%). Это количество обеспечивает потребность всего парка обслуживаемых агрегатов. Производитель поддерживает сеть региональных складов, на которых хранится значительное количество запасных частей, при этом по каждой запасной части создается запас, необходимый для бесперебойного функционирования сервис-партнеров региона в течение двух недель. Размер регионального склада зависит от размера региона и парка агрегатов, находящихся в эксплуатации.

Эти склады обеспечивают АСЦ, а также более мелкие организации (сервисные центры - СЦ), осуществляющие сервис и пуско-наладку отопительного оборудования.

Все они имеют официальный статус сервис-партнера (СП) предприятия-изготовителя.

При отсутствии на региональном складе необходимой запчасты, осуществляется ее заказ с федерального склада. Применение Интернет-сервисов позволяет получить информацию о наличии этой запчасты на федеральном складе. В случае отсутствия запчасты на федеральном складе она заказывается с центрального склада фирмы-изготовителя.

Чтобы максимально развернуто отобразить «картину» взаимодействия системы, нужно определить наиболее важные технико-экономические показатели. Эти показатели могут быть следующими:

- Общее количество запасных частей на складе.
- Детали, которые часто выходят из строя.
- Условия эксплуатации запасных частей.

- Интенсивность использования запасных частей.
- Учет человеческого фактора.

Нужно держать на вооружении, что имеют место быть сезонные «падения» и «взлеты» спроса на запасные части. Решить эти проблемы позволит создание научно обоснованной системы управления запасами запасных частей на станции технического обслуживания.

Таким образом, исследования, направленные на повышение уровня материально-технического снабжения, являются актуальными.

**Целью работы** является разработка программно-имитационной многопродуктовой модели, для эффективного управления запасами на складе запасных частей

### **Моделирование производства запасных частей**

Будем предполагать, что на некотором технологическом участке, в котором производятся запасные части для транспортных средств, задана производственная программа по некоторому фиксированному периоду времени. Она сильным образом меняется с течением времени (рис. 1). Пусть  $m_j$ ,  $j = \overline{1, N}$  является плановым заданием по выпуску запасных частей для  $j$ -го периода времени, а  $q_j = m_j$ ,  $j = \overline{1, N}$ , это количество запасных частей, которые будут практически образом выпускаться для  $j$ -го периода времени. Это определяет необходимость в соответствующих затратах производственных ресурсов. Обозначим требование по выполнению плановых заданий  $m_j$  всегда:

$$x_i \geq m_j, j = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Видно, что  $x_{N+1} \geq x_0$  будет характеризовать запас запасных частей, который будет переходить с предыдущего периода планирования. Если производственные мощности можно применять без всяких затрат, тогда будет совпадение оптимального графика выпуска запасных частей и плановых заданий:

$$x_i^* \geq m_j^*, j = \overline{1, N}. \quad (2)$$

Но, в случае если затраты, связанные с увеличением и сокращением для каждого периода времени, являются значительными,

тогда график выпуска запасных частей (рис. 1) может быть невыгодным при оценке общих затрат, которые связаны с анализируемым производственным процессом.

Если выпускаются запасные части больше, чем плановое задание  $X_j > m_j$ , тогда необходимо принимать во внимание затраты, которые связаны с хранением запасов. Будем исходить из того, что функция затрат, которая связана с отношением фактического выпуска готовых запасных частей от плановых заданий представляется в следующем виде

$$g_i(x_j - m_j) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_j = m_j, \\ b_j(x_j - m_j)^2, & \text{если } x_j > m_j \end{cases} \quad (3)$$

здесь  $b_j, j = \overline{1, N}$  является стоимостью хранения единицы продукции.

Помимо затрат, которые связаны с хранением запасов (3), требуется проводить учет затрат по изменению производственных мощностей, которые связаны с тем, что  $x_j \neq x_{j+1}$  в ходе перехода от  $(j+1)$ -го периода к  $j$ -му периоду. Будем применять функцию  $\phi_j(x_j - x_{j+1})$ , которая называется функцией издержек сглаживания. Она показывает затраты дополнительных средств, связанных с введением новых мощностей в производственные процессы:

$$\phi_j(x_j - x_{j+1}) = \begin{cases} 0, & \text{если } x_j = x_{j+1} \text{ (нет изменения в производственных мощностях),} \\ 0, & \text{если } x_j < x_{j+1} \text{ (затраты на уменьшение производственных} \\ & \text{мощностей равны нулю),} \\ a_j(x_j - x_{j+1})^2, & \text{если } x_j > x_{j+1} \text{ (затраты, связанные с увеличением} \\ & \text{производственных мощностей),} \end{cases} \quad (4)$$

здесь  $a_j, j = \overline{1, N}$  показывает стоимость единицы новых производственных мощностей.

Для многошагового процесса принятия решений для числа запасных частей, которые выпускаются в каждый период планирования  $x_j^*, j = \overline{1, N}$  при минимизации суммарных затрат по всему производственному процессу можно записать такую математическую модель:

$$\begin{aligned}
 f_N(x_0) &= \min_{\substack{(x_1, \dots, x_N) \\ x_j \geq m_j, j=\overline{1, N}}} \left\{ \sum_{i=1}^N q_i(x_j - m_j) + \phi_j(x_j - x_{j+1}) \right\} = \\
 &= \max_{\substack{(x_1, \dots, x_N) \\ x_j \geq m_j, j=\overline{1, N}}} \left\{ \sum_{i=1}^N q_i(x_j - x_{j+1})^2 + b_j(x_j - m_j)^2 \right\}.
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

$x_j = 0, 1, 2, \dots$  – целые числа

Представленную задачу мы можем свести к такой системе оптимизационных одномерных задач:

$$f_1(p_2) = \min_{x_1 \geq m_1} \left\{ \sum_{i=1}^N a_i(x_1 - p_2)^2 + b_j(x_1 - m_1)^2 \right\}, x_1 - \text{целое число.} \tag{6}$$

$$f_1(p_{k+1}) = \min_{x_k \geq m_k} \left\{ \sum_{i=1}^N a_k(x_k - p_{k+1})^2 + b_k(x_k - m_k)^2 + f_{k-1}(p_k) \right\}, k = \overline{2, N}, \tag{7}$$

$x_k$  – целое число

Тогда при решении последовательности оптимизационных одномерных задач (6)-(7) приходим к оптимальному плану по выпуску изделий  $(x_1^*, \dots, x_N^*)$ . В нем компоненты будут близкими к плановым заданиям  $(m_1, \dots, m_N)$ . Они не сильным образом будут отличаться друг от друга относительно полных затрат, которые связаны с оптимизацией производственных процессов.

Для частного случая, если все  $m_j = 0, j = \overline{1, N}$  (нет плановых заданий по выпуску запасных частей) решение системы функциональных уравнений (6) - (7) будет сведено к такой последовательности действий:

1. Проводится определение параметра
 
$$w_1 = a_1 b_1 / (a_1 + b_1) \tag{8}$$

2. На основе рекуррентного соотношения реализуется вычисление множества параметров

$$w_k = (a_k b_k + a_k w_{k-1}) / (a_1 + b_1 + w_{k-1}), k = \overline{2, N} \tag{9}$$

3. Проводится вычисление минимального значения полных издержек в производственном процессе:

$$f_N(x_0) = f_N(p_{N+1}) = w_N x_0^2. \quad (10)$$

4. Проводится определение значения фактического выпуска запасных частей в N-й планируемый период:

$$x_N^* = \frac{a_N p_{N+1}}{a_N + b_N + w_{N-1}}. \quad (11)$$

5. В рамках рекуррентного выражения проводится вычисление значения фактического выпуска запасных частей для каждого из планируемых периодов:

$$x_k^* = \frac{a_k x_{k+1}}{a_N + b_N + w_{N-1}}, k = \overline{N-1, 2}. \quad (12)$$

6. Проводится определение выпуска изделий для шага с номером «1»:

$$x_1^* = a_1 x_2^* / (a_1 + b_1) \quad (13)$$

Таким образом, будет осуществлено построение оптимальной стратегии  $(x_1^*, \dots, x_N^*)$ .

### **Оптимальное проектирование технологических процессов по показателям с учетом технико-эксплуатационных характеристик**

При автоматизированном проектировании технологических процессов важно обеспечить сбалансированность программы выпуска запасных частей с ресурсами и поставками материалов. При этом осуществляется построение двухуровневой модели принятия оптимального решения относительно единого критерия оптимальности  $Q(x)$ , связанной с выпуском запасных частей в целом и с выпуском запасных частей по автоматизированным участкам.

В качестве критерия оптимальности обычно используется один из следующих показателей:

а) себестоимость запасных частей, которые выпускаются в рамках технологического комплекса

$$Q_1(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad (14)$$

б) выпуск запасных частей в рамках технологического комплекса в натуральном или стоимостном выражении

$$Q_2(x) = \sum_{j=1}^n x_j, Q_3(x) = \sum_{j=1}^n s_j x_j, \quad (15)$$

в) суммарная прибыль

$$Q_4(x) = \sum_{j=1}^n (s_j - c_j) x_j = \sum_{j=1}^n g_j x_j, \quad (16)$$

где  $x_j$  – объем  $j$ -го вида запасных частей за интервал планирования,  $c_j$  – средние затраты на выпуск запасных частей,  $s_j$  – оптовая цена единицы запасных частей,  $g_j$  – средняя прибыль от производства единицы запасных частей.

Производственные ресурсы, поставки, программа выпуска отражаются в оптимизационной модели технологического комплекса такой системой ограничений:

1) сырьевые и энергетические ресурсы

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} x_j \leq b_i, i = \overline{1, m}, \quad (17)$$

где  $\alpha_{ij}$  – среднее значение расходного коэффициента  $i$ -го ресурса на  $j$ -й вид запасных частей,  $b_i$  – гарантированный расход  $i$ -го ресурса.

2) производственные мощности участка технологического комплекса

$$\sum_{j=1}^n d_{kj} x_j \leq D_k, k = \overline{1, K}, \quad (18)$$

где  $d_{kj}$  – среднее значение пересчетного коэффициента производительности,  $D_k$  – гарантированная производственная мощность  $k$ -го технологического участка,  $K$  – число участков, входящих в технологический комплекс.

3) вариант выпуска:

В стоимостном выражении

$$\sum_{j=1}^n s_j x_j \leq s^{np}, s_j x_j \geq s_j^{np}, j = \overline{1, n}, \quad (19)$$

в натуральном выражении

$$\sum_{j=1}^n x_j \leq x^{np}, s_j x_j \geq x_j^{np}, j = \overline{1, n}, \quad (20)$$

где  $s^{np}$ ,  $x^{np}$  – программа выпуска по всей номенклатуре в стоимостном и натуральном выражении соответственно,  $s_j^{np}$ ,  $x_j^{np}$  – про-

грамма выпуска по  $j$ -му виду запасных частей в стоимостном и натуральном выражении соответственно.

Совокупность целевой функции, например (16), и системы ограничений (17)-(20) представляет собой объемную оптимизационную модель выпуска запасных частей в рамках технологического комплекса, которую в матричном виде можно записать:

$$\begin{aligned} \max(g^T, x), \\ A_1x \leq b_1, A_2x \leq b_{12} \\ x \geq x^{np} \end{aligned} \quad (21)$$

где  $x = (x_1, \dots, x_n)$  – вектор выпуска продукции,  $g = (g_1, \dots, g_n)$  – вектор коэффициентов целевой функции,  $g^T$  – транспонированный вектор,  $A_1$  –  $(m_1 \times n)$  – матрица ограничений на внутренние ресурсы технологического комплекса,  $A_2$  –  $(m_2 \times n)$  – матрица ограничений, связанная с поставками,  $x^{np} = (x_1^{np}, \dots, x_n^{np})$  – вектор, соответствующий программе выпуска.

Разделение ограничений произведено с целью анализа внутренних возможностей, связанных с поставками. Модель (21) является задачей линейного программирования. Для перехода к однородной форме записи проведем замену переменных:

$$x'_j = x_j - x^{np}, j = 1, n. \quad (22)$$

Тогда задачу линейного программирования можно записать так:

$$\max(g^T, x'), A_1x' \leq b'_1, A_2x' \leq b'_2, x' \geq 0 \quad (23)$$

где

$$b'_1 = b_1 - A_1x^{np}, b'_2 = b_2 - A_2x^{np}. \quad (24)$$

Процедура решения задачи линейного программирования (23)-(24) сводится к следующей последовательности действий.

Первоначально рассматриваются выражения (24). Если они неотрицательны

$$b'_1 \geq 0, b'_2 \geq 0 \quad (25)$$

то поставки и внутренние ресурсы согласованы с программой выпуска. В противном случае рассматривается вопрос о перспективных мерах по увеличению ресурсов. С этой целью переходим к двойственной задаче линейного программирования:

$$\begin{aligned}
& \min\{(b'_1)^T y_1 + (b'_2)^T y_2\}, \\
& A_1 y_1 + A_2 y_2 \geq g, \\
& y_1 \geq 0, y_1 = (y_1, \dots, y_{m_1}) \\
& y_2 \geq 0, y_2 = (y_{m_1}, \dots, y_{m_1+m_2})
\end{aligned} \tag{26}$$

Переменные этой задачи  $y_i$  ( $i = \overline{1, m_1 + m_2}$ ) характеризуют степень избыточности ресурса для выполнения программы. Если оптимальное значение двойственной переменной  $y_i^* = 0$ , то  $i$ -й ресурс является избыточным.

Для построения оптимизационных моделей, детализированных по участкам, рассмотрим технологический комплекс, представляющий собой последовательное соединение  $k$  участков  $k = \overline{1, K}$  с несколькими входными и выходными потоками. Классификация входных потоков  $k$ -го участка на  $h_k$  групп  $h_k = \overline{1, H_k}$  по некоторому показателю  $f_k$ , характеризующему свойства запасной части на  $k$ -м этапе обработки и являющемуся случайной величиной, проводится следующим образом: формируемая запасная часть  $x_k^{\text{ВЫХ}}$  относится к  $h_1$  группе, если значения параметра  $f_1$  лежат в заданных пределах ( $f_{kh}^{\text{МИН}}, f_{kh}^{\text{МАКС}}$ ):

$$x_k^{\text{ВЫХ}} \in x_{kh}^{\text{МИН}}, \text{ если } f_{kh}^{\text{МИН}} \leq F_k \leq f_{kh}^{\text{МАКС}}, h_k = \overline{1, H_k}. \tag{27}$$

При случайных колебаниях количества промежуточной продукции для выполнения  $t$ -го варианта выпуска должны быть предусмотрены небалансы между выпуском и расходом, идущие на пополнение выпуска запасов, то есть межоперационные заделы. В этом случае условия баланса материальных потоков между участками имеют вид

$$0 \leq \tilde{x}_{kh}^{\text{ВЫХ}} - \sum_{h_{k+1} \in h_k} a_{hk, h(k+1)} \geq x_{hk}^{\text{М}, 3} \tag{28}$$

Здесь  $a_{hk, h(k+1)}$  является коэффициентом использования компонента группы  $h_k$  при изготовлении компонента группы  $h_{k+1}$ . Обозначение  $\sum_{h_{k+1} \in h_k}$  показывает, что суммирование осуществляется по тем группам продукции участка  $(k+1)$ , для которых используется компонента группы  $h_k$   $k$ -го участка.

Пусть задана вероятность  $\gamma_{hk}$  выполнения ограничений (28) и известно, что  $\tilde{x}_{kh}^{BYX}$  распределено по нормальному закону с дисперсией  $D(\tilde{x}_{kh}^{BYX})$ . Перейдем к детерминированной форме неравенств (28), но со сдвинутыми границами

$$vD(\tilde{x}_{km}^{BYX}) \leq m(\tilde{x}_{km}^{BYX}) - \sum_{\substack{k_{m+1} \in k \\ m}} a_{km, k(m+1)} x_{k(m+1)}^{BYX} \leq x_{km}^{M,3} - vD(\tilde{x}_{km}^{BYX}) \quad (29)$$

Здесь  $v$  находится из уравнения

$$\Phi(v) = \frac{1}{2\pi} \int_0^v \exp(-\frac{z^2}{2}) dz \quad (30)$$

$\Phi()$  является нормированной функцией Лапласа.

Если предусмотреть небаланс между выпуском на  $k$ -м участке и расходом на  $(k+1)$ -м участке по группе  $h_k$

$$x_{km}^{M,3} = 2vD(\tilde{x}_{km}^{BYX}), \quad (31)$$

то ограничение (28) будет выполняться с вероятностью  $\gamma_{hk}$ .

При выбранном распределении межоперационных заделов оптимизационные модели выпуска продукции по участкам составляются последовательным образом, начиная с последнего  $K$ -го участка, для которого известен вариант выпуска:

$$\max_{x_{kM}^{BYX}} \left\{ \sum_{k_M=1}^n g_{kM} x_{kM}^{BYX} \right\},$$

$$\sum_{k_M \in k_{M-1}} a_{kM, k(M-1)} x_{kM}^{BYX} = m(\tilde{x}_{k(M-1)}) - \tilde{x}_{k(M-1)}^{M,3} - v_{k(M-1)} \sqrt{D(\tilde{x}_{k(M-1)}^{BYX})}, \quad (32)$$

$$k_{M-1} = \overline{1, K_{M-1}}, x_{kM}^{BYX} \geq x_{kM}^{пр} = x_j^{пр}, (k_M = j, j = \overline{1, n}).$$

Для перехода к канонической форме записи задачи линейного программирования произведем замену переменных

$$x_{kM}^{iBYX} = x_{kM}^{BYX} - x_{kM}^{пр}. \quad (33)$$

Тогда сможем записать

$$\max_{x_{kM}^{iBYX}} \left\{ \sum_{k_M=1}^n g_{kM} x_{kM}^{iBYX} \right\},$$

$$\sum_{k_M \in k_{M-1}} a_{kM, k(M-1)} x_{kM}^{iBYX} = m(x'_{k(M-1)}) - \tilde{x}_{k(M-1)}^{M,3} - B_{k(M-1)}, \quad (34)$$

$$k_{M-1} = \overline{1, k_{M-1}}, x_{kM}^{iBYX} \geq 0, (k_M = \overline{1, n})$$

Где

$$B_{k(M-1)} = x_{k(M-1)}^{M,3} + v_{r(M-1)} \sqrt{D(\tilde{x}_{k(M-1)}^{ВЫХ})} + \sum_{k_M \in k_{M-1}} a_{kM,k(M-1)} B_{kM}, B_{kM} = x_{kM}^{пп}. \quad (35)$$

Запишем двойственную к (34) задачу линейного программирования

$$\min \left\{ \sum_{k_{M-1}=1}^{k_{M-1}} y_{k(M-1)} x_{k(M-1)}^{ВЫХ} \right\}, a_{kM,k(M-1)} \geq g_{kM}, (k_M = \overline{1, n}), \quad (36)$$

$$y_{k(M-1)} \geq 0, (k_{M-1} = \overline{1, k_{M-1}}). \quad (37)$$

где

$$x_{k(M-1)}^{ВЫХ} = m(\tilde{x}_{k(M-1)}^{ВЫХ}) - B_{k(M-1)}. \quad (38)$$

Учитывая особенности структуры ограничений (37), оптимальные значения переменных  $y_{k(M-1)}^*$  определяются аналитическим образом:

$$y_{k(M-1)}^* = \max_{k_M \in k_{M-1}} \frac{g_{kM}}{a_{kM,k(M-1)}}. \quad (39)$$

Максимизация (36) при  $y_{k(M-1)} = y_{k(M-1)}^*$  по  $y_{k(M-1)}^{ВЫХ}$  является оптимизационной задачей для (K-1)-го участка:

$$\max_{x_{k(M-1)}^{ВЫХ}} \left\{ \sum_{k_{M-1}=1}^{k_{M-1}} y_{k(M-1)}^* x_{k(M-1)}^{ВЫХ} \right\} \quad (40)$$

$$\sum_{k_{M-1} \in k_{M-2}} a_{k(M-1),k(M-2)} x_{k(M-1)}^{ВЫХ} = m(x_{k(M-1)}^{ВЫХ}) - B_{k(M-2)}, k_{M-1} = \overline{1, k_{M-1}}, \quad (41)$$

где

$$B_{k(M-2)} = x_{k(M-2)} + v_{r(M-2)} \sqrt{D(\tilde{x}_{k(M-2)}^{ВЫХ})} + \sum_{k_{M-1} \in k_{M-2}} a_{k(M-1),k(M-2)} B_{k(M-1)}, \quad (42)$$

Продолжая описанные процедуры, получим модель второго участка (k=2), для которой правые части ограничений определены поставками компонентов на первый участок ( $x_{h1}$ ):

$$\max_{x_{k1}^{ВЫХ}} \left\{ \sum_{k_{M-1}=1}^{k_{M-1}} y_{k2}^* x_{k2}^{ВЫХ} \right\}, \quad (43)$$

$$\sum_{k_2 \in k_1} a_{k2,k1} x_{k2}^{ВЫХ} = \frac{1}{a_{k1}} x_{k1} - B_{k1}, k_1 = \overline{1, K_1},$$

где  $a_{k1}$  является средним значением расходного коэффициента для первого участка.

Затем последовательным образом определяем оптимальное значение задач (34), (40), (43), то есть находим сбалансированные варианты выпуска запасных частей:

$$x_{k1}^{*ВЫХ}, \dots, x_{kM}^{*ВЫХ} \quad (44)$$

### **Заключение**

По итогам проведенного анализа были получены следующие результаты: максимальное воздействие на целевую функцию издержек оказывают штрафы за доставку и динамический расход запасных деталей на складе. При этом, на минимальный уровень запасов существенное влияние оказывают штрафы за отсутствие необходимого количества деталей на складе, в то время как на максимальный уровень запасов на складе деталей отопительного оборудования оказывает воздействие линейный показатель интенсивности запросов.

**Информация о конфликте интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Информация о финансировании.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

### **Список литературы**

1. Львович И.Я., Кравцова Н.Е., Чупринская Ю.Л. Особенности решений для обработки текстовых данных // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2019. № 1 (28). С. 89-92.
2. Исакова М.В., Горбенко О.Н. Об особенностях систем управления персоналом // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2014. № 12. С. 168-171.
3. Львович Я.Е., Питолин А.В., Сапожников Г.П. Многометодный подход к моделированию сложных систем на основе анализа мониторинговой информации // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 301-310.

4. Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н., Ружицкий Е. Проблемы работы с проектами при формировании бизнес-центров // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2021. № 1 (36). С. 107-109.
5. Преображенский Ю.П., Чопоров О.Н. Использование инструментов стратегического анализа в организациях // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2020. № 2 (33). С. 56-59.
6. Мэн Ц. Анализ методов классификации информации в интернете при решении задач информационного поиска // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. № 2 (13). С. 19.
7. Нурутдинов Р.Р., Шайхутдинов Р.Я., Зарипов Д.С., Гареева Г.А. Разработка приложения для контроля качества деталей на брак // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1. С. 77-89. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-77-89>
8. Терентьев А.В., Евтюков С.С., Пирогов Я.Е. Аналитическая модель организации грузовых перевозок в сложной транспортной системе мегаполиса // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1. С. 24-41. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-24-41>
9. Покровская О.Д., Мороз Ю.А., Меликов М.И. Трансформация рынка транспортных услуг в России в условиях международных санкций // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1. С. 197-211. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-197-211>
10. Мельников А.Р., Мельникова И.П., Мельникова М.А. О переходе от простой к комплексной модели организации экспедиторских и логистических услуг // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1-2. С. 36-42.

### *References*

1. L'vovich I.YA., Kravcova N.E., SHuprinskaya YU.L. Osobennosti reshenij dlya obrabotki tekstovyh dannyh [Features of solutions for text data processing]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij*, 2019, no. 1 (28), pp. 89-92.

2. Isakova M.V., Gorbenko O.N. Ob osobennostyah sistem upravleniya personalom [On the features of personnel management systems]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij*, 2014, no. 12, pp. 168-171.
3. L'vovich YA.E., Pitolin A.V., Sapozhnikov G.P. Mnogometodnyj podhod k modelirovaniyu slozhnyh sistem na osnove analiza monitoringovoj informacii [A multimethod approach to modeling complex systems based on the analysis of monitoring information]. *Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii*, 2019, vol. 7, no. 2 (25), pp. 301-310.
4. Preobrazhenskij YU.P., CHoporov O.N., Ruzhickij E. Problemy raboty s proektami pri formirovanii biznes-centrov [Problems of work with projects in the formation of business centers]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij*, 2021, no. 1 (36), pp 107-109.
5. Preobrazhenskij YU.P., CHoporov O.N. Ispol'zovanie instrumentov strategicheskogo analiza v organizacijah [The use of strategic analysis tools in organizations]. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij*, 2020, no. 2 (33), pp. 56-59.
6. Men C. Analiz metodov klassifikacii informacii v internete pri reshenii zadach informacionnogo poiska [Analysis of methods of classification of information on the Internet in solving problems of information search]. *Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii*, 2016, no. 2 (13), pp. 19.
7. Nurutdinov R.R., SHajhutdinov R.YA., Zaripov D.S., Gareeva G.A. Razrabotka prilozheniya dlya kontrolya kachestva detalej na brak [Development of an application for quality control of parts for marriage]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 77-89. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-77-89>
8. Terent'ev A.V., Evtyukov S.S., Pirogov YA.E. Analiticheskaya model' organizacii gruzovyh perevozok v slozhnoj transportnoj sisteme megapolisa [Analytical model of cargo transportation organization in the complex transport system of the metropolis]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 24-41. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-24-41>

9. Pokrovskaya O.D., Moroz YU.A., Melikov M.I. Transformaciya rynka transportnyh uslug v rossii v usloviyah mezhdunarodnyh sankcij [Transformation of the transport services market in Russia under international sanctions]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 197-211. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-197-211>
10. Mel'nikov A.R., Mel'nikova I.P., Mel'nikova M.A. O perekhode ot prostoj k kompleksnoj modeli organizacii ekspeditorskih i logisticheskikh uslug [On the transition from a simple to a complex model of organization of forwarding and logistics services]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1-2, pp. 36-42.

### **ДАНИЕ ОБ АВТОРАХ**

**Аветисян Татьяна Владимировна**, преподаватель

*Автономная некоммерческая профессиональная образовательная организация «Колледж Воронежского института высоких технологий»*

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация  
vtatyana\_avetisyan@mail.ru*

**Львович Яков Евсеевич**, доктор технических наук, профессор

*Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Воронежский институт высоких технологий»*

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация  
office@yandex.ru*

**Преображенский Андрей Петрович**, доктор технических наук, профессор

*Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Воронежский институт высоких технологий»*

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация  
Komkovvvt@yandex.ru*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Avetisyan Tatiana Vladimirovna**, Teacher

*College of the Voronezh Institute of High Technologies*

*73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation*

*vtatyana\_avetisyan@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3559-6070>*

**Yakov Y. Lvovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Voronezh Institute of High Technologies*

*73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation*

*office@yandex.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7051-3763>*

**Andrey P. Preobrazhenskiy**, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Voronezh Institute of High Technologies*

*73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation*

*Komkovvivot@yandex.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6911-8053>*

Поступила 13.02.2024

После рецензирования 25.03.2024

Принята 03.04.2024

Received 13.02.2024

Revised 25.03.2024

Accepted 03.04.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-295

УДК 656



Научная статья | Управление процессами перевозок

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

*С.М. Мочалин, И.В. Мирошина*

*В статье рассматривается логистическая цепь поставок как объект, который классифицируется по определенным признакам, определяются основные классификации, выявляется проблематика отсутствия транспортно-технологических признаков, которые имеют широкое влияние на движение материального потока по логистической цепи поставок.*

***Цель.** Определение классификационных признаков логистической цепи поставок, имеющих учет влияния параметров транспортного процесса.*

***Метод и методология проведения работы.** В статье использовались сравнительные и статистические методы анализа.*

***Результаты.** Среди известных и имеющихся в научном знании классификаций логистических цепей поставок нет такой классификации, которая бы учитывала изменение параметров транспортного процесса при движении материального потока от поставщика к потребителю.*

***Область применения результатов.** Полученные результаты целесообразно применять субъектами, осуществляющими деятельность, связанную с логистикой цепями поставок.*

***Ключевые слова:** логистическая цепь поставок; классификация; признак классификации*

***Для цитирования.** Мочалин С.М., Мирошина И.В. Классификация цепей поставок с учетом факторов транспортной логистики //*

*International Journal of Advanced Studies. 2024. T. 14, № 2. C. 81-103.  
DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-295*

Original article | Transportation Process Management

## CLASSIFICATION OF SUPPLY CHAINS BASED ON TRANSPORT LOGISTICS FACTORS

*S.M. Mochalin, I.V. Miroshina*

*The article considers the logistics supply chain as an object that is classified according to certain criteria, defines the main classifications, identifies the problem of the lack of transport and technological features that have a wide impact on the movement of material flow through the logistics supply chain.*

**Purpose.** *Determination the classification features of the logistics supply chain, considering the influence of the parameters of the transport process.*

**Methodology** *in article comparative and statistical methods of analysis were used in the article.*

**Results.** *Among the well-known and scientifically available classifications of logistics supply chains, there is no such classification that would consider the change in the parameters of the transport process during the movement of material flow from supplier to consumer.*

**Keywords:** *logistic supply chain; classification; classification feature.*

**For citation.** *Mochalin S.M., Miroshina I.V. Classification of Supply Chains based on Transport Logistics Factors. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 81-103. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-295*

Логистика служит важным элементом современного бизнеса, особенно в сфере транспортировки грузов. Логистика как объект исследования является набором элементов, процессов, опера-

ций и связей между ними, которые непосредственно выполняют главные функции производства, хранения, перемещения грузов, товарно-материальных ценностей от производителя до конечного потребителя, получателя последней мили. Одной из ключевых составляющих логистики считается логистическая цепь поставок.

Логистические цепи поставок формируют из себя многоуровневую систему контактов всех задействованных элементов. Таковы отметим грузоотправителей, поставщиков, грузополучателей, перевозчиков, экспедиторов, производителей и потребителей. Каждый из них по-своему важен и выполняет определенные функции, результат действий которых позволяет получить конструктивный, действенный поток материального движения грузов, товарно-материальных ценностей и услуг от первого участника до конечного.

Логистическая цепь поставок – это последовательность этапов, которые проходит товар от поставщика сырья до конечного потребителя. Она включает в себя транспортировку, хранение, упаковку, обработку заказов и другие процессы.

Для успешного функционирования логистической цепи поставок необходимо обеспечить координацию и взаимодействие между всеми участниками. Это достигается с помощью использования информационных технологий, стандартизации процессов, развития инфраструктуры, разработки методов и методик принятия эффективных управленческих решений при определении изменяемых параметров, способных влиять на структуру и процесс транспортировки.

Важным элементом логистической цепи поставок является транспортная инфраструктура. Она должна обеспечивать быстрое и надёжное перемещение товаров между участниками цепи. В России основными видами транспорта являются железнодорожный (позволяет перевозить единовременно большие партии грузов на дальние расстояния), автомобильный (дает возможность доставки от-двери-до-двери), воздушный (обладает высокой скоростью перемещения), водный (уникальный способ использования речных и морских путей).

В цепи поставок особое место занимает и складское хозяйство. Оно обеспечивает хранение товаров, их комплектацию и подготовку к отправке. Складские комплексы должны быть оснащены современным оборудованием и иметь удобные подъездные пути.

Не мало важным аспектом функционирования логистической цепи является управление запасами. Необходимо оптимизировать количество товаров на складах, чтобы избежать излишков и дефицита. Как правило, для этого используются методы прогнозирования спроса и управления запасами.

В настоящее время успешное функционирование любой компании в значительной степени зависит от своевременного обеспечения производства необходимыми ресурсами, учитывая их количество, качество и время поставки.

Разработка результативных, экономически обоснованных и технически эффективных систем функционирования логистических цепей поставок решает обозначенную выше проблематику. Такие системы должны быть пронизаны единством технологического, транспортного, сервисного взаимодействия, учитывать особенности узко направленных техник и технологий, ставить одной из задач уникальное качество услуг. При этом принимать во внимание необходимость снижения негативных последствий работ на окружающую среду.

Критерием успешной работы логистических цепочек является время доставки, минимальные общие затраты, ориентация на потребности рынка и потребителей. Примеры успешных логистических цепочек включают производственно-транспортные системы в строительстве, уборочно-транспортно-заготовительные системы для зерновых культур, овощей и фруктов, а также системы доставки хлебобулочных и молочных продуктов в торговые сети.

Вопросами организации функционирования логистической цепи поставок активно занимались исследователи, включая Д. Бауэрсокса, Д.Д. Уотерса, В.И. Сергеева, А.М. Гаджинского, С.М. Мочалина, Л.Л. Афанасьева, Н.Б. Островского, В.М. Курганова, В.Ф.

Ванчукевича, А.Э. Горева, В.А. Гудкова, Л.Б. Миротина и другие. Они внесли значительный вклад в области организации, планирования, управления и экономики логистических цепей поставок и грузовых автомобильных перевозок, используя различные методы, включая экономико-математические подходы, организацию планирования транспортных процессов и управления составляющими и их взаимодействием логистических цепей поставок.

Рассмотрим в этой статье основные действующие классификации цепей поставок, а также выделим основные признаки классификаций, которые предложены отечественными учеными.

Профессор Б. А. Аникин в совместной работе с доктором экономических наук А. П. Тяпухиным разработали классификацию цепей поставок, согласно которой выделяют следующие:

1. Прямая логистическая цепь поставок:

В такой логистической цепи материальные потоки поступают напрямую. Старт дает производитель, финиширует у потребителя. В автомобильной логистике это может быть доставка товаров от завода до склада или непосредственно к конечному потребителю.

2. Обратная логистическая цепь поставок:

Обратная логистическая цепь поставок включает в себя процессы возврата товаров от потребителя к производителю или поставщику. В автомобильной логистике это может быть связано с возвратом дефектных деталей от автосервисов или возвратом автомобилей после аренды.

3. Дистрибутивная логистическая цепь поставок:

Дистрибутивная логистическая цепь поставок включает процессы доставки товаров от производителя до посредников или розничных точек продажи. В автомобильной логистике это может быть доставка автомобилей от производителя до дилерских центров.

4. Интегрированная логистическая цепь поставок:

Интегрированная логистическая цепь поставок объединяет несколько процессов, которые осуществляются внутри организации или между несколькими организациями. В автомобильной

логистике это может быть сотрудничество между производителями, поставщиками компонентов и автодилерами для обеспечения бесперебойной поставки автомобилей на рынок.

#### 5. Международная логистическая цепь поставок:

Международная логистическая цепь поставок охватывает перемещение товаров и грузов через границы разных стран. В автомобильной логистике это может быть доставка автомобилей и автомобильных компонентов между разными странами.

#### 6. Многомодальная логистическая цепь поставок:

Многомодальная логистическая цепь поставок включает использование нескольких видов транспорта для доставки грузов от производителя до потребителя. В автомобильной логистике это может быть комбинация использования автомобильного, железнодорожного и морского транспорта для доставки автомобилей.

