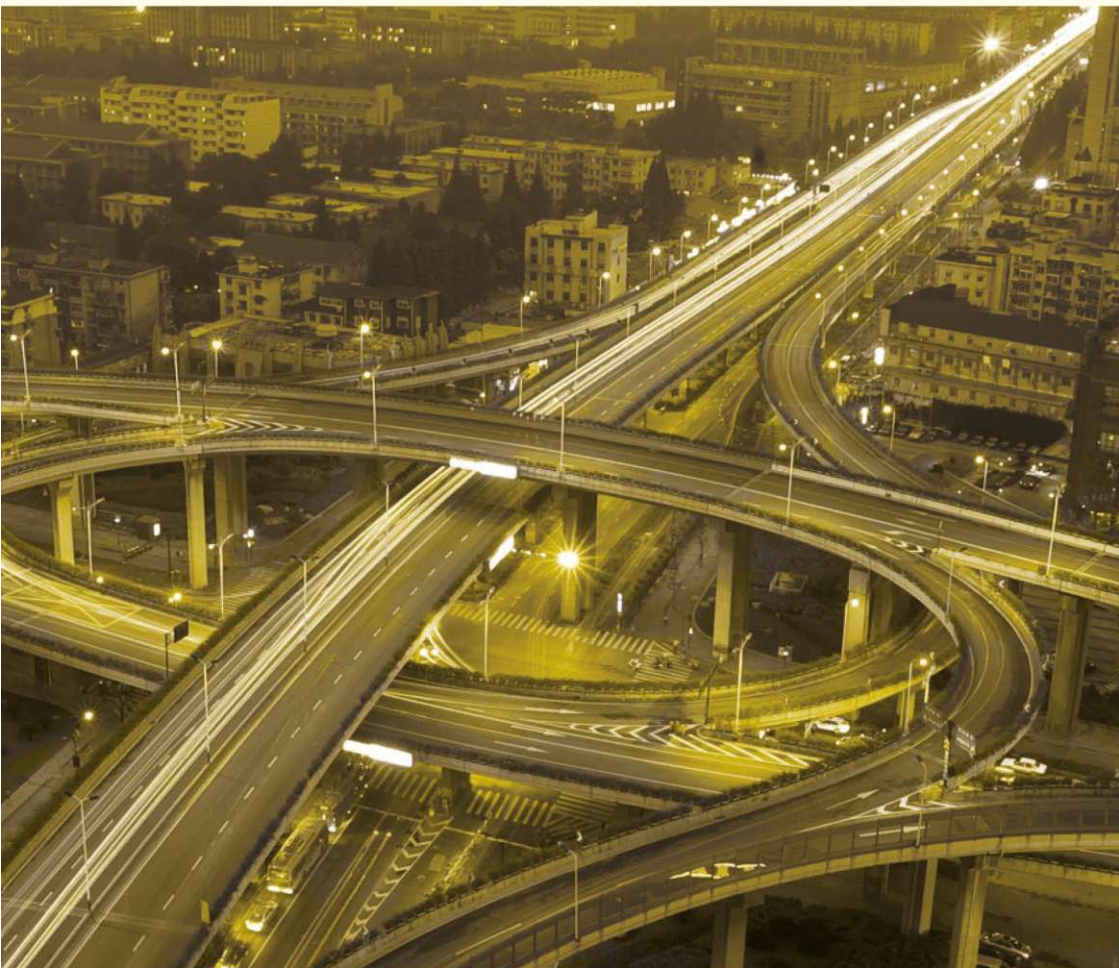


ISSN 2227-930X (online)
ISSN 2328-1391 (print)

International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies
VOLUME 15, NUMBER 1, 2025



ISSN 2227-930X (online)

ISSN 2328-1391 (print)

International Journal of Advanced Studies

**Том 15, № 1
2025**

**Vol. 15, No. 1
2025**

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.

12+

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 15, № 1, 2025 / Vol. 15, No 1, 2025

Учредитель и издатель: ООО Научно-инновационный центр Журнал основан в 2011 году 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 Журнал входит 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 (Категория K2) Индексирование и реферирование: РИНЦ Ulrich's Periodicals Directory Google Scholar DOAJ BASE WorldCat OpenAIRE ЭБС IPRbooks ЭБС Znanium ЭБС Лань Адрес редакции, издателя и для корреспонденции: Россия, 660127, Красноярский край, г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192 E-mail: ijas@ijournal-as.com http://ijournal-as.com/ +7 (995) 080-90-42	Founder and publisher: Science and Innovation Center Publishing House Founded 2011 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. International Journal of Advanced Studies: Transport and Information Technologies is included 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 (Category C2) Indexing and Abstracting: RSCI Ulrich's Periodicals Directory Google Scholar DOAJ BASE WorldCat OpenAIRE IPRbooks Znanium Lan' Editorial Board Office: 9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk, 660127, Russian Federation E-mail: ijas@ijournal-as.com http://ijournal-as.com/ +7 (995) 080-90-42
--	---

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2025

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, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machine Parts and Theory of Mechanisms and Machines (Kharkiv National Automobile & Highway University, Kharkov, Ukraine).

Vladimir A. Dresvyannikov, Doctor of Economics, Assistant Professor, Professor of the Department of Management and Economic Security (Penza State University, Penza, Russian Federation).

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

Sultan V. Zhankaziev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Traffic Organization and Safety, Intelligent Transport Systems (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, Professor of the Department of Automobiles and Technological Machines (Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation).

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

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

Oksana D. Pokrovskaya, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Management of Operational Work" (Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport, St. Petersburg, 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).

Ilya A. Khodashinsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Computer Systems in Management and Design (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).

Авдеевко 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, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Деталей машин и теории механизмов и машин (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина).

Дресвянников Владимир Александрович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры «Менеджмент и экономическая безопасность» (Пензенский государственный университет, Пенза, Российская Федерация).

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

Жанказиев Султан Владимирович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой "Организация и безопасность движения, интеллектуальные транспортные системы" (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, профессор кафедры автомобилей и технологические машины (ФГАОУ ВО

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация).

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

Манаков Алексей Леонидович, доктор технических наук, профессор, 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).

Покровская Оксана Дмитриевна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой» (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, 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).

Ходашинский Илья Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры компьютерных систем в управлении и проектировании (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-2025-15-1-325

EDN: VOZHOA

УДК 004.415.25



Научная статья |

Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМЫМИ ЛОГИЧЕСКИМИ КОНТРОЛЛЕРАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ

Ф.И. Лотфуллин, М.Р. Хамидуллин, Г.А. Гареева

Аннотация

Обоснование. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) играют ключевую роль в системах автоматизации различных отраслей, включая промышленное производство, транспорт и энергетический сектор. Тем не менее, специализированные среды разработки, предлагаемые производителями ПЛК, зачастую имеют ограниченную совместимость, привязывая пользователей к конкретному оборудованию и создавая дополнительные издержки на обучение персонала и разработку. Это стимулирует интерес к использованию более универсальных подходов с применением открытых стандартов и инструментов.

Цель – создание программы для управления ПЛК на примере оборудования OVEN, с использованием стандартных инструментов разработки.

Метод и методология проведения работы. Проект основывается на подходе к разработке, который исключает использование специализированных сред, связанных с определенной маркой контроллера. Вместо этого применяются широко распространенные инструменты, обеспечивающие совместимость с большим количеством устройств и возможность масштабирования решений.

Результаты работы. Созданное программное решение выполняет считывание дискретных входных сигналов (DI) с ПЛК. Впоследствии

полученные данные записываются в базу данных с временной меткой. В конечном итоге выполняется логика управления дискретными выходами (DO) на основе анализа входных сигналов.

Область применения результатов. Предложенный подход может быть применен в промышленной автоматизации, интеллектуальных системах управления, мониторинга оборудования, а также для построения учебных стендов.

Выводы. Созданная методология на базе открытых инструментов позволяет создавать универсальные, адаптируемые и экономически эффективные решения для управления ПЛК. Это снижает затраты и упрощает поддержку таких систем в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: программируемые логические контроллеры; Modbus; PostgreSQL; автоматизация; Eclipse; EasyModbus; управление оборудованием; промышленная автоматизация; Java

Для цитирования. Лотфуллин, Ф. И., Хамидуллин, М. Р., & Гареева, Г. А. (2025). Создание программ для управления программируемыми логическими контроллерами с использованием универсальных инструментов разработки. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 7–21. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-325>

Original article |

System Analysis, Information Management and Processing, Statistics

CREATION OF PROGRAMS FOR CONTROLLING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS USING UNIVERSAL DEVELOPMENT TOOLS

F.I. Lotfullin, M.R. Khamidullin, G.A. Gareeva

Abstract

Background. Programmable logic controllers (PLCs) play a key role in automation systems across a variety of industries, including industrial

manufacturing, transportation, and the energy sector. However, specialized development environments offered by PLC manufacturers often have limited compatibility, tying users to specific hardware and creating additional training and development costs. This has stimulated interest in more universal approaches using open standards and tools.

Purpose. The goal is to create a program for PLC control using OVEN equipment as an example, using standard development tools.

Method and methodology. The project is based on a development approach that excludes the use of specialized environments associated with a particular brand of controller. Instead, widespread tools are used to ensure compatibility with a large number of devices and scalability of solutions.

Results. The created software solution performs reading of discrete input signals (DI) from PLC. Subsequently, the obtained data is written to a time stamped database. Ultimately, the discrete output (DO) control logic is executed based on analyzing the input signals.

Scope of the results. The proposed approach can be applied in industrial automation, intelligent control systems, equipment monitoring, as well as for the construction of training stands.

Conclusions. The established methodology based on open tools allows to create universal, adaptable and cost-effective solutions for PLC control. This reduces costs and simplifies the support of such systems in the long term.

Keywords: programmable logic controllers, Modbus, PostgreSQL, automation, Eclipse, EasyModbus, equipment control, industrial automation, Java.

For citation. Lotfullin, F. I., Khamidullin, M. R., & Gareeva, G. A. Creation of programs for controlling programmable logic controllers using universal development tools. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 7–21. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-325>

Введение

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) стали неотъемлемой частью автоматизации во всех отраслях промышленности. Они обеспечивают надежное управление технологическими процессами, высокую степень адаптации и совместимость с

современными протоколами связи [1; 5]. Однако одной из ключевых проблем, с которой сталкиваются разработчики, является необходимость использования специализированных инструментов и языков программирования [3]. Это создает дополнительные сложности, такие как:

- Зависимость от конкретных производителей и их решений;
- Высокая стоимость лицензий на программное обеспечение;
- Ограничения в интеграции с внешними системами.