7. Логистическая цепь поставок с применением специализированного транспорта:

В некоторых случаях, для перевозки негабаритных или особо ценных грузов, используется специализированный транспорт, такой как специальные автомобильные транспортеры или грузовики с особыми конструкциями. В автомобильной логистике это может быть применение специализированных автомобилей для перевозки автомобилей с особыми требованиями.

Доктор экономических наук и Член Президиума Национального совета по цепям поставок Д. А. Иванов группирует в своих работах логистические цепи поставок по таким признакам:

1. Сложность структуры и число участвующих партнеров.
2. Используемая стратегия пополнения запасов.
3. Роды грузов.
4. Количество наименований грузов.
5. Объемный размер перевозок.
6. Стабильность грузопотока.
7. Габариты и объемы транспортных партий.
8. Характер и число задействованных видов транспорта.

9. Доминирование какого-либо вида транспорта.

10. Технология и условия грузопотока [5].

Здесь, по большей части, упор классификации сделан на характеристики груза без учета влияния транспортных составляющих конкретных транспортных средств.

Профессор НИУ ВШЭ Сергеев В.И. выработал классификацию цепей поставок по уровню сложности исследуемой системы. Она должна предоставлять понимание структуры субъектов, состав и строение связей головной точки с различными одноуровневыми или многоуровневыми участниками в лице поставщиков и потребителей материальных потоков.

Первым типом В.И. Сергеев выделил прямую логистическую цепь поставок. Такая цепь содержит в себе одну единицу каждого элемента: одну фокусную организацию, одного поставщика и одного потребителя. Связь между ними линейна и очевидна. Схематично она отображена на рисунке 1.

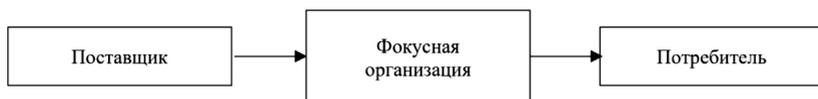


Рис. 1. Прямая логистическая цепь поставок

Следующим видом профессор Сергеев отмечает расширенную логистическую цепь поставок. Такая система должна содержать одну фокусную организацию, поставщиков первого и второго уровня, аналогично и с потребителями. Наглядно представлена на рисунке 2.

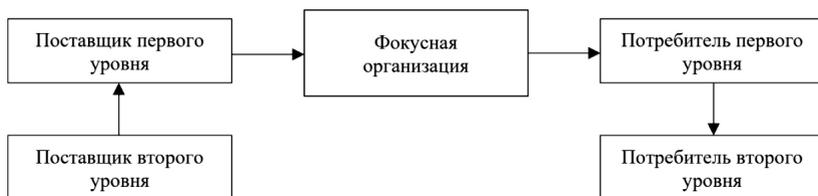


Рис. 2. Расширенная логистическая цепь поставок

Доктор экономических наук В.И. Сергеев отдельно формулирует описание максимальной логистической цепи поставок. Здесь уже появляются и другие участники движения материального потока, например, посредники, оказывающие услуги в логистической части, информационной или финансовой. Кратко изображено на рис. 3.

Парфенов М. А. предложил территориально-географическое деление цепей поставок. Он взял территориально-географические признаки разработал структуру классификации логистических цепей поставок по нему. Согласно этой классификации существуют локальные, национальные, международные, глобальные. Разработанный признак применяется при определении цепи поставки по территории прохождения материального потока. Учет транспортных составляющих не произведен.

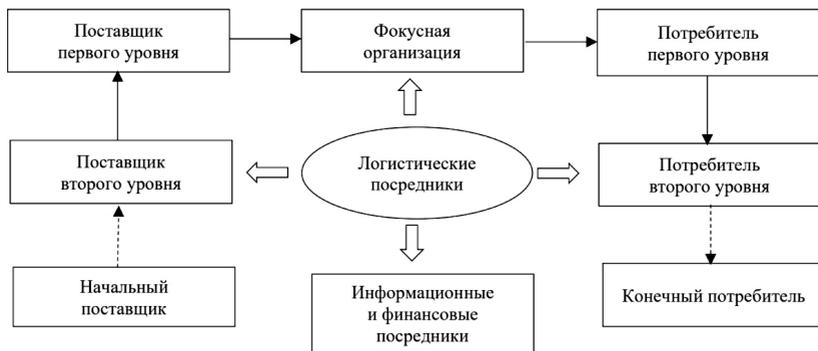


Рис. 3. Максимальная цепь поставок

Более детальной проработкой классификаций цепей поставок с учетом значимости типа перевозимого груза и его характеристик занимается доктор экономических наук Т. Н. Скоробогатова. За признаки классификации выбраны натурально-вещественный состав, количественный признак, вес грузов.

Автор первого российского учебника по логистике А. М. Гаджинский в своих трудах делит логистические цепи поставок на три вида по признаку связей между составляющими процесса.

1. Одноуровневая цепь (с прямыми связями) - цепи, в которых материальный поток доводится до потребителя без участия посредников [3].

Здесь классификационный признак заключается в размере потока материально-технических ценностей. При взаимодействии одного поставщика и одного потребителя имеется одна связь, для обслуживания такой логистической цепи поставок достаточно одного транспорта, выполняющего перевозки на регулярной основе в соответствии с потребностями и возможностями обоих участников процесса. При наложении такой классификации на методы транспортировки грузов получаем потребность в том, что необходимо выделить виды логистических цепей с учетом архитектуры маршрутов.

Микросистема. Один поставщик, один потребитель. Транспортное средство выполняет маятниковый маршрут с одной груженой ездой и одной ездой порожнего пробега.

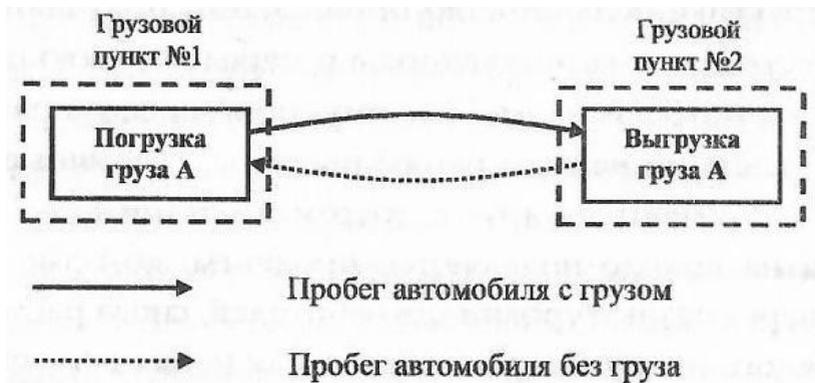


Рис. 4. Прямая цепь поставки для микросистемы

Особо малая система. Поставщик и потребитель являются потребителем и поставщиком при выполнении единицей транспортного средства ездки в первый пункт отправления. Характерно для маятниковых маршрутов с груженой обратной ездой (или частично груженой обратной ездой) и для кольцевых.

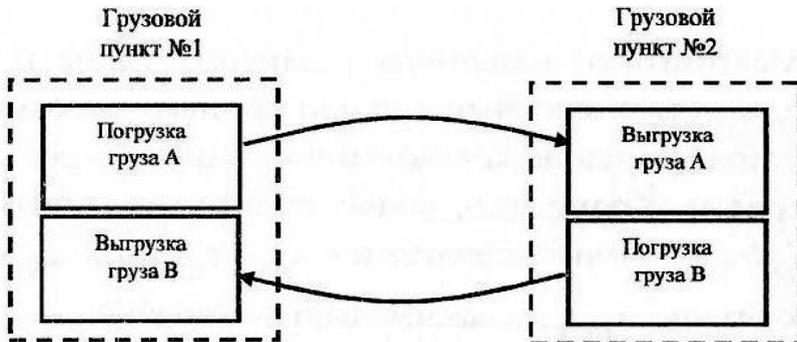


Рис. 5. Особо малая система прямой цепи поставки в проекции маятникового маршрута

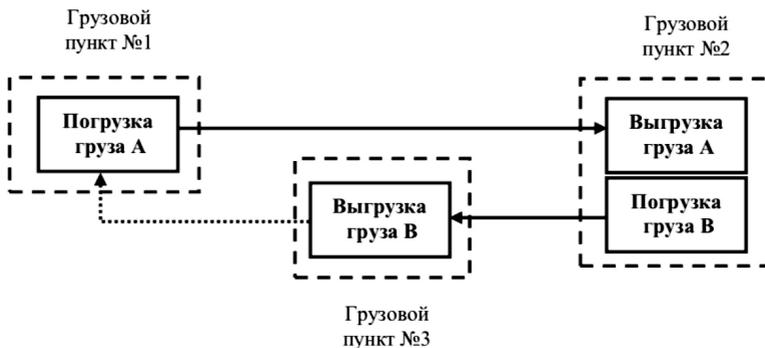


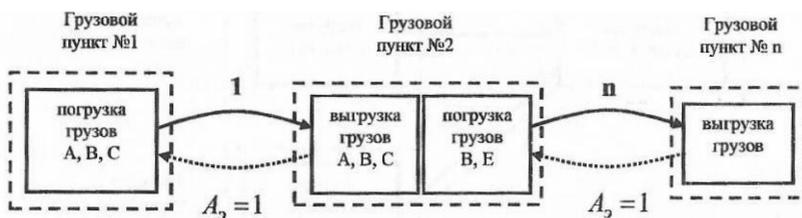
Рис. 6. Особо малая система прямой цепи поставки в проекции маятникового маршрута с частично груженой обратной ездой

Средняя система. Представляет собой совокупность нескольких микросистем, малых систем в зависимости от направления материального потока. Участник такой системы может принимать на себя функции грузоотправителя или получателя. При этом функционирование системы должно быть синхронизировано с функционированием каждой отдельной связи между элементами цепи поставок.

2. Многоуровневая цепь (с эшелонированными связями) – цепи, в которых материальный поток подвержен влиянию как минимум одного посредника между поставщиком и потребителем [3].

Классификационный признак с учетом транспортного фактора позволяет выделить здесь эшелонированные логистические цепи поставок. Основа таких систем базируется на совокупности ранее озвученных микросистем, особо малых систем и средних систем. Эшелонированные системы содержат в себе материальный поток, которых проходит через точку посредника. Здесь имеется множество транспортных факторов, способных оказать влияние на определённые параметры логистической цепи поставок от поставщика до потребителя.

Наглядно приведена схема эшелонированной цепи поставок на основе совокупности микросистем и особо малых систем на рисунках 7 и 8.



$n$  – количество звеньев.

Рис. 7. Эшелонированные цепи поставок на основе совокупности микросистем



Рис. 8. Эшелонированные цепи поставок на основе совокупности особо малых систем

3. Системы с гибкими логистическими связями – цепи, где перемещение материального потока осуществляется как по прямым связям, так и с участием посредников [3]. Множество логисти-

ческих цепей поставок, особо малых и малых систем продемонстрирована на рисунке 9.

Деление цепей на типы производится по признаку сложности транспортных схем, входящих в цепь, а также по признаку направления материального потока (от центрального пункта к периферийным или наоборот). При этом движение материального потока через центральный пункт может происходить только в одном направлении (слева – направо или наоборот), в противном случае данные цепи будут соответствовать одноуровневым цепям поставок, в которых осуществляется только завоз или только вывоз из центрального пункта.

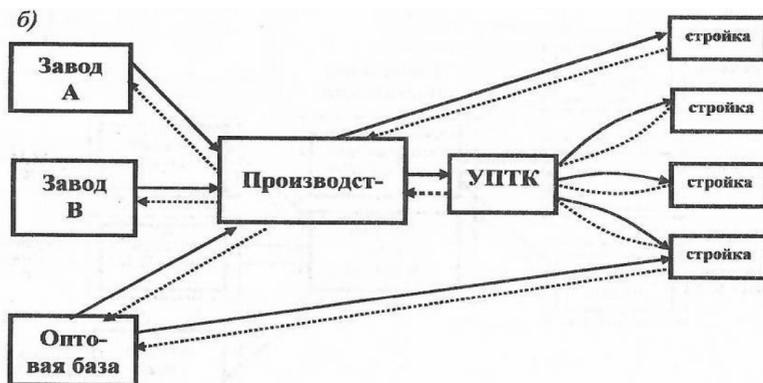


Рис. 9. Совокупность цепей поставок, особо малых и малых систем доставки грузов

Классификация логистических цепей предназначена для того, чтобы идентифицировать реальную ситуацию на практике для правильного применения управления. Классификация позволяет распознать объект применения. На основе разработанных классификационных признаков позволяет детально определиться с тем, что мы имеем.

Классификация логистических цепей поставок автомобильным транспортом может быть полезной для организации и оптимизации процессов доставки грузов. Каждый тип логистической цепи поставок имеет свои особенности и требует специфического

подхода. Правильное планирование и управление логистическими цепями поставок помогут повысить эффективность и надежность доставки грузов автомобильным транспортом.

Таким образом, сформулирован основополагающий принцип формирования транспортных схем перемещения материального потока. Однако главным фактором, влияющим на то, как же на самом деле будет происходить движение материального потока в рамках сформированных схем, является показатель, характеризующий величину материального потока или объем в единицу времени - мощность потока.

Этот показатель, как величина заказываемой партии в адрес одного получателя (или отправителя) будет рассматриваться относительно грузоместимости транспортных средств (ГВМ), поскольку, исходя из этого соотношения, будет видно: имеем ли мы дело с мелкопартионным потоком или с отправлениями, соответствующими ГВМ транспортного средства (полнопартионными). От этого будет зависеть не только конфигурация движения МП, но и как следствие, число звеньев-участников, входящих (формирующих) ту или иную транспортную схему доставки и количество работающих в ней транспортных средств.

Приведенные на рисунках схемы направлений межуровневого перемещения материального потока – это те составляющие ЛЦ, которые зачастую пересекаются друг с другом, и от этого зависит степень согласования деятельности каждого участника (звена).

В рамках транспортных схем, которые формируются относительно поставщиков (потребителей) того или иного уровня, движение МП может осуществляться по трем вариантам:

- напрямую – от одного отправителя к одному получателю;
- по кольцу – от одного отправителя к нескольким получателям (или наоборот) при отправке мелкими партиями;
- радиально – как некая совокупность одного или нескольких вариантов движения напрямую или по кольцу, сформированная относительно единого пункта отправления (назначения).

Таким образом, выбор организации движения МП (напрямую или по кольцу) определяется соотношением единичного  $q_{\text{зак}}$ , т.е. величины МП в адрес одного получателя, и ГВМ ТС. Если  $q_{\text{зак}}$  намного меньше ГВМ, то мы имеем дело с мелкой партией отправки и конфигурацией движения МП по кольцу. В случае, когда  $q_{\text{зак}}$  соответствует ГВМ ТС – движение МП организуется напрямую (полная партия отправки). Следует отметить, что если  $q_{\text{зак}} > \text{ГВМ ТС}$ , то данная формулировка классификационного признака не теряет смысла, поскольку любой  $q_{\text{зак}}$  подводится под одну из этих моделей (или их сочетание).

Размером заказа можно управлять во времени, можно удовлетворять его единовременно, подбирая соответствующие параметры ГВМ ТС или задействуя при этом необходимое количество ТС. Это свидетельствует о том, что каждая цепь поставок даже при неизменности параметров внешней среды может иметь при достаточной гибкости внутренних параметров системы альтернативные формы организации физического перемещения МП. Следовательно, одна из задач – это выбор наиболее оптимального варианта.

Возможность, а точнее необходимость управления размерами заказов во времени определяется, например, отношением суммарного входящего потока ( $Q_{\text{зак}}$ ) к пропускной способностью звена цепи ( $Q_{\text{max}}$ ). По данному соотношению различают цепи поставок:

- ненасыщенные,  $Q_{\text{зак}} < Q_{\text{max}}$ ;
- насыщенные,  $Q_{\text{зак}} = Q_{\text{max}}$ ;
- перенасыщенные,  $Q_{\text{зак}} > Q_{\text{max}}$ .

Как известно, мощность цепи поставок – это максимальное количество материалов, ГП, которое может пройти через нее за заданный промежуток времени. Общая мощность цепи определяется той ее частью, у которой самая низкая мощность. В этом месте в цепи возникает узкое место, «слабое звено». Для предотвращения их появления необходима гибкость в цепи, которая проявляется в результате моделирования управлением прохождения МП на каждой стадии.

Движение МП по цепи поставок всегда осуществляется в одном направлении – к потребителю. Но возможна и иная ситуация,

когда поставщики одновременно выступают в качестве потребителей. Таким образом, возникает обратный поток, примерами которого могут быть: ассортиментный обмен продукцией, возврат тары или некачественного товара.

По наличию обратного МП цепи поставок делятся на два вида:

- с односторонним потоком;
- с обратным потоком.

На состав участников цепи поставок, а также на требования к некоторым ее параметрам может оказывать влияние такой фактор, как территориальная протяженность. В предлагаемой классификации в соответствии с территориальными границами цепи поставок подразделяются на:

- городские, внутриобластные;
- внутри страны;
- международные.

Еще одним фактором, влияющим на структуру цепей поставок, являются особенности организации доставки грузов (перемещения МП) различными видами транспорта. В связи с этим, все цепи поставок по виду сообщения подразделяем на:

- автотранспортные;
- железнодорожные;
- водные;
- воздушные;
- смешанные.

Таким образом, любую цепь поставок с точки зрения формирования транспортных схем доставки можно представить как некую совокупность рассмотренных видов цепей. При этом декомпозиция начинается со звена, в котором сходится (или расходится) наибольшее количество материальных потоков и далее осуществляется по тому же принципу из оставшихся звеньев цепи.

Рассмотренную классификацию цепей поставок изобразим в виде схемы на рисунке 10.

В дальнейшем с позиций системного подхода и дискретности МП, а также на основании предложенной классификации будут исследо-

ваны закономерности протекания процессов в рамках цепей поставок (в т.ч. процессов формирования стоимости на каждом этапе прохождения МП) и построены модели их функционирования, которые необходимы для принятия обоснованных управленческих решений.

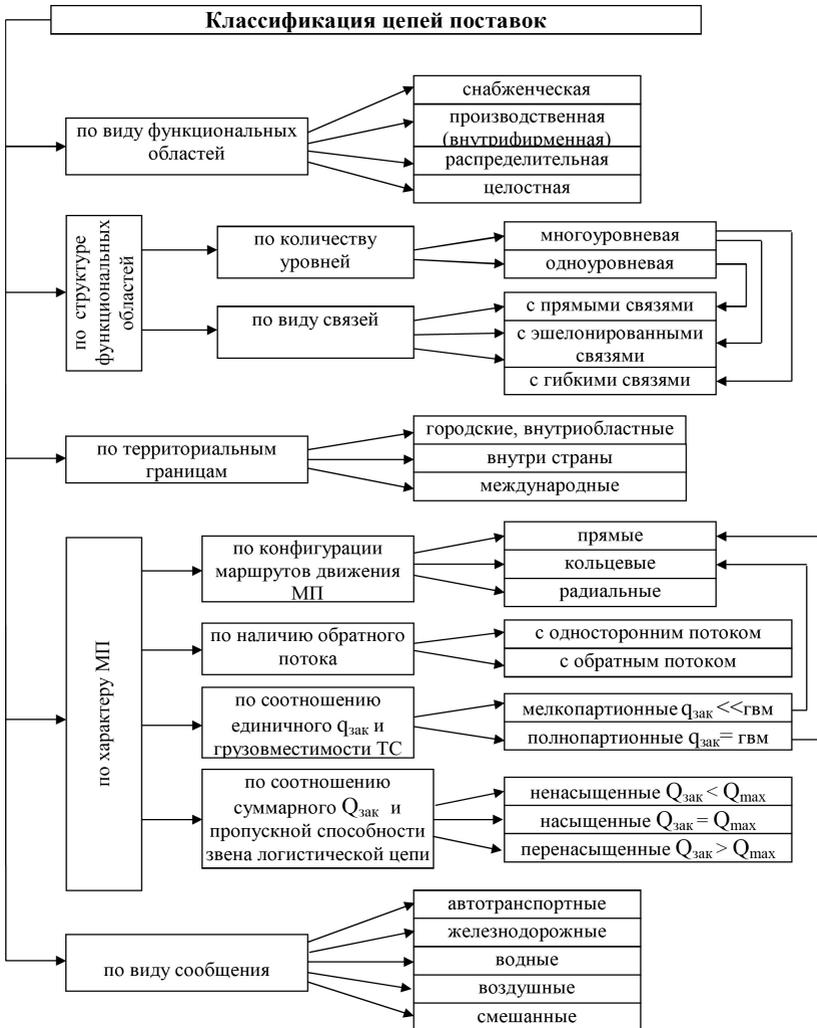


Рис. 10. Классификация цепей поставок

## **Выводы**

1. Логистическая цепь поставок является непростым механизмом, который обеспечивает движение товаров от поставщика сырья до конечного потребителя. Для его успешного функционирования необходимо координировать и взаимодействовать между всеми участниками, использовать современные информационные технологии и инфраструктуру.

2. В каждой логистической цепи поставок есть транспортные составляющие. Все процессы в логистической цепи находятся под влиянием единой цепи управления. Очевидна потребность согласования работы транспортного процесса. Их связывает единый материальный поток. Здесь возникает потребность изучения изменения системы под действием измененного параметра.

3. Все логистические цепи поставок связаны транспортным процессом. Транспорт функционирует по своим закономерностям. Неучет влияния этих закономерностей на ведет к принятию неверных управленческих решений при управлении, контроле и организации цепей поставок. Для каждой модели логистической цепи необходимо применение соответствующей модели управления транспортным процессом. При увеличении звеньев поставки, росте участников усложняются логистические цепи и транспортировка грузов. Как следствие, поведение усложняется и требуется внедрение другой модели, которая бы учитывала изменение параметров транспортных показателей и их влияние на процесс движения материального потока. Имея несколько видов поставок, которые отличаются между собой, мы предполагаем, что каждая цепь поставок требует использование соответствующей модели, с помощью которой мы можем рассчитать параметры системы.

Модель предполагает, как облегчить системе управления принятие решений. Цифровая модель отвечает на вопрос «что будет в системе, если?». Изменение параметров внутри модели позволит увидеть, как изменяются результирующие факторы системы.

4. На основании выполненного анализа получаем необходимость разработки детальной классификации логистических цепей поставок на основе параметров управления транспортом с учетом факторов транспортной логистики.

### *Список литературы*

1. Аникин Б. А., Тяпухин А. П. Коммерческая логистика: учебник. Москва: Проспект, 2015. 432 с.
2. Бочкарев А. А. Планирование и моделирование цепи поставок: Учебно-практическое пособие. М.: издательство «Альфа-Пресс», 2008. 192 с.
3. Гаджинский А. М. Логистика: учебник для высших учебных заведений по направлению подготовки “Экономика” / А. М. Гаджинский. – Москва: Дашков и К, 2011. 481 с. // ЭБС Booksite [сайт]. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/logist/text.pdf> (дата обращения: 04.05.2024).
4. Горностаев Г. В., Заруднев Д. И. равнение подходов к классификации цепей поставок с учетом формирования транспортных систем грузов // Прогрессивные технологии в транспортных системах. Оренбургский Государственный Университет, 2019.
5. Иванов Д. А. Управление цепями поставок. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2014. 659 с. // ЭБС Altair Book [сайт]. URL: <https://altairbook.com/books/5148200-upravlenie-ceruami-postavok.html> (дата обращения: 04.05.2024).
6. Коммерция и логистика теория и практика: Сборник научных трудов / под. ред. В.В. Щербакова, А.В. Парфенова, Е.А. Смирновой. СПб: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. С. 204.
7. Левкин Г. Г. Контроллинг и управление логистическими рисками: учебное пособие / Г. Г. Левкин, Н. Б. Куршакова. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 142 с.
8. Миротин Л.Б., Бульба А.В., Демин В.А. Логистика, технология, проектирование складов, транспортных узлов и терминалов. М.: Феникс, 2009. 408 с.

9. Миротин Л.Б., Николин В.И., Ташбаев Ы.Э. Транспортная логистика. Омск, 1994. 236 с.
10. Мочалин С.М. Развитие теории грузовых автомобильных перевозок по радиальным маршрутам: автореф. д. техн. н. М., 2004. 36 с.
11. Мочалин С.М., К.Б. Белозерова Применение принципов логистики в организации доставки грузов // Мир транспорта и технологических машин. 2010. №1 (28). С. 55-58.
12. Сергеев В.И. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов. М.: Инфра-М, 2015. С. 642.
13. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2001. 608 с.
14. Сергеев В.И. Менеджмент в бизнес-логистике. М.: Филинь, 1997. 772 с.
15. Парфенов М.А. Типология цепей поставок и особенности их потоковых процессов // Вестник АГТУ. Сер.: Экономика. 2010. №2. С. 167-169.
16. Уваров С. А. Логистика: общая концепция, теория, практика. СПб.: ИНВЕСТ-НП, 1996. 232 с.
17. Управление цепями поставок: Справочник издательства Gower / Под ред. Дж. Гатторны. М.: ИНФРА-М, 2008. 607 с.
18. Чебакова Е.О., Мочалин С.М., Варакин В.В. Техничко-экономическое планирование транспортного процесса в цепях поставок: монография. Омск: СибАДИ, 2009. 320 с.
19. Баурокс Д., Клосс Д. Логистика: интеграционная цепь поставок / Пер. с англ. М.: Олимп-Бизнес, 2001. 640 с.
20. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. Пер. с англ. М.: Советское радио. 1968. 325 с.
21. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок / Пер. с англ. СПб.: Питер, 2004. 316 с.
22. Сток Дж. Р., Ламберт Д. М. Стратегическое управление логистикой. М.: ИНФРА-М, 2005. 797 с.
23. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок / Пер. с англ. Серия «Зарубежный учебник». М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 503 с.

24. Управление цепями поставок. Пер. с англ. / Под ред. Дж. Гатгорны. М.: ИНФРА-М, 2008. 670 с.
25. Шапиро Дж. Моделирование цепи поставок: Пер. с англ. / Под ред. В.С. Лукинского. СПб.: Питер, 2006. 720 с.

### *References*

1. Anikin B. A., Tyapuhin A. P. *Kommercheskaya logistika* [Commercial logistics]. Moscow, 2015, 432 p.
2. Bochkarev A.A. *Planirovanie i modelirovanie tsepi postavok* [Planning and modeling of the supply chain: An educational and practical guide]: Moscow, 2008, 192 p.
3. Gadzhinskii A. M. *Logistika: uchebnik dlia vysshikh uchebnykh zavedenii po napravleniiu podgotovki "Ekonomika"* [Logistics: textbook for higher educational institutions in the field of Economics]. Moscow: Dashkov i K, 2011, 481 p. <https://www.booksite.ru/fulltext/logist/text.pdf>
4. Gornostalev G. V., Zarudnev D. I. *Sravnenie podhodov k klassifikatsii cepej postavok s uchetom formirovaniya transportnyh sistem gruzov* [Comparison of approaches to classification of supply chains with account formation of transport systems of delivery of goods]. *Progressive technologies in transport systems*. Orenburg State University, 2019.
5. Ivanov D. A. *Upravlenie tsepiami postavok* [Supply chain management]. St. Petersburg: 2014, 659 p. <https://altairbook.com/books/5148200-upravlenie-cepyami-postavok.html>
6. *Kommertsii i logistika teoriia i praktika* [Commerce and logistics theory and practice] / V.V. SHCHerbakova, A.B. Parfenova, E.A. Smirnovoi. SPb, 2010, 204 p.
7. Levkin G. G., Kurshakova N. B. *Kontrolling i upravlenie logisticheskimi riskami* [Controlling and management of logistic risks]. M., 2015, 142 p.
8. Mirotin L.B., Bul'ba A.V., Demin V.A. *Logistika, tekhnologiya, proektirovanie skladov, transportnyh uzlov i terminalov* [Logic, technology, design of warehouses, transport hubs and terminals]. M.: Feniks, 2009, 408 p.

9. Mirotin L.B., Nikolin V.I., Tashbaev Y.E. *Transportnaia logistika* [Transport logistics]. Omsk, 1994, 236 p.
10. Mochalin S.M. *Razvitie teorii gruzovykh avtomobil'nykh perezovozok po radial'nym marshrutam* [Development of the theory of truck transport by radial routes: autoref. doct. Technical sciences]. M., 2004, 36 p.
11. Mochalin S.M., K.B. Belozeroва *Primenenie printsipov logistiki v organizatsii dostavki gruzov* [Application of the principles of logistics in the organization of cargo delivery]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines], 2010, pp. 55-58.
12. Sergeev V.I. *Korporativnaia logistika. 300 otvetov na voprosy professionalov* [Corporate logistics. 300 answers to questions from professionals]. Moscow, 2015, 642 p.
13. Sergeev V.I. *Logistika v biznese* [Logistics in business]. Moscow, 2001, 608 p.
14. Sergeev V.I. *Menedzhment v biznes-logistike* [Management in business logistics], 1997, 772 p.
15. Parfenov M.A. *Tipologiya tsepei postavok i osobennosti ikh potokovykh protsessov* [Typology of supply chains and features of their flow processes]. *Vestnik AGTU. Ser.: Ekonomika*, 2010, no. 2, pp. 167-169.
16. Uvarov S. A. *Logistika: obshchaia kontseptsiiia, teoriia, praktika* [Logistics: general concept, theory, practice]. St. Petersburg, 1996, 232 p.
17. *Upravlenie tsepiami postavok: Spravochnik izdatel'stva Gower* [Supply chain management: Gower Publishing House Handbook] / ed. Dzh. Gattorny. Moscow, 2008, 607 p.
18. Chebakova E.O., Mochalin S.M., Varakin V.V. *Tekhniko-ekonomicheskoe planirovanie transportnogo protsessa v tsepiakh postavok* [Technical and economic planning of the transport process in supply chains: monograph]. Omsk: SibADI, 2009, 320 p.
19. Bauersox D., Kloss D. *Logistika: integracionnaya cep' postavok* [Logistics: an integrated supply chain], 2001, 640 p.
20. Wiener N. *Kibernetika ili upravlenie i svyaz' v zhitvotnom i mashine* [Cybernetics or control and communication in the animal and the machine]. 1968, 325 p.

21. Christopher M. *Logistika i upravlenie tsepochkami postavok* [Logistics and supply chain management], 2004, 316 p.
22. Stock J.R., Lambert D. M. *Strategicheskoe upravlenie logistikoi* [Strategic logistics management]. Moscow, 2005, 797 p.
23. Waters D. *Logistika. Upravlenie tsep'iu postavok* [Logistics. Supply chain management], 2003, 503 p.
24. *Upravlenie tsepiami postavok* [Supply chain management], 2008, 670 p.
25. Shapiro J. *Modelirovanie tsepi postavok* [Supply chain modeling], 2006, 720 p.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Мочалин Сергей Михайлович**, профессор кафедры «Экономика, логистика и управление качеством», профессор кафедры «Организация перевозок и безопасность движения», доктор технических наук  
*Сибирский Государственный Автомобильно-дорожный Университет*  
*пр-кт Мира, 5 г. Омск, Омская область, 644080, Российская Федерация*  
*tochalin\_sm@mail.ru*

**Мирошина Ирина Вячеславовна**, аспирант

*Сибирский Государственный Автомобильно-дорожный Университет*  
*пр-кт Мира, 5 г. Омск, Омская область, 644080, Российская Федерация*  
*permyakovaiv@mail.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Sergey M. Mochalin**, Professor of the Department «Economics, Logistics and Quality Management», Professor of the Department «Organization of transportation and traffic safety», Deputy Director of the Institute «Motor transport, oil and gas and

construction equipment» for Scientific Activities, Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences  
*Siberian State Automobile and Road University*  
5, Mira Str., Omsk, Omsk region, 644080, Russian Federation  
*mochalin\_sm@mail.ru*

**Irina V. Miroschina**, Graduate student  
*Siberian State Automobile and Road University*  
5, Mira Str., Omsk, Omsk region, 644080, Russian Federation  
*permyakovaiv@mail.ru*

Поступила 27.05.2024

После рецензирования 25.06.2024

Принята 30.06.2024

Received 27.05.2024

Revised 25.06.2024

Accepted 30.06.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-296

УДК 656.07



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

*Н.С. Захаров, Е.С. Козин*

*В исследовании приведено обоснование использования эволюционных методов или генетических алгоритмов для технологического проектирования вновь сооружаемых или модернизируемых станций технического обслуживания автомобилей. Генетические алгоритмы являются одним из видов моделей машинного обучения и активно используются для решения многофакторных оптимизационных задач. Задачей такого типа является поиск технических параметров предприятия сервиса автомобилей, при которых экономические показатели его деятельности будут соответствовать установленным пользователем ограничениям по прибыли или капитальным затратам. В работе приведены параметры разработанной модели, функции приспособленности, а также приведена оценка эффективности использования метода генетических алгоритмов относительно метода простого перебора разных вариантов сочетаний исходных факторов.*

**Цель:** *повышение эффективности управления предприятиями автомобильного транспорта путем использования для задач стратегического планирования метода генетических алгоритмов.*

**Метод и методология проведения работы.** *В исследовании используется метод генетических алгоритмов для решения многокритериальной задачи обратной оптимизации при технологическом проектировании станции технического обслуживания автомобилей*

**Результаты.** Обосновано использование метода генетических алгоритмов для проектирования станций технического обслуживания и предприятий по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей с учетом установленных в начале проектирования ограничений или целевых показателей.

**Область применения результатов.** Результаты исследования могут быть использованы руководством предприятий по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей при их проектировании, стратегическом планировании деятельности и модернизации.