Для решения этих проблем необходим подход, который опирается на открытые стандарты и инструменты, такие как библиотека EasyModbus для работы с протоколом Modbus, PostgreSQL для управления базами данных и универсальные среды разработки, например Eclipse [4; 9]. В данной работе представлен пример создания программного решения, демонстрирующего возможности такой методологии.

Обзор инфраструктуры системы

На проверочном стенде был установлен ПЛК Oven, датчик движения, вентилятор охлаждения, преобразователь TGW-735i (RS-485 - Ethernet), а также центральный сервер в виде ноутбука для хранения и обработки данных [7; 12]. В качестве протокола связи выбран Modbus TCP, обеспечивающий стандартизированную и надежную передачу данных [8].

Организация соединения

Организация соединения включает в себя следующие ключевые моменты:

- Все элементы системы соединены с помощью клеммных проводов и клемм, которые расположены на DIN-рейке [10].
- ПЛК взаимодействует с подключенным датчиком и исполнительным механизмом через цифровые входы/выходы.
- ПЛК подключается к сетевому преобразователю интерфейса TGW-735i через RS-485, а он в свою очередь подключается

к ПК через Ethernet-кабель, обеспечивая связь между ПЛК и ПК.

Соединения устройств показаны на рисунке 1.

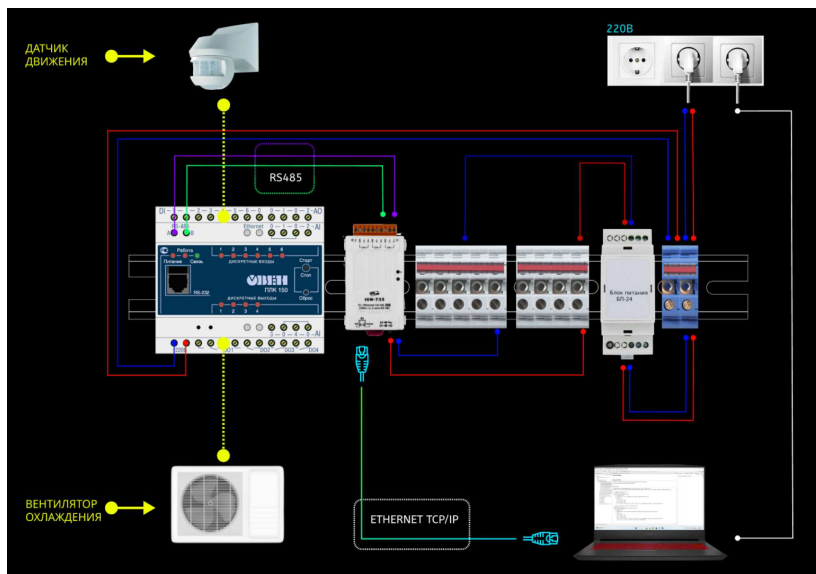


Рис. 1. Организация соединения устройств

Материалы и методы

В качестве инструментов для разработки были выбраны следующие программные средства:

- Eclipse IDE. Мощная и удобная среда разработки для языка Java.
- EasyModbus. Открытая библиотека, реализующая протокол Modbus TCP/IP. Она позволяет быстро интегрировать ПЛК в существующие программные системы [6].
- PostgreSQL. Высокопроизводительная и масштабируемая система управления базами данных, которая используется для хранения данных, полученных от ПЛК, а также для анализа сигналов.

В качестве аппаратного обеспечения был выбран ПЛК Oven, поддерживающий стандарт Modbus TCP/IP, что делает его удобным для интеграции с различными решениями [11].

Методика разработки

Методика построена на следующей последовательности действий:

1. Установка соединения с ПЛК.
2. Считывание сигналов дискретных входов (DI).
3. Настройка окружения, включающая установку и настройку PostgreSQL, Eclipse и EasyModbus.
4. Реализация алгоритма анализа сигналов и управление дискретными выходами (DO) в Eclipse IDE.
5. Тестирование программы на стендовом образце.

Сбор и обработка данных

Сбор данных и их последующая обработка осуществляется через следующие этапы:

1. Передача данных от датчика движения к ПЛК. Датчик движения подключается к ПЛК через интерфейс RS-485. При обнаружении движения датчик отправляет сигнал (например, высокий уровень напряжения или команду протокола Modbus RTU). ПЛК считывает сигнал через свой вход и интерпретирует его как событие [13].
2. Передача данных от ПЛК к преобразователю TGW-735i. После обработки данных от датчика, ПЛК формирует сообщение в формате Modbus RTU, передавая его на порт RS-485 преобразователя. Преобразователь TGW-735i принимает данные на интерфейсе RS-485 и преобразует их в Ethernet-пакеты по протоколу Modbus TCP для передачи по сети.
3. Передача данных от преобразователя TGW-735i через локальную сеть. Преобразователь передает данные от ПЛК на сервер через сеть Ethernet. Сервер с установленным клиентом Modbus

(библиотека EasyModbus, интегрированная в среду Eclipse) считывает данные.

4. Обработка и хранение данных в PostgreSQL. Сервер записывает полученные данные в базу данных, фиксируя параметры (время события, состояние датчика, идентификатор устройства). Эти данные могут быть использованы для анализа, построения отчетов или триггеров для других действий.
5. Управление вентилятором охлаждения. ПЛК, получив сигнал о движении от датчика, может сразу отправить команду включения вентилятора. Вентилятор подключен к ПЛК через дискретный выход. Параллельно сервер может использовать данные в PostgreSQL для анализа состояния вентилятора. Процесс передачи данных показан на рисунке 2.

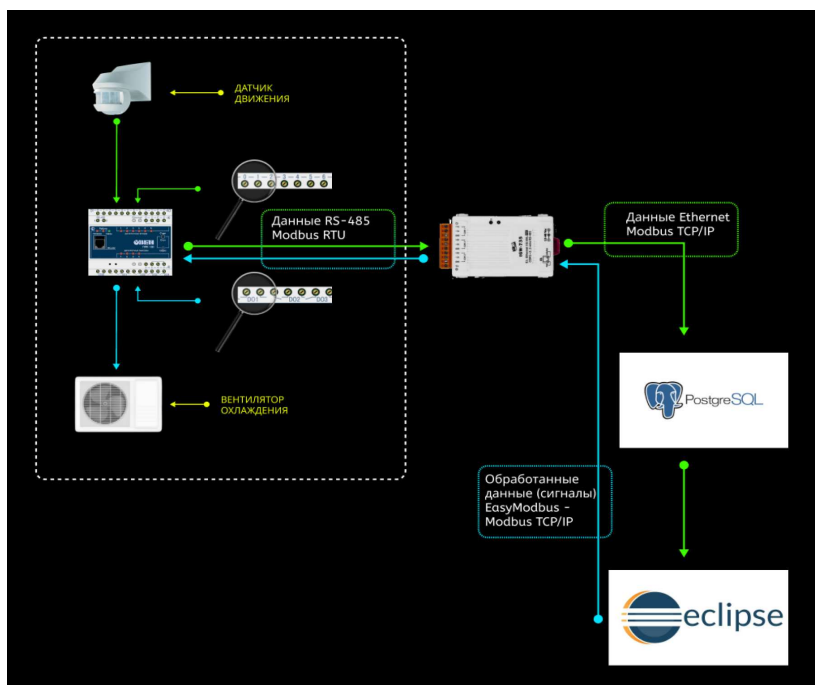


Рис. 2. Устройство сбора и обработки данных

К преимуществам данного подхода можно отнести:

- Использование открытых стандартов позволяет минимизировать затраты на лицензии и упрощает интеграцию новых устройств в систему.
- PostgreSQL обеспечивает масштабируемое, надежное хранение данных и упрощают разработку программного обеспечения. Также использование PostgreSQL позволяет анализировать данные, создавать отчеты и внедрять прогнозные алгоритмы.
- Среда Eclipse и библиотеки, такие как EasyModbus, упрощают разработку программного обеспечения и повышая гибкость.
- Облегчение адаптации к различным производственным задачам благодаря универсальности и стандартизированным решениям [16].
- Обеспечение масштабируемости и простоты интеграции в промышленной автоматизации.

Реализация программы

Перед началом построения были настроены все необходимые инструменты для разработки. Впоследствии была написана программа, реализующая полный цикл работы, а именно чтение сигналов, запись в базу данных и управление выходами. На рисунке 3 представлена написанная программа на языке Java в среде разработки Eclipse. В окне вывода, обозначенный желтой рамкой, продемонстрировано, что при включенном сигнале DI, после обработки его программой, включается соответствующий сигнал DO.

На рисунке 4 показана утилита pgAdmin, представляющая собой графический инструмент управления базой данных PostgreSQL. В окне вывода, обозначенный желтой рамкой, записано состояние входов контроллера.

Для убеждения в том, что сигналы приходят именно с тех дискретных входов и отправляются именно на те дискретные выхода,

была применена программа Modbus Poll для считывания состояний входов и выходов контроллера в режиме реального времени [14]. Данная программа показана на рисунке 5.