**Ключевые слова:** технологическое проектирование; автомобили; генетические алгоритмы; оптимизация; сервис

**Для цитирования.** Захаров Н.С., Козин Е.С. Технологическое проектирование станций технического обслуживания автомобилей с использованием генетических алгоритмов // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 2. С. 104-122. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-296

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

## TECHNOLOGICAL DESIGN OF CAR SERVICE STATIONS USING GENETIC ALGORITHMS

**Zakharov N.S., Kozin E.S.**

*The study describes the use of evolutionary methods or genetic algorithms for the technological design of newly constructed or modernized car service stations. Genetic algorithms are one of the types of machine learning models and are actively used to solve multifactor optimization problems. A task of this type is to search for the technical parameters of a car service enterprise under which the economic indicators of its activities will correspond to the profit or capital cost restrictions set by the user. The paper presents the parameters of the developed model, fitness functions, and also provides an assessment of the effectiveness*

*of using the method of genetic algorithms relative to the method of simply enumerating different options for combinations of initial factors.*

**Purpose.** *Increasing the efficiency of management of road transport enterprises by using the method of genetic algorithms for strategic planning tasks.*

**Methodology.** *The research uses the method of genetic algorithms to solve a multi-criteria reverse optimization problem in the technological design of a car service station*

**Results.** *The use of the method of genetic algorithms for the design of service stations and enterprises for the maintenance and repair of vehicles is justified, taking into account the restrictions or targets established at the beginning of the design.*

**Practical implications.** *The results of the research can be used by the management of enterprises for the maintenance and repair of vehicles in their technological design, strategic planning of activities and modernization.*

**Keywords:** *technological design; cars; genetic algorithms; optimization; service*

**For citation.** *Zakharov N.S., Kozin E.S. Technological Design of Car Service Stations using Genetic Algorithms. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 104-122. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-296*

## **Введение**

Главной методической основой для определения технических параметров проектируемых станций технического обслуживания (СТО) автомобилей является технологический расчет [3]. На его итоговых показателях формируется экономическое обоснование работы СТО, определяются доходы, совокупные затраты и капитальные вложения для запуска готового бизнеса [1]. Существующие методики технологического расчета базируются на принятых еще в конце прошлого века нормах технологического проектирования, которые в настоящее время не действуют и во

многим потеряли свою актуальность [4]. Методика основывается на прогнозе числа автомобиле-заездов клиентов на СТО, после чего определяются такие параметры как трудоемкость работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р) автомобилей, количество постов, площади производственных помещений, что в свою очередь позволяет рассчитать экономическую эффективность работы станции и требуемые стартовые вложения [10, 21]. Это «технологический» подход к определению параметров СТО. На практике чаще применяется «рыночный» подход, когда у собственника есть определенный стартовый капитал, который он может направить на открытие СТО и закупку необходимого оборудования [12]. И ему приходится решать задачу подбора будущих параметров станции «наоборот», подгоняя технические аспекты под имеющиеся средства. Прогнозирование осложняется тем, что в качестве цели собственник может выбрать как показатели текущей прибыли от работы предприятия, так и сокращение срока возврата инвестиций [11]. В этом случае классический технологический расчет в чистом виде использовать невозможно, поскольку рассматриваемая задача является многофакторной обратной оптимизационной задачей, когда начальные параметры должны быть подобраны, исходя из величины конечного показателя. Сама по себе методика технологического расчета при должной корректировке и актуализации заложенных в него нормативов является рабочим инструментом, однако изменения произошли в подходе к ее использованию. Технические параметры в настоящее время подбираются либо под размеры имеющегося участка или здания, либо под величину начального капитала для запуска бизнеса. В таких условиях алгоритмически можно производить технологический расчет при всех возможных сочетаниях исходных факторов, пока получившийся результат не будет соответствовать искомому значению, например, имеющимся финансовым возможностям организатора. В компьютерных науках этот метод принято называть методом простого перебора или Brute Force

(BF) [7]. Однако он признан неэффективным, поскольку ведет к геометрическому увеличению количества расчетов и к высокой трудоемкости их интерпретации, а зачастую и к невозможности реализации при большом количестве вариантов сочетаний исходных значений [5].

Альтернативой методам простого перебора значений для решения задач оптимизации является метод эволюционных (или генетических) алгоритмов [16]. Такого рода алгоритмы решают сложные задачи с применением концептуальных подходов, аналогичных основным положениям теории эволюции биологических видов [15]. Жизненный цикл генетического алгоритма состоит из нескольких этапов:

1. Создание популяции возможных решений
2. Оценка приспособленности особей в популяции
3. Выбор родителей на основе их приспособленности
4. Воспроизводство потомства
5. Создание следующего поколения и оценка его приспособленности [20].

Приведенные выше этапы реализуются в несколько циклов до момента определения глобального оптимума на рассматриваемом пространстве решений [18].

### **Цель работы**

Таким образом, целью исследования является повышение эффективности управления предприятиями автомобильного транспорта путем использования для задач стратегического планирования метода генетических алгоритмов. Научной новизной исследования является обоснование возможности применения эволюционных методов для технологического расчета станций технического обслуживания автомобилей, а также структура и параметры разработанной модели. Практической значимостью исследования является разработка инструмента для определения технических параметров проектируемых или модернизируемых предприятий с учетом входных ограни-

чений по имеющимся средствам или установленным целевым экономическим показателям.

### Материалы и методы исследования

Рассмотрим решение задачи поиска оптимальных параметров функционирования станции технического обслуживания в терминологии генетических алгоритмов. Рассматриваемая задача относится к типу обратных оптимизационных задач, условие которой представлено выше, и может быть сформулирована следующим образом: требуется определить такие входные факторы, при которых один или несколько выходных параметров будет соответствовать заданным пользователем значениям или стремиться к точке экстремума [2, 8]. В качестве методической основы используется технологический и экономический расчет станции технического обслуживания автомобилей [9]. Расчеты были незначительно упрощены для исключения вариантов ветвлений, связанных с выбором различных методов организации ТО и ТР, а также с распределением суммарной трудоёмкости между зонами и участками [14].

Входные параметры для расчетов следующие:

1. Годовое количество условно обслуживаемых на станции автомобилей  $N_{\text{СТО}}$  [13];
2. Количество автомобиле-заездов в год  $d$ ;
3. Среднегодовой пробег автомобиля  $L_p$ , км;
4. Число рабочих дней в году,  $D_{\text{раб.г}}$ ;
5. Продолжительность смены  $T_{\text{см}}$ , ч
6. Число смен  $C$ , ед.
7. Стоимость нормо-часа работ,  $C_{\text{нч}}$ , руб [19].

Выходные параметры расчета можно определить следующие:

1. Доходы:  $D$ , руб.;
2. Налоги:  $НВ$ , руб;
3. Прибыль:  $П$ , руб;
4. Точка безубыточности:  $T_{\text{б.у}}$ , чел-ч;



ется путем случайной инициализации значений генов в пределах установленных в параметрах алгоритма границ.

Следующим этапом является определение функции приспособленности особей или фитнес-функции. Эта функция выполняет роль целевой для генетического алгоритма и показывает степень соответствия выбранной популяции решений заданному (оптимальному) варианту. Чем выше приспособленность конкретной популяции, тем больше генов от родителей переходит к потомкам. Аллели генов родителей с низкой приспособленностью исключаются из эволюционного процесса по мере реализации следующих циклов. Для условий рассматриваемой задачи функция приспособленности может базироваться на выбранном пользователе значении выходного параметра экономического расчета СТО и стремиться либо к максимизации (в случае Д, П, Р), либо к минимизации (в случае НВ,  $T_{б.у.}$ ,  $T_{ок}$ ) значений [6]. Для используемого фреймворка в случае решения задачи максимизации фитнес-функция будет задаваться отрицательным значением целевого показателя и положительным для минимизации. Функция приспособленности будет иметь вид:  $\Pi \rightarrow \max$ .

Общий вид функции приспособленности представлен на рис. 2.

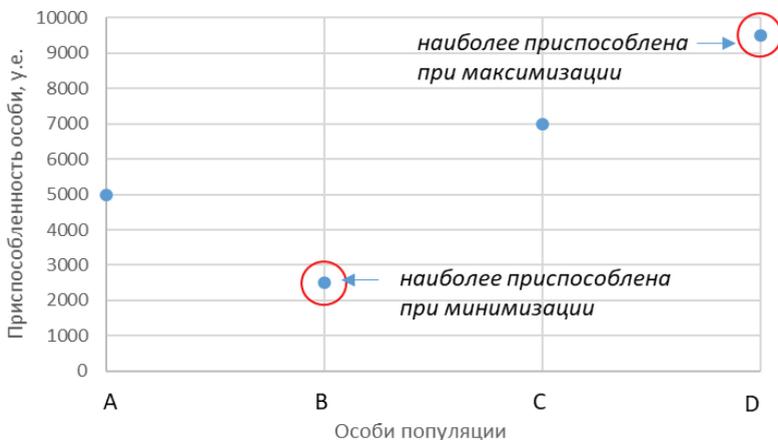


Рис. 2. Оценка приспособленности особей

Из всей популяции, приведенной на рисунке 2, при решении задач максимизации особь D будет иметь самую высокую приспособленность. Следовательно, ее гены для наследования будут более важными, чем гены других особей. Поэтому именно она будет с большей вероятностью использована для воспроизводства потомства.

При этом для смены поколений существует несколько моделей. Стационарная модель предполагает сохранение большей части популяции и замену новым потомством только небольшой группы особей, процент которых устанавливается в параметрах алгоритма. Поколенческая модель предполагает полную смену популяции каждое поколение. При этом у хромосом с более высоким показателем приспособленности больший шанс быть выбранными для наследования генов потомству. В созданной модели использовался стационарный подход с заданным процентом замещения популяции родителей (30%).

После отбора родителей наступает процесс воспроизведения ими нового потомства. Этот процесс состоит из двух частей: смешивания части хромосом первого и второго родителя (кроссинговера) и случайного изменения генов потомка для улучшения популяции (мутации). В работе использовался однородный (uniform) кроссинговер, предполагающий наследование множества частей от обоих родителей. Для этого случайным образом генерируется маска, представляющая, какие гены родителя будут использованы для создания потомка. Мутация предполагает замену случайного гена потомка на число из допустимого диапазона значений. Установленный для модели параметр мутаций составляет 1% от общего количества генов. Процесс реализации воспроизводства потомства для поиска оптимальных параметров СТО представлен на рисунке 3.

Условием остановки модели может быть либо прохождение заданного количества итераций, либо стагнация функции приспособленности, т.е. ситуация, когда модель на протяжении нескольких поколений получает похожие решения. При моделировании в настоящем исследовании использовался первый подход.

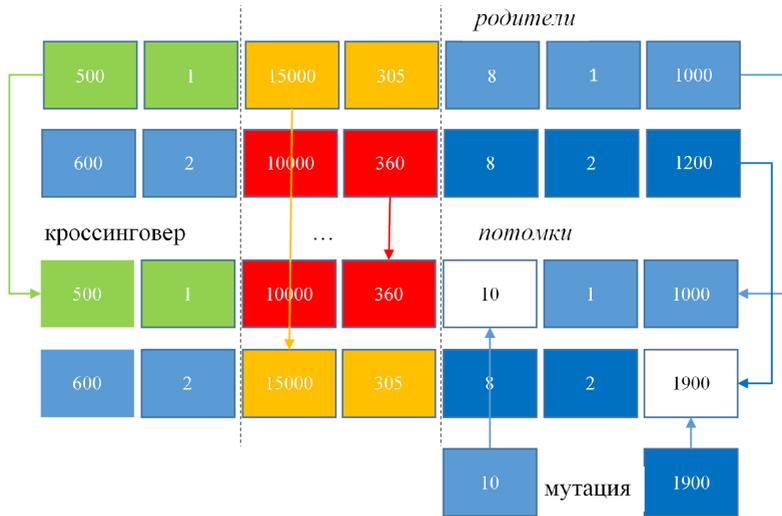


Рис. 3. Равномерный кроссинговер и мутация при воспроизводстве потомства

## Результаты исследования и их обсуждение

Параметры разработанной модели генетического алгоритма для решения задачи поиска входных параметров СТО для максимизации прибыли предприятия представлены ниже в таблице 1.

Таблица 1.

Параметры разработанной модели генетического алгоритма

№	Параметр	Значение
1	Максимальное число итераций, ед.	10
2	Размер популяции, ед.	100
3	Вероятность мутации гена, %	1
4	Процент выбора элитных особей, %	1
5	Процент передачи родительских генов при кроссинговере, %	90
6	Процент потомства из генов родителей, %	30
7	Тип кроссинговера	равномерный
8	Количество итераций без значительного улучшения фитнес-функции, ед.	5
9	Размерность входящего вектора признаков, ед.	7
10	Тип значений генов	дискретные

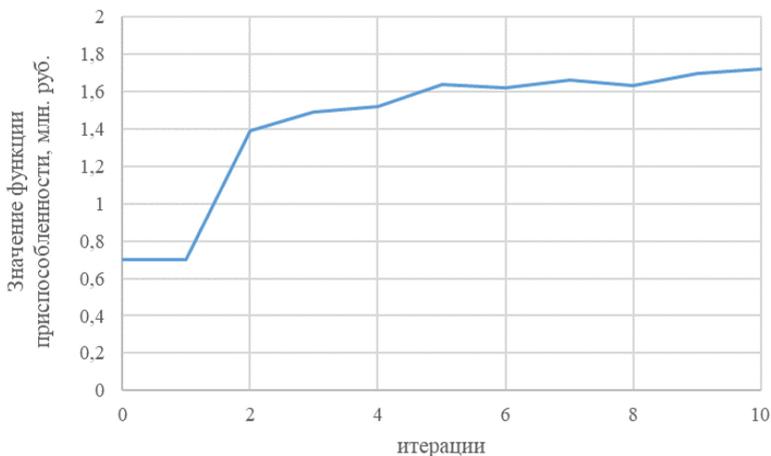
В результате работы модели генетического алгоритма с установленными выше параметрами, границами входных данных, а также определенной для максимизации значений функции приспособленности были получены следующие значения входящих факторов, позволяющие получить максимальную расчетную величину прибыли станции технического обслуживания. Для наглядности полученные методом результаты были сравнены с результатами оптимизации по методу простого перебора всех вариантов значений (таблица 2).

Таблица 2.

**Перечень значений факторов для определенного моделью генетического алгоритма оптимального решения**

№	Показатель	Оптимальное значение по методу генетического алгоритма	Оптимальное значение по методу перебора значений
1	Годовое количество условно обслуживаемых на станции автомобилями $N_{\text{сто}}$ ;	834	900
2	Количество автомобиле-заездов в год $d$ ;	4	4
3	Среднегодовой пробег автомобиля $L_p$ , км;	18000	20000
4	Число рабочих дней в году, $D_{\text{раб.д}}$ ;	355	360
5	Продолжительность смены $T_{\text{см}}$ , ч	11	12
6	Число смен $C$ , ед.	1	1
7	Стоимость нормо-часа работ, $C_{\text{нч}}$ , руб.	1889	1900

Результаты, полученные методом генетических алгоритмов, близки к результату, полученному методом ВФ. Итоговое значение функции приспособленности для оптимального решения эволюционным методом равно 17244995 руб. Значение прибыли при методе перебора равно 20,8 млн. руб. Изменение функции приспособленности в зависимости от итераций модели генетического алгоритма представлено на рисунке 4.



**Рис. 4.** Значение функции приспособленности по итерациям модели

Полученные параметры оптимального решения используются в качестве входных данных для подробного технологического и экономического расчета проектируемого предприятия.

Следует отметить, что генетический алгоритм является стохастическим и при каждой реализации выдает различные значения показателей, которые, однако, являются достаточно близкими. Также необходимо учитывать, что алгоритм приводит в качестве оптимального одно из существующих в популяции особей решение. То есть существует ряд близких по совокупности значений решений, из которых пользователь получает только одно. Поэтому повторные запуски модели могут дать еще несколько приемлемых вариантов, которые пользователь может проанализировать. Количество возможных сочетаний вариантов по методу brute force было равно 48384 при том, что шаг значений для факторов  $N_{\text{СТО}}$ ,  $L_r$ ,  $D_{\text{раб.г}}$ ,  $C_{\text{нч}}$  при сохранении указанных выше границ был намного больше единицы (100, 5000, 20, 100 соответственно) для избегания переполнения стека памяти. Время реализации генетического алгоритма, определенного с помощью декоратора @timeit, было равно 1,11 с., а метода brute force 0,56 с. Если уста-

новить для метода ВГ такое же количество шагов изменения каждого фактора, как и для эволюционного метода, то расчет вообще невозможно реализовать из-за зависания программы.

### **Заключение**

Генетические алгоритмы можно использовать для решения задач оптимизации технологических параметров станций технического обслуживания автомобилей. При этом данный метод позволяет достичь искомого решения за меньшее количество итераций и меньших затратах вычислительных мощностей. При большом количестве исходных факторов и шагов изменения значений метод генетических алгоритмов вообще представляется единственно возможным, поскольку другие методы, основанные на переборе всех сочетаний факторов, встречаются с ограничением объемов оперативной памяти и не могут быть реализованы на обычных персональных компьютерах.

Метод генетических алгоритмов относится к методам решения оптимизационных задач машинного обучения. Его можно эффективно использовать для проектирования станций технического обслуживания и предприятий по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей с учетом установленных в начале проектирования ограничений или целевых показателей. Предлагаемый метод позволяет изменить подход к проектированию предприятий, «подбирая» конкретные технологические параметры предприятия под желаемый результат, при этом позволяя производить расчеты для моделей с большим количеством факторов и диапазоном изменения их параметров.

### ***Список литературы***

1. Карагодин В.И. Эффект от учета взаимосвязи производственных участков при проектировании станции технического обслуживания автомобилей / В.И. Карагодин, В.О. Малютин // Автотранспортное предприятие. 2015. № 2. С. 21-24.

2. Козин Е.С. Система поддержки принятия решений по управлению станцией технического обслуживания автомобилей // Транспорт Урала. 2022. № 3 (74). С. 73-77.
3. Лялин К.В. Технологический расчет и планировка станций технического обслуживания автомобилей: учебное пособие / К. В. Лялин, В. П. Лялин. Екатеринбург: РГППУ, 2019. 124 с.
4. Соколова А.В. Обоснование мощности дорожной станции технического обслуживания автомобилей / А.В. Соколова, А.В. Маркелов, В.А. Масленников, Д.А. Павлов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2020. № 4. С. 5-14.
5. Adomavicius G. et al. Workshop on Context-Aware Recommender Systems 2023 // Proceedings of the 17th ACM Conference on Recommender Systems. 2023. P. 1234-1236. <https://doi.org/10.1609/aimag.v32i3.2364>
6. Antuori V. et al. Combining Monte Carlo tree search and depth first search methods for a car manufacturing workshop scheduling problem // International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming. 2021. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.CP.2021.14>
7. Baturu C. et al. Brute force algorithm implementation of dictionary search // Jurnal Info Sains: Informatika dan Sains. 2020. Vol. 10. № 1. С. 24-30. <http://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/InfoSains>
8. Chan T. C. Y., Mahmood R., Zhu I. Y. Inverse optimization: Theory and applications // Operations Research. 2023. <https://arxiv.org/abs/2109.03920>
9. Fayziyev P. R. et al. Organization of technological processes for maintenance and repair of electric vehicles // International Journal of Advance Scientific Research. 2022. Vol. 2. № 03. С. 37-41. <https://doi.org/10.37547/ijasr-02-03-06>
10. Fu C. et al. A two-stage robust approach to integrated station location and rebalancing vehicle service design in bike-sharing systems // European Journal of Operational Research. 2022. Vol. 298. № 3. С. 915-938. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.06.014>
11. Gössling S., Kees J., Litman T. The lifetime cost of driving a car // Ecological Economics. 2022. Vol. 194. P. 107335. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107335>

12. Hong J., Kim B., Oh S. The relationship benefits of auto maintenance and repair service: A case study of Korea // Behavioral Sciences. 2020. Vol. 10. № 7. P. 115. <https://doi.org/10.3390/bs10070115>
13. Ikromov I. A., Abduraximov A. A., Fayzullayev H. Experience and prospects for the development of car service in the field of car maintenance // ISJ Theoretical & Applied Science. 2021. Vol. 11. № 103. P. 344-346. <https://doi.org/10.15863/TAS.2021.11.103.25>
14. Jain N. K., Singh A. K., Kaushik K. Evaluating service quality in automobile maintenance and repair industry // Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics. 2020. Vol. 32. № 1. P. 117-134. <https://doi.org/10.1108/APJML-07-2018-0277>
15. Katoch S., Chauhan S. S., Kumar V. A review on genetic algorithm: past, present, and future // Multimedia tools and applications. 2021. Vol. 80. P. 8091-8126. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6>
16. Lambora A., Gupta K., Chopra K. Genetic algorithm-A literature review // 2019 international conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing (COMITCon). IEEE, 2019. P. 380-384. <https://doi.org/10.1109/COMITCon.2019.8862255>
17. Liu P., Wang G., Su P. Optimal maintenance strategies for warranty products with limited repair time and limited repair number // Reliability Engineering & System Safety. 2021. Vol. 210. P. 107554. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107554>
18. Papadimitriou D., Li J. Constraint Inference in Control Tasks from Expert Demonstrations via Inverse Optimization // 2023 62nd IEEE Conference on Decision and Control (CDC). IEEE, 2023. P. 1762-1769. <https://arxiv.org/abs/2304.03367>
19. Turoń K., Kubik A. Economic aspects of driving various types of vehicles in intelligent urban transport systems, including car-sharing services and autonomous vehicles // Applied Sciences. 2020. Vol. 10. № 16. P. 5580. <https://doi.org/10.3390/app10165580>
20. Wang Z. Z., Sobey A. A comparative review between Genetic Algorithm use in composite optimisation and the state-of-the-art in evolutionary computation // Composite Structures. 2020. Vol. 233. P. 111739. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111739>

21. Wuttikun K. et al. Service Station Modelling Through Enterprise Architecture: Business Intelligence and Customer Engagement of Top Service Stations in Thailand // 2021 5th National Conference on Advances in Enterprise Architecture (NCAEA). <https://doi.org/10.1109/NCAEA54556.2021.9690506>

### *References*

1. Karagodin V.I. Effekt ot ucheta vzaimosvyazi proizvodstvennykh uchastkov pri proektirovanii stantsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobily [The effect of taking into account the relationship of production areas when designing a car service station]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2015, no. 2, pp. 21-24.
2. Kozin E.S. Sistema podderzhki prinyatiya resheniy po upravleniyu stantsiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobily [Decision support system for car service station management]. *Transport Urala*, 2022, no. 3 (74), pp. 73-77.
3. Lyalin, K.V. *Tekhnologicheskii raschet i planirovka stantsiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobily: uchebnoe posobie* [Technological calculation and planning of car service stations]. Ekaterinburg: RGPPU, 2019, 124 p.
4. Sokolova, A.V. Obosnovanie moshchnosti dorozhnoy stantsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya avtomobily [Justification of the capacity of a road vehicle maintenance station]. *Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya*, 2020, no. 4, pp. 5-14.
5. Adomavicius G. et al. Workshop on Context-Aware Recommender Systems 2023. *Proceedings of the 17th ACM Conference on Recommender Systems*, 2023, pp. 1234-1236. <https://doi.org/10.1609/aimag.v32i3.2364>
6. Antuori V. et al. Combining Monte Carlo tree search and depth first search methods for a car manufacturing workshop scheduling problem. *International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming*, 2021. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.CP.2021.14>
7. Baturu C. et al. Brute force algorithm implementation of dictionary search. *Jurnal Info Sains: Informatika dan Sains*, 2020, vol. 10, no. 1, pp. 24-30. <http://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/InfoSains>

8. Chan T. C. Y., Mahmood R., Zhu I. Y. Inverse optimization: Theory and applications. *Operations Research*, 2023. <https://arxiv.org/abs/2109.03920>
9. Fayziyev P. R. et al. Organization of technological processes for maintenance and repair of electric vehicles. *International Journal of Advance Scientific Research*, 2022, vol. 2, no. 03, pp. 37-41. <https://doi.org/10.37547/ijasr-02-03-06>
10. Fu C. et al. A two-stage robust approach to integrated station location and rebalancing vehicle service design in bike-sharing systems. *European Journal of Operational Research*, 2022, vol. 298, no. 3, pp. 915-938. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.06.014>
11. Gössling S., Kees J., Litman T. The lifetime cost of driving a car. *Ecological Economics*, 2022, vol. 194, pp. 107335. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107335>
12. Hong J., Kim B., Oh S. The relationship benefits of auto maintenance and repair service: A case study of Korea. *Behavioral Sciences*, 2020, vol. 10, no. 7, pp. 115. <https://doi.org/10.3390/bs10070115>
13. Ikromov I. A., Abduraximov A. A., Fayzullayev H. Experience and prospects for the development of car service in the field of car maintenance. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 2021, vol. 11, no. 103, pp. 344-346. <https://doi.org/10.15863/TAS.2021.11.103.25>
14. Jain N. K., Singh A. K., Kaushik K. Evaluating service quality in automobile maintenance and repair industry. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 2020, vol. 32, no. 1, pp. 117-134. <https://doi.org/10.1108/APJML-07-2018-0277>
15. Katoch S., Chauhan S. S., Kumar V. A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimedia tools and applications*, 2021, vol. 80, pp. 8091-8126. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6>
16. Lambora A., Gupta K., Chopra K. Genetic algorithm-A literature review. 2019 international conference on machine learning, big data, cloud and parallel computing (COMITCon). *IEEE*, 2019, pp. 380-384. <https://doi.org/10.1109/COMITCon.2019.8862255>
17. Liu P., Wang G., Su P. Optimal maintenance strategies for warranty products with limited repair time and limited repair number. *Reliabil-*

- ity Engineering & System Safety*, 2021, vol. 210, pp. 107554. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107554>
18. Papadimitriou D., Li J. Constraint Inference in Control Tasks from Expert Demonstrations via Inverse Optimization. *2023 62nd IEEE Conference on Decision and Control (CDC)*. IEEE, 2023, pp. 1762-1769. <https://arxiv.org/abs/2304.03367>
  19. Turoń K., Kubik A. Economic aspects of driving various types of vehicles in intelligent urban transport systems, including car-sharing services and autonomous vehicles. *Applied Sciences*, 2020, vol. 10, no. 16, pp. 5580. <https://doi.org/10.3390/app10165580>
  20. Wang Z. Z., Sobey A. A comparative review between Genetic Algorithm use in composite optimisation and the state-of-the-art in evolutionary computation. *Composite Structures*, 2020, vol. 233, pp. 11173. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111739>
  21. Wuttikun K. et al. Service Station Modelling Through Enterprise Architecture: Business Intelligence and Customer Engagement of Top Service Stations in Thailand. *2021 5th National Conference on Advances in Enterprise Architecture (NCAEA)*. 2021. <https://doi.org/10.1109/NCAEA54556.2021.9690506>

## ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Захаров Николай Степанович**, заведующий кафедрой сервиса автомобилей и технологических машин, доктор технических наук, профессор  
*Тюменский индустриальный университет*  
ул. Володарского, 38, г. Тюмень, 625000, Российская Федерация  
[zakharovns@tyuiu.ru](mailto:zakharovns@tyuiu.ru)

**Козин Евгений Сергеевич**, доцент кафедры сервиса автомобилей и технологических машин, кандидат технических наук  
*Тюменский индустриальный университет*  
ул. Володарского, 38, г. Тюмень, 625000, Российская Федерация  
[kozines@tyuiu.ru](mailto:kozines@tyuiu.ru)

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Nikolay S. Zakharov**, Head of the Department of Car Service and Technological Machines, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Industrial University of Tyumen*

*38, Volodarsky Str., Tyumen, 625000, Russian Federation*

*zakharovns@tyuiu.ru*

*SPIN-code: 1171-9820*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8415-0505>*

*Scopus Author ID: 56309931100*

**Evgeniy S. Kozin**, Associate Professor of the Department of Car Service and Technological Machines, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*Industrial University of Tyumen*

*38, Volodarsky Str., Tyumen, 625000, Russian Federation*

*kozines@tyuiu.ru*

*SPIN-code: 1834-0639*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6774-3285>*

*ResearcherID: D-8474-2019*

*Scopus Author ID: 57052768700*

Поступила 25.05.2024

После рецензирования 10.06.2024

Принята 20.06.2024

Received 25.05.2024

Revised 10.06.2024

Accepted 20.06.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-287  
УДК 004.77



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

## РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ «ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ»

*О.В. Камозина, О.В. Охлупина,  
К.С. Маганков, Н.П. Рябцев*

*Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью постоянного сотрудничества, обмена опытом среди преподавателей, учащихся различных образовательных учреждений. В то же время, требуется снижение затрат на организацию конференций, упрощение прохождения этапов подачи заявок, статей, оплаты оргвзноса, рассылки материалов и т.д. В связи с этим возникает необходимость внедрения цифровых технологий в проведение различных типов конференций.*

**Цель** – разработка веб-приложения для проведения конференции.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели в статье определен технологический стек реализации проекта. Используются методы моделирования, анализа, синтеза.

**Результаты.** В работе описан процесс реализации технической и клиентской части веб-приложения для организации конференции. Выделены маршруты взаимодействия клиента с базой данных и отправки запросов на сервер приложения. Представлено создание базы данных веб-приложения, а также взаимодействие веб-приложения с сервером. Реализовано наполнение главной страницы. Определена форма подачи заявки на участие в конференции. Разграничены возможности участников и администраторов.

**Область применения результатов.** Веб-приложение было включено в проведение Всероссийской с международным участи-

*ем научно-практической конференции «Педагогический потенциал», проходившей 27 ноября 2023 года в Брянском государственном инженерно-технологическом университете. Полученные результаты могут быть использованы для проведения конференций различного уровня.*

**Ключевые слова:** конференция; веб-приложение; техническая часть; клиентская часть; модель; главная страница; участник; администратор

**Для цитирования.** Камозина О.В., Охлупина О.В., Маганков К.С., Рябцев Н.П. Разработка веб-приложения для проведения конференции «Педагогический потенциал» // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 2. С. 123-144. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-287

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR THE CONFERENCE “PEDAGOGICAL POTENTIAL”

***O.V. Kamozina, O.V. Okhlupina,  
K.S. Magankov, N.P. Ryabtsev***

*The relevance of the research topic necessitated constant cooperation and exchange of experience between teachers and students of various educational institutions. At the same time, it is necessary to reduce the costs of organizing conferences, simplify the processes of submitting applications, articles, paying registration fees, distributing materials, etc. In this regard, there is a need to use digital technologies in holding various types of conferences.*

**Purpose** – develop a web application for holding a conference.

**Materials and methods.** To achieve this goal, the article defines the technology stack for project implementation. Modeling, analysis, and synthesis methods were used.

**Results.** *The paper describes the process of implementing the technical and client parts of a web application for organizing a conference. The routes for interaction between the client and the database and sending requests to the application server are highlighted. The creation of a web application database is presented, as well as the interaction of the web application with the server. Filling of the main page has been implemented. The form for submitting applications for participation in the conference has been determined. The capabilities of participants and administrators are differentiated.*

**Scope of application of the results.** *The web application was included in the All-Russian Scientific and Practical Conference “Pedagogical Potential” with international participation, held on November 27, 2023 at the Bryansk State Engineering and Technology University. The results obtained can be used to conduct conferences at various levels.*

**Keywords:** *conference; web application; technical part; client part; model; home page; participant; administrator*

**For citation.** *Kamozina O.V., Okhlupina O.V., Magankov K.S., Ryabtsev N.P. Development of a Web Application for the Conference “Pedagogical Potential”. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 123-144. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-287*

## **Введение**

Информационное общество активно использует «экспансию нововведений», обеспечивающую конкурентные преимущества и определяющую стиль жизни общества [12, с. 4]. Неизбежным является факт, что переход от индустриального к информационному обществу влияет на организацию науки [4, с. 14]. Цифровизация трансформация, коснувшаяся всех областей жизни общества, затронула и сферу образовательной коммуникации [11, с. 77].

Образовательное и научное сообщество постепенно переходит к использованию возможностей «цифры» [3, с. 14; 8, с. 249] для повышения эффективности различных направлений своей деятельности. Внедрение инструментария информационных техно-

логий способствует обеспечению наиболее эффективных форм взаимодействия, в число которых входит не только обмен информацией о проводимых мероприятиях [10, с. 434], но и обеспечение среды для продуктивной работы по подготовке и размещению материалов [5, с. 35], оптимизацию её технической стороны, что важно как для организаторов, так и для участников.

Цель работы – разработка веб-приложения для проведения Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Педагогический потенциал».

Достижению цели работы способствовало решение следующих задач:

- проанализирован желаемый функциональный состав веб-приложения;
- создана модель приложения для проведения конференции;
- произведена программная реализация соответствующего приложения;
- выполнена апробация веб-приложения в реальных условиях;
- проанализированы результаты работы.

В рамках реализации проекта был выбран следующий *технологический стек*:

1. Построение Restful API сервиса – фреймворк Flask, библиотека Flask-Restx.

2. Хранение и управление данными – система MySQL, а также библиотека flask-sqlalchemy (для взаимодействия API интерфейсов с базой данных) [1, с. 192].

3. Построение пользовательского интерфейса веб-приложения – HTML5+CSS3+JS;

4. Построение фронтенд-части – фреймворк Flask, шаблонизатор Jinja, Bootstrap.

В рамках REST API сервиса были определены и реализованы необходимые маршруты (endpoints) для взаимодействия клиента с базой данных, а также отправки запросов на сам сервер приложения [13, с. 34]:

1. Users (управление пользователями системы);
2. Articles (управление статьями, сборниками);
3. Posts (управление информационными постами).

## Реализация

### Техническая часть

#### 1. Разработка модели взаимодействия пользователя и системы

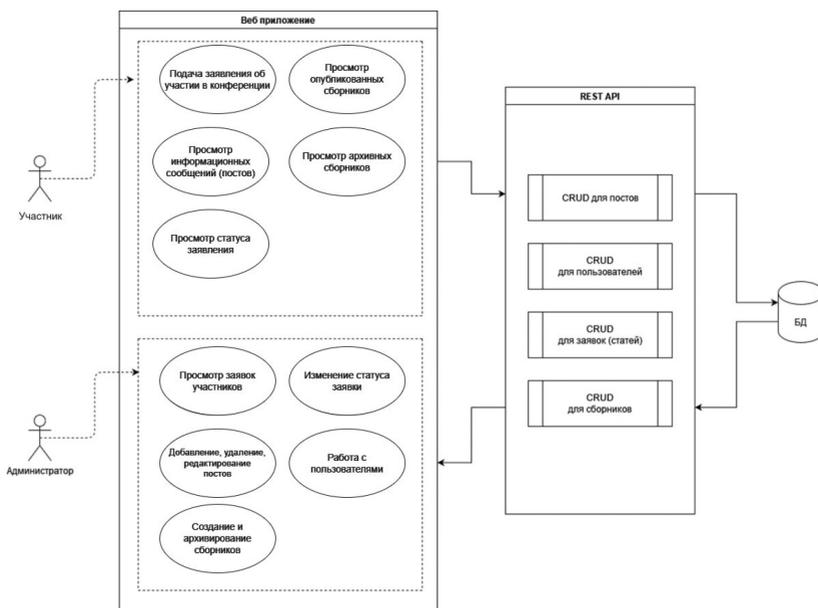


Рис. 1. UML Use-Case диаграмма

На данном этапе было организовано визуально-структурное представление приложения, а также связь его модулей между собой для формирования полноценной, цельной системы.

В модуле веб-приложения были обозначены подмодули, которые разграничивали логику приложения на два типа пользователей.

Первые являлись участниками, которые имели доступ к основным страницам приложения, таким как просмотр и подача заяв-

лений, просмотр постов, сборников, а также определение статуса для поданного заявления.

Вторые являлись непосредственно администраторами системы, у которых были права на добавление, редактирование, удаление информации, хранящейся в базе данных, изменение статуса для поданных заявлений участников и т.д.

Также был определен модуль REST API, который являлся прослойкой между веб-приложением и базой данных, организовывая связь, по которой веб-приложение могло свободно получать и отправлять информацию, без полного представления, как работает этот модуль [15, с. 73; 16].

## 2. Создание базы данных веб-приложения

Для хранения информации на сервере MySQL были определены следующие таблицы и сущности [6, с. 139; 7, с. 13]:

1. Таблица *users*, которая хранит информацию об администраторах системы, а также имеет связь с таблицей *posts*, постами, которые они публикуют.
2. Таблица *posts*, хранящая информацию об опубликованных администраторами постах, которые могут содержать сведения о предстоящих конференциях, выходах сборников и любые другие необходимые данные. Связь с таблицей *post\_attachments* позволяет добавлять к тексту постов дополнительные приложения в виде файлов, изображений или других типов данных.
3. Таблица *articles*, которая хранит всю основную информацию о текущих статьях, включая информацию об участниках (*conference\_authors*), о приложенных участниками файлах (*files*), таких как сама статья, квитанция об оплате участия в конференции, а также заявление.
4. Таблица *article\_collections*, хранящая информацию об уже изданных сборниках, включая сборники, которых были заархивированы.