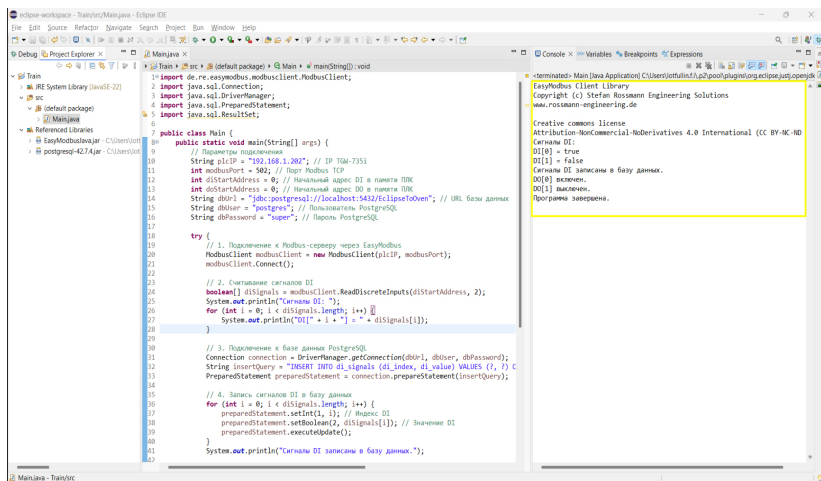


Рис. 3. Программа управления ПЛК в среде разработки Eclipse

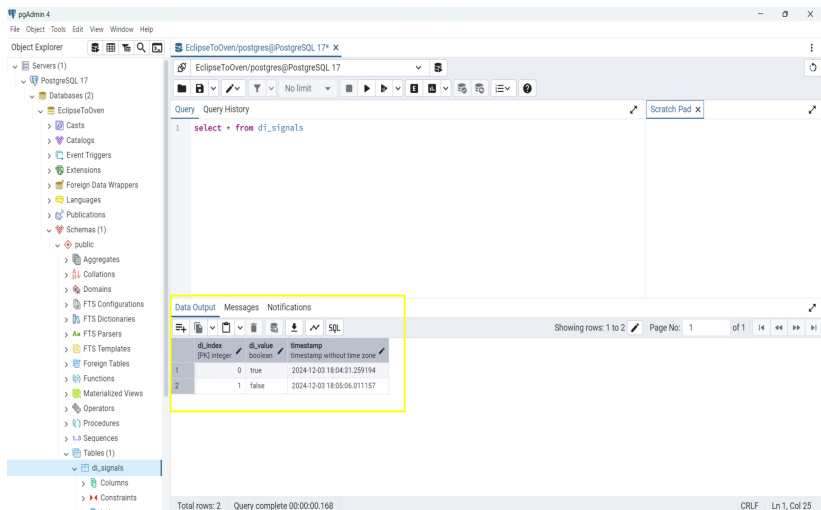


Рис. 4. Окно pgAdmin для взаимодействия с базой данных программы

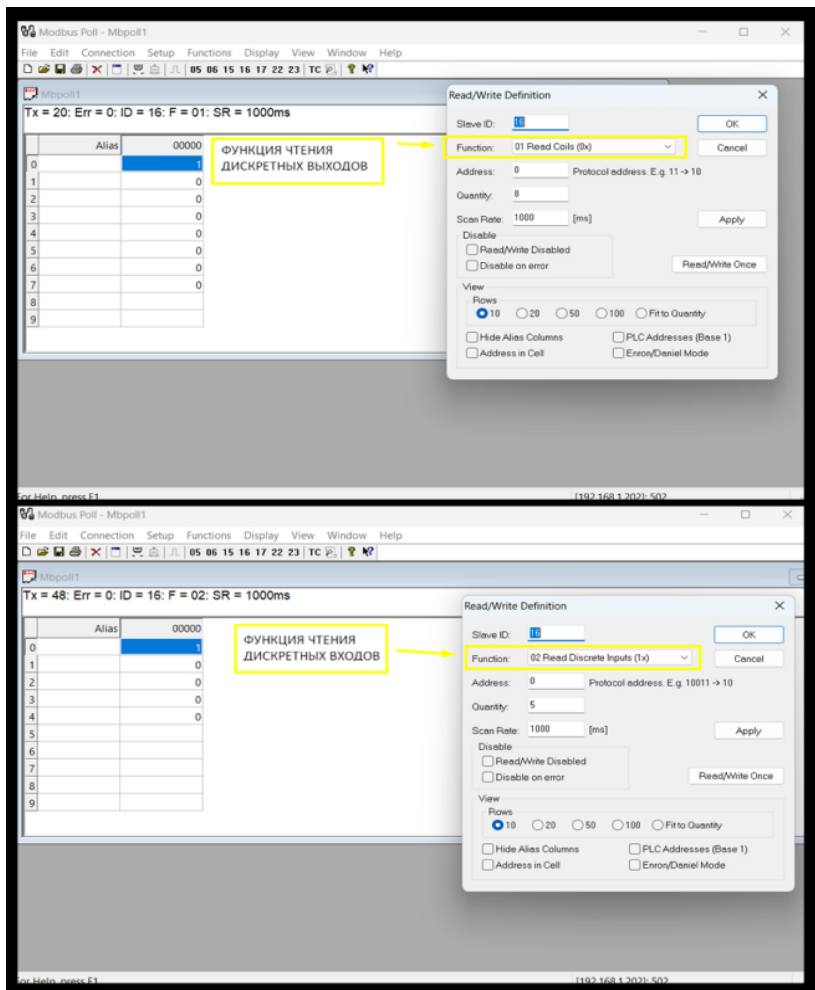


Рис. 5. Окно программы Modbus Poll для тестирования протокола Modbus

Результаты и обсуждение

Программа успешно считывает состояния дискретных входов и управляет выходами. Данные сохраняются в PostgreSQL с точной временной меткой, что позволяет использовать их для дальней-

шего анализа. Логика управления полностью адаптируема и легко модифицируется под требования конкретного проекта.

Использование стандартных инструментов позволяет обеспечить высокую гибкость и адаптивность. Это решение универсально и применимо для работы с любым оборудованием, поддерживающим протокол Modbus.

Область применения

В перспективе после нескольких этапов модификации данная программа может применяться в следующих областях:

- Мониторинг и управление производственными линиями [2].
- Создание гибких систем управления для предприятий малого и среднего бизнеса.
- Интеграция в существующие системы SCADA.
- Использование в учебных целях для обучения программированию ПЛК [15].

Заключение

Разработанная программа демонстрирует эффективность использования стандартных инструментов в задачах промышленной автоматизации. Применение библиотек, таких как EasyModbus, в сочетании с PostgreSQL, открывает новые возможности для построения масштабируемых, гибких и экономически эффективных систем управления ПЛК.

Список литературы

1. Андреев, С. М., Рябчиков, М. Ю., & Рябчикова, Е. С. (2023). *Аппаратные средства и программное обеспечение промышленных контроллеров SIMATIC S7*. Учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 220 с.
2. Иванов, В. Н. (2023). *Программирование логических контроллеров*. Учебное пособие. Москва: СОЛОН-ПРЕСС. 356 с.

3. Мякишев, Д. В. (2024). *Разработка программного обеспечения АСУ ТП на основе объектно-ориентированного подхода*. Методическое пособие (2-е изд.). Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 128 с.
4. Мясников, В. И. (2019). *Микропроцессорные системы*. Учебное пособие по курсовому проектированию. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. 200 с.
5. Нестеров, К. Е., & Зюзев, А. М. (2019). *Программирование промышленных контроллеров*. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та. 96 с.
6. Пустовая, О. А., & Пустовой, Е. А. (2022). *Информационно-измерительные системы и АСУ ТП*. Учебник. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 104 с.
7. Трофимов, В. Б., & Темкин, И. О. (2020). *Экспертные системы в АСУ ТП*. Учебник. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 284 с.
8. Хиврин, М. В. (2015). *Аппаратное и программное обеспечение управления технологическими процессами*. Учебно-методическое пособие. Москва: Изд. Дом МИСиС. 95 с.
9. Шишов, О. В. (2024). *Программируемые логические контроллеры*. Учебник. Москва: ИНФРА-М. 461 с.
10. Шишов, О. В. (2021). *Современные средства АСУ ТП*. Учебник. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия. 532 с.
11. Amin Al Ka'bi. (2021). Management of energy consumption using programmable logic controllers (PLCs). *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(3), 267–272. <https://doi.org/10.24874/pes03.03.003>
12. Walters III, E. G., & Bryla, E. J. (2016). The impact of PLC program architecture on production line efficiency: Case study of a control system rewrite. *Machines*, 4(2), 13. <https://doi.org/10.3390/machines4020013>
13. Martin A. Sehr et al. (2024). Programmable Logic Controllers in the context of Industry 4.0. *IEEE Journals & Magazine*. Получено с <https://ieeexplore.ieee.org/document/9134804>
14. Tiago Cruz et al. (2024). Virtualizing Programmable Logic Controllers: Toward a convergent approach. *IEEE Journals & Magazine*. Получено с <https://ieeexplore.ieee.org/document/7564414>

15. Zheng Yang et al. (2021). PLCrypto: A symmetric cryptographic library for programmable logic controllers. *IACR Transactions on Symmetric Cryptology*, 2021(3), 170–217. <https://doi.org/10.46586/tosc.v2021.i3.170-217>

References

1. Andreev, S. M., Ryabchikov, M. Y., & Ryabchikova, E. S. (2023). Hardware components and software of industrial SIMATIC S7 controllers. *Tutorial*. Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 220 p.
2. Ivanov, V. N. (2023). *Programming Logical Controllers*. Moscow: SO-LON PRESS. 356 p.
3. Myakishev, D. V. (2024). Software development for automated process control systems based on object-oriented approach. *Methodical Guide* (2nd ed.). Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 128 p.
4. Myasnikov, V. I. (2019). Microprocessor systems. *Coursework tutorial*. Yoshkar-Ola: Volga State Technological University. 200 p.
5. Nesterov, K. E., & Zuzev, A. M. (2019). *Industrial Controller Programming*. Methodical Guide. Yekaterinburg: Ural Federal University Publishing House. 96 p.
6. Pustoaya, O. A., & Pustoy, E. A. (2022). Informational-measurement systems and automated process control systems. *Textbook*. Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 104 p.
7. Trofimov, V. B., & Temkin, I. O. (2020). Expert systems in automated process control systems. *Textbook*. Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 284 p.
8. Khivrin, M. V. (2015). Hardware and software for technological process control. *Methodical Guide*. Moscow: MISiS Publishing House. 95 p.
9. Shishov, O. V. (2024). *Programmable Logic Controllers*. Moscow: INFRA-M. 461 p.
10. Shishov, O. V. (2021). *Modern Tools for Automated Process Control Systems*. Moscow; Vologda: Infra-Inzheneriya. 532 p.
11. Amin Al Ka'bi. (2021). Management of energy consumption using programmable logic controllers (PLCs). *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(3), 267–272. <https://doi.org/10.24874/pes03.03.003>

12. Walters III, E. G., & Bryla, E. J. (2016). The impact of PLC program architecture on production line efficiency: Case study of a control system rewrite. *Machines*, 4(2), 13. <https://doi.org/10.3390/machines4020013>
13. Martin A. Sehr et al. (2024). Programmable Logic Controllers in the context of Industry 4.0. *IEEE Journals & Magazine*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9134804>
14. Tiago Cruz et al. (2024). Virtualizing Programmable Logic Controllers: Toward a convergent approach. *IEEE Journals & Magazine*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/7564414>
15. Zheng Yang et al. (2021). PLCrypto: A symmetric cryptographic library for programmable logic controllers. *IACR Transactions on Symmetric Cryptology*, 2021(3), 170–217. <https://doi.org/10.46586/tosc.v2021.i3.170-217>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Лотфуллин Фарит Ильшатович, студент

Набережночелнинский филиал Казанского национально-го исследовательского технического университета им. А.Н.Туполева

*ул. Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814, Российская Федерация
agua15@yandex.ru*

Хамидуллин Марат Раисович, доцент, кандидат экономических наук

Набережночелнинский филиал Казанского национально-го исследовательского технического университета им. А.Н.Туполева

*ул. Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814, Российская Федерация
nauka_prom@mail.ru*

Гареева Гульнара Альбертовна, доцент, кандидат педагогических наук

*Набережночелнинский филиал Казанского национально-
го исследовательского технического университета им.
А.Н.Туполева
ул. Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814,
Российская Федерация
gagareeva1977@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Farit I. Lotfullin, student

*Branch of Kazan National Research Technical University named
after A.N. Tupolev-KAI in Naberezhnye Chelny
1, Akademika Koroleva Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Rus-
sian Federation
agua15@yandex.ru*

Marat R. Khamidullin, PhD in Economics

*Branch of Kazan National Research Technical University named
after A.N. Tupolev-KAI in Naberezhnye Chelny
1, Akademika Koroleva Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Rus-
sian Federation
nayka_prom@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3326-0955>*

Gulnara A. Gareeva, PhD in Pedagogics

*Branch of Kazan National Research Technical University named
after A.N. Tupolev-KAI in Naberezhnye Chelny
1, Akademika Koroleva Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Rus-
sian Federation
gagareeva1977@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8539-4541>*

Поступила 01.02.2025

После рецензирования 14.02.2025

Принята 20.02.2025

Received 01.02.2025

Revised 14.02.2025

Accepted 20.02.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-326

EDN: AMRLQR

УДК 338.47



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

РАСЧЁТ СЕБЕСТОИМОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ НА ГОРОДСКОМ ПАССАЖИРСКОМ НАЗЕМНОМ ТРАНСПОРТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЕДИНИЧНЫХ РАСХОДНЫХ СТАВОК

*А.В. Колин, П.В. Рыбаков,
П.А. Красильников, Л.Р. Айсина*

Аннотация

В статье рассматривается возможность применения метода единичных расходных ставок для расчёта себестоимости перевозок и оценки качества ведения хозяйственной деятельности на предприятиях городского пассажирского транспорта.

Цель. Настоящая статья рассматривает потенциальную оптимизацию порядка определения величины эксплуатационных расходов и себестоимости перевозок на предприятиях наземного городского транспорта и предлагает методику, позволяющую повысить достоверность расчётов, с одновременным их упрощением. Кроме того, методика позволяет ввести индикаторы оценки качества ведения хозяйственной деятельности на предприятиях городского пассажирского транспорта.

Предлагаемые категории расходных ставок использованы при определении величины себестоимости транспортной работы троллейбуса, трамвая, и автобуса в Минске, Казани, Самаре и Санкт-Петербурга, а также электробуса в Минске.

Метод и методология работы. В статье использована совокупность методов анализа, синтеза, дедукции и индукции, а также метода единичных расходных ставок, получившего распространение в вопросах анализа хозяйственной деятельности на железнодорожном транспорте.

Результаты. Сравнение информации о себестоимости транспортной деятельности, полученной из отчетов транспортных предприятий анализируемых городов, а также расчетов с учетом предложенных методов определения эксплуатационных затрат, дало возможность выделить ряд показателей, для которых рекомендуется пересмотреть подходы к их определению.

Область применения результатов. Настоящая статья может представлять практический интерес для предприятий городского пассажирского транспорта, а также органов региональной (местной) исполнительной и законодательной власти, осуществляющих полномочия по бюджетированию и организации городских и пригородных перевозок на автобусном и городском электрическом транспорте.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт; эксплуатационные расходы; себестоимость перевозок; транспортная работа; расходные ставки

Для цитирования. Колин, А. В., Рыбаков, П. В., Красильников, П. А., & Айсина, Л. Р. (2025). Расчёт себестоимости транспортной работы на городском пассажирском наземном транспорте с использованием метода единичных расходных ставок. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 22–46. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-326>

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

CALCULATION OF THE SELF-COST OF TRANSPORTATION WORK ON GROUND URBAN TRANSIT USING THE UNIT EXPENSE RATE METHOD

*A.V. Kolin, P.V. Rybakov,
P.A. Krasilnikov, L.R. Aysina*

Abstract

The article describes possibility of using the method of unit expense rates to calculate the urban transit self-cost and evaluating the quality of economic operations at urban transit operators.

Purpose. The article examines optimization possibilities of the amount of operating costs determining procedure and the self-cost of transportation at urban ground transit operators. Article proposes a methodology that allows increasing the veracity of calculations, while simplifying them. Also, the methodology allows quality evaluation of operation activities at urban transit operators.

The proposed categories of unit expense rates are used to determine the self-cost of transport work for trolleybuses, trams, and buses in Minsk, Kazan, Samara, and St. Petersburg, as well as electric battery buses in Minsk.

Methodology. The article uses a combination of methods of analysis, synthesis, deduction and induction, as well as the method of unit expense rates, which has become widespread in matters of analyzing economic activity in railway transport.

Results. A comparison of information on the self-cost of transit activities obtained from reports of analyzed cities' transit operators, as well as calculations by proposed methods for determining operating costs, made it possible to identify a number of indicators for which it is recommended to revise approaches to their determination.

Practical implications. This article may be of practical interest to urban transit operators, as well as regional (local) executive and legislative authorities exercising powers to budget and organize urban and suburban transit by bus and urban electric transport.

Keywords: urban transit; operating costs; transportation self-cost; transit work; unit expense rates

For citation. Kolin, A. V., Rybakov, P. V., Krasilnikov, P. A., & Aysina, L. R. (2025). Calculation of self-cost of transportation work on ground urban transit using the unit expense rate method. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 22–46. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-326>

Введение

В условиях постоянного роста спроса городов на услуги общественного транспорта увеличиваются потребные объемы федерального и местного финансирования проектов развития инфраструкту-

ры, обновления парка подвижного состава, развития маршрутной сети. Для формирования эффективной финансовой политики предприятий общественного транспорта, разработки стратегий ведения хозяйственной деятельности, а также определения тарифной политики для пассажиров определение точной величины эксплуатационных затрат с учетом различной природы их образования так же важны, как и точное понимание объемов финансирования [1-4].

Предложения по определению эффективности эксплуатации общественного транспорта рассматриваются учеными в контексте выбора одного из видов транспорта среди анализируемого перечня [5-7]. Однако необходимо понимать, что комплексное развитие транспортной системы достигается при гармоничном развитии нескольких видов транспорта, эксплуатируемых во взаимодействии друг с другом.

Существенные различия в определении себестоимости перевозок различными видами транспорта [8,9] определяются не только разной природой возникновения затрат, но и различными подходами к ведению хозяйственной деятельностью транспортными предприятиями даже в контуре одного города (агломерации).

Материал и методы

По мнению авторов, используемый для оценки себестоимости перевозок на городском пассажирском транспорте Приказ № 351 Минтранса [10] необходимо дополнить положениями, позволяющими учесть особенности ведения хозяйственной деятельности транспортными предприятиями и интенсивность использования основных фондов. В частности, для оценки эксплуатационных расходов и себестоимости перевозок на наземном городском транспорте предлагается использовать метод единичных расходных ставок, получивший распространение в вопросах анализа хозяйственной деятельности на железнодорожном транспорте [11-13].

Предлагаемый авторами подход отличается от рекомендаций Аредовой А.А. об использовании метода удельных затрат для

определения переменных и постоянных издержек для автобусных перевозок [14].

В предлагаемой авторами методике условно-переменные и условно-постоянные издержки учитываются отдельно, без использования условного допущения об их корреляции между собой, что повышает достоверность расчётов. Методика позволяет рассчитывать себестоимость расходов для любого вида городского наземного транспорта – трамвая, троллейбуса, автобуса и электробуса (с ультрабыстрой или ночной подзарядкой) [15; 16].

Кроме того, для всестороннего учета затрат, каждая из расходных ставок имеет одновременно три признака:

- эксплуатационный измеритель, от которого она зависит;
- эксплуатационный функционал, за который отвечает расходная ставка (руководство предприятием, перевозочная деятельность, обслуживание подвижного состава, хозяйство пути, хозяйство тягового электроснабжения, общехозяйственная деятельность);
- экономическое значение расходной ставки (фонд оплаты труда и социальные отчисления, энергоносители, материалы, амортизация, прочие).

В зависимости от эксплуатационного измерителя расходы предлагается разделить на группы «А», «В», «С» и «F».

Распределение расходных ставок по признаку экономического значения, а также обозначения выделяемых групп представлены в таблице 1.

Транспортная единица (ТЕ) – одно или несколько сцепленных (в поезд) между собой транспортных средств далее – ТС), одновременно совершающих рейс, нулевой рейс или отстой в ожидании выполнения рейса.

Частным случаем транспортной единицы является трамвайный поезд, состоящий из нескольких сцепленных между собой трамвайных вагонов.

Таблица 1.

Группы единичных расходных ставок по признакам «эксплуатационный измеритель» и «экономическое назначение»

Группы расходных ставок	Единица измерения расходной ставки	Группа расходов по элементам затрат (по экономическому назначению)				
		ФОТ и социальные отчисления	Энергоносители	Материалы	Амортизация	Прочие
Условно-переменные						
А	расходы, линейно зависящие от продолжительности работы транспортных единиц					
	руб/ТЕ-ч	A.1, A.2	A.3			A.4
В	расходы, линейно зависящие от пробега транспортных единиц					
	руб/ТЕ-км	B.1, B.6, B.8	B.3, B.5	B.2, B.4, B.7, B.9		B.10
D	расходы, линейно зависящие от инвентарного количества транспортных единиц					
	руб/ТЕ в сутки				D.1	D.2
Условно-постоянные						
C	расходы, дискретно зависящие от протяжённости объектов линейной инфраструктуры					
	руб. на всю фиксированную протяжённость линейной инфраструктуры в сутки	C.1, C.4		C.2, C.5	C.3, C.6, C.7	
F	расходы, отвечающие за нелинейную инфраструктуру и дискретно зависящие от количества единиц инвентарного парка приведенных транспортных единиц					
	руб. на всю фиксированную расчётную ёмкость инвентарного парка (в приведенных ТС) в сутки	F.1, F.2, F.3, F.4, F.6	F.10, F.12	F.5, F.7, F.8	F.9, F.9э	F.11, F.13, F.14, F.15

К функциональной группе «*общее управление предприятием*» относятся следующие расходные ставки:

F.1 – фонд оплаты труда (далее – ФОТ) и социальные отчисления на руководство и инженерно-технический персонал, осуществляющий общее управление транспортным предприятием (включая службу движения);

F.8 – материалы, используемые для общехозяйственной деятельности (обслуживание зданий и помещений) на транспортном предприятии и в парке или депо, включая помещения на конечных станциях.