Графическая модель была перенесена в модель на основе классов для того, чтобы сервис мог корректно работать с базой

данных. С целью реализации этого были определены следующие классы [2, с. 207; 1, с. 273].

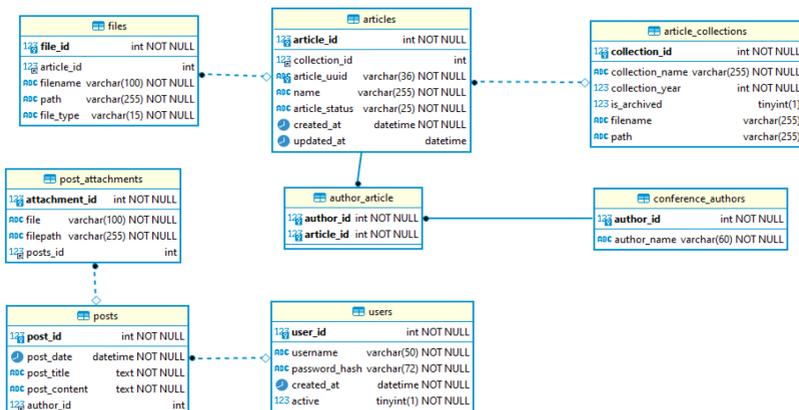


Рис. 2. Графическая модель базы данных

### 1. Классы для работы со статьями и авторами (articles):

– *Article*. Класс, содержащий информацию о заявках (статьях), в который входят следующие поля: *article\_id* (первичный ключ), *collection\_id* (идентификатор сборника, в который входит статья), *article\_uuid* (уникальный номер заявки, по которому можно отследить ее статус), *name* (наименование статьи), *article\_status* (статус заявки/статьи), *created\_at* (дата создания), *updated\_at* (дата последнего обновления).

– *ArticleCollection*. Класс, содержащий информацию о сборнике, в который входят следующие поля: *collection\_id* (первичный ключ), *collection\_name* (наименование сборника), *collection\_year* (год выпуска/публикации сборника), *is\_archived* (является ли сборник архивным); *filename*, *path* (наименование и путь к файлу сборника).

– *ConferenceAuthor*. Класс, содержащий информацию об участниках, в который входят следующие поля: *author\_id* (первичный ключ), *author\_name* (ФИО автора).

– *File*. Класс, содержащий информацию о приложенных файлах, таких как квитанция, заявление и сама статья, необходимых

для регистрации в конференции, в который входят следующие поля: `file_id` (первичный ключ), `article_id` (идентификатор статьи/заявки), `filename`, `path` (наименование и путь к файлу), `file_type` (тип файла: квитанция, заявление, статья).

2. *Классы для работы с постами (информационными сообщениями):*

– *Post*. Класс, содержащий информацию о постах, в который входят следующие поля: `post_id` (первичный ключ), `post_date` (дата публикации), `post_title` (заголовок поста), `post_content` (контент), `author_id` (идентификатор автора), `post_attachments` (приложенные файлы).

– *PostAttachment*. Класс, содержащий информацию о вложенных файлах, в который входят следующие поля: `attachment_id` (первичный ключ), `file`, `filepath` (наименование и путь к файлу), `post_id` (идентификатор поста).

3. *Класс для работы с пользователями:*

– *Users*. Класс, содержащий информацию о пользователях, в который входят следующие поля: `user_id` (первичный ключ), `username` (имя пользователя), `password_hash` (зашифрованная строка пароля), `created_at` (дата создания), `active` (активирован/нет), `posts` (выложенные пользователем посты).

Данные классы наследуются от `sqlalchemy database (db.model)`, что дает для них дополнительные параметры, позволяющие использовать больший функционал при взаимодействии с базой данных.

После создания модели классов также были созданы схемы (`marshmallow schemas`), позволяющие репрезентовать их массивы данных, проводить их обработку и преобразование как `json` строки/массивы.

Таким образом, мы создали как саму базу данных в среде `mySQL`, так и реализовали прослойку между сервером базы данных и приложением, чтобы иметь более гибкий контроль и простоту при работе с данными и их отправкой/хранением на сервере.

### 3. Взаимодействие веб-приложения с сервером (REST API)

#### 1. Конечная точка *users*

Данное пространство имен *namespace* содержит в себе основные функции, которые реализуют взаимодействие с пользователем, например, создание нового пользователя, его изменение, удаление, а также методы аутентификации и выхода из системы.

Приведем пример кода, отвечающего за аутентификацию пользователя в системе:

```
data = ns.payload
user = User.query.filter(User.username == data['username']).first()

if user:
    if password_hash_compare(user.password_hash, data['password']):
        expires_delta = timedelta(days=15) if data.get('remember')
        else None

        access_token = create_access_token(identity=user.user_id, fresh=True,
expires_delta=expires_delta)
        return {
            'message': 'User login successful',
            'access_token': access_token
        }
    else:
        return messages.ErrorMessage.login_or_pass_error()
else:
    return messages.ErrorMessage.user_not_exist()
```

После того, как пользователь вводит логин и пароль в фронтенд части, это передается на бэкенд, где сверяется хэш введенного пароля и пароля, который хранится в зашифрованном виде в базе данных. Если логин или пароль неверны, то будет возвращаться ошибка, если данные совпадают с теми, которые записаны в базу данных, то будет создан специальный токен (JWT-token), который в дальнейшем станет использоваться для авторизации пользователя (администратора). [14, с. 9; 13, с. 121]

#### 2. Конечная точка *articles*

Это *namespace* является ключевым, так как содержит основную логику приложения.

Основными функциями является:

- CRUD заявок, поданных участниками (статей);
- CRUD сборников, выпускаемых организацией;

- CRUD участников, которые участвуют в конференции;
- поиск статей, по уникальному номеру (UUID), присваиваемому при ее отправке;
- скачивание и просмотр файлов, приложенных к заявкам;
- изменение статусов заявок (отправлена, отклонена, принята);
- архивирование сборников;
- скачивание выпущенных сборников.

### *3. Конечная точка posts*

Последнее из *namespace*, которое отвечает за минимальные функции выкладки информационных сообщений (постов).

Содержит в себе CRUD для постов, а также позволяет получить файл, прикрепленный к постам.

### ***Клиентская часть***

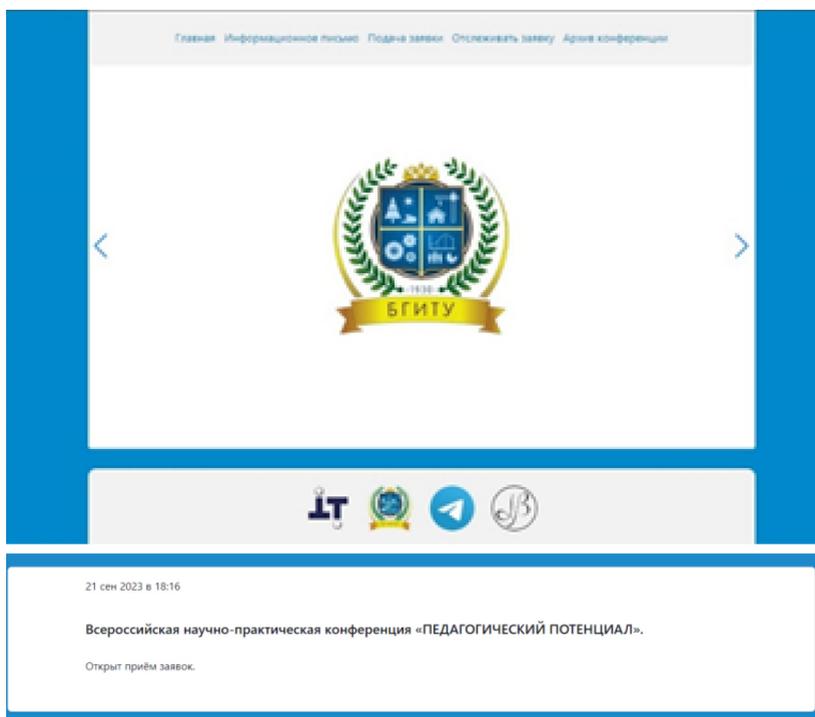
Разработка началась с определения HTML-страниц и их количества, которые необходимы для полноценного функционирования системы. Таким образом, было реализовано навигационное меню для перехода между данными страницами.

После этого возникла необходимость наполнить главную страницу контентом. Исходя из заданной задачи, появилась потребность в информативном блоке, который будет отображать в себе ключевую информацию. Именно поэтому было решено реализовать слайдер. Данный блок является относительно компактным, а также справляется с поставленной задачей, т.к. способен отображать достаточный объем информации в наиболее легко воспринимаемой форме – изображении. Имелась потребность в отображении нескольких слайдов, на этапе разработке туда были помещены заглушки с целью дальнейшей замены.

Далее началась разработка блока для вывода информационных сообщений – блога, основной задачей которого являлось отображение краткой ключевой информации о ходе конференции. Сам формат отображения информации представляет собой вывод заголовка, текста и вложенных файлов. Важно отметить, что воз-

возможность взаимодействия с блогом доступна только для администраторов веб-приложения.

Финальным этапом реализации главной страницы веб-приложения стало написание навигационного подвала, который представляет собой аналог навигационного меню с той разницей, что в меню показаны ссылки для перехода внутри приложения, а в подвале – ссылки на информационные ресурсы, расположенные вне приложения.



**Рис. 3.** Навигационное меню, слайдер, подвал, блог

Следующим этапом в реализации веб-приложения была разработка формы подачи заявки на участие в конференции. Данная часть являлась самой сложной с функциональной точки зрения.

Здесь помимо верстки необходимо было реализовать функционал взаимодействия клиентской части с серверной. А так как при подаче заявки задействуется информация сразу из нескольких таблиц, которые содержат сведения о статьях, участниках, сборниках и приложенных к заявке файлам, то это подразумевает написание нескольких запросов для получения определенных данных с целью их дальнейшей передачи в запрос на регистрацию заявки.

Для реализации верстки данной страницы потребовалось написание JS-скрипта, добавляющего карточку автора для подачи заявки. Это необходимо, так как в случае с научной публикацией у одной статьи может быть до 10 авторов.

Сам скрипт представляет собой код, который при нажатии на кнопку дорисовывает новые карточки с элементами формы. Для того, чтобы каждому полю ввода внутри карточки присваивалось уникальное имя, используются форматированные строки [16].

После реализации данного функционала была продолжена верстка основной формы, согласно утвержденной схеме данных – при регистрации помимо автора необходимо указывать название статьи, прикладывать файл об оплате, файл самой статьи и файл с заявкой на участие, где должны быть указаны все авторы, а также флажок, служащий для отображения получения согласия на обработку персональных данных – если участник не согласен, заявка подана не будет.

При написании запросов для обращения к серверу использовалась библиотека `requests`, с её помощью писались CRUD-запросы.

Так как при подаче заявки задействовались несколько таблиц, то сначала стоило понять, какие данные следует принимать от сервера и какие передавать.

Для успешной подачи заявки требовалось получать информацию о текущей конференции, для этого использовался GET-запрос с целью установления идентификатора актуальной конференции [17; 18].

После получения набора данных следовало извлечь из них конкретные значения, например, идентификатор или название конфе-

ренции, с целью дальнейшей передачи данных значений при формировании заявки.

Ф.И.О. автора  
Автор 1

Ф.И.О. автора  
Автор 2

Добавить автора

Название статьи

Квитанция об оплате  
Выберите файл | Файл не выбран

Заявка на участие  
Выберите файл | Файл не выбран

Статья  
Выберите файл | Файл не выбран

Дать согласие на обработку персональных данных

Подать заявку

Рис. 4. Форма подачи заявки на участие в конференции

Кроме транспортировки информации с сервера, также передавалась информация с формы, заполняемой участником. Таким образом, информация об авторах собиралась в массив данных, после чего передавалась серверу. Аналогичный процесс происходил и с другими данными, извлекаемыми из формы.

Также важно отметить, что во избежание ошибок при подаче заявки, были добавлены условия для отработки тех или иных действий, например, если участник прикрепил файл неразрешенного формата.

После разработки и тестирования данного функционала, был реализован функционал для получения сведений о поданной заявке. Для этого после подачи заявки участника перебрасывает на новую страницу, где перед ним выводится уникальный номер его заявки, который служит для поиска и отслеживания.

В случае введения участником корректного номера заявки он получит информацию о статусе заявки. Если же данные некорректны или заявка была отклонена, после чего удалена администратором, участник получит сообщение о том, что ничего не найдено.

На момент реализации данного раздела информационное письмо уже было сформировано и размещено в соответствующем пункте меню.

Для конечной реализации CRUD-функционала заявок требовалось разграничение возможностей. Так участник может только подавать данные и производить поиск. Для администратора же требовалось возможность отклонения/принятия и удаления заявки.

Разработка администраторской части клиентской стороны веб-приложения началась с верстки форм авторизации и регистрации администратора, которые необходимы для успешной аутентификации с целью получения дополнительного функционала.

Когда формы были готовы, требовалось написать запросы для обращения на сервер с целью внесения данных об учётной записи или же, в случае с авторизацией, с целью прохождения процесса аутентификации, по завершении которой в систему сохраняется специальный ключ – JWT Bearer токен, служащий для предотвращения возможности несанкционированного взаимодействия с сервером [14, с. 44].

После реализации данного функционала необходимо было вывести список всех существующих участников и добавить возможность взаимодействия с их данными. Таким образом, была создана следующая страница, на которой администратор мог изменять/удалять/добавлять другие учётные записи.

После успешной авторизации администратор также попадал на главную страницу, но навигационное меню для него менялось в связи с функциональными возможностями.

Для завершения CRUD данных по заявкам на участие в научной конференции был реализован соответствующий интерфейс, в котором выводилась вся необходимая информация о заявке, а также имелись кнопки для принятия/отклонения/удаления заявки, возможность скачивания приложенных файлов, форма фильтрации заявок по их статусу.

Здесь также используется пагинация, как и на главной странице, которая служит для ограничения отображения количества записей на одной странице и их разбиения на страницы.

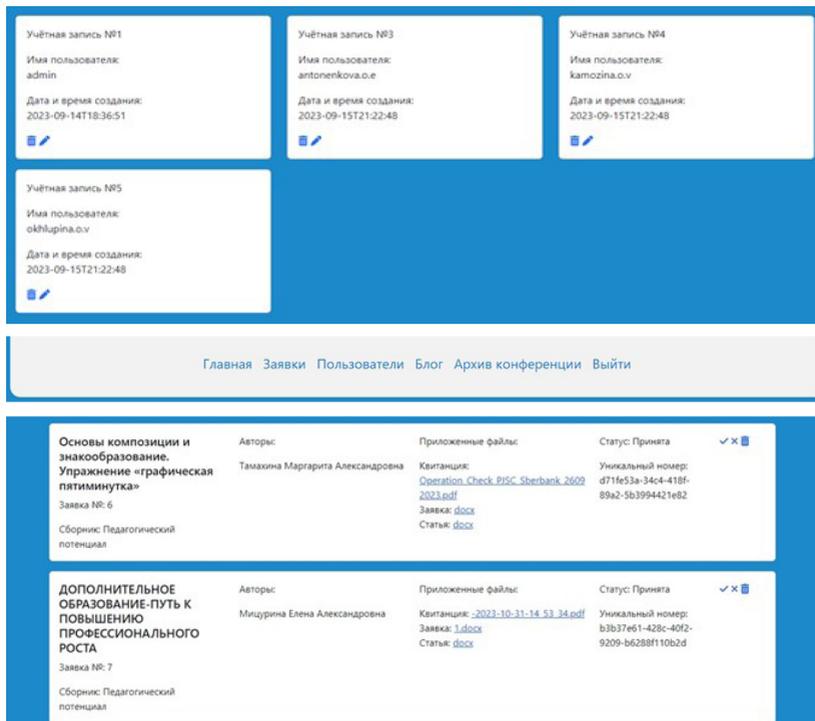


Рис. 5. Учётные записи, навигационное меню администраторов, форма отображения заявок участников

Далее оставалось реализовать функционал для архива конференции и блога сообщений. Процесс разработки данных функциональных компонентов был аналогичен предыдущим. Сначала необходимо было написать разметку, добавить стили, классы, после чего отследить значения из формы, передать их в запросе к серверу, или же наоборот, в случае с получением информации от сервера.

После окончательной реализации клиентской части была произведена проверка функционала системы с помощью набора тестовых данных. По её итогам внесены некоторые правки, повышающие безопасность приложения и определяющие поведение

системы в случае некорректных запросов, и снова запущена проверка, которая завершилась успешно. Это означало, что веб-приложение готово для размещения в пространстве Ethernet.

### **Заключение**

Результатом работы явилось создание веб-приложения для проведения Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Педагогический потенциал» [9].

Для достижения цели работы был решён ряд задач: от анализа желаемого функционала приложения до создания его программной реализации и апробации.

В работе приведено описание реализации, содержащее ключевые моменты разработки модели взаимодействия пользователя и системы, создание базы данных веб-приложения и взаимодействие веб-приложения с сервером.

В ходе разработки были выбраны следующие инструменты: Flask, Flask-Restx, mySQL, flask-sqlalchemy.

Создана база данных в среде mySQL, реализована прослойка между сервером базы данных и приложением для обеспечения более гибкого контроля и простоты при работе с данными и их отправкой/хранением на сервере. Определен модуль REST API, организующий связь, по которой веб-приложение может свободно получать и отправлять информацию.

Разработка клиентской части включала работу с HTML-страницами, создание навигационного меню, разработку: информативного блока – слайдера; блога для отображения краткой ключевой информации о ходе конференции; навигационного подвала, содержащего ссылки на актуальные информационные ресурсы, системы авторизации, а также механизм избегания возможных ошибок; архива конференции и блога сообщений. Система была отлажена и успешно прошла итоговое тестирование.

Созданное веб-приложение позволило оптимизировать работу оргкомитета конференции и её участников.

### *Список литературы*

1. Алан Бьюли. Изучаем SQL. [Пер. с англ.] М.: Символ-Плюс, 2017. 309 с.
2. Барри Поллард. HTTP/2 в действии. [Пер. с англ.] М.: ДМК-Пресс, 2021. 424 с.
3. Богданова И. Ф. Научные коммуникации в онлайн-пространстве // Наука и инновации. 2014. № 4 (134). С. 13-16.
4. Голованова Е.В. Прогностический потенциал теории постиндустриализма Д. Белла // Вестник славянских культур. 2013. № 4 (30). С. 11-17.
5. Гуськов А.Е., Васильков А.В. Средства поддержки проведения научных конференций: обзор и сравнение // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2010. Т. 8, № 4. С. 35-45.
6. Задорожный С.С., Фадеев Е.П. Объектно-ориентированное программирование на языке Python. М.: Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2022. 40 с.
7. Колисниченко Д.Н. PHP и MySQL. Разработка веб-приложений. Санкт-Петербург: Изд-во БХВ-Петербург, 2009. 607 с.
8. Мбого И.А., Прокудин Д.Е., Чугунов А.В. Разработка инструментов интеграции научной информации в пространстве разнородных информационных систем // Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. С. 249-258.
9. Педагогический потенциал: материалы Всеросс. с межд. участ. науч.-практ. конф. / Баранова И.М., Антоненкова О.Е., Камозина О.В., Охлупина О.В. Брянск: БГИТУ, 2023. 337 с.
10. Прокудин Д.Е., Низомутдинов Б.А. Развитие сервисов информационной поддержки научной конференции // Научный сервис в сети Интернет: труды XXIV Всероссийской научной конференции. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2022. С. 434-454.
11. Семёнов Е.В., Соколов Д.В. Методологические проблемы комплексных исследований цифровой трансформации научных ком-

- муниаций // Управление наукой: теория и практика. 2021. Том 3, №2. С. 76-98.
12. Скородумова О.Б. Отечественные подходы к интерпретации информационного общества: постиндустриалистская, синергетическая и постмодернистская парадигмы // Информационный гуманитарный портал. Знание. Понимание. Умение. 2009. №4. С. 4.
  13. Gareth Dwyer. Flask by example. Unleash the full potential of the Flask web framework by creating simple yet powerful web applications. 2016. 248 p.
  14. Matthias Biehl. OpenID Connect – End-user Identity for Apps and APIs. API University Press, 2019, 138 p.
  15. Shalabh Aggarwal. Flask Framework Cookbook: Over 80 proven recipes and techniques for Python web development with Flask. 2nd Edition. 2019. 384 p.
  16. Quick start – Flask-RESTX. URL: <https://flask-restx.readthedocs.io/en/latest/quickstart.html> (дата обращения: 11.08.2023)
  17. Quickstart – Requests. URL: <https://requests.readthedocs.io/en/latest/user/quickstart/> (дата обращения: 13.08.2023)
  18. json – JSON encoder and decoder. URL: <https://docs.python.org/3/library/json.html> (дата обращения: 01.08.2023)

### *References*

1. Alan Bewley. *Learning SQL*. (Transl. from English) М.: Symbol-Plus, 2017, 309 p.
2. Barry Pollard. *HTTP/2 in action*. (Transl. from English) М.: DMK-Press, 2021, 424 p.
3. Bogdanova I.F. Nauchnyye kommunikatsii v onlaynovom prostranstve [Scientific communications in the online space]. *Nauka i innovatsii* [Science and innovation], 2014, no. 4(134), pp. 13-16.
4. Golovanova E.V. Prognosticheskiy potentsial teorii postindustrializma D. Bella [The prognostic potential of D. Bell's theory of post-industrialism]. *Vestnik slavyanskikh kul'tur* [Bulletin of Slavic cultures], 2013, no. 4(30), pp. 11-17.

5. Guskov A.E., Vasilkov A.V. Sredstva podderzhki provedeniya nauchnykh konferentsiy: obzor i sravneniye [Tools to support scientific conferences: review and comparison]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnyye tekhnologii* [Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information technologies], 2010, vol. 8, no. 4, pp. 35-45.
6. Zadorozhny S.S., Fadeev E.P. *Ob'yektno-orientirovannoye programirovaniye na yazyke Python* [Object-oriented programming in Python]. M.: Faculty of Physics, Moscow State University M.V. Lomonosova, 2022, 40 p.
7. Kolisnichenko D.N. *PHP i MySQL. Razrabotka veb-prilozheniy* [PHP and MySQL. Web application development]. St. Petersburg: Publishing house BHV-Petersburg, 2009, 607 p.
8. Mbogo I.A., Prokudin D.E., Chugunov A.V. Razrabotka instrumentov integratsii nauchnoy informatsii v prostranstve raznorodnykh informatsionnykh sistem [Development of tools for integrating scientific information in the space of heterogeneous information systems]. *Nauchnyy servis v seti Internet: trudy XVIII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Scientific service on the Internet: proceedings of the XVIII All-Russian Scientific Conference], M.: IPM im. M.V.Keldysh, 2016, pp. 249-258.
9. *Pedagogicheskiy potentsial: materialy Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Pedagogical potential: materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation] / Baranova I.M., Antonenkova O.E., Kamoziina O.V., Okhlupina O.V. Bryansk: BGITU, 2023, 337 p.
10. Prokudin D.E., Nizomutdinov B.A. Razvitiye servisov informatsionnoy podderzhki nauchnoy konferentsii [Development of information support services for scientific conferences]. *Nauchnyy servis v seti Internet: trudy XVIII Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Scientific service on the Internet: proceedings of the XXIV All-Russian Scientific Conference]. M.: IPM im. M.V.Keldysh, 2022, pp. 434-454.
11. Semenov E.V., Sokolov D.V. Metodologicheskiye problemy kompleksnykh issledovaniy tsifrovoy transformatsii nauchnykh kommu-

- niuatsiy [Methodological problems of comprehensive research into the digital transformation of scientific communications]. *Upravleniye naukoy: teoriya i praktika* [Management of science: theory and practice], 2021, vol. 3, no. 2, pp. 76-98.
12. Skorodumova O.B. Otechestvennyye podkhody k interpretatsii informatsionnogo obshchestva: postindustrialistskaya, sinergeticheskaya i postmodernistskaya paradigm [Domestic approaches to the interpretation of the information society: post-industrialist, synergetic and postmodern paradigms]. *Informatsionnyy gumanitarnyy portal. Znaniye. Ponimaniye. Umeniye* [Electronic magazine. Knowledge. Understanding. Skill], 2009, no. 4, p. 4.
  13. Gareth Dwyer. *Flask by example. Unleash the full potential of the Flask web framework by creating simple yet powerful web applications*. PACKT publishing, 2016. 248 p.
  14. Matthias Biehl. *OpenID Connect – End-user Identity for Apps and APIs*. API University Press, 2019, 138 p.
  15. Shalabh Aggarwal. *Flask Framework Cookbook: Over 80 proven recipes and techniques for Python web development with Flask*. 2nd Edition, 2019, 384 p.
  16. *Quick start – Flask-RESTX*. <https://flask-restx.readthedocs.io/en/latest/quickstart.html> (accessed August 11, 2023)
  17. *Quickstart – Requests*. <https://requests.readthedocs.io/en/latest/user/quickstart/> (accessed August 13, 2023)
  18. *json – JSON encoder and decoder*. <https://docs.python.org/3/library/json.html> (accessed August 01, 2023)

## ДАНИЕ ОБ АВТОРАХ

**Камозина Олеся Владимировна**, доцент кафедры «Математика», кандидат физико-математических наук, доцент  
*Брянский государственный инженерно-технологический университет*  
*проспект Станке Димитрова, 3, г. Брянск, 241037, Российская Федерация*  
*ovkamosina@yandex.ru*

**Охлупина Ольга Валентиновна**, доцент кафедры «Математика», кандидат физико-математических наук, доцент  
*Брянский государственный инженерно-технологический университет*  
*проспект Станке Димитрова, 3, г. Брянск, 241037, Российская Федерация*  
*helga131081@yandex.ru*

**Маганков Кирилл Сергеевич**, студент  
*Брянский государственный инженерно-технологический университет*  
*проспект Станке Димитрова, 3, г. Брянск, 241037, Российская Федерация*  
*kirill.magankov@gmail.com*

**Рябцев Николай Павлович**, студент  
*Брянский государственный инженерно-технологический университет*  
*проспект Станке Димитрова, 3, г. Брянск, 241037, Российская Федерация*  
*lolofmeistahhz@gmail.com*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Olesya V. Kamozina**, Associate Professor, Department of Mathematics, Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
*Bryansk State Engineering and Technology University*  
*3, Stanke Dimitrova Ave., Bryansk, 241037, Russian Federation*  
*ovkamoziina@yandex.ru*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2803-6016>*

**Olga V. Okhlupina**, Associate Professor, Department of Mathematics, Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
*Bryansk State Engineering and Technology University*

*3, Stanke Dimitrova Ave., Bryansk, 241037, Russian Federation  
helga131081@yandex.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0694-2990>*

**Kirill S. Magankov**, Student

*Bryansk State Engineering and Technology University  
3, Stanke Dimitrova Ave., Bryansk, 241037, Russian Federation  
[kirill.magankov@gmail.com](mailto:kirill.magankov@gmail.com)*

**Nikolay P. Ryabtsev**, Student

*Bryansk State Engineering and Technology University  
3, Stanke Dimitrova Ave., Bryansk, 241037, Russian Federation  
[lolofmeistahz@gmail.com](mailto:lolofmeistahz@gmail.com)*

Поступила 13.04.2024

После рецензирования 06.05.2024

Принята 15.05.2024

Received 13.04.2024

Revised 06.05.2024

Accepted 15.05.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-317  
УДК 656.078;332



Научная статья | Управление процессами перевозок

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

*О.Н. Миркина*

*Информационные технологии и цифровизация активно используются в деятельности предприятий разных отраслей. Следует различать термины «цифровизация» и «цифровая трансформация». Довольно высока степень цифровизации у предприятий транспортной отрасли и логистики. Дальнейшему расширению внедрения цифровых технологий способствует принятие и реализация государственных стратегических документов. По мнению автора, в деятельности транспортных предприятий пока не наступил этап цифровой трансформации, хотя для этого существуют условия. Предприятия транспорта и логистики применяют разнообразные цифровые технологии и инструменты. Они способствуют получению предприятиями положительного экономического результата.*

**Цель** – рассмотрение динамики и тенденций цифровизации деятельности отечественных предприятий транспортной отрасли.

**Метод и методология проведения работы.** В исследовании применялись системный подход и общенаучные методы – статистический, сравнительный анализ и логические обобщения.

**Результаты.** Показаны различия терминов «цифровизация» и «цифровая трансформация». Оценена степень цифровизация транспортных и логистических предприятий. Приведены перспективные направления развития цифровых технологий в деятельности предприятий транспорта и логистики.

**Область применения результатов.** *Полученные результаты целесообразно применять экономическим субъектам, осуществляющим деятельность в сфере транспорта и логистики, а также государственного управления.*

**Ключевые слова:** *транспортная отрасль; транспортное предприятие; цифровые технологии; цифровизация; цифровая трансформация; логистика*

**Для цитирования.** *Миркина О.Н. Цифровизация в деятельности предприятий транспортной отрасли России // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 2. С. 145-157. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-317*

Original article | Transportation Process Management

## **DIGITALIZATION IN THE ACTIVITIES OF RUSSIAN TRANSPORT INDUSTRY ENTERPRISES**

***O.N. Mirkina***

*Information technologies and digitalization are actively used in the activities of enterprises in various industries. The terms “digitalization” and “digital transformation” should be distinguished. The degree of digitalization among enterprises in the transport industry and logistics is quite high. Further expansion of the introduction of digital technologies is facilitated by the adoption and implementation of government strategic documents. According to the author, the activities of transport enterprises have not yet entered the stage of digital transformation, although there are conditions for this. Transport and logistics enterprises use a variety of digital technologies and tools. They contribute to the positive economic result of enterprises.*

**The goal** *is to consider the dynamics and trends of digitalization of the activities of domestic transport industry enterprises.*

**Methodology.** *The study used a systematic approach and general scientific methods - statistical, comparative analysis and logical generalizations.*

**Results.** *Differences between the terms “digitalization” and “digital transformation” are shown. The degree of digitalization of transport and logistics enterprises was assessed. Promising directions for the development of digital technologies in the activities of transport and logistics enterprises are presented.*

**Field of application of the results.** *It is advisable to apply the obtained results to economic entities engaged in activities in the field of transport and logistics, as well as public administration.*

**Keywords:** *transport industry; transport enterprise; digital technologies; digitalization; digital transformation; logistics*

**For citation.** *Mirkina O.N. Digitalization in the Activities of Russian Transport Industry Enterprises. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 145-157. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-317*

Транспорт как отрасль играет ключевую роль в экономике любой страны, это в полной мере относится и к экономике России. Транспорт выступает одной из отраслей экономики, где находят довольно широкое применение цифровые технологии. Они позволяют в значительной степени ускорить технологические процессы, снизить затраты, повысить эффективность деятельности транспортных предприятий. Так как любая отрасль экономики в той или иной степени является потребителем транспортных услуг, то снижение транспортных издержек благотворно скажется на эффективности экономики страны в целом. Рассмотрение динамики и тенденции цифровизации в деятельности отечественных транспортных предприятий является довольно актуальным.

Вообще, информационные технологии все больше проникают в разные отрасли, с их помощью решаются многие технологические, производственные и управленческие задачи. Конечной

целью применения информационных технологий является избежание рутинных операций, ускорение принятия управленческих решений, снижение издержек, повышение эффективности деятельности предприятия и экономики в целом. Информационные технологии имеют широчайший спектр применения в деятельности предприятий, они развиваются быстрыми темпами, поэтому в научной литературе и практике уже говорят не о них, а о цифровизации и цифровой трансформации.

Большинство исследователей сходятся во мнении, что цифровизация – это процесс внедрения цифровых технологий в промышленность для уменьшения издержек благодаря использованию цифровой информации [10]. Например, по мнению д.э.н., проф. В.А. Плотникова, «цифровизация – это процесс внедрения цифровых технологий генерации, обработки, передачи, хранения и визуализации данных в различные сферы человеческой деятельности, а не только в экономику» [9]. Представители реального сектора экономики имеют несколько другой взгляд на процесс цифровизации – один из руководителей ПАО «Газпром нефть» А.А. Белевцев отмечает – «цифровизация в моем понимании – это как автоматизация. То есть мы используем цифровые технологии, чтобы текущие организационные и производственные процессы стали более эффективными» [6].

Из приведенных определений можно отметить, что цифровизация не приводит к фундаментальному изменению налаженных производственных процессов в отличие от цифровой трансформации. Цифровая трансформация предполагает качественное преобразование, кардинальное изменение всех аспектов ведения экономической деятельности [2]. Таким образом, цифровизация затрагивает отдельные аспекты деятельности, в том числе производственной, с целью их упрощения, ускорения, а цифровая трансформация – процесс кардинального изменения бизнес-модели предприятия и её элементов, включая процесс создания и доставки ценности клиенту посредством реализации проектов с

использованием цифровых технологий, в основе которых лежит эффективное управление информацией [11].

По данным исследователей [13], расходы на развитие цифровой экономики в России в 2022 г. достигли 5,15 трлн рублей против 4,85 трлн рублей годом ранее (рост на 6%). Валовые внутренние затраты на развитие цифровой экономики по отношению к ВВП России в 2023 г. снизились до 3,4% с 3,6% в 2022 г. Затраты организаций на создание, распространение и использование цифровых технологий и связанных с ним продуктов и услуг демонстрируют положительную динамику в абсолютном и относительном выражении. Это свидетельствует о стремлении к внедрению в деятельность предприятий цифровых технологий.

Однако стоит отметить, что цифровые технологии развиваются в разных отраслях не симметрично. Это обусловлено, преимущественно, особенностями этих отраслей. В число наиболее склонных к внедрению передовых технологий относится, например, торговля, которая в последние несколько лет шагнула в интернет, нарастила обороты и в целом показывает высокие финансовые результаты. В тоже время в таких отраслях как промышленность и сельское хозяйство применение информационных технологий в определенной степени ограничено. Не все технологические процессы можно осуществлять дистанционно или автоматизировать, а там где это возможно зачастую предприятия не имеют достаточно средств для их внедрения. Поэтому использование цифровых технологий в экономике России нельзя назвать всеобъемлющим и равномерным.

По данным [13], одной из отраслей, интенсивно внедряющих в свою деятельность цифровых технологий, является отрасль «Транспортировка и хранение». По состоянию на 2022 г. 67,3% организаций отрасли «Транспортировка и хранение» имели фиксированный широкополосный доступ к интернету. Авторы исследования приводят информацию относительно использования организациями отрасли «Транспортировка и хранение» цифро-

вых технологий: 23,1% организаций используют облачные сервисы; 28,9% – технологии сбора, обработки и анализа больших данных; 15,7% – центры обработки данных; 14,1% – цифровые платформы; 15,8% – геоинформационные системы; 11,2% – интернет вещей; 14,7% – RFID-технологии; 5,1% – технологии искусственного интеллекта; 1,7% – промышленные роботы / автоматизированные линии.