К функциональной группе *«перевозочная деятельность»* относятся следующие расходные ставки:

A.1 – ФОТ и социальные отчисления на линейных водителей (водители специальных машин не включаются);

A.2 – ФОТ и социальные отчисления кондукторов;

A.3 – электроэнергия или топливо, расходуемые на кондиционирование и отопление салонов и кабин транспортных единиц;

A.4 – экологический штраф, обусловленный расходом топлива на кондиционирование и отопление салонов и кабин транспортных единиц;

B.5 – электроэнергия или топливо, расходуемые на перемещение линейного подвижного состава (только для автобусов);

B.10 – экологический штраф, обусловленный расходом топлива на совершение механической работы по перемещению линейного подвижного состава (только для автобусов).

К функциональной группе *«обслуживание подвижного состава»* относятся следующие расходные ставки:

B.1 – ФОТ и социальные отчисления на рабочих и инженерно-технический персонал, занятый в техническом обслуживании и ремонте линейного подвижного состава;

B.2 – материалы, используемые при техническом обслуживании и ремонте линейного подвижного состава;

B.3 – электроэнергия, расходуемая при техническом обслуживании и ремонте линейного подвижного состава (работа станков и др. оборудования);

B.4 – износ шин линейного подвижного состава (только для безрельсовых видов транспорта);

D.1 – амортизация и модернизация в течение срока службы линейного подвижного состава;

D.2 – транспортный налог, начисляемый на владельца линейного подвижного состава (учитывается для транспортных средств, имеющих государственные номера – автобусов и электробусов);

F.2 – ФОТ и социальные отчисления на руководство и инженерно-технический персонал, осуществляющий общее управление парком или депо.

К функциональной группе *«хозяйство пути»* (дорожное хозяйство) относятся следующие расходные ставки:

B.6 – ФОТ и социальные отчисления на работников, осуществляющих ремонт трамвайного пути или выделенных дорожных полос (только условно-переменная составляющая);

B.7 – материалы, используемые при ремонте трамвайного пути или выделенных дорожных полос (только условно-переменная составляющая);

C.1 – ФОТ и социальные отчисления на работников, осуществляющих текущее содержание трамвайного пути или выделенных дорожных полос (только условно-постоянная составляющая);

C.2 – материалы, используемые при текущем содержании трамвайного пути или выделенных дорожных полос (только условно-постоянная составляющая);

C.3 – амортизация машин и оборудования, используемого при текущем содержании и ремонте трамвайного пути или выделенных дорожных полос;

F.4 – ФОТ и социальные отчисления на работников, осуществляющих текущее содержание трамвайного пути и /или дорожного полотна на территории парка или депо;

F.5 – материалы, используемые при текущем содержании и ремонте трамвайного пути и/ или дорожного полотна на территории парка или депо.

К функциональной группе *«хозяйство тягового электрооборудования»* относятся следующие расходные ставки:

В.8 – ФОТ и социальные отчисления на работников, осуществляющих ремонт системы тягового электроснабжения трамваев и троллейбусов (только условно-переменная составляющая);

В.9 – материалы, используемые при ремонте системы тягового электроснабжения трамваев и троллейбусов (только условно-переменная составляющая);

С.4 – ФОТ и социальные отчисления на работников, осуществляющих текущее содержание системы тягового электроснабжения трамвая и троллейбуса (только условно-постоянная составляющая);

С.5 – материалы, используемые при текущем содержании системы тягового электроснабжения трамвая и троллейбуса (только условно-постоянная составляющая);

С.6 – амортизация тяговых подстанций трамвая и троллейбуса;

С.7 – амортизация машин и оборудования, используемого при текущем содержании и ремонте системы тягового электроснабжения трамвая и троллейбуса;

Е.6 – ФОТ и социальные отчисления на работников, осуществляющих текущее содержание и ремонт объектов нелинейной тяговой энергетической инфраструктуры (для трамвая и троллейбуса контактной и кабельной сети на территории парка или депо, для электробуса – зарядных станций, тяговых подстанций и кабельных сетей, расположенных на территории парка и на конечных станциях);

Е.7 – материалы, используемые при текущем содержании и ремонте объектов нелинейной тяговой энергетической инфраструктуры (для трамвая и троллейбуса контактной и кабельной сети на территории парка или депо, для электробуса – зарядных станций, тяговых подстанций и кабельных сетей, расположенных на территории парка и на конечных станциях);

Е.9э – амортизация нелинейной энергетической инфраструктуры для электробусов.

К функциональной группе *«общехозяйственная деятельность»* относятся следующие расходные ставки:

F.3 – ФОТ и социальные отчисления на рабочих и инженерно-технический персонал, осуществляющий общехозяйственную деятельность (содержание зданий, помещений и тому подобное);

F.9 – амортизация зданий и нелинейных сооружений, паркового или деповского оборудования и инвентаря;

F.10 – тепловая энергия, используемая для отопления производственных и административно-бытовых зданий и помещений, включая помещения на конечных станциях;

F.11 – горячее и холодное водоснабжение и канализация в производственных и административно-бытовых помещениях, включая помещения на конечных станциях;

F.12 – электроэнергия, используемая на освещение и работу бытовых приборов (не включая станки и тяжёлое оборудование) в производственных и административно-бытовых помещениях, включая помещения на конечных станциях;

F.13 – связь в административно-бытовых и производственных помещениях;

F.14 – налоги на землю и имущество;

F.15 – прочие расходы, не учтённые в других расходных ставках (расходы на командировки, участие в выставках, рекламу, содержание социально-культурных объектов и т.п.).

Расчет

В рамках настоящей статьи в качестве полигона апробации предлагаемой методики оценки значений эксплуатационных расходов рассматриваются системы наземного городского пассажирского транспорта городов Минск, Санкт-Петербург, Самара и Казань.

Исходные данные приняты в соответствии с уровнем цен, действующих на ноябрь 2024 г. в Санкт-Петербурге.

Для получения референсных значений расходных ставок было произведено сравнение исходных значений эксплуатационных

расходов по транспортным предприятиям Минска, Санкт-Петербурга, Казани и Самары с расчётными значениями, полученными с учетом использования адаптированного метода единичных расходных ставок.

Для удобства сравнения эксплуатационных расходов между собой все они приведены к одному измерителю транспортной работы – 1000 место-км исходя из занятости всех сидячих мест и размещения стоящих пассажиров с плотностью в 3 чел/м².

Отчётные значения предоставлены транспортными предприятиями указанных городов за первое полугодие 2022 г. Они представлены в таблицах 1 и 2 с учётом индексации цен к уровню ноября 2024 года (использован коэффициент пересчёта 1,2714). Для Минска, кроме того, значения величин эксплуатационных расходов переведены из белорусских рублей в российские рубли по курсу июня 2022 года «1:25,11».

Поскольку целью сравнения расчётных значений с отчётными было показать не только результат работы методики расчёта, но и выявить ряд зависимостей между себестоимостью транспортной работы (выраженной в руб./1000 место – км) и эксплуатационными показателями, расчетные значения в таблицах 2 и 3 определялись с допущением, согласно которому для рассматриваемых городов соответствующие расходные ставки одинаковые (разница в ценах и величинах заработной платы между регионами не учитывалась, а уровни цен и заработных плат приняты как для Санкт-Петербурга).

Принятое допущение обусловило то, что многие расчетные значения существенно превышают отчетные, что в первую очередь касается показателей, связанных с фондом оплаты труда и социальными отчислениями.

Условные обозначения некоторых сокращений, применяемых в таблицах 2 и 3: РС – расходная ставка; ТО – техническое обслуживание; ТС – транспортное средство; ФОТ – фонд оплаты труда; ТЕ – транспортная единица.

Сравнение отчётных и расчётных значений себестоимости транспортной работы (трамвай и троллейбус)