Анализируя эти статистические данные, сопоставляя с аналогичными показателями предприятий других отраслей промышленности России, можно отметить, что цифровизация транспортных предприятий довольно высока и отражает специфику их деятельности (например, выявлена одна из самых высоких по отраслям доля затрат на геоинформационные системы). По ряду направлений Россия занимает лидирующие мировые позиции: беспилотный транспорт всех видов, цифровизация железных дорог, ИТС городских агломераций (Москва), агрегаторы такси, каршеринг. В современных условиях и с учетом импортозамещения это формирует высокий экспортный потенциал [12].

Рассмотрение степени использования программных средств в организациях транспортной отрасли выявило следующее: системы электронного документооборота использует 55,5% предприятий; финансовые расчеты в электронном виде осуществляют 42,3% организаций; предоставление доступа к базам данных через глобальные информационные сети у 24,2%; обучающие программы используют 31,7% предприятий транспорта. Сопоставление этих показателей с общими по стране показывает, что отрасль находится на среднем уровне по степени использования программных средств в России.

Ученые отмечают, государство хочет, чтобы Россия стала мировым лидером в области систем и услуг подключенной и автоматизированной мобильности, а это означает, что Правительством будут выделяться средства на совместные интеллектуальные транспортные системы, которые позволяет обмениваться ин-

формацией между транспортными средствами, а между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой [3]. Правительство РФ утвердило стратегию цифровой трансформации транспортной отрасли до 2030 г. [1]. Это позволяет предположить дальнейшие положительные тенденции во внедрение в практику логистической деятельности цифровых продуктов.

Целью стратегического направления определено «достижение высокой степени цифровой зрелости государственного управления и основных участников транспортной отрасли для оказания качественных государственных услуг населению, повышения качества транспортно-логистических услуг (повышения доступности и скорости, снижения стоимости), развития бесшовных внутрироссийских и международных перевозок, обеспечения их безопасности и надежности (устойчивости к особым внешним условиям), а также снижения нагрузки на окружающую среду». Задачами стратегического направления определены: цифровизация пассажирских и грузовых перевозок, жизненного цикла инфраструктуры и транспортных средств, управления транспортным комплексом; обеспечение безопасности на объектах критической информационной инфраструктуры в транспортной отрасли; повышение уровня технологического развития и декарбонизация транспортного комплекса.

Стратегическим направлением цифровой трансформации транспортной отрасли планируется минимизация человеческого фактора на дорогах, что, по мнению авторов, к 2030 г. приведет к сокращению дорожно-транспортных происшествий не менее чем на 2%. Планируется рост не менее чем в три раза грузопотока беспилотных транспортных средств, расширение объектов транспортной инфраструктуры, использующих биометрию для допуска пассажиров и др. мероприятия. Этот же документ формулирует тенденции в сфере транспорта: повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий; евразийская экономическая интеграция; внедрение систем обра-

ботки больших объемов данных и искусственного интеллекта; обеспечение безопасности транспортно-логистических услуг. Также им определены риски реализации цифровых инициатив стратегического направления: неравномерное развитие транспортной инфраструктуры, которое влияет на различия в стоимости реализации инфраструктурных проектов в разных регионах Российской Федерации; разнородность в вопросах финансового и правового регулирования сферы транспорта на уровне субъектов Российской Федерации и отдельных муниципальных образований; низкая востребованность цифровых сервисов транспортной инфраструктуры вследствие цифрового неравенства и недостаточности цифровых компетенций граждан; недостаток финансирования городского общественного транспорта в субъектах Российской Федерации; отсутствие необходимых технологий и оборудования, несовместимость или отсутствие необходимого программного обеспечения. Перечисленные риски объективны и требуют усилий властей по их смягчению.

«Стратегическое направление в области цифровой трансформации транспортной отрасли ...» рассматривает транспортную отрасль в тесной связи с логистикой. Это справедливо, так как осуществление логистической деятельности невозможно без транспорта [7]. Логистика играет ключевую роль в экономике, так как она отвечает за эффективное перемещение товаров и услуг от производителя к потребителю. Целью логистики является снижение издержек, улучшение процессов доставки и повышение уровня обслуживания потребителей. Реализовать указанную цель в значительной степени помогает логистическим предприятиям внедрение в практику цифровых продуктов. Цифровизация транспортной отрасли в значительной мере определяется цифровизацией именно логистических предприятий. В тоже время логистика на сегодня нуждается в новых технологиях для улучшений существующих процессов, их автоматизации, сокращении расходов на поставки [4].

Вообще, в литературе [8] принято выделять следующие направления внедрения цифровых технологий в транспорте и логистике: искусственный интеллект и машинное обучение, блокчейн и IoT-датчики, др. Характеристики перечисленных технологий довольно подробно описаны в научной литературе. Такие технологии позволяют снизить издержки на совершение транспортных и складских операций, совершенствовать технологические процессы.

Можно сказать, что цифровизация на транспортных предприятиях достигла довольно высокого уровня. Однако говорить о цифровой трансформации в логистической и тем более транспортной деятельности, на наш взгляд, еще рано, так как коренных изменений в отрасли, качественного преобразования и кардинального изменения всех аспектов ведения экономической деятельности транспортными и логистическими предприятиями пока не наблюдается. Хотя именно эта отрасль признается специалистами одной из наиболее динамично развивающихся в инновационном плане. Реализуемые инновации сосредоточены преимущественно именно в цифровой сфере [5]: управление цепочкой поставок в режиме реального времени; роботизация и автоматизация логистических операций на складе; искусственный и дополненный интеллект; цифровые двойники; автономный (беспилотный) транспорт. Следовательно, деятельность транспортных и логистических предприятий продолжит совершенствоваться через внедрение цифровых технологий, что в перспективе может вылиться в цифровую трансформацию этой сферы деятельности. Очевидно, что такие процессы будут иметь положительное влияние на контрагентов транспортных предприятий и экономику страны в целом.

Таким образом, цифровизация находит применение в разных отраслях экономики страны, в том числе в деятельности предприятий транспортной отрасли. Эта отрасль характеризуется довольно высокими показателями использования цифровых технологий и находится на пути к цифровой трансформации. Цифровизация

транспортных предприятий оказывает положительное влияние на ряд экономических показателей их деятельности. В целом, внедрение цифровых технологий и в дальнейшем цифровая трансформация транспортных и логистических предприятий имеет положительное влияние на экономику России.

### *Список литературы*

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2023 г. № 3097-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года». <http://government.ru/docs/all/150354/> (дата обращения 02.03.2024)
2. Боякова К.Н. Политика регулирования цифровой трансформации промышленности в России // Бизнес. Общество. Власть. 2022. №2-3 (44-45). С. 126-140. <https://www.hse.ru/data/2022/08/31/1694799245/%D0%91%D0%9E%D0%92%2044-45%202022-126-140.pdf> (дата обращения: 13.03.2024)
3. Изюмский А.А., Надирян С.Л., Коцурба С.В. Цифровизация – единственный путь развития автомобильных перевозок // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, No 4. С. 118-127. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-4-118-127>
4. Каргополов А.С., Крипак М.Н., Кияшко Л.А. Перспективы и возможности применения технологии блокчейн в сфере логистики // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, No 4. С. 205-217. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-4-205-217>
5. Карпова Н.П., Евгодиева Т.Е. Логистические инновации: сущность, виды и способы финансирования // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Том 10. № 7. С. 2063-2072.
6. Кондратьева М.Н., Комахина А.В. Цифровизация: исследование основных терминов // Экономика и управление: Научно-практический журнал. 2022. № 3 (165). С. 134-139. <https://ekam-journal.com/images/2022/3-2022/Kondratieva-Komakhina.pdf> (Дата обращения: 13.03.2024).

7. Миркина О. Н. Состояние транспортной отрасли России и основные тенденции её развития // International Journal of Advanced Studies. 2022. Т. 12, № 1. С. 104-122. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-1-104-122>
8. Петров М. Цифровая трансформация в России: новые возможности в логистике. <https://controlengrussia.com/innovatsii/cifrovizaciya/cifrovaya-v-logistike/> (дата обращения: 13.03.2024)
9. Плотников В. А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 4(112). С. 16-24.
10. Сапожникова С. М. Цифровизация планирования деятельности торговых предприятий малого бизнеса региона // Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения: Материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием. В 2 частях, Тольятти, 22–24 апреля 2019 года. Часть 2. Тольятти: Издатель Качалин А.В., 2019. С. 491-498.
11. Темников А. О. Современные подходы к определению термина «цифровая трансформация» // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2023. №3. С. 222-229.
12. Цифровая трансформация транспортно-логистической отрасли Российской Федерации: тренды, вызовы, решения, технологии. Ассоциация «Цифровой транспорт и логистика». [https://www.dtla.ru/upload/docs/Analitika\\_DTLA.pdf](https://www.dtla.ru/upload/docs/Analitika_DTLA.pdf) (дата обращения: 13.03.2024)
13. Цифровая экономика: 2024: краткий статистический сборник / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневский, Л.М. Гохберг и др.; Нац. ис. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2024. 124 с.

### *References*

1. Order of the Government of the Russian Federation dated November 3, 2023, No. 3097-r “On Approval of the Strategic Direction in the Field of Digital Transformation of the Transport Industry of the Russian Federation until 2030”. <http://government.ru/docs/all/150354/> (accessed 02.03.2024).

2. Boyakova K.N. Policy of regulation of digital transformation of industry in Russia. *Business. Society. Power*, 2022, no. 2-3 (44-45), pp. 126-140. <https://www.hse.ru/data/2022/08/31/1694799245/%D0%91%D0%9E%D0%92%2044-45%202022-126-140.pdf> (accessed 13.03.2024)
3. Iziumskiy A.A., Nadiryayn S.L., Kotsurba S.V. Digitalization - the only way to develop road transportation. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 4, pp. 118-127. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-4-118-127>
4. Kargopolov A.S., Kripak M.N., Kiyashko L.A. Prospects and opportunities for the application of blockchain technology in logistics. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 4, pp. 205-217. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-4-205-217>
5. Karpova N.P., Evtodieva T.E. Logistic innovations: essence, types and ways of financing. *Economics, entrepreneurship and law*, 2020, vol. 10, no. 7, pp. 2063-2072.
6. Kondratieva M.N., Komakhina A.V. Digitalization: a study of basic terms. *Economics and Management: Scientific and Practical Journal*, 2022, no. 3 (165), pp. 134-139. <https://ekam-journal.com/images/2022/3-2022/Kondratieva-Komakhina.pdf> (accessed 13.03.2024).
7. Mirkina O. N. State of the transport industry of Russia and the main trends of its development. *International Journal of Advanced Studies*, 2022, vol. 12, no. 1, pp. 104-122. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-1-104-122>
8. Petrov M. Digital transformation in Russia: new opportunities in logistics. <https://controlengrussia.com/innovatsii/cifrovizaciya/cifrovaya-v-logistike/> (accessed 13.03.2024)
9. Plotnikov V. A. Digitalization of production: theoretical essence and prospects of development in the Russian economy. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2018, no. 4(112), pp. 16-24.
10. Sapozhnikova S. M. Digitalization of planning activities of trade enterprises of small business in the region. *Information technologies in modeling and management: approaches, methods, solutions: Proceedings*

- of the II All-Russian scientific conference with international participation*. In 2 parts, Togliatti, April 22-24, 2019. Part 2. Togliatti: Publisher Alexander V. Kachalin, 2019, pp. 491-498.
11. Temnikov A. O. Modern approaches to the definition of the term “digital transformation”. *Humanities, Socio-Economic and Social Sciences*, 2023, no. 3, pp. 222-229.
  12. Digital transformation of the transportation and logistics industry of the Russian Federation: trends, challenges, solutions, technologies. Association “Digital Transport and Logistics”. [https://www.dtla.ru/upload/docs/Analitika\\_DTLA.pdf](https://www.dtla.ru/upload/docs/Analitika_DTLA.pdf) (accessed 13.03.2024).
  13. Digital Economy: 2024: a brief statistical compendium / V.L. Abashkin, G.I. Abdrakhmanova, K.O. Vishnevsky, L.M. Gokhberg, et al.; National Research University Higher School of Economics. M.: NIU VSHE, 2024, 124 p.

### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**Миркина Ольга Наумовна**, доцент кафедры экономики, кандидат экономических наук, доцент  
*Смоленский государственный университет*  
*ул. Пржевальского, д. 4, г. Смоленск, 214000, Россия*  
*olga-mirkina@yandex.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Olga N. Mirkina**, Associate Professor of Economics, Candidate of Economics, Associated Professor  
*Smolensk state University*  
*4, Przewalski Str., Smolensk, 214000, Russian Federation*  
*olga-mirkina@yandex.ru*  
*SPIN-code: 5972-7929*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8040-8353>*

Поступила 03.04.2024

После рецензирования 01.05.2024

Принята 07.05.2024

Received 03.04.2024

Revised 01.05.2024

Accepted 07.05.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-316  
УДК 656.073.436



Научная статья | Управление процессами перевозок

## ТРАНСПОРТИРОВКА ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

*А.И. Лежнёв, Л.М. Забытова, А.Н. Луцюк*

*Перевозка опасных грузов является одной из ключевых отраслей логистики, требующей специального внимания и навыков. Профессионалы этой сферы должны иметь глубокие знания о химических веществах, их свойствах и классификации, а также понимание законодательства и нормативных актов, регулирующих перевозку таких грузов.*

*Безопасность перевозки опасных грузов также включает строгое соблюдение правил поведения при аварийной ситуации. Оперативная реакция на возникающие проблемы и использование соответствующих средств и оборудования для ликвидации утечек или инцидентов являются неотъемлемой частью работы профессионалов в данной сфере. Регулярное обучение персонала и постоянное совершенствование систем безопасности являются ключевыми факторами для минимизации рисков при перевозке опасных грузов. Особое внимание уделено выделению сложностей, связанных с перевозкой таких грузов, на примере отдельных субъектов РФ. В результате будет получена исчерпывающая информация о данной теме, что позволит лучше понимать и управлять рисками, связанными с организацией перевозок опасных грузов.*

**Цель работы** – определить особенности перевозки опасных грузов на территории Российской Федерации.

**Метод и методология проведения работы.** В данной статье были задействованы методы экономико-математического и статистического анализа для достижения цели исследования.

**Результаты исследования.** В данной статье подробно рассмотрены ключевые принципы и особенности перевозки опасных грузов, которым обязаны следовать все логистические компании, осуществляющие свою деятельность на территории Российской Федерации. Должное соответствие этим правилам является безопасной и эффективной частью транспортного процесса.

**Область применения результатов.** Полученные данные могут быть эффективно использованы логистическими компаниями, специализирующимися на перевозке опасных грузов, для соблюдения правил и обеспечения безопасности.

**Ключевые слова:** опасный груз; транспортировка опасных грузов; логистические компании; безопасность

**Для цитирования.** Лежнёв А.И., Забытова Л.М., Луцюк А.Н. Транспортировка опасных грузов // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 2. С. 158-168. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-158

Original article | Transportation Process Management

## TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS

*A.I. Lezhnev, L.M. Zabytova, A.N. Lutsyuk*

*Transportation of dangerous goods is one of the main directions of logistics, which requires special attention and experience. Professionals working in this field must have a thorough knowledge of chemical products, their properties and classification, as well as the laws and regulations governing their transportation.*

*The safety of the transportation of dangerous goods also includes strict observance of the rules of conduct in an emergency situation. Prompt response to emerging problems and the use of appropriate tools and equipment to eliminate leaks or incidents are an integral part of the work of professionals in this field. Regular training of person-*

*nel and continuous improvement of safety systems are key factors for minimizing risks during the transportation of dangerous goods. Special attention is paid to highlighting the difficulties associated with the transportation of such goods, using the example of individual subjects of the Russian Federation. As a result, comprehensive information on this topic will be obtained, which will allow for a better understanding and management of the risks associated with the organization of transportation of dangerous goods.*

**Purpose.** *The purpose is to determine the specifics of the transportation of dangerous goods on the territory of the Russian Federation.*

**Methodology.** *In this article, methods of economic, mathematical and statistical analysis were used to achieve the purpose of the study.*

**Results.** *This article discusses in detail the key principles and features of the transportation of dangerous goods, which all logistics companies operating in the Russian Federation must follow. Proper compliance with these regulations is a safe and efficient part of the transportation process.*

**Practical implications.** *The data obtained can be effectively used by logistics companies specializing in the transportation of dangerous goods to comply with the rules and ensure safety.*

**Keywords:** *dangerous goods; transportation of dangerous goods; logistics companies; security*

**For citation.** *Lezhnev A.I., Zabytova L.M., Lutsyuk A.N. Transportation of Dangerous Goods. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 158-168. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-158*

## **Введение**

В производстве и экономике существуют опасные материалы – это товары, вещества или отходы, которые при транспортировке могут представлять угрозу здоровью и благополучию человека, а также отрицательно влиять на окружающую среду и имущество.

В России общая доля перевозки опасных грузов составляет приблизительно 800 миллионов тонн, что приблизительно равно

20 % от общего объёма перевозок. Большая часть этих грузов перевозится автомобильным транспортом, на долю которого приходится около 65 % от общего объёма [3].

По статистическим прогнозам, в 2024 году объем химического производства увеличится на 5,9% по сравнению с предыдущим годом. В отрасли газа отмечается рост, и она становится лидером среди производителей топлива. В Якутии газ стал популярным видом топлива, поскольку множество объектов жизнеобеспечения ранее использовали каменный уголь.

### **Основная часть**

Как известно, связи с очень большой территориальной протяженностью России возникают проблемы с размещением мест добычи, производства и потребления опасных грузов. Это создаёт трудности для компаний, которые нуждаются в стабильных поставках таких грузов, чтобы предотвратить возможные чрезвычайные ситуации, которые могут привести к остановке производства или отключению потребителей. К таким компаниям относятся строительные фирмы, предприятия жизнеобеспечения, больницы, аэропорты, автозаправки и другие.

Чтобы успешно и безопасно организовать перевозку опасных грузов, необходимо владеть актуальной юридической информацией, постоянно её обновлять и строго следовать конкретным правилам перевозки. Кроме того, транспортные средства должны быть оборудованы соответствующими средствами безопасности, водители должны пройти обучение, а грузы должны быть промаркированы и сопровождаться необходимыми документами [1, с. 57]. Но очевидным осложняющим фактором выступают высокие штрафы и возмещения убытков в случае нарушения правил, из-за которого многие компании предпочитают не брать на себя ответственность за организацию перевозки опасных грузов.

Сопричастность к экологической стороне перевозок является приоритетной. Частые чрезвычайные ситуации в этой сфере соз-

дают отрицательные последствия для окружающей среды и здоровья людей. В данном контексте, с целью обеспечения безопасности и удобства транспортировки таких грузов между странами, по инициативе ООН в 1957 году было подписано соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов [2].

В соответствии с российским законодательством о перевозке опасных грузов, автомобили, используемые для перевозки опасных грузов, должны быть специально оборудованы и сертифицированы для перевозки опасных грузов. Существуют также правила квалификации водителей, прав на перевозку опасных грузов и вопросов логистики, таких как оборудование автомобиля, обучение водителей и требования к документации [6]. Правильная организация перевозки опасного груза является ключевым аспектом для обеспечения безопасности и защиты окружающей среды.

Безопасная транспортировка опасных грузов включает в себя несколько ключевых аспектов, которые необходимо учитывать. Важным звеном в этом процессе является определение самих опасных грузов. Это вещества и предметы, которые могут быть опасными для жизни, вызывать взрывы, возгорания и наносить вред экологии. Они также могут причинить существенный ущерб транспортным средствам, зданиям и сооружениям [1, с. 57].

Первый аспект связан с законодательством и нормативами, которые регулируют область грузоперевозок в Российской Федерации. С 2017 года эти правила регулируются ДОПОГом (Европейским соглашением) и множеством приказов, утвержденных правительством, федеральным законом и Министерством транспорта РФ [2].

Второй важный момент - классификация опасных грузов. В соответствии с ГОСТ 19443-88 опасные грузы делятся на девять классов, каждый из которых имеет свои особенности и требования к перевозке. Это позволяет определить необходимые меры предосторожности и меры безопасности для каждого класса груза [5, с. 145].

В-третьих, важно учитывать требования к упаковке и маркировке опасных грузов. Необходимо использовать прочную и герметичную тару, соответствующую ГОСТ, а также нанести на нее соответствующие знаки и надписи, указывающие на класс опасности данного груза.

Надлежащая транспортировка опасных грузов требует всестороннего подхода и соблюдения специфических норм и правил для каждого вида транспорта, а именно автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного. Тем не менее, необходимо строго следовать правилам перевозки подобных материалов. Мониторинг состояния транспортных средств и специализированного оборудования также имеет большое значение в обеспечении безопасности при перемещении опасных грузов. Этот набор мер и ограничений способствует снижению рисков и гарантирует безопасность всех участников процесса [4].

Транспорт, предназначенный для перевозки опасных грузов, должно быть с определённым оборудованием, обеспечивающими безопасность. Среди них спутниковая система навигации ГЛОНАСС, тахограф, комплект для выполнения требований ADR (Европейской конвенции о международной дорожной перевозке опасных грузов), знак ограничения скорости, предупреждающий знак, специальные маркировочные знаки для груза, информационное табло, оранжевые таблички и проблесковый маячок. Для обеспечения безопасности и соблюдения всех правил важно, чтобы все эти компоненты были правильно установлены на транспортных средствах, предназначенных для перевозки опасных грузов. [1, с. 57].

Организации, которые занимаются транспортировкой опасных грузов, сталкиваются с трудностями при получении необходимых разрешений. Оперативное и своевременное соблюдение всех требований является составной частью процесса транспортировки грузов, поскольку несвоевременное выполнение может существенно нарушить исполнение плана. Более того, такая си-

туация может конкретно привести к резкому сокращению числа транспортных средств, готовых к отправке по дорогам. Отсутствие учета перевозки опасных грузов обеспечивает незаконную практику, что негативно влияет на стоимость и конкурентоспособность перевозчиков. Ключевым фактором в этой ситуации становится обязательное наличие необходимого оборудования и разрешений.

Организациям и жителям, занятым транспортировкой опасных грузов, требуется особое внимание к правильному оформлению разрешительной документации и точному расчёту времени для её получения. Компании, имеющие большой транспортный парк, также должны обязательно обладать специалистом по вопросам дорожной обстановки и правилам безопасности при транспортировке опасных грузов [5, с. 145]. Договор о предотвращении дорожно-транспортных происшествий (ДОПОГ) является соглашением между государствами, в котором отсутствует общий контролирующий орган. Проверки соответствия положениям Конвенции на автотрассах осуществляются сторонами практически, а несоблюдение ее положений может быть приведено к искам против водителя национальными органами согласно внутригосударственному законодательству. В Конвенции само по себе не предусмотрены санкции в этом отношении.

При перевозке опасных грузов соблюдение правил и норм, установленных Конвенцией ДОПОГ, является неотъемлемой частью безопасности и эффективности процесса. В этой конвенции определён ряд требований и условий, которые обязательны к выполнению. Они включают в себя правила упаковки и маркировки опасных грузов, требования к обучению и квалификации перевозчиков, стандарты безопасности и порядок действий при аварийных ситуациях.

Консультант по транспортировке опасных грузов выполняет важную функцию по обеспечению безопасности таких грузов на предприятии. Он также отвечает за безопасность процессов упа-

ковки, погрузки, разгрузки и перевозки. Такая помощь позволяет сократить время оформления необходимых документов и предоставить разъяснения по сопутствующим вопросам. Более того, необходимо всегда быть в курсе изменений в законодательстве, чтобы соответствовать новым требованиям для безопасности перевозки опасных грузов. Если все эти условия соблюдаются, то у перевозчиков опасных грузов не возникает производственных проблем.

Таким образом, в данной статье были описаны ключевые аспекты и особенности транспортировки опасных грузов, которым должны следовать все транспортные компании, работающие на территории Российской Федерации. Были такие вопросы, как законодательная база, техническое состояние и оснащение транспортных средств и оформление необходимой документации.

Применение этих принципов гарантирует безопасность и успешное выполнение задач транспортными компаниями при транспортировке опасных грузов.

### **Заключение**

Транспортировка опасных грузов — сложная и специфическая сфера деятельности, которую должны выполнять только квалифицированные специалисты. Огромный объем и регулярное обновление перечня опасных грузов делают этот тип транспортировки на дорогах уникальным и требующим тщательного рассмотрения со стороны экспертов в области обеспечения безопасности дорожного движения и исключения риска аварий при транспортировке опасных веществ и материалов.

Транспортировка опасных грузов в Российской Федерации очень сложна из-за необходимости следовать строгим правилам и требованиям закона, так как предполагается оформление документов, согласование маршрута, получение специального разрешения на транспортировку и использование транспорта с соответствующим сертификатом. Также важны правильная упаковка и маркировка грузов, обучение персонала и соблюдение мер без-

опасности при погрузке и разгрузке. В итоге процесс перевозки опасных грузов в России получается сложным и ответственным.

### ***Список литературы***

1. Безопасность транспортирования опасных веществ. М., 2012. 57 с.
2. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR) (Заключено в г. Женеве 30.09.1957) // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121040/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121040/)
3. Исаева Е.И., Шубин А.А. Регулирование автомобильных перевозок опасных грузов // Материалы XI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». <https://scienceforum.ru/2019/article/2018012561>
4. Как безопасно и эффективно организовать перевозку опасных грузов – все, что нужно знать. <https://logistics.by/blog/kak-bezopasno-i-effektivno-organizovat-perevozku-opasnyh-gruzov-vse-chto-nuzhno-znat>
5. Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом (издание второе с изменениями и дополнениями). М., 2022. 45 с.
6. Приказ Минтранса России от 12.08.2020 N 304 «Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки опасных грузов» (Зарегистрировано в Минюсте России 15.12.2020 N 61472). <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=378368>
7. Семенов В.М. Организация перевозок грузов. М.: Академия, 2013. 304 с.
8. Сборник НТД по обращению с взрывчатыми материалами. М., 2021. 68 с.

### ***References***

1. *Safety of transportation of hazardous substances*. М., 2012, 57 p.
2. European Agreement on the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR/ADR) (Concluded in Geneva 30.09.1957). *Consultant-Plus*. [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_121040/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121040/)

3. Isaeva E.I., Shubin A.A. Regulation of automobile transportation of dangerous goods. *Materials of the XI International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"*. <https://scienceforum.ru/2019/article/2018012561>
4. How to safely and effectively organize transportation of dangerous goods - everything you need to know. <https://logistics.by/blog/kak-bezopasno-i-efektivno-organizovat-perevozku-opasnyh-gruzov-vse-chto-nuzhno-znat>
5. *Rules for transportation of dangerous goods by road transport* (second edition with amendments and additions). M., 2022, 45 p.
6. Order of the Ministry of Transport of Russia from 12.08.2020 N 304 "On Approval of the Procedure for issuing a special permit for the movement on motor roads of a vehicle engaged in the transportation of dangerous goods" (Registered in the Ministry of Justice of Russia 15.12.2020 N 61472). <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=378368>
7. Semyonov V.M. *Organization of cargo transportation*. Moscow: Academy Publ., 2013, 304 p.
8. *Collection of NTD on handling of explosive materials*. M., 2021, 68 p.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**Лежнёв Анатолий Игоревич**, преподаватель кафедры естественно-научных и специальных дисциплин  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Дальневосточная пожарно-спасательная академия п. Аякс 27, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край, 690922, Российская Федерация  
[toljanltz@mail.ru](mailto:toljanltz@mail.ru)

**Забытова Лина Михайловна**, курсант  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Дальневосточная пожарно-спасательная академия п. Аякс 27, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край, 690922, Российская Федерация  
[zabytova2020@bk.ru](mailto:zabytova2020@bk.ru)

**Луцюк Анастасия Николаевна**, курсант

*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС  
МЧС России», Дальневосточная пожарно-спасательная  
академия*

*п. Аякс 27, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,  
690922, Российская Федерация  
pasichnikasya2019@mail.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Anatoly I. Lezhnev**, Lecturer at the Department of Natural Sciences  
and Special Disciplines

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMER-  
COM of Russia, Far Eastern Fire and Rescue Academy*

*27, Ajax, Russky Island, Vladivostok, Primorsky Krai, 690922,  
Russian Federation  
toljanltz@mail.ru*

**Lina M. Zabytova**, Cadet

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMER-  
COM of Russia, Far Eastern Fire and Rescue Academy*

*27, Ajax, Russky Island, Vladivostok, Primorsky Krai, 690922,  
Russian Federation  
zabytova2020@bk.ru*

**Anastasia N. Lutsyuk**, Cadet

*Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMER-  
COM of Russia, Far Eastern Fire and Rescue Academy*

*27, Ajax, Russky Island, Vladivostok, Primorsky Krai, 690922,  
Russian Federation  
pasichnikasya2019@mail.ru*

Поступила 27.05.2024

После рецензирования 10.06.2024

Принята 25.06.2024

Received 27.05.2024

Revised 10.06.2024

Accepted 25.06.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-283  
УДК 656.01



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

## ФОРМИРОВАНИЕ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Т.В. Коновалова, А.Н. Домбровский,  
С.Л. Надирян, С.В. Коцурба*

*В статье проведено исследование закономерностей изменения транспортных расходов компании, осуществляющей предоставление транспортно-логистических услуг. В качестве объекта исследования выбрана транспортная компания «М». Была составлена таблица «Сумма транспортных расходов», а так же составлены диаграммы «Доля транспортных расходов» и «Сумма транспортных расходов компании». Проанализированы тарифные ставки и возможности их изменения. На основании полученных данных сделан вывод, что внедрение новых тарифных ставок непосредственно влияет на транспортные затраты предприятия.*

***Цель** – исследование закономерностей изменения транспортных расходов компании, осуществляющей предоставление транспортно-логистических услуг на примере компании «М». Рассматривается изменение транспортных затрат производственного предприятия с учетом изменения тарифных ставок, нормируемых в зависимости от длины ездки.*

***Метод и методология проведения работы:** при проведении исследования авторами были использованы методы статистического анализа и методы ценообразования.*

***Результаты:** в результате исследования были получены следующие результаты: рассчитаны транспортные расходы компании*

«М», рассмотрены возможности изменения тарифных ставок и соответствующее изменение годовых затрат на транспортное обслуживание.

**Область применения результатов:** научно-исследовательская деятельность по разработке новых подходов в области тарификации транспортной работы производственного предприятия.

**Ключевые слова:** анализ; затраты; логистика; транспортный процесс; тарифная система; транспорт

**Для цитирования.** Коновалова Т.В., Домбровский А.Н., Надирян С.Л., Коцурба С.В. Формирование и пути оптимизации транспортных затрат производственного предприятия // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 2. С. 169-180. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-283

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

## FORMATION AND WAYS TO OPTIMIZE TRANSPORTATION COSTS OF A MANUFACTURING ENTERPRISE

***T.V. Konovalova, A.N. Dombrovsky,  
S.L. Nadiryan, S.V. Kotsurba***

*The article examines the patterns of changes in transport costs of a company providing transport and logistics services. The transport company “M” was chosen as the object of the study. A table “Amount of transportation costs” was compiled, as well as diagrams “Share of transportation costs” and “Amount of transportation costs of the company” were compiled. Tariff rates and the possibility of changing them are analyzed. Based on the data obtained, it is concluded that the introduction of new tariff rates directly affects the transport costs of the enterprise.*

*The purpose the study of the patterns of changes in transport costs of a company providing transport and logistics services on the example*

of the company “M”. The change in the transport costs of a manufacturing enterprise is considered, taking into account changes in tariff rates, normalized depending on the length of the ride.

**Methodology:** when conducting research, the authors used research methods such as analysis and synthesis.

**Results:** as a result of the study, the following results were obtained: the transportation costs of the company “M” were calculated, the possibilities of changing tariff rates and the corresponding change in annual transportation costs were considered.

**The scope of the results:** research activities to develop new approaches in the field of transportation and transport services.

**Keywords:** analysis; costs; logistics; transport process; tariff system; transport

**For citation.** Konovalova T.V., Dombrovsky A.N., Nadiryan S.L., Kotsurba S.V. Formation and Ways to Optimize Transportation Costs of a Manufacturing Enterprise. *International Journal of Advanced Studies*, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 169-180. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-283

Для повышения эффекта от изменения транспортных затрат в логистике производственного предприятия целесообразно воздействовать на технологические и технические параметры перевозочного процесса, а именно, оптимизировать маршруты и графики движения транспорта, обеспечивать требуемые транспортно-эксплуатационные показатели подвижного состава и др. Для достижения необходимого экономического эффекта в складской логистике применяют единые логистические приемы, стандартизируют тару, применяют средства механизации и автоматизации, которые используются в логистическом процессе.

Расходы на логистику в транспортном секторе производственного предприятия включают стоимость транспортирования грузов в единой цепочке поставок, что определяется в компании «М» как тариф на перевозку. Рассмотрим затраты на перевозку в транспортной компании «М», где они зависят в большей степе-

ни от пробега с грузом и грузоподъемности подвижного состава. Транспортно-логистическая деятельность компании «М» характеризуется рядом особенностей:

- график отгрузок для отправления грузов получателям утверждается отделом компании-грузоотправителя и согласуется с «группой распределения запасов», складом и грузополучателем;

- график отгрузок составляется на период, равный календарному месяцу, однако возможна корректировка с учетом факта отгрузки предыдущего месяца;

- графика отгрузок формируется в целях равномерного потока отгрузки и приемки товара на складах грузополучателя, при этом учитывается потребность в грузах;

- на основании утвержденного графика отгрузок, веса и объема сформированной поставки транспортный отдел компании подбирает подвижной состав и заключает договора аренды транспорта [1].

Тарифные ставки для каждого предприятия рассчитываются в зависимости от технологических особенностей транспортного процесса и логистической системы. Например, в компании «М» тарифные ставки принимаются для определенных диапазонов пробегов. При этом затраты в нижней и верхней границах диапазона могут отличаться до 35 %, что приводит к снижению прибыли за счет увеличения доли транспортных расходов в себестоимости конечной продукции. Такая «упущенная выгода» достигает 0,8 – 1,7 % в стоимости конечной продукции компании «М».

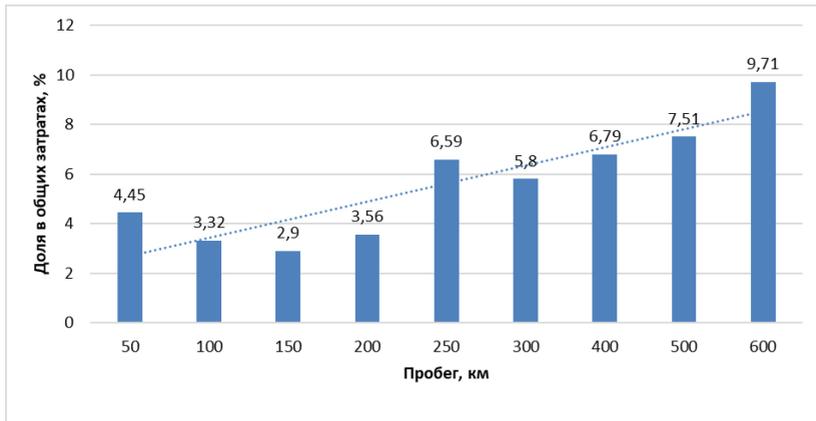
Ранее проводимые исследования позволяют выделить критические отклонения от базовых тарифов, была предложена и обоснована методика расчета оптимальных интервалов пробегов транспортных средств для минимизации доли транспортных затрат в себестоимости конечной продукции предприятия.

После пересчета транспортных расходов по тем рейсам, которые своим пробегом подходят под ставку промежуточных пробегов, можно для сравнения рассмотреть долю транспортных расходов до изменения в системе тарифов и после [2].

Таблица 1.

**Транспортные расходы до изменений в тарифах**

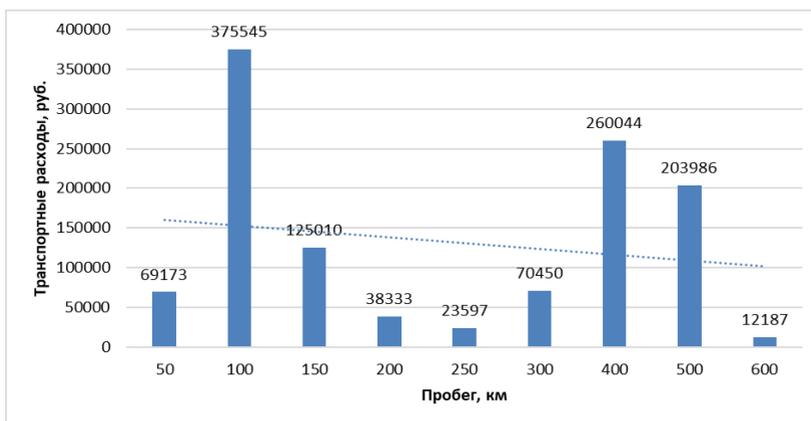
Пробег, км	Количество рейсов, шт	Сумма транспортных расходов без НДС, руб.	Сумма заказов без НДС, руб.	Доля, %
50	13	69173	1555309	4,45
100	60	375545	11298809	3,32
150	18	125010	4303445	2,90
200	5	38333	1076492	3,56
250	3	23597	358043	6,59
300	8	70450	1217142	5,8
400	24	260044	3829907	6,49
500	15	203986	2717902	7,51
600	1	12187	125497	9,71
Итого	147	1178325	26482546	4,45

**Рис. 1.** Доля транспортных расходов, % (до изменений в тарифах)

Представленную выше таблицу наглядно возможно представить в виде диаграммы (рисунки 1, 2), по которой предоставля-

ется возможность четко рассмотреть пробеги автомобилей, где транспортные расходы были выше всего, а по какому пробегу компания не превысила норму. По данной диаграмме можно сделать вывод:

- рейсы с пробегом до 150 км были самыми малозатратными;
- рейс с пробегом до 600 км вышел самым «дорогостоящим» для организации [2].



**Рис. 2.** Сумма транспортных расходов, руб. (до изменений в тарифах)

Далее, пересчитанные транспортные расходы по пробегам 350 км, 450 км и 550 км представим в виде таблицы 2.

Наглядно представим в одной диаграмме долю транспортных расходов до введения промежуточных пробегов и после (см. рис. 3).

Проанализировав данную диаграмму, можно сделать вывод, что доля транспортных расходов на каждый пройденный пробег после 300 км значительно изменилась, а местами даже увеличилась, но, несмотря на это, итоговый результат имеет положительный эффект [3].

Добавление промежуточного пробега позволяет снизить транспортные расходы, оценить транспортные издержки более точно.

Таблица 2.

**Транспортные расходы за декабрь 2023г, общий итог  
по пробегу после изменения в тарифах**

Пробег, км	Количество рейсов, шт	Сумма транспортных расходов без НДС, руб.	Сумма заказов без НДС, руб.	Доля, %
50	13	69173	1555309	4,45
100	60	375545	11298809	3,32
150	18	125010	4303445	2,9
200	5	38333	1076492	3,56
250	3	23597	358043	6,59
300	8	70450	1217142	5,8
350	16	161656	2415798	6,69
400	8	86885	1414109	6,14
450	8	99475	1412662	7,48
500	7	98319	1305280	7,53
550	1	11558	125497	9,21
Итого	147	1160001	26482586	4,38

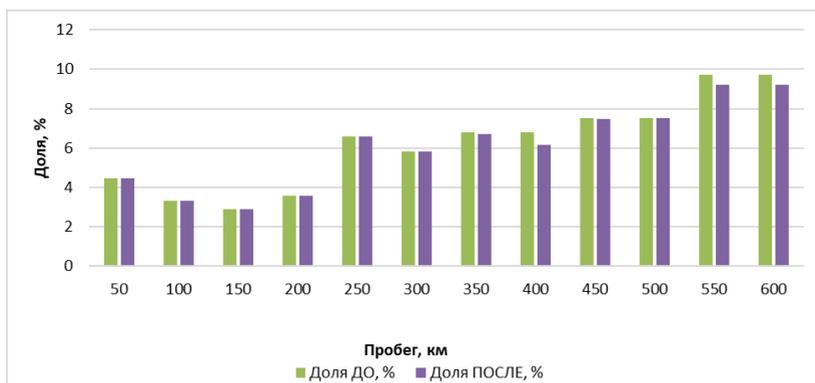


Рис. 3. Сравнение транспортных расходов, %

До введения тарификации с промежуточным пробегом сумма транспортных расходов составляла 1 178 325 рублей, но с добав-

лением предлагаемой системы тарифов сумма транспортных расходов составила 1 160 001 рубля, а доля транспортных расходов с 4,45% снизилась до 4,38%.

Внедрение изменений в тарифные ставки не требует капиталовложений, достаточно внести изменения в программные продукты, используемые для расчетов. Доставка грузов осуществляется не только в ТЦ компании «М», расположенном в г. Краснодаре, но и в 7 ТЦ, расположенных в Краснодарском крае. Система тарификации едина для всех ТЦ, поэтому предлагается вводить новую систему поэтапно. Сначала для центрального офиса и сотрудников, отвечающих за транспортное обеспечение, а затем масштабировать на все ТЦ [4].

Обоснование для внедрения новых тарифов должно быть документально оформлено, а процессы стандартизированы для беззатратного перехода всего предприятия на новую систему. Для калибровки модели также можно проанализировать данные любого другого ТЦ и сравнить вероятные изменения. Возможно, потребуется анализ динамики изменений за более длительный ретроспективный период [5].

При формулировании запроса исходных данных необходимо опираться на необходимость поиска решений для снижения транспортных затрат и полагать, что внедрение тарифов для промежуточного пробега помогут более точно оценивать транспортные расходы на доставку товаров.

Данная задача должна выполняться диспетчером-логистом, так как в компании «М» функционал этой должности включает контроль показателей эффективности транспортных процессов во всем регионе [6].

Само собой, что тарифы могут разниться с финальными тарифами, рассчитанными центральным офисом, но они достаточно близки к истинным, чтобы можно было грамотно проанализировать изменения после внедрения.

После согласования внедрения изменений в систему тарифов необходимо опубликовать обновленную сетку с тарифными

ставками, разослав ее по электронной почте руководству отдела доставки каждого ТЦ региона Юг и приложить для наглядности таблицу с транспортными расходами за отчетный период до изменения тарифов и после их изменения. Можно использовать диаграмму, изображенную на Рисунке 3 – Сравнение транспортных расходов, %.

На начальных этапах использования внедрений необходимо также на ежедневной основе заполнять отчет в файле Excel по транспортным расходам с использованием новых тарифных ставок. Следить за транспортными расходами необходимо и на уровне ТЦ и на уровне ЦО. Поэтому нужно ежемесячно сравнивать долю транспортных расходов за прошедший месяц по отношению к предшествующему ему месяцу, чтобы проследить положительную или отрицательную динамику [7].

Внедрение новых промежуточных тарифных ставок позволит сократить транспортные издержки за доставку товара. Также, позволит более точно оценивать ситуацию и, возможно, поможет найти новые способы по оптимизации логистических издержек на транспортном предприятии.

### *Список литературы*

1. Коновалова Т. В. Алгоритм формирования затрат на транспорте с учетом технологии перевозочного процесса / Т. В. Коновалова, С. Л. Надирян, И. Н. Котенкова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2023. № 1. С. 191-193.
2. Коновалова Т. В. Пути оптимизации транспортно-логистических затрат торгово-производственных предприятий / Т. В. Коновалова, С. Л. Надирян // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2020. № 1. С. 145-147.
3. Повышение эффективности контрольно-надзорной деятельности на транспорте: монография / В.М. Соболев, А.А. Изюмский, Я.А. Мотренко; ФГБОУ ВО “КубГТУ”. Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2023. 200 с.

4. Устойчивое развитие городской транспортной системы / Т.В. Коновалова, Сенин И.С, Котенкова И.Н.; ФГБОУ ВО “КубГТУ”. Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2023. 232 с.
5. Оценка проектных решений на транспорте / Т. В. Коновалова, И. Н. Котенкова, М. П. Миронова, С. Л. Надирян. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2020. 357 с.
6. Коновалова Т. В. Транспортные расходы торговой компании / Т. В. Коновалова, С. Л. Надирян, В. М. Плаксунова // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2023. № 4. С. 76-78.
7. Коновалова Т. В. Бюджетирование в системе управления учета автотранспортного предприятия / Т. В. Коновалова, С. Л. Надирян // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2013. № 1. С. 313-315.

### *References*

1. Konovalova T. V. Algorithm of cost formation on transport taking into account the technology of transportation process / T. V. Konovalova, S. L. Nadiryan, I. N. Kotenkova. *Humanities, socio-economic and social sciences*, 2023, no. 1, pp. 191-193.
2. Konovalova T. V. Ways to optimize transport and logistics costs of trade and manufacturing enterprises / T. V. Konovalova, S. L. Nadiryan. *Humanities, socio-economic and social sciences*, 2020, no. 1, pp. 145-147.
3. *Increasing the efficiency of control and supervisory activities in transportation: monograph* / V.M. Sobolev, A.A. Iziumskiy, Y.A. Motrenko; KubGTU. Krasnodar: Yug Publ., 2023, 200 p.
4. *Sustainable development of urban transportation system* / T.V. Konovalova, Senin I.S., Kotenkova I.N.; KubGTU. Krasnodar: Yug Publ., 2023, 232 p.
5. *Evaluation of design solutions in transportation* / T. V. Konovalova, I. N. Kotenkova, M. P. Mironova, S. L. Nadiryan. Krasnodar: Kuban State Technological University, 2020, 357 p.
6. Konovalova T. V. Transportation costs of a trading company / T. V. Konovalova, S. L. Nadiryan, V. M. Plaksunova. *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhicheskiy vestnik)*, 2023, no. 4, pp. 76-78.

7. Konovalova T. V. Budgeting in the accounting management system of the motor transportation enterprise / T. V. Konovalova, S. L. Nadiryan. *Humanities, socio-economic and social sciences*, 2013, no. 1, pp. 313-315.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Коновалова Татьяна Вячеславовна**, доцент, к.э.н., заведующий кафедрой Транспортных процессов и технологических комплексов  
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»*  
*ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

**Домбровский Александр Николаевич**, доцент, к.т.н., доцент кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»  
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»*  
*ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

**Надирян София Леоновна**, старший преподаватель кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»  
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»*  
*ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*  
*sofi008008@yandex.ru*

**Коцурба София Вячеславовна**, ассистент кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»  
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»*  
*ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Tatyana V. Konovalova**, Associate Professor, Candidate of Economics, Head of the Department of Transport Processes and Technological Complexes

*Kuban State Technological University*

*2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation*

**Alexander N. Dombrovsky**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Processes and Technological Complexes

*Kuban State Technological University*

*2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation*

**Sofiya L. Nadiryan**, Senior Lecturer of the Department of Transport Processes and Technological Complexes

*Kuban State Technological University*

*2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation*

*sofi008008@yandex.ru*

**Sofiya V. Kotsurba**, Assistant of the Department of Transport Processes and Technological Complexes

*Kuban State Technological University*

*2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation*

Поступила 05.04.2024

После рецензирования 10.05.2024

Принята 01.06.2024

Received 05.04.2024

Revised 10.05.2024

Accepted 01.06.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-279

УДК 004.8



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ВИРТУАЛЬНОГО ГОЛОСОВОГО ПОМОЩНИКА СТУДЕНТА

*Р.Н. Сафиуллин, Ю.В. Торкунова*

*Целью статьи является анализ современных подходов и технологий создания голосовых помощников, основанных на искусственном интеллекте, а так же представление результатов мобильной разработки виртуального голосового помощника. В статье рассмотрены ключевые аспекты разработки, включая выбор алгоритмов обработки естественного языка, машинного обучения и технологий распознавания речи. Описана архитектура и функциональные возможности разработанного голосового помощника, а также приведены примеры его применения.*

*Материалы и методы:* использованы современные методы визуального моделирования и программирования, возможности языка Dart и фреймворка Flutter для решения проблем разработки виртуального помощника.

*Результаты:* разработано кроссплатформенное мобильное приложение, сочетающее возможности распознавания голоса, интеллектуального анализа текста, воспроизведения голоса и изображения.

*В заключении* сделаны выводы о дальнейших перспективах разработки, интеграции и внедрении в современную цифровую образовательную экосистему.

*Ключевые слова:* голосовой помощник; искусственный интеллект; обработка естественного языка; машинное обучение; распознавание речи; мобильные приложения; интеграция платформ

*Для цитирования. Сафиуллин Р.Н., Торкунова Ю.В. Разработка мобильного приложения кроссплатформенного виртуального голосового помощника студента // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 2. С. 181-193. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-279*

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION A CROSS-PLATFORM VIRTUAL VOICE ASSISTANT FOR STUDENT

*R.N. Safiullin, J.V. Torkunova*

*The purpose of this article is to analyze modern approaches and technologies for creating voice assistants based on artificial intelligence, as well as to present the results of mobile development of a virtual voice assistant. The article discusses key aspects of the development, including the choice of algorithms for natural language processing, machine learning and speech recognition technologies. The architecture and functionality of the developed voice assistant are described, as well as examples of its application.*

**Materials and methods:** *modern methods of visual modeling and programming, the capabilities of the Dart language and the Flutter framework are used to solve the problems of developing a virtual assistant.*

**Results:** *a cross-platform mobile application has been developed that combines the capabilities of voice recognition, text mining, voice and image playback.*

**In conclusion,** *conclusions are drawn about the future prospects of development, integration and implementation into the modern digital educational ecosystem.*

**Keywords:** *voice assistant; artificial intelligence; natural language processing; machine learning; speech recognition; mobile applications; platform integration*

***For citation.** Safiullin R.N., Torkunova J.V. Development of a Mobile Application a Cross-Platform Virtual Voice Assistant for Student. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 181-193. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-279*

## **Введение**

Новое информационное общество предполагает увеличение объемов перерабатываемой информации, повышение скорости доступа к ней и улучшение ее использования за счет внедрения интеллектуальных технологий. Голосовой помощник студента, реализованный на базе Flutter, представляет собой инструмент, позволяющий студентам и преподавателям экономить время на поиск и обработку информации, что делает учебный процесс более эффективным и оптимальным по затратам времени [9; 16].

В условиях быстро меняющегося мира и постоянно возрастающего объема информации голосовые помощники становятся не просто удобным инструментом, а зачастую необходимым элементом образовательной экосистемы [6; 8]. Они помогают студентам ориентироваться в больших объемах организационной информации, облегчать ее поиск и эффективно использовать ее для решения учебных задач. Таким образом, разработка голосового помощника студента на базе Flutter является достаточно актуальной проблемой и востребованным инструментом современной образовательной экосистемы [3].

## **Материалы и методы**

Проект «Голосовой помощник студента» реализован с использованием языка Dart и фреймворка Flutter. Этот выбор обусловлен стремлением создать максимально эффективное, удобное и масштабируемое приложение, способное удовлетворить запросы современного образовательного процесса (Рисунок 1).

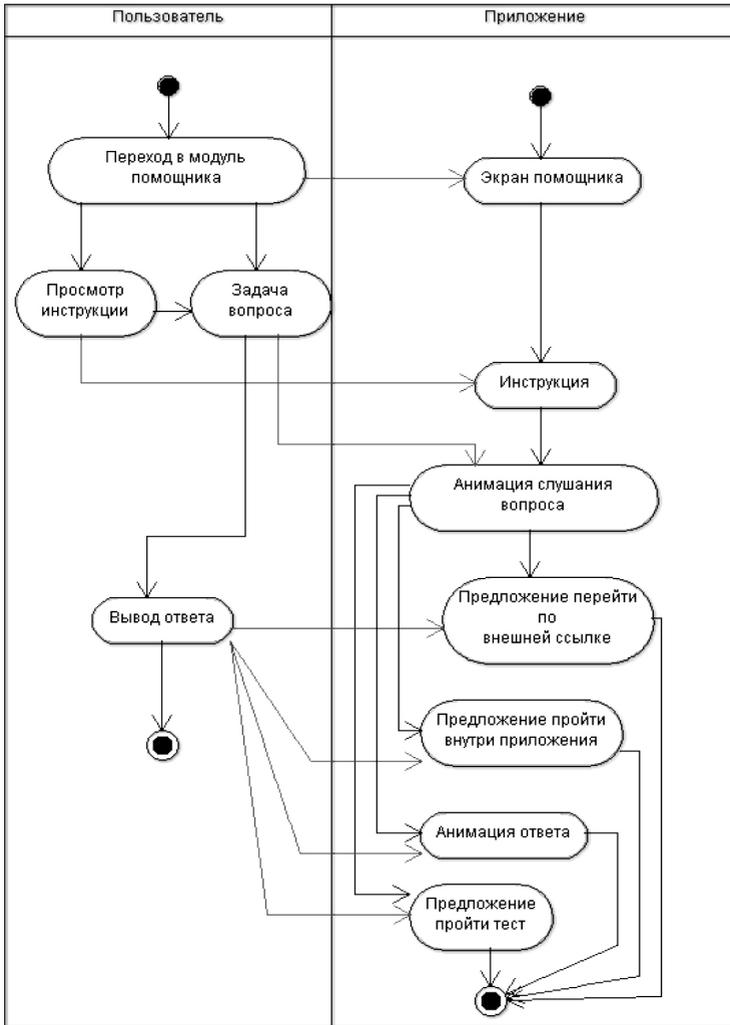


Рис. 1. Диаграмма деятельности

Пакет flutter\_tts для Flutter представляет собой плагин, обеспечивающий функциональность преобразования текста в речь в приложениях Flutter, поддерживающий такие платформы, как

iOS, macOS, Android, Web и Windows. Он позволяет осуществлять различные действия, такие как воспроизведение речи, остановка речи, настройка параметров речи (язык, скорость, громкость, высота тона) и обработка специфических особенностей платформы, включая выбор голоса и синтез речи в файлы. Этот плагин является ключевым инструментом для разработчиков, стремящихся интегрировать доступные возможности текста в речь в свои мультиплатформенные приложения Flutter. Данный пакет работает, используя нативные возможности TTS (text-to-speech, преобразование текста в речь) на каждой поддерживаемой платформе. Внутри он интегрируется с нативными API платформы для синтеза речи, такими как AVFoundation на iOS и TextToSpeech на Android. Для разработчиков это означает, что они могут использовать единый интерфейс Flutter для реализации функционала TTS в своих приложениях, при этом плагин будет вызывать соответствующие методы на каждой платформе, чтобы преобразовать текст в речь и управлять ею.

AVFoundation для iOS и TextToSpeech для Android предоставляют API для синтеза речи на своих платформах. AVFoundation позволяет разработчикам iOS использовать различные параметры голоса и управлять скоростью произношения, интонацией и громкостью. TextToSpeech на Android предоставляет аналогичные возможности, позволяя выбирать из разных голосов и настраивать параметры речи для создания более естественного звучания. Оба API играют ключевую роль в создании доступных и интерактивных приложений, облегчая взаимодействие пользователей с приложением через аудиальный интерфейс.

Dart является современным, мощным и гибким языком программирования, разработанным Google [14]. Он предназначен для создания качественных, высокопроизводительных приложений для всех платформ. Flutter, как кросс-платформенный фреймворк, позволяет разработчикам использовать единую кодовую базу для создания приложений, что значительно ускоряет разработку и упрощает поддержку продукта [2].

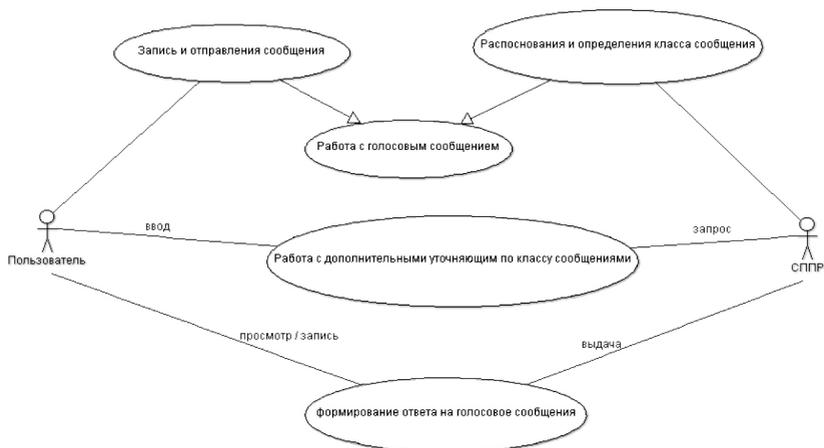
Ключевой компонент голосового помощника – это распознавание и обработка естественного языка. Для этого в проекте используются передовые методы NLP и машинного обучения [1; 5]. Эти технологии позволяют не только точно распознавать человеческую речь, преобразовывая ее в текст, но и эффективно анализировать текстовые запросы для выдачи релевантных и точных ответов. Применение таких методов обеспечивает высокую степень понимания контекста запросов и возможность ведения естественного диалога с пользователем [13; 15].

Для обработки запросов и возврата ответов голосовой помощник интегрирован с серверной частью. Это обеспечивает быструю обработку данных и возможность использования мощных серверных ресурсов для выполнения сложных алгоритмов NLP и машинного обучения [10]. Взаимодействие с сервером происходит в реальном времени, что является критически важным для обеспечения минимального времени отклика системы и повышения общей удобности использования приложения.

Разработка приложения ведется с учетом принципов модульности и масштабируемости. Это означает, что система спроектирована таким образом, чтобы ее можно было легко расширять и модифицировать, добавляя новые функции и компоненты без необходимости переписывать существующий код. Такой подход повышает гибкость приложения и облегчает его дальнейшее развитие и адаптацию к меняющимся требованиям и условиям [9].

## **Результаты**

Голосовой помощник студента, реализованный на базе Flutter, представляет собой сложную, многоуровневую систему, предназначенную для обработки и ответа на голосовые запросы пользователя. Работа продукта включает в себя несколько ключевых этапов, от распознавания речи до синтеза ответа и его озвучивания [7]. Ниже представлен детальный обзор процесса работы приложения (Рисунок 2).



**Рис. 2.** ArgoUML диаграмма вариантов использования

Когда пользователь задает вопрос голосом, первым шагом является распознавание этого голосового запроса (рисунок 3). Используя передовые алгоритмы распознавания речи, приложение преобразует аудиосигнал в текстовую форму. Этот процесс включает в себя анализ звуковых волн, их сегментацию на отдельные фонемы и сопоставление с предопределенным словарем для формирования текстового представления речи пользователя [4].

После преобразования голоса в текст, полученный текстовый запрос отправляется на сервер, где он обрабатывается с помощью алгоритмов обработки естественного языка (NLP). На этом этапе система анализирует запрос, определяет его ключевые элементы и контекст, и на основе этого выбирает наиболее подходящий ответ или действие. Обработка запроса может включать в себя такие операции, как синтаксический и семантический анализ, распознавание намерений пользователя и извлечение сущностей [12].

На основе анализа запроса система генерирует ответ. Этот процесс может включать не только выбор конкретного предопределенного ответа из базы данных, но и формирование нового ответа путем синтеза информации из различных источников [17].

В некоторых случаях для генерации ответа могут использоваться алгоритмы машинного обучения, способные самостоятельно формировать осмысленные и точные ответы на основе больших объемов данных (Рисунок 4).



**Рис. 3.** Начальный экран приложения

Последним этапом является озвучивание сгенерированного текстового ответа. С помощью технологий синтеза речи текст преобразуется в аудиосигнал, который затем воспроизводится через динамики устройства.

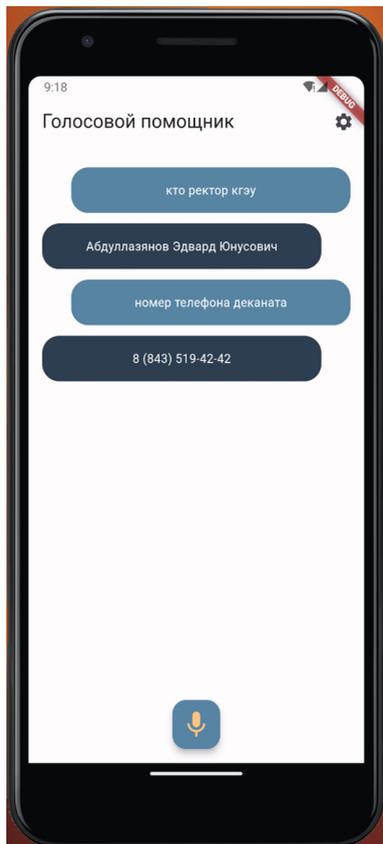


Рис. 4. Экран вопросы – ответы

Синтез речи позволяет создать естественно звучащий голос, максимально приближенный к человеческому, что обеспечивает комфортное взаимодействие пользователя с системой [11].

### **Выводы**

Разработанный голосовой помощник студента позволяет упростить и ускорить доступ к различной информации организационно-образовательного характера. Благодаря нему студенты могут по-

лучать необходимые данные быстро и в понятной форме, что в целом повышает удобство обучения, повышая при этом его мотивацию и эффективность. Развитие функционала разработанного голосового помощника, внедрение его в существующую образовательную экосистему в дальнейшем позволит увеличить интерактивность обучения, сделав его более адаптивным и индивидуализированным.

### *Список литературы*

1. Аветисян Т.В., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Разработка подсистемы распознавания сигналов сложной формы // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 1. С. 102-114. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-102-114>
2. Бапаева Х.М., Цухаев И.Х. Будущее голосовых помощников // Актуальные вопросы физико-математического образования. Материалы межрегиональной студенческой научно-практической конференции. Грозный, 2023. С. 227-230.
3. Голосовые помощники: что мешает их развитию и что ждёт в будущем // Cossa. URL: <https://www.cossa.ru/special/mobile/288951/> (дата обращения: 01.02.2024).
4. Сальников Д.О., Муравьев М.О. Программируемые голосовые помощники // Наука и бизнес: пути развития. 2022. №1. С. 56-58.
5. Суранова Д.А. Применение технологий синтеза и распознавания речи для моделирования интерфейсов в вычислительных системах // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов. 2013. С. 117-120.
6. Ума палата: Алиса, Маруся и другие // ХАБР. URL: <https://habr.com/ru/companies/mvideo/articles/744450/> (дата обращения: 21.02.2024).
7. Хлопенкова А.Ю., Белов Ю.С. Методы обработки естественного языка в виртуальных голосовых помощниках // E-Scio. 2019. С. 167-173.
8. Торкунова Ю.В., Коростелева Д.М., Кривоногова А.Е. Формирование цифровых навыков в электронной информационно-образовательной среде с использованием нейросетевых технологий // Современное педагогическое образование. 2020. №5. С.107-110.

9. Торкунова Ю.В., Милованов Д.В. Оптимизация нейронных сетей: методы и их сравнение на примере интеллектуального анализа текста // *International Journal of Advanced Studies*. 2023. Т. 13, № 4. С. 142-158. <https://doi.org/10.12731/2227-930X2023-13-4-142-158>
10. 7 инструментов на основе ИИ для синтеза речи в 2023 году // ХАБР. URL: [https://habr.com/ru/companies/ru\\_mts/articles/774106/](https://habr.com/ru/companies/ru_mts/articles/774106/) (дата обращения: 01.01.2024).
11. Carmine Zaccagnino. *Programming Flutter Native, Cross-Platform Apps the Easy Way*. NY, 2020. 368 p.
12. Vashisht A. *Flutter Architectures: Write code with a good architecture*. sitaram.dev, 2023. 84 p.
13. Marco L. Napoli *Beginning Flutter: A Hands On Guide to App Development*. NY: Digit lib, 2019. 528 p.
14. Rap Payne. *Beginning App Development with Flutter: Create Cross-Platform Mobile Apps*. Apress, 2019. 336 p.
15. REST API: принципы, применение // ГикБрейнс. URL: <https://gb.ru/blog/rest-api/> (дата обращения: 01.02.2024).
16. TensorFlow // TensorFlow Overview. URL: <https://www.tensorflow.org/overview> (дата обращения: 11.02.2024).
17. Waleed Arshad. *Managing State in Flutter Pragmatically: Discover how to adopt the best state management approach for scaling your Flutter app*. 2021. 246 p.

### *References*

1. Avetisyan T.V., Lvovich Y.E., Preobrazhensky A.P. Development of a subsystem for recognizing signals of complex shape. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 102-114. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-102-114>
2. Вараева Н.М., Tsukhaev I.H. The future of voice assistants. *Actual issues of physical and mathematical education. Materials of the interregional student scientific-practical conference*. Grozny, 2023, pp. 227-230.
3. Voice assistants: what prevents their development and what awaits in the future. *Cossa*. URL: <https://www.cossa.ru/special/mobile/288951/> (accessed 01.02.2024).

4. Salnikov D.O., Muravyev M.O. Programmable voice assistants. *Science and business: ways of development*, 2022, no. 1, pp. 56-58.
5. Suranova D.A. Application of synthesis and speech recognition technologies for modeling interfaces in computing systems. *Multicore processors, parallel programming, FPGA, signal processing systems*, 2013, pp. 117-120.
6. Uma Palata: Alisa, Marusya and others. *HABR*. URL: <https://habr.com/ru/companies/mvideo/articles/744450/> (accessed 21.02.2024).
7. Khlopenkova A.Y., Belov Y.S. Methods of natural language processing in virtual voice assistants. *E-Scio*, 2019, pp. 167-173.
8. Torkunova, Yu.V. Korosteleva D.M., Krivonogova A.E. Formation of digital skills in the electronic information and educational environment using neural network technologies. *Modern pedagogical education*, 2020, no. 5, pp. 107-110.
9. Torkunova Yu.V., Milovanov D.V. Optimization of neural networks: methods and their comparison on the example of intellectual text analysis. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 4, pp. 142-158. <https://doi.org/10.12731/2227-930X2023-13-4-142-158>
10. 7 AI-based tools for speech synthesis in 2023. *HABR*. URL: [https://habr.com/ru/companies/ru\\_mts/articles/774106/](https://habr.com/ru/companies/ru_mts/articles/774106/) (accessed 01.01.2024).
11. Carmine Zaccagnino. *Programming Flutter Native, Cross-Platform Apps the Easy Way*. NY, 2020, 368 p.
12. Vashisht A. *Flutter Architectures: Write code with a good architecture*. sitaram.dev, 2023, 84 p.
13. Marco L. *Napoli Beginning Flutter: A Hands On Guide to App Development*. NY: Digit lib, 2019, 528 p.
14. Rap Payne. *Beginning App Development with Flutter: Create Cross-Platform Mobile Apps*. Apress, 2019, 336 p.
15. REST API: principles, application. *GeekBrains*. URL: <https://gb.ru/blog/rest-api/> (accessed 01.02.2024).
16. TensorFlow. *TensorFlow Overview*. URL: <https://www.tensorflow.org/overview> (accessed 11.02.2024).
17. Waleed Arshad. *Managing State in Flutter Pragmatically: Discover how to adopt the best state management approach for scaling your Flutter app*. 2021, 246 p.

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

**Сафиуллин Рамиль Ниязович**, магистр

*Казанский государственный энергетический университет  
ул. Красносельская, 51, г. Казань, Республика Татарстан,  
420066, Российская Федерация  
r.safullin@yandex.ru*

**Торкунова Юлия Владимировна**, профессор кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», д. пед. н.

*Казанский государственный энергетический университет;  
Сочинский государственный университет  
ул. Красносельская, 51, г. Казань, Республика Татарстан,  
420066, Российская Федерация; ул. Пластунская, 94, г. Сочи,  
Краснодарский край, 354000, Российская Федерация  
torkynova@mail.ru*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Ramil N. Safullin**, Magister

*Kazan State Power Engineering University  
51, Krasnoselskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420066,  
Russian Federation  
r.safullin@yandex.ru*

**Julia V. Torkunova**, Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Doctor of Pedagogical Sciences

*Kazan State Power Engineering University; Sochi State University  
51, Krasnoselskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420066,  
Russian Federation; 94, Plastunskaya Str., Sochi, Krasnodar  
region, 354000, Russian Federation  
torkynova@mail.ru  
SPIN-code: 7422-4238  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7642-6663>*

Поступила 13.03.2024

После рецензирования 01.04.2024

Принята 15.04.2024

Received 13.03.2024

Revised 01.04.2024

Accepted 15.04.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-284  
УДК 656.02



Научная статья | Логистические транспортные системы

## РАЗВИТИЕ КОНТРЕЙЛЕРНОГО СООБЩЕНИЯ НА МАРШРУТЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА «СЕВЕР-ЮГ»

*О.В. Москвичев, Ю.П. Пацев*

*В настоящей статье представлен способ реализации транспортно-логистической схемы доставки грузов с применением контрейлерных технологий на международном транспортном коридоре «Север-Юг». Актуальность и практическое значение представленного в статье решения определяется тем, что наиболее перспективный с точки зрения протяженности и грузооборота Западный маршрут международного транспортного коридора «Север-Юг», имеет главный инфраструктурный барьер – отсутствие железнодорожной линии на участке Астара – Реит в Иране. В статье проведен анализ инвестиционного участия Российской стороны в реализации проекта по строительству недостающего участка железной дороги в исламской республике Иран и представлен альтернативный вариант применения транспортно-логистической схемы доставки груза с включением контрейлерного сообщения.*

**Цель** – разработка транспортно-логистической схемы доставки груза с использованием контрейлерных технологий на международном транспортном коридоре «Север-Юг».

**Метод и методология проведения работы.** В статье использовались статистические методы анализа, а также методы математического моделирования и прогнозирования денежных потоков.

**Результаты.** Определен перечень опорных железнодорожных станций остановки контрейлерного поезда на полигоне железных

дорог. Разработана экономико-математическая модель, описывающая условие применения транспортно-логистической схемы доставки груза с включением в нее контрейлерного сообщения. Дана оценка экономической эффективности проекта по реализации регулярного контрейлерного сообщения на полигоне железной дороги от станции Санкт-Петербург до станции Астара.

**Область применения результатов.** Полученные результаты целесообразно применять при проектировании транспортно-логистических схем доставки грузов с использованием нескольких видов транспорта.