Вид транспорта	С учетом РС	Трамвай								Троллейбус							
		Отчётные данные				Расчёт				Отчётные данные				Расчёт			
		М	СП	К	С	М	СП	К	С	М	СП	К	С	М	СП	К	С
Показатель		руб/1000 место-км															
ФОТ и социальные отчисления водителей	A.1	379	444	210	328	545,6	398,3	390,4	421,9	487	789	348	681	816,9	757,5	848	758,3
Расходы на ремонт и ТО ТС	B.1– B.3	236,2	324,9	141,0	280,8	395,2	367,6	329,0	398,9	148,2	435,2	113,7	387,9	507,6	444,1	487,2	435,6
Суммарные топливно-энергетические затраты	A.3, B.5	245,5	209,5	80,3	166,0	175,3	161,5	145,0	177,0	215,8	162,9	147,2	245,6	175	150,8	164,5	147,1
Шины	B.4									8,8	9,8	15,2	24,2	14,9	13,1	14,4	12,9
Содержание и ремонт системы тягового электроснабжения	B.8, B.9, C.4–C.7, E.6, E.7	86,3	142,9	10,1	44,1	121,8	97,4	152,5	130,2	121,8	221,2	13,5	77,8	350,3	226,5	246,2	491,2
Содержание и ремонт пути (дорожного полотна)	B.6, B.7, C.1–C.3, F.4, E.5	255,5	741,3	21,9	72,6	247,9	200,4	297,3	262,8	0	0	0	0	13,7	13,1	15,2	34,2
Амортизация ТС	D.1	51,0	293,1	236,8	16,1	267,4	291,5	197,1	388,1	177,9	320,3	201,4	64,1	342,5	315,1	286,4	728,7
Прочая амортизация	F.9	130,4	34,9	346,0	18,2	13,4	8,2	11,4	14,2	9,3	42,1	111,2	27,1	9	8,6	18,1	31
Содержание и ремонт зданий и сооружений	F.3, F.8	26,0	20,7	1,4	11,5	82,2	43,4	64,5	78,8	23,5	12,2	1,8	17,2	49,8	47,7	79,4	184,1
Прочие	(A.2), A.4, D.2, B.10, F.1, F.2, F.10–F.15	489,4	804,0	357,6	605,6	583,2	389,2	695,0	745,6	350,3	1161,2	501,9	774	404	461,5	982,9	1373,5
ИТОГО		1899,3	3015,6	1405,4	1543,3	2432,1	1957,4	2282,2	2617,4	1543	3124,2	1454,1	2298,7	2683,8	2438	3142,2	4196,6
Составляющая, зависящая от ТЕ-ч	A	379,1	444,3	210,3	328,4	571,1	471,7	628,5	528,7	487,3	759,4	348,2	680,8	858,9	868,8	1303,6	905,2
Составляющая, зависящая от ТЕ-км	B	481,7	534,9	230,8	463,1	593,3	548,8	492,2	598,8	372,8	609	284,5	682	693,6	607,3	666,4	595,9
Составляющая, зависящая от инв. кол-ва ТЕ в парке	D	51,0	293,1	236,8	16,1	267,4	291,5	197,1	388,1	177,9	320,3	201,4	64,1	342,5	315,1	286,4	728,7
Пост. составляющая всего	C+F	987,5	1743,3	727,5	735,7	1000,3	645,3	964,5	1101,8	505	1435,5	620	871,7	788,8	646,7	885,7	1966,7
Пост. составляющая С	C					289,9	224,9	374,6	298,6					303,6	183,9	195,9	434,5
Пост. составляющая F	F					710,4	420,4	589,9	803,2					485,2	462,8	689,8	1532,2
Всего на одно приведенное ТС в сутки, руб/сут		24957	42949	26906	13974	31958	27878	43693	23699	18346	39643	20121	12503	31911	30935	43482	22826
Условные обозначения: М – Минск, СП – Санкт-Петербург; К – Казань, С – Самара																	
Расчетное значение превышает отчетное более чем на 10%						Расчетное значение меньше отчетного более чем на 10%											

Таблица 3.

Сравнение отчётных и расчётных значений себестоимости транспортной работы (автобус и электробус)

Вид транспорта	С учетом РС	Автобус								Электробус	
		Отчётные данные				Расчёт				Отчётные данные	Расчёт
		Минск	Санкт-Петербург	Казань	Самара	Минск	Санкт-Петербург	Казань	Самара	Минск	
Показатель		руб / 1000 место-км									
ФОТ и социальные отчисления водителей	A.1	436	533	385	558	1 070	822,1	1 142	1 287	504,2	1310,3
Расходы на ремонт и ТО ТС	B.1, B.2, B.3	127,3	169,8	102,2	288,6	476,6	354,0	442,0	498,0	286,4	728,2
Суммарные топливно-энергетические затраты	A.3, B.5	276,5	248,7	232,2	319,7	305,0	226,6	283,2	319,0	113,0	195,8
Шины	B.4	6,4	7,1	9,7	12,8	15,4	11,5	14,4	16,3	5,3	15,4
Содержание и ремонт системы тягового электроснабжения	B.8, B.9, C.4 – C.7, F.6, F.7	0,0	0,0	0,0	0,0					94,4	210,3
Содержание и ремонт пути (дорожного полотна)	B.6, B.7, C.1 – C.3, F.4, F.5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	8,0	7,4	17,2	0,0	16,2
Амортизация ТС	D.1	172,4	252,4	73,9	26,8	468,1	358,0	295,9	572,9	633,4	1 165,3
Прочая амортизация	F.9	13,8	28,0	2,3	0,0	12,1	9,3	7,9	16,1	18,5	115,1
Содержание и ремонт зданий и сооружений	F.3, F.8	17,7	2,7	0,0	0,0	59,4	41,8	40,8	87,5	24,2	150,9
Прочие	(A.2), A.4, D.2, B.10, F.1, F.2, F.10 – F.15	241,3	601,4	516,2	765,1	554,8	582,9	772,0	761,5	500,0	969,1
ИТОГО		1 291,1	1 843,1	1 322	1 971,1	2 974	2 414,3	3 006	3 575	2 179,4	4 876,4
Составляющая, зависящая от ТЕ-ч	A	435,8	532,9	385,1	558,1	1 107	984,5	1 586,8	1 364,7	504,2	1 369
Составляющая, зависящая от ТЕ-км	B	410,2	425,7	344,2	621,0	889,6	717,1	766,1	853,9	417,5	880,6
Составляющая, зависящая от инвентарного количества ТЕ в парке	D	172,4	252,4	73,9	26,8	471,5	360,7	298,4	577,6	633,4	1 170,1
Пост. составляющая всего	C+F	272,8	632,1	518,4	765,1	506,5	352,0	354,6	778,7	870,1	1 456,7
Пост. составляющая C	C					0,0	0,0	0,0	0,0		0,0
Пост. составляющая F	F					506,5	352,0	354,6	778,7		1 456,7
Всего на одно приведенное ТС в сутки, руб/сут		14 713	27 317	23 248	17 911	33 893	35 782	52 872	32 485	21 950	49 113
	Расчетное значение превышает отчетное более чем на 10%					Расчетное значение меньше отчетного более чем на 10%					

Результаты

Как видно из таблиц 2 и 3 в Казани и Самаре расчётные составляющие себестоимости транспортной работы по содержанию пути и системы электроснабжения в несколько раз выше, чем отчётные значения. Это связано с недостаточным качеством содержания пути и контактной сети в этих хозяйствах. И, наоборот, в Санкт-Петербурге расчётная затратная часть себестоимости на содержание и ремонт трамвайного пути ниже отчётной. Это связано с тем, что в последние годы производятся капитальные ремонты трамвайных путей повышенными темпами для ликвидации отставаний по производству капитального ремонта путей.

На рисунке 1 представлены диаграммы с выделением составляющих себестоимости транспортной работы по экономическому назначению – фонда оплаты труда и социальных отчислений, энергоносителей, материалов, амортизации и прочих расходов.

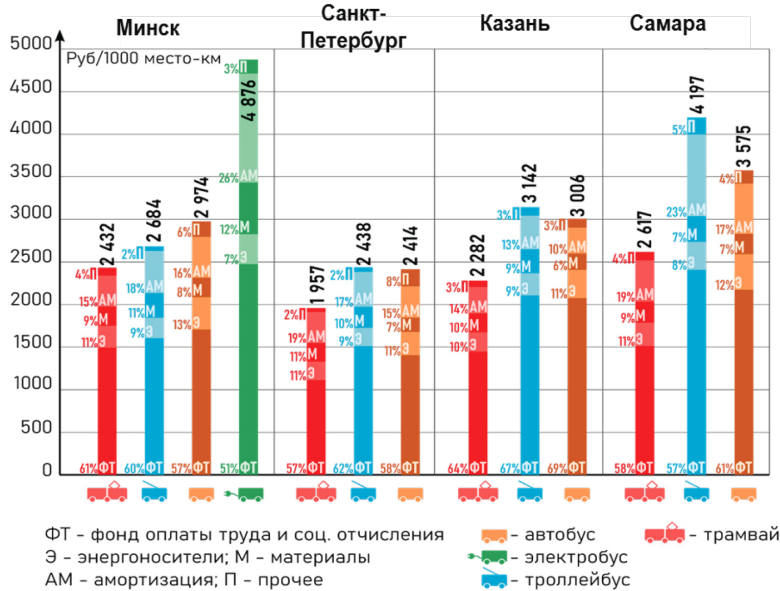


Рис. 1. Диаграмма себестоимости транспортной работы с выделением составляющих по группам экономического назначения

Как видно из рисунка 1 структура расходов по составляющим экономического назначения, полученная путём расчёта расходов методом единичных расходных ставок, примерно одинаковая. Так на фонд оплаты труда приходится от 56 % до 69% (наименьшие значения у трамваев). На энергоносители у троллейбусов приходится по 7,7 – 8,8 % расходов, у трамваев – 9,9 – 11,2 %, у автобусов – 11,0 – 12,7 %. На материалы у автобусов приходится 6,4 – 7,7 %, у троллейбусов 7,2 – 10,9 %, у трамваев 9,2 – 11,1 %. Самые высокие показатели доли амортизации от общих расходов составляют у троллейбусов – 12,5 – 22,9 %, у трамваев они находятся в диапазоне от 13,7% до 18,6 %, у автобусов – от 10,1 % до 16,5 %. Доля прочих расходов у троллейбусов 2,2 – 4,8%, у трамваев 2,4 – 3,8%, у автобусов 3,4 – 8,4 %.

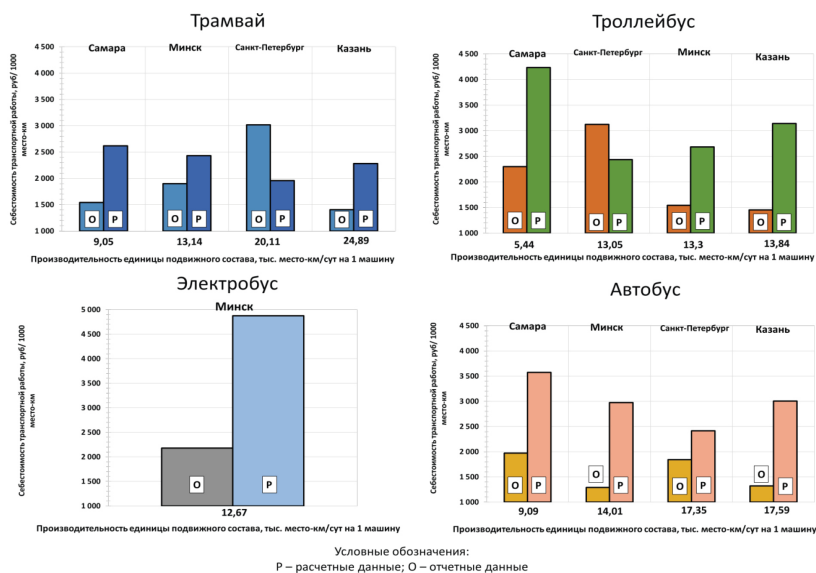


Рис. 2. Зависимость значения себестоимости транспортной работы от производительности единицы подвижного состава

На рисунках 2 и 3 показаны зависимости себестоимости транспортной работы соответственно от производительности одной единицы подвижного состава (тыс. место-км на одну машину в сутки)

и от средней интенсивности использования трамвайной или троллейбусной линии (средней провозной способности на 1 км длины линии), причём как для расчётных, так и для отчётных значений.