**Ключевые слова:** транспортно-логистическая схема; контрейлерная перевозка; экономико-математическая модель

**Для цитирования.** Москвичев О.В., Пацев Ю.П. Развитие контрейлерного сообщения на маршруте международного транспортного коридора «Север-Юг» // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 2. С. 194-215. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-284

Original article | Logistic Transport Systems

## DEVELOPMENT OF COUNTRAILER COMMUNICATION ALONG THE NORTH-SOUTH INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDOR ROUTE

***O.V. Moskvichev, Yu.P. Patsev***

*This article presents a method for implementing a transport and logistics scheme for the delivery of goods using countrailer technologies on the North-South international transport corridor. The relevance and practical significance of the decision presented in the article is determined by the fact that the Western route of the North-South international transport corridor, which is most promising in terms of length and cargo turnover, has a main infrastructure barrier - the absence of a railway line on the Astara-Resht section in Iran. The article analyzed*

*the investment participation of the Russian side in the implementation of the project for the construction of the missing section of the railway in the Islamic Republic of Iran and presented an alternative option for the use of a transport and logistics cargo delivery scheme with the inclusion of a countrailer communication.*

**Purpose** - *development of a transport and logistics scheme for the delivery of cargo using countrailer technologies on the North-South international transport corridor.*

**Methodology** *in article used statistical methods of analysis, as well as methods of mathematical modeling and forecasting of cash flows.*

**Results.** *The list of supporting railway stations for stopping a countrailer train at the railway landfill has been determined. An economic and mathematical model has been developed describing the condition for using a transport and logistics scheme for delivering cargo with the inclusion of a countrailer message. An assessment of the economic effectiveness of the project for the implementation of regular countrailer communication at the railway landfill from St. Petersburg station to Astara station was given.*

**Practical implications** *it is advisable to use the obtained results when designing transport and logistics schemes for the delivery of goods using several types of transport.*

**Keywords:** *transport and logistics scheme; countrailer transportation; economic and mathematical model*

**For citation.** *O.V. Moskvichev, Yu.P. Patsev Development of Countrailer Communication along the North-South International Transport Corridor Route. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 194-215. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-284*

Реализация санкционных мер со стороны ряда государств, накладывает широкий комплекс ограничений в сфере внешнеэкономической деятельности России. Существующие, до недавнего времени, логистические схемы доставки грузов, связывающие Россию со странами Европы сухопутными маршрутами и через порты Севе-

ро-Западных районов, стали в значительной мере невозможными. Уход с российского рынка международных морских перевозчиков, привел к сокращению вместимости флота под контейнерные перевозки. Смещение грузопотоков демонстрирует увеличение объемов перевозок в направлении дальневосточных терминалов с кратным снижением пропускных способностей и увеличении загрузки инфраструктуры [14].

Для сохранения и обеспечения бесперебойных торгово-экономических связей, грузовладельцы вынуждены искать новые альтернативные маршруты перевозок импортных и экспортных грузов. Существующие реалии указывают на необходимость разработки новых логистических решений [16].

Одним из таких решений является актуализация международного транспортного коридора (МТК) Север-Юг по средствам применения контрейлерных технологий, что позволит наиболее оперативно повысить уровень торговых отношений между странами [19].

Организация перевозок грузов контрейлерными поездами с использованием технологии ускоренного грузового сообщения, позволит повысить уровень взаимодействия видов транспорта, сократить сроки доставки грузов и добиться оптимизации всего перевозочного процесса. Помимо этого, благодаря применению нового сервиса, появится возможность повысить уровень экологической безопасности [24; 22].

Актуальность развития перспективного сервиса регулярного контрейлерного сообщения, подтверждается также ростом товарооборота между Россией и странами Юго-Западной и Южной Азии [11]. Согласно данным Федеральной таможенной службы, наблюдается рост грузооборота между Россией Ираном и Индией (рис. 1).

Структура грузовой базы является определяющей в вопросах актуальности и целесообразности развития более качественного сервиса в виде контрейлерных перевозок с использованием технологии ускоренного грузового сообщения.



**Рис. 1.** Динамика роста грузооборота между Россией и странами Юго-Западной и Южной Азии

Перечень импортной продукции, поступающей из Индии в Россию, во многом коррелирует со структурой торговли страны в целом, хотя и имеет ряд особенностей. Двумя основными позициями являются электрические машины и оборудование, фармацевтическая продукция. Кроме того, номенклатурный перечень товаров широко представлен товарами сельского хозяйства и пищевой промышленности (кофе, рыба, мясо, фрукты, растительные соки).

Основой торговых отношения России и Ирана составляют, в большей степени, продовольственные товары и продукция сельского хозяйства. Меньше представлены целлюлозно-бумажная продукция, машины и оборудование, а также продукты химической промышленности [18].

МТК «Север-Юг» предполагает реализацию организации перевозок по трем маршрутам, ведущим от Северо-Запада России в порты Ирана Персидского залива с дальнейшей доставкой грузов по морю до Индии (рисунок 2):

*Западный* – проходящий от Астрахани по западному побережью Каспийского моря через Дагестан и Азербайджан;

*Восточный* – соответственно по восточному побережью Каспийского моря через республику Казахстан и Туркменистан;

*Транскаспийский* – проходящий по Каспийскому морю через порты России и Ирана.

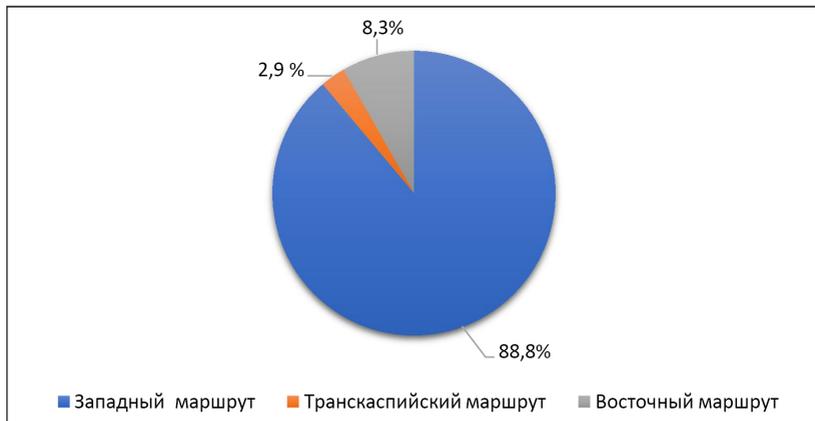


Рис. 2. Маршруты МТК Север-Юг

Западный маршрут является наиболее перспективным из сухопутных с точки зрения транспортно-логистической сети. Он является самым кратчайшим, и имеет всего два погранперехода в отличие от Восточного, благодаря чему, достигается наиболее высокая скорость доставки грузов [3]. Помимо этого, Западный маршрут включает в себя транспортно-логистическую инфраструктуру Азербайджана, которая благодаря своей географии ориентирована на обслуживание как широтных, так и меридианных грузопотоков, позволяя обеспечить выход на Армению, Грузию и Турцию [1; 6].

По данным Федеральной таможенной службы, в 2023 году, большой объем перевозок пришелся именно на Западный маршрут МТК «Север-Юг».

На рисунке 3 представлено процентное распределение грузопотоков по маршрутам МТК «Север-Юг».



**Рис. 3.** Диаграмма грузопотоков по маршрутам МТК «Север-Юг».

Главным инфраструктурным барьером на Западном маршруте является отсутствие железнодорожной линии на участке Астара – Решт в Иране. Строительство недостающего участка железнодорожного пути, протяжённостью 165 км, неоднократно обсуждалось на многосторонних переговорах Азербайджана, Ирана и России. Согласно исследованию Евразийского Банка Развития, на реализацию проектов первой группы, нацеленных на развитие железнодорожных маршрутов, в том числе строительства железнодорожного участка Астара – Решт, потребуется 3,64 млрд. долл., Российская Федерация предоставила кредит Ирану в размере 1,3 млрд. евро., на завершение строительных работ, но ранее, Азербайджан также выделял Ирану льготный кредит в размере 0,5 млрд. долл. на эти цели, однако эти средства не удалось потратить из-за наложенных на Иран санкций [2;12]. В любом случае, строительство участка железной дороги займет продолжительный период времени.

В существующих реалиях, отсутствие участка железнодорожного пути, является катализатором реализации контейнерного

международного сообщения, позволяющего обеспечить максимальную «бесшовность» перевозочного процесса. Даже при наличии возможности только железнодорожного сообщения, различия ширины колеи путей Азербайджана и путей Ирана привело бы к увеличению времени на выполнения дополнительных операций в пути следования. Слаборазвитая железнодорожная инфраструктура Ирана, против хорошо развитой сети автомобильных дорог и стоимость топлива, которая не превышает 10 руб. за литр, также является определяющим в выборе вида транспорта при доставке грузов по территории Исламской Республики Иран.

Формирование грузопотока на Западном маршруте МТК «Север-Юг», будут обеспечивать регионы четырех федеральных округов России, семь портов Каспийского моря и два сухопутных пограничных перехода [17]. Для транспортного обеспечения грузопотока, необходимо регулярное курсирование контейнерных поездов. Рассмотрим варианты транспортно-логистических схем организации доставки грузов на полигоне Россия – Иран, так как в контексте данной работы перевозка груза от Ирана до Индии и обратно не имеет смыслового значения.

На рисунке 4 представлены транспортно-логистические схемы.

Поэтапное внедрение контейнерного сервиса на маршруте, позволит минимизировать риски, а также снизить поток инвестиций, направленный на реализацию проекта. После внедрения контейнерного сервиса, необходимо постепенно увеличивать количество обрабатываемых контейнерных поездов на маршруте, а также определить перечень опорных железнодорожных станций остановки контейнерного поезда. Таковыми могут являться градообразующие раздельные пункты, находящиеся на пересечении основных транспортных магистралей [5; 8].

Для решения задачи по определению опорных станций остановки контейнерного поезда, был проанализирован полигон железной дороги от северных границ Северо-Западного Федерального округа, до Южных границ Южного Федерального округа с

проходом по территориям Центрального и Приволжского Федеральных округов [7; 9; 10; 23].



а) Транспортно-логистическая схема перевозки грузов с использованием только автомобильного транспорта



б) Предлагаемая транспортно-логистическая схема с включением в нее контейнерного сообщения

**Рис. 4.** Транспортно-логистические схемы организации перевозки грузов

Далее участок железнодорожного пути по территории Азербайджанской Республики до границы с Исламской Республикой Иран – станции Астара. В таблице 1 представлен железнодорожный участок пути Западного маршрута МТК Север-Юг.

Процесс доставки груза с участием нескольких видов транспорта, является сложной технологической системой, включающей в себя совокупность элементов, взаимодействующих между собой подсистем [20]. Данные подсистемы представлены в виде: перевоз-

чика, осуществляющего перевозку автомобильным транспортом; терминально-логистических центров, осуществляющих выполнение погрузочно-разгрузочных работ; перевозчика, осуществляющего перевозку по железной дороге; владельцев подвижного состава; операторов, эксплуатирующих транспортно-грузовые линии.

Таблица 1.

**Железнодорожный участок пути Западного маршрута МТК Север-Юг**

<b>Территория Российской Федерации</b>			
Федеральный округ	Грузообразующие регионы	Станции входящие в Западный маршрут МТК «Север-Юг»	Опорные станции остановки контроллерного поезда на начальном этапе организации контроллерного сообщения
Северо-Западный	Бусловская, Выборг, Мурманск, Архангельск Санкт-Петербург, Великий Новгород	Бусловская – Выборг – Санкт-Петербург – Великий Новгород	Шушары (Санкт-Петербург)
Центральный	Тверь, Москва и Московская область, Рязань, Мичуринск, Тамбов, Воронеж	Тверь – Ховрино – Рязань I – Кочетовка I – Тамбов I	Ховрино (Москва)
Приволжский	Пенза, Саратов, Самара	Ртищево II – Саратов II	Саратов II (Саратов)
Южный	Волгоград, Ростов-на-Дону, Астрахань, Грозный, Махачкала	Петров Вал – Волгоград II – Астрахань II – Махачкала-Сорт.	Астрахань II (Астрахань)
<b>Территория Азербайджанской Республики</b>			
Азербайджан	Гянджа, Баку	Хачмас – Сумгаит Гл. – Апшерон – Карадаг - Баш-Алят – Сальяны – Астара (Азербайджан)	Апшерон (Баку)
<b>Территория Исламской Республики Иран</b>			
Иран	Тебриз, Ардебиль, Тегеран	Астара (Иран)	Астара

Взаимодействие всех подсистем логистической цепочки доставки груза, должно обеспечивать минимизацию издержек участников данного процесса на каждом этапе. Достичь снижения издержек каждого участника технологической системы возможно за счет синергетического эффекта в организации автомобильно-железнодорожного сообщения на маршруте перевозки груза, где ключевым является организация контрейлерной перевозки.

Экономический эффект может быть достигнут только за счет выбора способа организации доставки груза, либо с включением в транспортно-логистическую схему (ТЛС) контрейлерного сообщения, либо без него – используя только автомобильный транспорт. Так же, определяющим условием для возможности функционирования ТЛС доставки груза, с организацией контрейлерной перевозки, является ограничение по времени срока доставки груза. При этом, срок доставки груза с включением контрейлерного сообщения в ТЛС не должен превышать нормативного срока доставки груза только автомобильным транспортом по всему маршруту следования.

Таким образом, условия функционирования ТЛС с включением контрейлерного сообщения, можно представить в виде интегрального математического выражения:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n P_i^{a-жд} \cdot x_i \Rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^n C_i^{a-жд} \cdot x_i \leq \sum_{j=1}^m C_{авт j} \cdot y_j \\ T_{дост i} \cdot x_i \leq T_{авт j}^H \\ x_i = \{0; 1\} \\ y_j = \{0; 1\} \end{array} \right. \quad (1)$$

где:  $\sum_{i=1}^n P_i^{a-жд}$  – суммарная прибыль всех участников логистической цепи доставки груза, использующих  $i$ -ый маршрут, эксплуа-

тирующий автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерной перевозки;

$\sum_{i=1}^n C_i^{a-жд}$  – суммарные затраты всех участников логистической цепи доставки груза, использующих  $i$ -ый маршрут, эксплуатирующий автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерной перевозки;

$\sum_{j=1}^m C_{авт j}$  – суммарные затраты автоперевозчиков, при осуществлении перевозки по  $j$ -ому маршруту, альтернативному  $i$ -ому маршруту, эксплуатирующему автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерной перевозки;

$T_{дост i}$  – срок доставки груза при перевозке по маршруту эксплуатирующему  $i$ -ое автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерной перевозки;

$T_{авт j}^н$  – нормативный срок доставки груза автоперевозчиком по  $j$ -ому автомобильному маршруту, альтернативному  $i$ -ому маршруту, эксплуатирующему автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерной перевозки, согласно установленным нормам соблюдения режима труда и отдыха водителя;

$x_i$  – управляемая переменная, показывающая эффективность  $i$ -ого, маршрута, эксплуатирующего автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерной перевозки. При  $x_i = 1$ , решение принимается в пользу эксплуатации маршрута, эксплуатирующего автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерной перевозки, в противном случае, при  $x_i = 0$ , считается, что наиболее эффективной является перевозка груза только автомобильным транспортом по  $j$ -ому автомобильному маршруту;

$y_j$  – управляемая переменная, определяющая эффективность автомобильной перевозки по  $j$ -ому маршруту, альтернативному  $i$ -му маршруту, эксплуатируемого автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерной перевозки. При  $y_j = 0$ , автомобильная перевозка на  $j$ -ом автомобильном маршруте считается менее эффективной по сравнению с автомобильно-железнодорожным сообщением. В случае если  $y_j = 1$ , то решение принима-

ется в пользу  $j$ -ого автомобильного маршрута и считается, что он наиболее эффективен по сравнению с  $i$ -ым маршрутом, эксплуатирующим автомобильно-железнодорожное сообщение с организацией контрейлерного поезда.

Доходы перевозчика, использующего  $i$ -ый маршрут, эксплуатирующий автомобильно-железнодорожное сообщение в части перевозки трейлера по железной дороге, определяются согласно действующему железнодорожному тарифу на перевозку контрейлеров, в соответствии с Прейскурантом №10-01.

Заложим в финансовую модель экономической оценки, вариант компоновки контрейлерного поезда из 51 контрейлерной платформы и магистрального локомотива. Каждая контрейлерная платформа позволяет разместить один полуприцеп. Сумма доходов, полученных компанией ОАО «РЖД», за осуществление перевозки 51 полуприцепа по маршруту Санкт-Петербург (Шушары) – Астара (Исламская Республика Иран), расстояние перевозки 3725 километров, составит 12 346 440 руб.

Для определения расходов компании ОАО «РЖД», связанных с осуществлением перевозки, используем метод единичных расходов ставок с учетом значений, принимаемых на железных дорогах Российской Федерации и железной дороги Азербайджанской Республики, входящих в полигон маршрута МТК «Север-Юг» [13; 21]. Себестоимость перевозки составила 8 745 366 руб.

Для экономического обоснования проекта по организации контрейлерных площадок, необходимо дать оценку затрат на создание объектов капитального строительства на опорных станциях останковки контрейлерного поезда. В соответствии с принятой практикой, данная оценка производится с использованием двух основных подходов:

- определение сметной стоимости строительства капитальных объектов;
- оценка стоимости строительства капитальных объектов на основе затрат, произведенных с целью создания существующих объектов, аналогичных по функциональному назначению.

В связи с отсутствием проектной документации на строительство объектов транспортной инфраструктуры, произведем оценку капитальных затрат на основании затрат на создание аналогичных по функциональному назначению объектов. В качестве аналогичных объектов транспортно-логистической инфраструктуры, рассмотрены объекты созданные в рамках проектов строительства ТЛЦ «Белый Раст», ТЛЦ «Восточный», ТЛЦ «Ховрино».

С учетом уже имеющихся контейнерных терминалов и необходимой инфраструктуры на станциях Шушары и Ховрино, учтем необходимый объем инвестиций в капитальное строительство четырех объектов транспортной инфраструктуры – на станциях Саратов II, Астрахань II (Россия), Апшерон (Азербайджанская Республика), Астара (Исламская Республика Иран). Общий объем инвестиций составит 3 101 760 тыс. руб.

Стоимость объектов железнодорожного транспорта оценивалась на основании Порядка определения стоимости строительства объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и других объектов ОАО «РЖД» с применением отраслевой сметно-нормативной базы ОСНБЖ-2001, утвержденного распоряжением ОАО «РЖД» от 29.12.2011 № 2821р., с последующим пересчетов в текущий уровень цен [15].

Возврат инвестиций планируется за счет наращивания объемов работы, связанной с организацией контейнерного сообщения на полигоне железной дороги от Санкт-Петербурга до границ Исламской Республики Иран. В качестве горизонта возврата инвестиций взят период в три года, с ежегодным наращиванием количества оборачиваемых контейнерных поездов на полигоне. В таблице 3 представлен расчет возврата инвестиций инновационного проекта.

Оценка эффективности инновационного проекта производилась на основе моделирования денежных потоков методом дисконтированных денежных потоков (Discounted Cash Flow, или DCF) согласно утвержденной методики оценки эффективно-

сти инновационной деятельности холдинга «РЖД» № 1066/р от 28.05.2019 г [4]. В основе данного метода лежит моделирование денежных потоков, включающих доходы и расходы, связанные с осуществлением проекта за расчетный период времени.

Таблица 3.

**Расчет возврата инвестиций инновационного проекта**

Показатели	Инвестиции	1 год 2 пары поездов в неделю	2 год 4 пары поездов в неделю	3 год 7 пар поездов в неделю
1. Исходные инвестиции, млн. руб.	-3101,8			
2. Входной денежный поток млн. руб.		749,02	1498,04	2621,6
3. Коэффициент дисконтирования		0,862	0,743	0,641
4. Дисконтированные денежные потоки млн. руб.		645,7	1113,3	1679,5
5. Накопленное дисконтированное сальдо суммарного денежного потока млн. руб.	-3101,8	-2456,05	-1342,8	336,8

Для расчета основных показателей эффективности, с учетом величины безрисковой ставки и уровня риска по проекту, была принята ставка дисконтирования, равная 16 %, что является значением ключевой ставки Банка России на момент осуществления расчетов.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

По результатам расчетов можно видеть, что чистый дисконтированный доход (*NPV*) становится положительным уже на третий год реализации проекта, что является показателем эффективности. Уровень показателя внутренней нормы доходности (*IRR*), является выше ставки дисконтирования, что подтверждает получение экономической выгоды для инвестора. Дисконтированный срок окупаемости, учитывающий временную стоимость денег и риски проекта, равен 2,8 года.

Таблица 4.

**Основные показатели эффективности инновационного проекта**

Наименование показателя	Значение показателя
Чистый дисконтированный доход, <i>NPV</i> , млн. руб.	336,8
Внутренняя норма доходности, <i>IRR</i> , %	21,35%
Дисконтированный срок окупаемости, <i>DPP</i> , лет	2,8
Ставка дисконтирования, %	16%

Полученные результаты экономической оценки эффективности реализации проекта показывают высокий уровень коммерческой рентабельности для компании ОАО «РЖД».

Для повышения уровня экономической эффективности проекта, необходимо предусмотреть дополнительные механизмы привлечения владельцев грузовых транспортных средств, осуществляющих перевозки по автодорогам.

**Список литературы**

1. Аналитический обзор «Международные Транспортные Коридоры». «РЖД-Инвест». Специально для форума PRO // ДВИЖЕНИЕ.1520, 2021 г. [Электронный ресурс]. <https://railwayforum.ru/en/news/?ID=11112> (дата обращения 10.01.2024).
2. Винокуров Е., Ахунбаев А., Забоев А., Усманов Н. Международный транспортный коридор «Север – Юг»: инвестиционные решения и мягкая инфраструктура. Доклад и рабочие документы 22/2. Алматы, Москва: Евразийский Банк Развития, 2022.
3. Выдашенко, Л. А. Новые тенденции и перспективы развития международного транспортного коридора “Север-Юг” / Л. А. Выдашенко, П. А. Выдашенко // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9, № 2. С. 239-246. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/87/28>
4. Единая методика эффективности инновационной деятельности холдинга «РЖД». Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 28 мая 2019 г. №1066/р.
5. Кочнева Д. И. Интегрированное управление контейнерной транспортной системой региона / Д. И. Кочнева, В. М. Сай // Экономика региона. 2021. Т. 17, № 4. С. 1270-1285. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-16>

6. Международные транспортные коридоры на евразийском пространстве: развитие меридиональных маршрутов. Eurasian Rail Alliance Index (ERAИ). Информационно-аналитический обзор. Ноябрь 2020. [Электронный ресурс]. <https://index1520.com/news/mezhdunarodnye-transportnye-koridory-na-evraziyskom-prostranstve-razvitie-meridionalnykh-marshrutov/> (дата обращения 25.12.2023).
7. Повышение эффективности транспортно-технологических систем регулярного контейнерного сообщения : монография / О.В. Москвичев [и др.]. Самара: СамГУПС, 2023. 130 с.
8. Разработка и исследование алгоритма кластеризации с проекцией для решения задач оптимизации транспортной инфраструктуры / Б. А. Есипов, О. В. Москвичев, Н. С. Складнев, А. О. Алешинцев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017): труды Международной научно-технической конференции, Самара, 14–16 марта 2017 года. Самара: Самарский научный центр РАН, 2017. С. 633-637.
9. Москвичев, О. В. Методология организации функционирования контейнерно-транспортной системы на основе клиентоориентированности : специальность 05.22.01 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Москвичев Олег Валерьевич. Москва, 2019. 415 с.
10. Москвичев О. В. Терминальная инфраструктура и контейнерные поезда: кластеризация объектов // Мир транспорта. 2017. Т. 15, № 5(72). С. 158-173.
11. Мультиmodalный международный транспортный коридор «Север - Юг»: состояние, развитие и управление / Ю. О. Глушкова, Т. Н. Одинцова, Л. В. Славнецкова, М. В. Уманская // Актуальные проблемы экономики и менеджмента. 2023. № 2(38). С. 116-123.
12. Новак: на проект ж/д участка Решт-Астара выделили межгосударственный кредит в €1,3 млрд // ТАСС. 17.05.2023. [Электронный ресурс]. [https://tass.ru/ekonomika/17767315?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://tass.ru/ekonomika/17767315?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop) (дата обращения: 22.12.2023).

13. Пацев Ю. П. Разработка экономико-математической модели для оценки целесообразности организации контрейлерных поездов // Вестник транспорта Поволжья. 2021. № 2(86). С. 66-73.
14. Покровская О. Д. Трансформация рынка транспортных услуг в России в условиях международных санкций / О. Д. Покровская, Ю. А. Мороз, М. И. Меликов // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 1. С. 197-211. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-197-211>
15. Порядок определения стоимости строительства объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и других объектов ОАО «РЖД» с применением отраслевой сметно-нормативной базы ОСНБЖ-2001 (ОПДС-2821.2011) Москва, 2015. 162 с.
16. Резер С. М. Состояние методического базиса технического и технологического развития контейнерных перевозок в России / С. М. Резер, О. В. Москвичев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2015. № 3. С. 12-14.
17. Третьяков Г. М. Методические принципы выбора маршрутов регулярного контрейлерного сообщения / Г. М. Третьяков, Е. Е. Москвичева, Ю. П. Пацев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2023. № 3(91). С. 66-73. [https://doi.org/10.46973/0201-727X\\_2023\\_3\\_66](https://doi.org/10.46973/0201-727X_2023_3_66)
18. Федеральная таможенная служба [Электронный ресурс]. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 22.01.2024).
19. Щербанин Ю. А. Международный транспортный коридор «Север - Юг»: что получилось // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 6(79). С. 3-6.
20. Crainic T. G., Perboli G., Rosano M. Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy // European Journal of Operational Research. 2018. Vol. 270. № 2. P. 401-418.
21. Gambardella L. M., Rizzoli A. E., Funk P. Agent-based planning and simulation of combined rail/road transport // Simulation. 2002. Vol. 78. № 5. P. 293-303.
22. Kaddoura I., Ewert R., Martins-Turner K. Exhaust and non-exhaust emissions from today's and future road transport: A simulation-based

- quantification for Berlin // *Transportation Research Procedia*. 2022. Vol. 62. P. 696-702.
23. Limbourg S., Jourquin B. Optimal rail-road container terminal locations on the European network // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2009. Vol. 45. № 4. P. 551-563.
24. Petrov A. V. Assessment of prospects for the development of innovative piggyback transportation services for the domestic market / A. V. Petrov, S. Y. Ivanchin, Yu. P. Patsev // *International Scientific and Practical Conference “Railway Transport and Technologies” (RTT-2021): Collection of conference materials. Volume 2624, Ekaterinburg, November 24-25, 2021. Vol. 2624, Issue 1. USA: AIP PUBLISHING, 2023. P. 040009. <https://doi.org/10.1063/5.0133905>*

### *References*

1. Analytical review “International Transport Corridors”. “RZD-Invest. Specially for the PRO Forum. *MOTION.1520*, 2021. <https://railwayforum.ru/en/news/?ID=11112> (accessed 10.01.2024).
2. Vinokurov E., Akhunbaev A., Zaboev A., Usmanov N. *International transport corridor “North - South”: investment solutions and soft infrastructure. Report and Working Papers 22/2*. Almaty, Moscow: Eurasian Development Bank, 2022.
3. Vydashenko L. A. New trends and prospects of development of the international transport corridor “North-South” / L. A. Vydashenko, P. A. Vydashenko. *Bulletin of Science and Practice*, 2023, vol. 9, no. 2, pp. 239-246. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/87/28>
4. Unified methodology for the efficiency of innovation activities of the Russian Railways holding company. Approved by the order of JSC “Russian Railways” dated May 28, 2019 No. 1066/r.
5. Kochneva D. I. Integrated management of the container transportation system of the region / D. I. Kochneva, V. M. Say. *Regional Economics*, 2021, vol. 17, no. 4, pp. 1270-1285. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-4-16>
6. International transport corridors in the Eurasian space: development of meridional routes. Eurasian Rail Alliance Index (ERAI). Informa-

- tion and Analytical Review. November 2020. <https://index1520.com/news/mezhdunarodnye-transportnye-koridory-na-evraziyskom-prostranstve-razvitiie-meridionalnykh-marshrutov/> (accessed 25.12.2023).
7. *Increasing the efficiency of transport-technological systems of regular container communication*: monograph / O.V. Moskvichev [et al.]. Samara: SamGUPS, 2023, 130 p.
  8. Development and study of the clustering algorithm with projection for solving problems of transport infrastructure optimization / B. A. Esipov, O. V. Moskvichev, N. S. Skladnev, A. O. Aleshintsev. *Perspective Information Technologies (PIT 2017): proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Samara, March 14-16, 2017*. Samara: Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2017, pp. 633-637.
  9. Moskvichev O. V. Methodology of organization of functioning of the container-transport system on the basis of customer focus: specialty 05.22.01 "Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production on transport": dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Moscow, 2019, 415 p.
  10. Moskvichev O. V. Terminal infrastructure and container trains: clustering of objects. *Mir Transport*, 2017, vol. 15, no. 5(72), pp. 158-173.
  11. Multimodal international transport corridor "North - South": status, development and management / Y. O. Glushkova, T. N. Odintsova, L. V. Slavnetskova, M. V. Umanskaya. *Actual problems of economics and management*, 2023, no. 2(38), pp. 116-123.
  12. Novak: an interstate loan of €1.3 bln was allocated for the project of the Resht-Astara railroad section. *TASS*. 17.05.2023. [https://tass.ru/ekonomika/17767315?utm\\_source=yxnews&utm\\_medium=desktop](https://tass.ru/ekonomika/17767315?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop) (accessed 22.12.2023).
  13. Patsev Yu. P. Development of the economic-mathematical model to assess the feasibility of organizing contrailer trains. *Vestnik transporta Povolzh'ya*, 2021, no. 2(86), pp. 66-73.
  14. Pokrovskaya O. D. Transformation of the transportation services market in Russia under international sanctions / O. D. Pokrovskaya, Y. A. Moroz, M. I. Melikov. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 197-211. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-197-211>

15. Procedure for determining the cost of construction of railway transportation infrastructure and other facilities of JSCo “Russian Railways” with the use of the industry estimate and normative base OSN-BZh-2001 (OPDS-2821.2011) Moscow, 2015, 162 p.
16. Reser S. M. State of the methodological basis of technical and technological development of container transportation in Russia / S. M. Reser, O. V. Moskvichev // *Transport: science, technology, management. Scientific information collection*, 2015, no. 3, pp. 12-14.
17. Tret'yakov G. M. Methodical principles of selecting routes of regular trailer traffic / G. M. Tret'yakov, E. E. Moskvicheva, Y. P. Patsev. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya*, 2023, no. 3(91), pp. 66-73. [https://doi.org/10.46973/0201-727X\\_2023\\_3\\_66](https://doi.org/10.46973/0201-727X_2023_3_66)
18. Federal Customs Service. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (accessed 22.01.2024).
19. Scherbanin Y. A. International transport corridor “North - South”: what turned out. *Transport of the Russian Federation*, 2018, no. 6(79), pp. 3-6.
20. Crainic T. G., Perboli G., Rosano M. Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy. *European Journal of Operational Research*, 2018, vol. 270, no. 2, pp. 401-418.
21. Gambardella L. M., Rizzoli A. E., Funk P. Agent-based planning and simulation of combined rail/road transport. *Simulation*, 2002, vol. 78, no. 5, pp. 293-303.
22. Kaddoura I., Ewert R., Martins-Turner K. Exhaust and non-exhaust emissions from today's and future road transport: A simulation-based quantification for Berlin. *Transportation Research Procedia*, 2022, vol. 62, pp. 696-702.
23. Limbourg S., Jourquin B. Optimal rail-road container terminal locations on the European network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2009, vol. 45, no. 4, pp. 551-563.
24. Petrov A. V. Assessment of prospects for the development of innovative piggyback transportation services for the domestic market / A. V. Petrov, S. Y. Ivanchin, Yu. P. Patsev. *International Scientific and Practical Conference “Railway Transport and Technologies” (RTT-2021):*

*Collection of conference materials. Volume 2624, Ekaterinburg, November 24-25, 2021. Vol. 2624, Issue 1. USA: AIP PUBLISHING, 2023, p. 040009. <https://doi.org/10.1063/5.0133905>*

### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Москвичев Олег Валерьевич**, доцент, заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой», доктор технических наук  
*Самарский государственный университет путей сообщения  
ул. Свободы, 2В, г. Самара, 443066, Российская Федерация  
[moskvichev063@yandex.ru](mailto:moskvichev063@yandex.ru)*

**Пацев Юрий Павлович**, старший преподаватель кафедры «Технологии грузовой и коммерческой работы, станции и узлы»  
*Самарский государственный университет путей сообщения  
ул. Свободы, 2В, г. Самара, 443066, Российская Федерация  
[patsev@list.ru](mailto:patsev@list.ru)*

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Oleg V. Moskvichev**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department “Operational Work Management”  
*Samara State University of Railways  
2B, Svobody Str., Samara, Russian Federation  
[moskvichev063@yandex.ru](mailto:moskvichev063@yandex.ru)*

**Yurii P. Patsev**, Senior Lecturer of the Department “Technologies of Cargo and Commercial Work, Stations and Nodes”  
*Samara State University of Railways  
2B, Svobody Str., Samara, Russian Federation  
[patsev@list.ru](mailto:patsev@list.ru)*

Поступила 15.04.2024  
После рецензирования 01.05.2024  
Принята 07.05.2024

Received 15.04.2024  
Revised 01.05.2024  
Accepted 07.05.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-294  
УДК 656.07



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

## ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ

*О.В. Князькина, Р.М. Хамитов*

*Географическое положение РФ определяет ее огромный транзитный потенциал. В настоящее время наблюдается процесс перераспределения существующих грузопотоков с западного направления на восточное, в этой связи формируются новые логистические цепочки и перед Россией, как активным участником международных транспортных коридоров возникают новые вызовы. В этой связи возрастает актуальность Транссиба, как части международного транспортного коридора «Восток – Запад». В статье производится исследование транспортного потенциала Транссиба и описываются меры по увеличению провозной способности, и как следствие, привлекательности Транссиба для перевозки грузов. Обозначена проблема, связанная с переориентацией сложившихся грузопотоков в восточном направлении и, как следствие, росте спроса на перевозки универсальных контейнеров в полувагонах из-за нехватки фитинговых платформ и увеличении порожнего пробега полувагонов. В качестве решения может выступить строительство транспортно-логистического центра на территории Кемеровской области – Кузбасса, в ближайшей доступности к основным местам погрузки металлургической и угольной продукции, производство и добыча которых сосредоточены в Кузбассе.*

**Цель** – изучение логистической организации перевозки грузов и путей ее совершенствования на примере транспортного коридора

«Восток – Запад» благодаря формированию транспортно-логистического центра на территории Кемеровской области – Кузбасса.

**Метод и методология проведения работы.** В статье использовались методы теории систем, системного анализа и синтеза, логистики, аналитические и статистические методы.

**Результаты.** Описано текущее состояние, проблемы и перспективы развития Транссибирской магистрали. Обоснована целесообразность строительства на территории Кемеровской области – Кузбасса транспортно-логистического центра.