Как видно из рисунка 2 расчётная себестоимость перевозки на автобусах в Санкт-Петербурге получилась ниже, чем в Казани (при почти одинаковой производительности подвижного состава) за счёт того, что в Санкт-Петербурге используются автобусы – «гармошки» очень большого класса вместимости (33,4% от общего количества), благодаря чему в Санкт-Петербурге существенно ниже, чем в Казани, составляющая себестоимости группы «А».

Расчётная себестоимость транспортной работы трамваев Санкт-Петербурга ниже, чем у трамваев Казани, несмотря на то, что средняя производительность одного вагона в Казани выше, чем в Санкт-Петербурге. Это является следствием того, что в Казани невысокая доля трамвайных вагонов очень большого класса вместимости, а кроме того, в Казани, среди рассматриваемых городов – наиболее низкая интенсивность использования трамвайных линий (составляющие себестоимости группы «С» завышены).

Себестоимость транспортной работы у минского троллейбуса оказалась выше, чем троллейбуса Санкт-Петербурга, не смотря на чуть большую производительность единицы подвижного состава из-за меньшей интенсивности использования троллейбусных линий в Минске, чем в Санкт-Петербурге.

Как видно из рисунка 3 себестоимость транспортной работы с увеличением интенсивности использования трамвайной или троллейбусной линии в целом имеет тенденцию к снижению. Но из-за влияния других факторов эта зависимость также не имеет явного вида. Максимальная производительность подвижного состава трамвая Казани среди анализируемого перечня городов оказывает влияние на значение себестоимости транспортной работы, поэтому несмотря на самую низкую интенсивность использования трамвайной линии, себестоимость не является максимальной среди рассматриваемых значений.

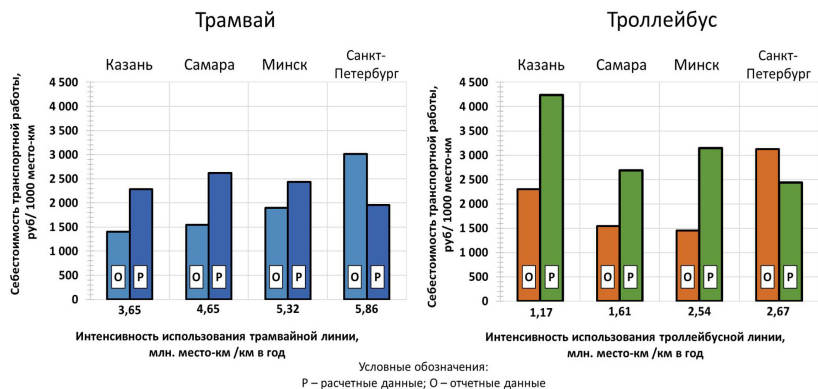


Рис. 3. Зависимость значения себестоимости транспортной работы от интенсивности использования трамвайной или троллейбусной линии

Обсуждение

Расходные ставки могут служить индикаторами эффективности организации различных процессов. В таблице 4 представлены основные индикационные возможности укрупнённых расходных ставок А, В, D, С и F. Однако важно отметить, что при сравнении различных вариантов организации транспортной работы с целью выбора оптимального варианта необходимо учитывать все группы расходов одновременно.

Таблица 4.

Индикационные возможности укрупнённых расходных ставок

Расходная ставка	Что показывает	От каких факторов зависит
А	Эффективность выбранного для перевозок типа подвижного состава, эффективность организации движения	Вместимость транспортных единиц, скорость сообщения
В	Энергоэффективность подвижного состава, эффективность организации ремонта и обслуживания подвижного состава	Тип подвижного состава, производительность персонала и машин и оборудования, посредством которых осуществляется техническое обслуживание и ремонт подвижного состава

D	Ресурсная эффективность подвижного состава	Срок службы и стоимость подвижного состава
C	Эффективность эксплуатации линейной инфраструктуры	Интенсивность использования линейной инфраструктуры, производительность персонала, машин и оборудования, осуществляющих техническое обслуживание линейной инфраструктуры
F	Эффективность эксплуатации нелинейной инфраструктуры и работы аппарата управления	Интенсивность использования нелинейной инфраструктуры, производительность персонала и оборудования, осуществляющих техническое обслуживание нелинейной инфраструктуры, производительность труда аппарата управления

Выводы

На основе исходных данных подобраны и рассчитаны референсные значения расходных ставок для трамваев, троллейбусов (включая троллейбусы с увлеченным автономным ходом – ТУАХ), автобусов и электробусов различного класса вместимости, для трамвайных и троллейбусных линий различной протяжённости и трамвайных, троллейбусных и автобусных парков (депо) различной ёмкости.

На основе сформированных единичных расходных ставок были рассчитаны эксплуатационные расходы и себестоимость транспортной работы для предприятий НГПТ в Минске, Санкт-Петербурге, Казани и Самаре. Расчёт произведён в ценах ноября 2024 г. региона Санкт-Петербург. Полученные расчётные значения были сравнены с отчётными. Сопоставление позволило сделать ряд выводов, касающихся качества ведения хозяйственной деятельности.

Расчётные значения себестоимости транспортной работы на основе расчёта методом расходных ставок составили: для трамвая 2000 – 2600 руб/1000 место-км, для троллейбуса 2400 – 4200 руб/1000 место-км, для автобуса 2400 – 3600 руб/1000 место-км, для электробуса (рассмотрен только Минск) – около 4900 руб/1000 место-км. Значение себестоимости транспортной работы зависит

как от вида транспорта (технического исполнения подвижного состава и инфраструктуры), так и от качества ведения хозяйственной деятельности.

Значения себестоимости транспортной работы снижаются с ростом производительности подвижного состава и интенсивности использования линейной инфраструктуры, но эти зависимости нелинейные и сложные.

Единичные и укрупнённые расходные ставки являются индикаторами, указывающими на эффективность выбранного подвижного состава, эффективность организации движения, энергоэффективность и ресурсную эффективность подвижного состава, эффективность организации технического обслуживания подвижного состава, эффективность эксплуатации линейной и нелинейной инфраструктуры, эффективность работы аппарата управления и др.

Метод единичных расходных ставок может быть использован для формирования целевых значений себестоимости транспортной работы по различным её составляющим для предприятий городского пассажирского транспорта как со стороны самих транспортных предприятий, так и со стороны органов региональной и местной власти, осуществляющих полномочия по бюджетированию и организации перевозочной деятельности на городском пассажирском транспорте.

Конфликт интересов. В представленной публикации отсутствует заимствованный материал без ссылок на автора и (или) источник заимствования, нет результатов научных работ, выполненных авторами публикации лично и (или) в соавторстве, без соответствующих ссылок. Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Список литературы

1. Поначугин, А. В. (2015). Проблемы бюджетного субсидирования предприятий пассажирского транспорта общего пользования в ус-

- ловиях модернизации экономики. *Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки*, (8), 201–206.
2. Сафронов, К. Э. (2011). Оценка эффективности инвестиций в модернизацию парков городского пассажирского транспорта. *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике*, (4), 55–58.
 3. Горев, А. Э. (2012). К вопросу об экономической эффективности городского пассажирского транспорта. *Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике*, (3-4), 34–36.
 4. Персианов, В. А., & Беднякова, Е. Б. (2013). К вопросу финансирования общественного транспорта. *Вестник университета*, (19), 91–97.
 5. Глушкова, Ю. О., Пахомова, А. В., & Асоян, А. Р. (2018). Сравнение экономической эффективности эксплуатации троллейбуса и автобуса с учетом экологического фактора. *Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии*, 15(3), 372–389.
 6. Капский, Д. В., Кузьменко, В. Н., Красильникова, А. С., Семченков, С. С., Кот, Е. Н., & Ларин, О. Н. (2022). Анализ развития различных видов городского электрического транспорта в Полоцке и Новополоцке. *Наука и техника*, 21(2), 150–157. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-150-157>
 7. Горев, А. Э., Попова, О. В., Плотников, Д. Г., & Олещенко, Е. М. (2024). Эффективность автоматизированного управления транспортными средствами в трамвайных системах. *Автоматика на транспорте*, 10(1), 32–51. <https://doi.org/10.20295/2412-9186-2024-10-01-32-51>
 8. Насыбуллин, А. М. (2024). Оценка влияния факторов на назначение попутных остановок контейнерным поездам, курсирующим по технологии постоянного формирования. *Мир транспорта и технологических машин*, (3-1), 23–34. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-3-1\(86\)-23-34](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-3-1(86)-23-34)
 9. Насыбуллин, А. М. (2024). *Развитие технологии перевозочного процесса контейнерными поездами постоянного формирования*. Диссертация на соискание учёной степени кандидата наук. Российский университет транспорта. 256 с.

10. Приказ Минтранса России от 20 октября 2021 г. № 351. Об утверждении порядка определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом.
11. Смехова, Н. Г., Купоров, А. И., & Кожевников, Ю. Н. (2003). *Себестоимость железнодорожных перевозок*. Учебник для вузов железнодорожного транспорта. Москва: Маршрут. 495 с.
12. Насыбуллин, А. М. (2023). Назначение попутных остановок грузовому поезду, курсирующему по технологии постоянного формирования. *Экономика железных дорог*, (12), 64–83.
13. Насыбуллин, А. М., Айсина, Л. Р., & Домани, М. Д. (2023). Перспективы использования подвижного состава на комбинированном ходу для пассажирских перевозок. *Мир транспорта и технологических машин*, (4-1), 91–98. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-4-1\(83\)-91-98](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-4-1(83)-91-98)
14. Аредова, А. К. (2019). *Развитие научно-методических подходов к формированию стоимости городских пассажирских перевозок*. Диссертация на соискание учёной степени кандидата экономических наук. 204 с.
15. Колин, А. В. (2018). Троллейбус, автобус или электробус? *Транспорт Российской Федерации*, (3), 38–42.
16. Колин, А. В., & Рыбаков, П. В. (2023). Сравнение ремонтпригодности и трудоемкости выполнения операций по техническому обслуживанию и ремонту троллейбусов и автобусов. *Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета*, 20(4), 444–457. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-4-444-457>

References

1. Ponochugin, A. V. (2015). Problems of budget subsidies for passenger transport enterprises in the context of economic modernization. *Humanitarian, Socio-Economic and Social Sciences*, (8), 201–206.