**Область применения результатов.** Полученные результаты исследования могут быть востребованы в практике логистики для оптимизации организации перевозки грузов.

**Ключевые слова:** транспортный коридор; Транссиб; Транссибирская магистраль; Восток-Запад; транспортно-логистический центр

**Для цитирования.** Князькина О.В., Хамитов Р.М. Текущее состояние и перспективы развития Транссибирской магистрали // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 2. С. 216-233. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-294

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

## THE CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE TRANS-SIBERIAN RAILWAY

*O.V. Knyazkina, R.M. Khamitov*

*The geographical location of the Russian Federation determines its huge transit potential. Currently, there is a process of redistribution of existing cargo flows from the west to the east, in this regard, new logistics chains are being formed and new challenges arise for Russia as an active participant in international transport corridors. In this regard, the relevance of the Trans–Siberian Railway as part*

*of the international East-West transport corridor is increasing. The article examines the transport potential of the Trans-Siberian Railway and describes measures to increase the carrying capacity, and as a result, the attractiveness of the Trans-Siberian Railway for cargo transportation.*

*The problem associated with the reorientation of existing cargo flows in the eastern direction and, as a result, the growing demand for the transportation of universal containers in gondola cars due to a shortage of fitting platforms and an increase in the empty mileage of gondola cars is outlined. The solution may be the construction of a transport and logistics center on the territory of the Kemerovo Oblast-Kuzbass, in the closest proximity to the main places of loading of metallurgical and coal products, the production and production of which are concentrated in Kuzbass.*

**Purpose.** *The study of the logistics organization of cargo transportation and ways to improve it on the example of the East–West transport corridor due to the formation of a transport and logistics center in the Kemerovo Oblast- Kuzbass.*

**Methodology.** *The article used methods of systems theory, system analysis and synthesis, logistics, analytical and statistical methods.*

**Results.** *The current state, problems and prospects of the Trans-Siberian railway development are described. The expediency of building a transport and logistics center on the territory of the Kemerovo Oblast – Kuzbass is substantiated.*

**Practical implications.** *The obtained research results may be in demand in logistics practice to optimize the organization of cargo transportation.*

**Keywords:** *transport corridor; Transsib; Trans–Siberian Railway; East-West; transport and logistics center*

**For citation.** *Knyazkina O.V., Khamitov R.M. The Current State and Prospects of Development of the Trans-Siberian Railway. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 216-233. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-294*

Россия занимает одну седьмую земной суши и по умолчанию выступает важнейшим участником рынка логистических услуг. В связи с изменением политической ситуации наблюдается смещение очагов экономической активности с западного направления на восточное и, как следствие, возникновение новых вызовов для России, которая является активным участником системы международных транспортных коридоров. В настоящее время мировая транспортная сфера состоит из порядка 8500 организаций и пролегает по территориям 135 стран [11]. Специфика географического расположения России позиционирует ее в качестве ведущего игрока в международных транспортных сообщениях между Европой и Азиатско-Тихоокеанским регионом. Россия в 2015 году официально объявлена транзитной страной, а развитие транспортных коридоров может существенно усилить геополитические позиции страны.

В силу последних политических событий наблюдаются изменения в состоянии развития региональных особенностей логистики применительно к новым условиям. Состояние дел в области логистики перевозки грузов свидетельствует, что одним из значимых факторов развития в сфере транспорта является развитие транспортных коридоров, что накладывает свою специфику как на уровне государства, так и в международном масштабе. Каждый субъект государства имеет свои уникальные сочетания социально-экономических факторов, оказывающих свое влияние на специфику организации перевозки грузов. Особое влияние на развитие логистики организации перевозки грузов оказывают региональные транспортные факторы, такие как, разновидности и уровень развития транспортных коридоров (ТК).

Основным ТК, проходящим через РФ и обеспечивающим связи Европы с Азией, является Транссибирская железнодорожная магистраль (Транссиб) или транспортный коридор «Восток – Запад». Одним из важных преимуществ Транссиба является срок доставки грузов, который составляет 7 суток. Транссибирская

магистраль (рис. 1) – самая загруженная и самая протяженная железная дорога в мире, оснащенная современными средствами связи и информатизации [4; 12].



Рис. 1. Маршруты транссибирской магистрали [9]

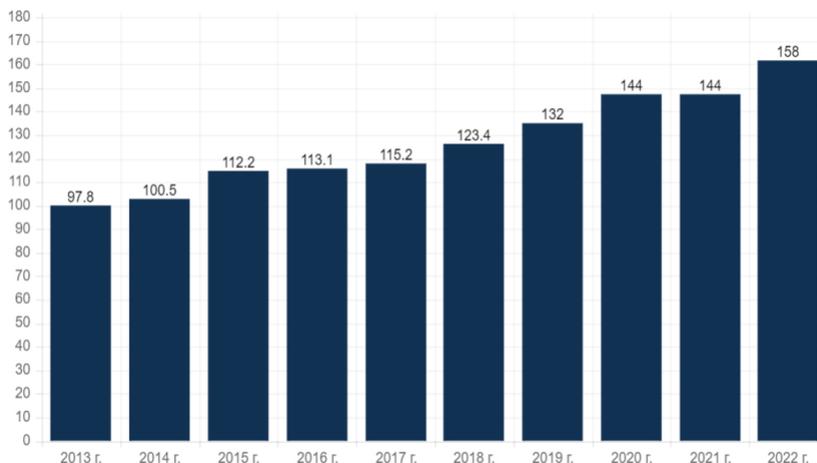
Транспортный коридор «Транссиб» введен в эксплуатацию в 1916 г. и с того момента за Россией закреплен ее евроазиатский характер. Строительство «Транссиба» обеспечило ускоренное освоение восточной части государства и оказала влияние на геополитические процессы.

В субъектах РФ, через которые пролегает «Транссиб», сконцентрировано более 80% промышленного потенциала России, добывается 65% угля, выпускается 25% древесины и осуществляется 25% нефтепереработки [1].

По данным РЖД провозная способность по Восточному полигону составила 1588 млн т. (рис. 2), причем показатель возрос более чем в 1,6 раза по сравнению с 2013 г.

Резкое сокращение взаимодействия РФ и Европейских стран вследствие санкционного давления вызвало разворот грузопотоков с северо-западного направления на восток. Закрытие европейского рынка для российской промышленности,

уход из России международных 20 морских линий, закрытие пограничных переходов разрушили привычные логистические цепочки.



**Рис. 2.** Достигнутая провозная способность Восточного полигона, млн. тонн на конец года [3; 8]

В сложившейся политической ситуации развитию Транссиба, как основного ТК Восточного полигона уделяется особое значение – к 2025 году предполагается увеличение объема перевезенных грузов до 160-175 млн т., а к 2030 году – до 175-210 млн т по пессимистическому и оптимистическому сценариям соответственно (рис. 3).

Для РФ развитие Транссиба имеет особое значение, так как значительная часть отечественного экспорта ориентирована на страны Латинской Америки, Индии и Китая, при этом США и государства ЕС также увеличивают свой экспорт в эти государства. Перераспределение центров экономического роста предьявляет России серьезный вызов. Для обеспечения экспорта в страны Центральной и Юго-Восточной Азии, и транзита грузов между Европой и Азией необходимо развитие Транссиба.



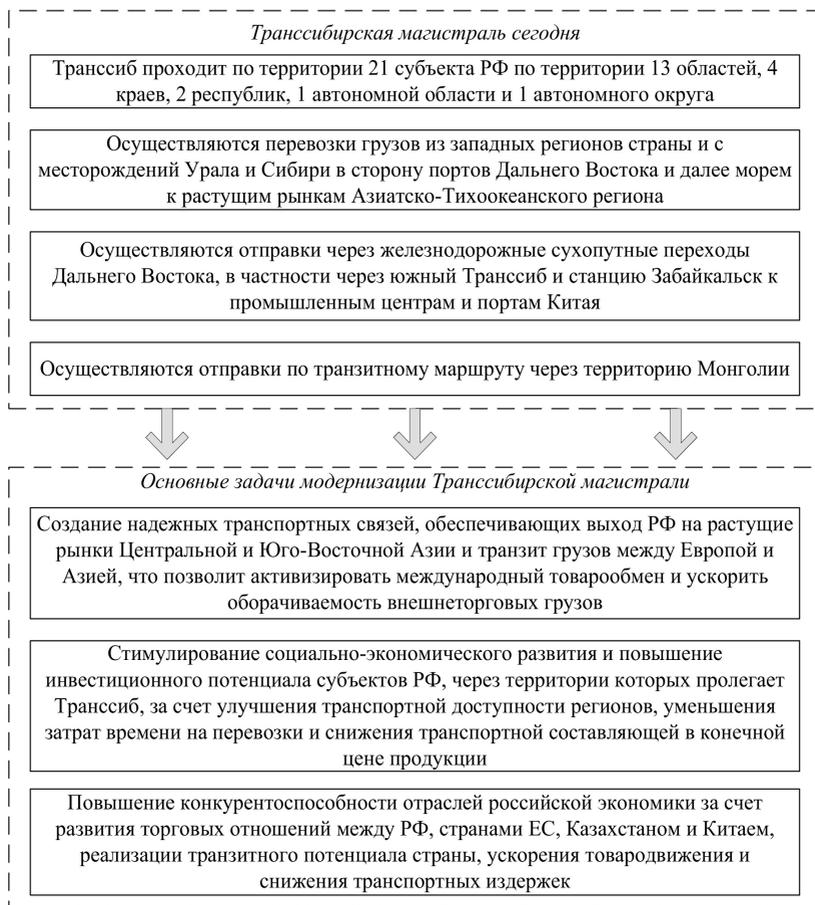
**Рис. 3.** Прогноз объема перевезенных грузов по Восточном полигону, млн.т.

Следует отметить, что в рамках Транспортной стратегии РФ до 2030 [10] стоит задача обеспечить превышение темпов развития транспорта по сравнению с другими отраслями экономики, а учитывая рост грузопотоков по восточному направлению к 2030 году, можно сказать, что перспективным является развитие транспортного коридора «Восток – Запад» и расширение его провозных мощностей (рис. 4).

Результаты анализа среднесуточной погрузки вагонов Западно-Сибирской железной дороги в целом и Кузбасса в частности за период 2020-2023 гг. свидетельствует о наличии проблемы – снижение объемов общей погрузки (рис. 5).

Падение объемов погрузки обусловлено резким изменением направления товарных потоков, санкциями недружественных стран, задержками с ремонтом локомотивного парка подрядными организациями ОАО «РЖД», нехваткой локомотивных бригад, увеличением ставок на перевалку в морских портах, излишним вагонным парком операторов, высокими ставками аренды на вагоны, повышенным вниманием к перевозкам грузов государственной важности, повреждением инфраструктуры в результате

незаконного вмешательства посторонних лиц и принятием мер по усилению безопасности движения поездов [7], формирование затора из порожних вагонов.



**Рис. 4.** Текущее состояние и основные задачи модернизации Транссиба

Результатом сложившейся ситуации является увеличение потока вагонов после погрузки на станциях отправления в 2023 г. Так по данным РЖД на начало 2023 года остаток «брошенных»

груженных поездов на Восток составлял 127 поездов или 7 764 вагона, а общее образование на Восток (транзит + погрузка + сдача порожних вагонов) составило в среднем в сутки 5 175 вагонов, что выше плана на 86,4 вагона. В основном сегменте влияния «прием транзита на Восток» с дорог Запада – в среднем в сутки на 119,3 вагона. При этом прием вагонов Красноярской железной дороги к плану ниже на 77,7 вагонов (-1,5 поезда).



**Рис. 5.** Динамика общей погрузки Западно-Сибирской железной дороги, ваг.

Для обеспечения эффективности перевозок и разгрузки Транссибирской магистрали существует несколько вариантов, способных повлиять на ситуацию:

1. «Модернизация Восточного полигона» – один из крупнейших инфраструктурных проектов российской экономики.

2. Стратегия развития Сибири предусматривает строительство двух новых железных дорог в Китай – из Кемеровской области и с юга Красноярского края.

Кемеровская область – Кузбасс представляет собой центр зарождения основных направлений грузовых перевозок. В насто-

ящее время Кузбасс является местом погашения и зарождения вагонопотоков. Ежесуточное поступление под погрузку – свыше 6000 полувагонов, парк полувагонов – свыше 50000, число грузоотправителей насчитывает порядка 485 предприятий, а средне-суточная погрузка и выгрузка превышает 16000 вагонов, на долю Кузбасса приходится 23,2% общесетевой погрузки, в т.ч. 59,1% каменного угля.

Речь идет о строительстве Северо-Сибирской железнодорожной магистрали (Севсиб). Строительство Севсиб позволит перераспределить нагрузку на Восточном полигоне. Российская академия наук намерена провести исследования, чтобы выявить дополнительные возможности для перевозки грузов по данной железной дороге, а также к установлению взаимосвязи между Транссибирской магистралью и Северным морским путем [6]. Строительство Северо-Сибирской железной магистрали через территорию Сибири в Китай обладает значительным конкурентным преимуществом за счет возможности организации прямого маршрута, минуя необходимость пересечения границ с Монголией и Казахстаном.

В условиях увеличения объема грузопотоков в восточном направлении повысился спрос на перевозки универсальных контейнеров в полувагонах из-за нехватки фитинговых платформ с их перегрузкой на полигоне ЗСЖД на маршруте от Дальневосточного федерального округа в регионы Центрального федерального округа, поскольку количество контейнеров с экспортом меньше, чем количество поступающих контейнеров с импортом.

Следовательно, владельцам полувагонов выгодно выгружать контейнеры на ЗСЖД, а не ехать в Москву, чтобы оттуда возвращаться в места погрузки порожняком. В этой ситуации встает вопрос о строительстве на территории Кемеровской области транспортно-логистического центра (ТЛЦ), который будет способен обрабатывать поток грузов из Китая в Россию и обратном направлении, поскольку основное производство и добыча металлургической и угольной продукции, сосредоточены в Кузбассе [5].

Лучшей площадкой для этого служит город Новокузнецк, так как он лежит в центре региона, имеется развитая система железнодорожных путей, которые отходят в разные направления: западное направление – Барнаул, восточное направление – Абакан, северное направление – Кемерово, Новосибирск, Транссибирская магистраль. Открытие крупного логистического центра откроет множество новых рабочих мест, которые могут занять рабочие из Новокузнецкой агломерации.

В качестве площадки для строительства ТЛЦ в Кузбассе рассматривается станции Юрга и Тальжино. В качестве основных целей создания ТЛЦ на территории Кузбасса можно указать:

- рациональное использование подвижного состава;
- снижение порожнего пробега полувагонов по лимитирующей инфраструктуре Восточного полигона.

Высокое качество логистики способен обеспечить только специализированный ТЛЦ, который будет включать в себя железнодорожную, терминальную, складскую и таможенную инфраструктуру [12; 13] и позволит осуществлять обработку контейнерных поездов в полувагонах в целях повышения провозной способности Транссиба и ускорения доставки импортных грузов с Дальнего Востока. Таким образом, реализация проекта строительства ТЛЦ с примыканием к станциям Юрга и Тальжино позволит снизить порожний пробег полувагонов по лимитирующей инфраструктуре Восточного полигона посредством перевозки контейнеров в полувагонах с Дальнего Востока в направлении Запада с их перегрузом на фитинговые платформы в пути следования на станциях Юрга и Тальжино, т.е. планируется переставлять контейнеры на фитинги и отправлять их в пункты назначения по железной дороге, а полувагоны отдавать под погрузку угля [5]. РЖД планирует довести количество контейнерных поездов в полувагонах, отправляемых с Дальнего Востока, до 25 в сутки. Для того, чтобы справиться с растущим объемом контейнеров в полувагонах, прибывающих в Кузбасс из портов Дальнего Востока [2].

Поскольку в силу нехватки платформ ОАО «РЖД» было принято решения перевозить контейнера в полувагонах, то возникла новая проблема – пробег порожних полувагонов, так как основная потребность в полувагонах возникает на территории Кемеровской области, где полувагоны используются под погрузку угля. Вышеописанные проблемы частично устраняются за счет строительства на территории Кемеровской области ТЛЦ. Так контейнеры из портов Дальнего Востока будут грузиться в полувагоны, доезжать до территории Кемеровской области, где силами ТЛЦ контейнера перегружаются на платформы, а полувагоны подаются под загрузку углем. В качестве примера рассмотрим контейнерную перевозку грузов на примере 4х направлений (табл. 1).

Таблица 1.

**Контейнерная перевозка грузов на примере 4х направлений**

Пункт отправления – Пункт назначения	Расстояние, км
Находка – Тальжино	5920
1 Находка – Таганрог (станция Марцево)	9989
<i>в т.ч. порожний пробег полувагонов станция Тальжино – Таганрог</i>	<i>4362</i>
2 Находка – Москва	9318
<i>в т.ч. порожний пробег полувагонов станция Тальжино – Москва</i>	<i>3691</i>
3 Находка – Брест	10435
<i>в т.ч. порожний пробег полувагонов станция Тальжино – Брест</i>	<i>4811</i>
4 Находка – Калининград	10645
<i>в т.ч. порожний пробег полувагонов станция Тальжино – Калининград</i>	<i>5018</i>

Таким образом, создание и успешное функционирование ТЛЦ на территории Кемеровской области позволит реализовать на практике логистический подход к управлению контейнерными перевозками, усовершенствовать показатели перевозочного процесса за счет сокращения пробега порожних полувагонов, интенсифицировать развитие инфраструктуры транспортного узла на террито-

рии Кемеровской области для организации перевозок грузов, а также, выступить в качестве драйвера роста экономики региона

### *Список литературы*

1. Александрова М.Е., Кизим О.В. Международные транспортные коридоры как фактор развития международного транзита России [Электронный ресурс]. <https://e-scio.ru/wp-content/uploads/2021/09/Александрова-М.-Е.-Кизим-О.-В.pdf> (дата обращения: 22.02.2024).
2. В 2025 году в Кемеровской области появится ТЛЦ «Кузбасс» мощностью 300 тыс. TEU в год [Электронный ресурс]. <https://www.infranews.ru/logistika/62377-v-2025-godu-v-kemerovskoj-oblasti-royavitsya-tlc-kuzbass-moshhnostyu-300-tys-teu-v-god/> (дата обращения: 05.03.2024).
3. Восточный полигон – Транссиб и БАМ [Электронный ресурс] // РЖД: официальный сайт. <https://cargo.rzd.ru/ru/9787/page/103290?id=19721> (дата обращения: 05.03.2024).
4. Гончаренко Е.С. Российские участки международных транспортных коридоров как объект экономического исследования: дис. ... кан. экон. наук: 08.00.05. М., 2014. 189 с.
5. Транзит по Транссибу: как он возник, как развивается и каким будет // «Научно-исследовательский центр проблем интеграции стран-участниц Евразийского экономического союза «Союзный нарратив 2050» [Электронный ресурс]. <https://www.sonar2050.org/storage/files/Доклады/СОНАР/Транзит%20по%20Транссибу.pdf> (дата обращения: 05.03.2024).
6. Маничева А. В. Из Сибири в Китай построят две железные дороги [Электронный ресурс] // «РЖД-Партнер»: официальный сайт. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/iz-sibiri-v-kitay-postroyat-dve-zheleznye-dorogi/> (дата обращения: 28.02.2024).
7. «Трансконтейнер» намерен построить в Кузбассе терминал на 300 тыс. TEU в год [Электронный ресурс] // РЖД: официальный сайт. <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=213011> (дата обращения: 28.02.2024).

8. Провозная способность Восточного полигона по итогам 2022 года достигла 158 млн тонн [Электронный ресурс] // РЖД : официальный сайт. <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=207194> (дата обращения: 05.03.2024).
9. Транзит по Транссибу: как он возник, как развивается и каким будет [Электронный ресурс] // «Научно-исследовательский центр проблем интеграции стран-участниц Евразийского экономического союза «Союзный нарратив 2050». <https://www.sonar2050.org/storage/files/Доклады/СОНАР/Транзит%20по%20Транссибу.pdf> (дата обращения: 05.03.2024).
10. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утверждена Распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс». [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_402052/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/) (дата обращения: 22.02.2024).
11. Global Partnership for Sustainable Transport (GPST). Concept and development strategy for enhanced global development cooperation on sustainable transport. United Nations Global Compact. URL: <http://www.un.org/esa/ffd/wp-content/uploads/sites/2/2015/10/GPST-Concept-and-development-strategy.pdf> (дата обращения: 22.02.2024).
12. Ishmuratov R.A., Kalabanov S.A., Shagiev R.I., Onischuk M.V. Monitoring and Control System of Three-Phase Electrical Loads on Railway Trains // 2020 IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS), 2020, 9225142. <https://doi.org/10.1109/EWDTS50664.2020.9225142>
13. Kolchurina I., Kolchurina M., Khamitov R., Plotnikova I. Usage Practice of Information Technology for the Reorganization of Production Processes / Lysenko, E., Rogachev, A., Galtseva, O. (eds) // Emerging Trends in Materials Research and Manufacturing Processes. Engineering Materials. Springer, Cham. 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-38964-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-38964-1_8)
14. Kutsenko S. M. Diagnostics of high-voltage insulation of the railway transport overhead system by the method of spaced antennas / S. M. Kutsenko, N. N. Klimov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Transport and Infrastructure

- of the Siberian Region, SibTrans 2019, Moscow, May 21-24, 2019. Vol. 760. Moscow: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012035. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/760/1/012035>
15. Sergeeva T. Private wagon fleet management in a digitised industry // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Vol. 402 LNNS. P. 361-370.
16. Yang L. Improving Order Fulfillment Performance through Integrated Inventory Management in a Multi-Item Finished Goods System // *Journal of Business Logistics*. 2020. Vol. 41(1). P. 54-66. <https://doi.org/10.1111/jbl.12227>

### *References*

1. Aleksandrova M.E., Kizim O.V. International transport corridors as a factor in the development of international transit of Russia. <https://e-scio.ru/wp-content/uploads/2021/09/Александрова-М.-Е.-Кизим-О.-В.pdf> (accessed 22.02.2024).
2. In 2025 in the Kemerovo region will appear TLC “Kuzbass” with the capacity of 300 thousand TEU per year. <https://www.infranews.ru/logistika/62377-v-2025-godu-v-kemerovskoj-oblasti-poyavitsya-tlc-kuzbass-moshhnostyu-300-tys-teu-v-god/> (accessed 05.03.2024).
3. Eastern polygon - Transsib and BAM. Russian Railways: official site. <https://cargo.rzd.ru/ru/9787/page/103290?id=19721> (accessed 05.03.2024).
4. Goncharenko E.S. *Russian sections of the international transport corridors as an object of economic research*. M., 2014, 189 p.
5. Transit along the Trans-Siberian Railway: how it emerged, how it is developing and what it will be. “Research Center of integration problems of the Eurasian Economic Union member states ‘Union Narrative 2050’”. <https://www.sonar2050.org/storage/files/Доклады/СОНАР/Транзит%20по%20Транссибу.pdf> (accessed 05.03.2024).
6. Manicheva A. V. Two railroads will be built from Siberia to China. “RZD-Partner”: official website. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/news/iz-sibiri-v-kitay-postroyat-dve-zheleznye-dorogi/> (accessed 28.02.2024).

7. “Transcontainer” intends to build in Kuzbass a terminal for 300 thousand TEU per year. RZD: official website. <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=213011> (accessed 28.02.2024).
8. Carrying capacity of the Eastern polygon at the end of 2022 reached 158 million tons. RZD: official website. <https://company.rzd.ru/ru/9401/page/78314?id=207194> (accessed 05.03.2024).
9. Transit on Transsib: how it emerged, how it is developing and what it will be [Electronic resource] // “Research Center of integration problems of the Eurasian Economic Union member-states ‘Union Narrative 2050’”. <https://www.sonar2050.org/storage/files/Доклады/СОНАР/Транзит%20по%20Транссибу.pdf> (accessed 05.03.2024).
10. Transport strategy of the Russian Federation up to 2030 with a forecast for the period up to 2035 : approved by the Order of the Government of the Russian Federation from 27.11.2021 № 3363-р. “Consultant Plus”. [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_402052/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/) (accessed 22.02.2024).
17. Global Partnership for Sustainable Transport (GPST). Concept and development strategy for enhanced global development cooperation on sustainable transport. United Nations Global Compact. URL: <http://www.un.org/esa/ffd/wp-content/uploads/sites/2/2015/10/GPST-Concept-and-development-strategy.pdf> (accessed 22.02.2024).
18. Ishmuratov R.A., Kalabanov S.A., Shagiev R.I., Onischuk M.V. Monitoring and Control System of Three-Phase Electrical Loads on Railway Trains. *2020 IEEE East-West Design and Test Symposium (EWDTS)*, 2020, 9225142. <https://doi.org/10.1109/EWDTS50664.2020.9225142>
19. Kolchurina I., Kolchurina M., Khamitov R., Plotnikova I. Usage Practice of Information Technology for the Reorganization of Production Processes / Lysenko, E., Rogachev, A., Galtseva, O. (eds). *Emerging Trends in Materials Research and Manufacturing Processes. Engineering Materials*. Springer, Cham. 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-38964-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-38964-1_8)
20. Kutsenko S. M. Diagnostics of high-voltage insulation of the railway transport overhead system by the method of spaced antennas / S. M. Kutsenko, N. N. Klimov. *IOP Conference Series: Materials Science*

*and Engineering : International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019, Moscow, May 21-24, 2019. Vol. 760. Moscow: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 012035. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/760/1/012035>*

21. Sergeeva T. Private wagon fleet management in a digitised industry. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, vol. 402 LNNS, pp. 361-370.
22. Yang L. Improving Order Fulfillment Performance through Integrated Inventory Management in a Multi-Item Finished Goods System. *Journal of Business Logistics*, 2020, vol. 41(1), pp. 54-66. <https://doi.org/10.1111/jbl.12227>

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Князькина Ольга Владимировна**, доцент кафедры Транспорта и логистики, кандидат технических наук  
*Сибирский государственный индустриальный университет  
ул. Кирова, 42, г. Новокузнецк, Кемеровская область - Кузбасс, 654007, Российская Федерация  
[dmtov@mail.ru](mailto:dmtov@mail.ru)*

**Хамитов Ренат Минзашарифович**, доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», кандидат технических наук  
*Казанский государственный энергетический университет  
ул. Красносельская, 51, г. Казань, Респ. Татарстан, 420066, Российская Федерация  
[hamitov@gmail.com](mailto:hamitov@gmail.com)*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Olga V. Knyazkina**, Associate Professor of the Department of Transport and Logistics, Candidate of Technical Sciences  
*Siberian State Industrial University  
42, Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo region - Kuzbass, 654007, Russian Federation*

*dmtov@mail.ru*

*SPIN-code: 2657-2162*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1448-3061>*

**Renat M. Khamitov**, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Candidate of Technical Sciences

*Kazan State Power Engineering University*

*51, Krasnoselskaya Str., Kazan, Tatarstan, 420066, Russian Federation*

*hamitov@gmail.com*

*SPIN-code: 7401-9166*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9949-4404>*

*ResearcherID: ADQ-3954-2022*

*Scopus Author ID: 57222149321*

Поступила 27.05.2024

После рецензирования 10.06.2024

Принята 16.06.2024

Received 27.05.2024

Revised 10.06.2024

Accepted 16.06.2024

## AUTHOR GUIDELINES

<http://ijournal-as.com/>

**Volume of the manuscript:** 7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7-10.

**Margins all margins** – 20 mm each

**Main text font** Times New Roman

**Main text size** 14 pt

**Line spacing** 1.5 interval

**First line indent** 1,25 cm

**Text align** justify

**Automatic hyphenation** turned on

**Page numbering** turned off

**Formulas** in formula processor MS Equation 3.0

**Figures** in the text

**References to a formula** (1)

### Article structure requirements

**TITLE** (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

**Abstract** (in English)

**Keywords:** separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

**1. Introduction.**

**2. Objective.**

**3. Materials and methods.**

**4. Results of the research and Discussion.**

**5. Conclusion.**

**6. Conflict of interest information.**

**7. Sponsorship information.**

**8. Acknowledgments.**

## **References**

References text type should be Chicago Manual of Style

## **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Surname, first name (and patronymic) in full**, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

*E-mail address*

*SPIN-code in SCIENCE INDEX:*

*ORCID:*

*ResearcherID:*

*Scopus Author ID:*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

<http://ijournal-as.com/>

**Объем статей:** 7-12 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-9. Рукописи большего объема принимаются по специальному решению Редколлегии.

**Поля** все поля – по 20 мм.

**Шрифт основного текста** Times New Roman

**Размер шрифта основного текста** 14 пт

**Межстрочный интервал** полуторный

**Отступ первой строки абзаца** 1,25 см

**Выравнивание текста** по ширине

**Автоматическая расстановка переносов** включена

**Нумерация страниц** не ведется

**Формулы** в редакторе формул MS Equation 3.0

**Рисунки** по тексту

**Ссылки на формулу** (1)

**Обязательная структура статьи**

**УДК**

**ЗАГЛАВИЕ** (на русском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на русском языке)

**Аннотация** (на русском языке)

**Ключевые слова:** отделяются друг от друга точкой с запятой (на русском языке)

**ЗАГЛАВИЕ** (на английском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на английском языке)

**Аннотация** (на английском языке)

**Ключевые слова:** отделяются другот друга точкой с запятой (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

1. Введение.
2. Цель работы.
3. Материалы и методы исследования.
4. Результаты исследования и их обсуждение.
5. Заключение.
6. Информация о конфликте интересов.
7. Информация о спонсорстве.
8. Благодарности.

#### Список литературы

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

#### References

Библиографическое описание согласно требованиям журнала

#### ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Фамилия, имя, отчество полностью,** должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

*Электронный адрес*

*SPIN-код в SCIENCE INDEX:*

#### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Фамилия, имя, отчество полностью,** должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

*Электронный адрес*

## СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ: УЯЗВИМОСТИ И СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ <i>А. Ибрафилов, П.Р. Ситников, А.Д. Соколов, А.Ю. Ишанхонов, И.Ю. Благова</i> .....	7
СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ВИБРАЦИИ <i>А.Г. Садриев, Д.М. Шамсутдинов, С.А. Вильцын, М.Х. Низамутдинов, О.В. Иванова</i> .....	32
ВЛИЯНИЕ БОКОВОГО ТРЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЕ ТРАНСПОРТА НА УЛИЦЕ ФАТИМА АЛЬ-ЗАХРА В КЕРБЕЛЕ: ПРИЧИНЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ <i>Х.С. Кхудохаир, В.Н. Коноплев, Х.А.И. Аль-Джамиль</i> .....	51
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ К АВТОТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВАМ <i>Т.В. Аветисян, Я.Е. Львович, А.П. Преображенский</i> .....	64
КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ <i>С.М. Мочалин, И.В. Мирошина</i> .....	81
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ <i>Н.С. Захаров, Е.С. Козин</i> .....	104

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ «ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ» <i>О.В. Камозина, О.В. Охлупина, К.С. Маганков, Н.П. Рябцев</i> .....	123
ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ <i>О.Н. Миркина</i> .....	145
ТРАНСПОРТИРОВКА ОПАСНЫХ ГРУЗОВ <i>А.И. Лежнёв, Л.М. Забытова, А.Н. Луцюк</i> .....	158
ФОРМИРОВАНИЕ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАТРАТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Т.В. Коновалова, А.Н. Домбровский, С.Л. Надирян, С.В. Коцурба</i> .....	169
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ВИРТУАЛЬНОГО ГОЛОСОВОГО ПОМОЩНИКА СТУДЕНТА <i>Р.Н. Сафиуллин, Ю.В. Торкунова</i> .....	181
РАЗВИТИЕ КОНТРЕЙЛЕРНОГО СООБЩЕНИЯ НА МАРШРУТЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА «СЕВЕР-ЮГ» <i>О.В. Москвичев, Ю.П. Пацев</i> .....	194
ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ <i>О.В. Князькина, Р.М. Хамитов</i> .....	216
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ</b> .....	234

## CONTENTS

SECURITY ANALYSIS OF URBAN VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS: VULNERABILITIES AND PROTECTION STRATEGIES <i>A. Israfilov, P.R. Sitnikov, A.D. Sokolov, A. Yu. Ishankhonov, I. Yu. Blagova</i> .....	7
SYSTEM FOR DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE BASED ON MEASUREMENT AND ANALYSIS OF VIBRATION <i>A.G. Sadriev, D.M. Shamsutdinov, S.A. Viltsyn, M.Kh. Nizamutdinov, O.V. Ivanova</i> .....	32
THE INFLUENCE OF SIDE FRICTION ON TRAFFIC ON FATIMA AL-ZAHRA STREET IN KARBALA: CAUSES, RESULTS AND SOLUTIONS <i>H.S. Khudhair, V.N. Konoplev, H.A.E. Al-Jamil</i> .....	51
OPTIMIZATION OF THE PROCESSES OF PRODUCTION OF SPARE PARTS FOR MOTOR VEHICLES <i>T.V. Avetisyan, Y.E. Lvovich, A.P. Preobrazhensky</i> .....	64
CLASSIFICATION OF SUPPLY CHAINS BASED ON TRANSPORT LOGISTICS FACTORS <i>S.M. Mochalin, I.V. Miroshina</i> .....	81
TECHNOLOGICAL DESIGN OF CAR SERVICE STATIONS USING GENETIC ALGORITHMS <i>Zakharov N.S., Kozin E.S.</i> .....	104

DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR THE CONFERENCE “PEDAGOGICAL POTENTIAL” <i>O.V. Kamozina, O.V. Okhlupina, K.S. Magankov, N.P. Ryabtsev</i> .....	123
DIGITALIZATION IN THE ACTIVITIES OF RUSSIAN TRANSPORT INDUSTRY ENTERPRISES <i>O.N. Mirkina</i> .....	145
TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS <i>A.I. Lezhnev, L.M. Zabytova, A.N. Lutsyuk</i> .....	158
FORMATION AND WAYS TO OPTIMIZE TRANSPORTATION COSTS OF A MANUFACTURING ENTERPRISE <i>T.V. Konovalova, A.N. Dombrovsky, S.L. Nadiryan, S.V. Kotsurba</i> .....	169
DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION A CROSS-PLATFORM VIRTUAL VOICE ASSISTANT FOR STUDENT <i>R.N. Safullin, J.V. Torkunova</i> .....	181
DEVELOPMENT OF COUNTRAILER COMMUNICATION ALONG THE NORTH-SOUTH INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDOR ROUTE <i>O.V. Moskvichev, Yu.P. Patsev</i> .....	194
THE CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE TRANS-SIBERIAN RAILWAY <i>O.V. Knyazkina, R.M. Khamitov</i> .....	216
<b>RULES FOR AUTHORS</b> .....	234

*Доступ к журналу*

Доступ ко всем номерам журнала –  
постоянный, свободный и бесплатный.  
Каждый номер содержится в едином файле PDF.

*Open Access Policy*

All issues of the International Journal of Advanced Studies:  
Transport and Information Technologies are always open and free access.  
Each entire issue is downloadable as a single PDF file.

<http://ijournal-as.com/>

Дата выхода в свет 30.06.2024. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 17,24.  
Свободная цена. Заказ 142/024.