2. Safronov, K. E. (2011). Evaluation of investment efficiency in the modernization of urban passenger transport fleets. *Transport of the Russian Federation. Magazine on Science, Practice, and Economics*, (4), 55–58.
3. Gorev, A. E. (2012). On the issue of economic efficiency of urban passenger transport. *Transport of the Russian Federation. Magazine on Science, Practice, and Economics*, (3-4), 34–36.
4. Persianov, V. A., & Bednyakova, E. B. (2013). On funding public transport. *University Bulletin*, (19), 91–97.
5. Glushkova, Y. O., Pakhomova, A. V., & Asoyan, A. R. (2018). Comparison of trolleybus and bus operating costs taking into account ecological factors. *Bulletin of Siberian State Automobile and Highway Academy*, 15(3), 372–389.
6. Kapsky, D. V., Kuzmenko, V. N., Krasilnikova, A. S., Semchenkov, S. S., Kot, E. N., & Larin, O. N. (2022). Analysis of different types of electric urban transport development in Polotsk and Novopolotsk. *Science and Technology*, 21(2), 150–157. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2022-21-2-150-157>
7. Gor'ev, A. E., Popova, O. V., Plotnikov, D. G., & Oleshchenko, E. M. (2024). Efficiency of automated vehicle control in tram systems. *Avtomatika na transporte [Automation in Transport]*, 10(1), 32–51. <https://doi.org/10.20295/2412-9186-2024-10-01-32-51>
8. Nasibullin, A. M. (2024). Evaluating the impact of factors on assigning intermediate stops to container trains running under constant formation technology. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin [World of Transport and Technological Machines]*, (3-1), 23–34. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-3-1\(86\)-23-34](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-3-1(86)-23-34)
9. Nasibullin, A. M. (2024). *Development of container train transport process technology under permanent formation mode*. Unpublished doctoral dissertation. Russian University of Transport. 256 pp.
10. Order of the Ministry of Transport of Russia No. 351 dated October 20, 2021. On approval of procedures for determining initial (maximum) contract price and contract prices concluded with single suppliers (con-

tractors, executors) in regular passenger and baggage transportation by road vehicles and urban land electric transport.

11. Smekhova, N. G., Kuroporov, A. I., & Kozhevnikov, Y. N. (2003). *Cost of railway transportation*. Moscow: Marshrut. 495 pp.
12. Nasibullin, A. M. (2023). Assigning intermediate stops to freight trains running under permanent formation technology. *Ekonomika zheleznikh dorog [Railroad Economics]*, (12), 64–83.
13. Nasibullin, A. M., Ayisina, L. R., & Domani, M. D. (2023). Prospects for using dual-mode rolling stock for passenger transportation. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin [World of Transport and Technological Machines]*, (4-1), 91–98. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-4-1\(83\)-91-98](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-4-1(83)-91-98)
14. Arelova, A. K. (2019). *Development of scientific-methodological approaches to pricing urban passenger transportation*. Unpublished doctoral dissertation. 204 pp.
15. Kolin, A. V. (2018). Trolleybus, bus or electric bus? *Transport of the Russian Federation*, (3), 38–42.
16. Kolin, A. V., & Rybakov, P. V. (2023). Comparing maintainability and labour intensity of maintenance operations for trolleybuses and buses. *Bulletin of Siberian State Automobile and Road University*, 20(4), 444–457. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2023-20-4-444-457>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Колин Алексей Валентинович, начальник научно-образовательного центра «Независимые комплексные транспортные исследования»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127994, Российская Федерация

alex5959@yandex.ru

Рыбаков Павел Валерьевич, инженер научно-образовательного центра «Независимые комплексные транспортные исследования»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127994, Российская Федерация

rybakov.sc@mail.ru

Красильников Павел Андреевич, старший преподаватель кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127994, Российская Федерация

spjasshka@yandex.ru

Айсина Лилия Ринатовна, старший преподаватель кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы»

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127994, Российская Федерация

l.r.aysina@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Aleksey V. Kolin, Head of the Scientific and Educational Center “Independent Integrated Transport Research”

Russian University of Transport

9 build. 9, Obratsova Str., Moscow, 127994, Russian Federation

alex5959@yandex.ru

SPIN-code: 1039-5188

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8206-1656>

Pavel V. Rybakov, Engineer of the Scientific and Educational Center
“Independent Integrated Transport Research”

Russian University of Transport

9 build. 9, Obratsova Str., Moscow, 127994, Russian Federation

rybakov.sc@mail.ru

SPIN-code: 4822-3515

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4554-013X>

Pavel A. Krasilnikov, Senior Teacher of the Department “Transport
business management and intelligent systems”

Russian University of Transport

9 build. 9, Obratsova Str., Moscow, 127994, Russian Federation

spjasshka@yandex.ru

SPIN-code: 1541-6328

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3957-641X>

Liliya R. Aysina, Senior Teacher of the Department “Transport busi-
ness management and intelligent systems”

Russian University of Transport

9 build. 9, Obratsova Str., Moscow, 127994, Russian Federation

l.r.aysina@mail.ru

SPIN-code: 3177-5980

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9458-6441>

Поступила 01.02.2025

После рецензирования 14.02.2025

Принята 28.02.2025

Received 01.02.2025

Revised 14.02.2025

Accepted 28.02.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-331

EDN: EOIVTL

УДК 656.072.53



Научная статья | Управление процессами перевозок

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЕ

Л.С. Плещова, М.Н. Крипак, Л.А. Кияшко

Аннотация

Обоснование. Рассмотрены приоритетные задачи по улучшению качества услуг в сфере транспорта, основные проблемы, связанные с организацией работы маршрутного транспорта и дорожного движения в городе Севастополе. Произведен анализ качества городских пассажирских перевозок после оптимизации маршрутной сети в г. Севастополе. Исследование рассматривает специфические особенности Севастополя, такие как гористый рельеф, узкие улицы исторической застройки, неравномерное распределение мест притяжения и пассажиропотоков, а также нестабильные погодные условия. Эти факторы существенно осложняют процесс оптимизации маршрутной сети и требуют учета при разработке любых изменений. В частности, анализируется опыт внедрения системы «бесшовных» пересадок, выявляются как её положительные стороны (например, сокращение дублирования на отдельных участках), так и негативные последствия (увеличение времени в пути, снижение удобства для пассажиров).

Работа опирается на данные официальной статистики, результаты анализа маршрутной сети, а также на изучение общественного мнения, выраженного в отзывах и жалобах пассажиров. На основе полученных данных, в исследовании делается вывод о необходимости более комплексного подхода к оптимизации транспортной системы Севастополя, который должен учитывать не только экономические показатели, но и уровень удовлетворенности пассажиров качеством предоставляемых услуг. В заключении предлагаются рекомендации

по дальнейшему совершенствованию маршрутной сети, направленные на повышение её эффективности и удобства для населения.

Цель – проанализировать качество пассажирских перевозок в Севастополе, оценить эффективность предпринятых мер по оптимизации маршрутной сети и определить необходимость дальнейшей корректировки транспортной системы города с учётом его специфических особенностей.

Материалы и методы. В исследовании применялись системный подход и общенаучные методы – статистический, сравнительный анализ и логические обобщения. Статья базируется на статистических и периодических материалах.

Результаты. По результатам анализа выбранных показателей качества выявили основные недостатки существующей маршрутной сети города Севастополь. Рекомендовали мероприятия по улучшению качества транспортного обслуживания населения Севастополя.

Ключевые слова: пассажирские перевозки; автомобильный транспорт; оценка при проектировании; дублирование маршрутов; организация движения

Для цитирования. Плещова, Л. С., Крипак, М. Н., & Кияшко, Л. А. (2025). Анализ качества пассажирских перевозок в городе Севастополе. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 47–64. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-331>

Original article | Transportation Process Management

ANALYSIS PASSENGER TRANSPORTATION QUALITY IN SEVASTOPOL

L.S. Plestzova, M.N. Kripak, L.A. Kiyashko

Abstract

Background. The priority tasks for improving the quality of services in the field of transport, the main problems associated with the organization

of route transport and road traffic in the city of Sevastopol are considered. The quality of urban passenger transportation after optimization of the route network in Sevastopol is analyzed. The research considers specific features of Sevastopol, such as mountainous relief, narrow streets of historical buildings, uneven distribution of places of attraction and passenger flows, as well as unstable weather conditions. These factors significantly complicate the process of route network optimization and need to be taken into account in the development of any changes. In particular, we analyze the experience of implementing the system of “seamless” transfers, identifying both its positive sides (e.g., reducing duplication on certain sections) and negative consequences (increased travel time, reduced convenience for passengers).

The work is based on official statistics, the results of the route network analysis, as well as on the study of public opinion expressed in passenger feedback and complaints. Based on the obtained data, the study concludes that a more comprehensive approach to the optimization of the transport system of Sevastopol is needed, which should take into account not only economic indicators, but also the level of passenger satisfaction with the quality of services provided. The conclusion offers recommendations for further improvement of the route network aimed at increasing its efficiency and convenience for the population.

Purpose - to analyze the quality of passenger transport in Sevastopol, assess the effectiveness of measures taken to optimize the route network, and determine the necessity of further adjustments to the city's transport system, taking into account its specific characteristics.

Materials and methods. The study used a systematic approach and general scientific methods - statistical, comparative analysis and logical generalizations. The article is based on statistical and periodic materials.

Results. The research employed a systems approach and general scientific methods – statistical analysis, comparative analysis, and logical generalization. The article is based on statistical and periodical data.

Keywords: passenger transportation; road transport; assessment during design; duplication routes; traffic management

For citation. Plestzova, L. S., Kripak, M. N., & Kiyashko, L. A. (2025). Analysis of passenger transportation quality in Sevastopol. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 47–64. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-331>

Введение

Качество пассажирских перевозок напрямую влияет на уровень жизни населения и экономическое развитие города. Главная задача транспортной системы – обеспечить полное, своевременное и качественное удовлетворение потребностей граждан в передвижении. В России оценка качества пассажирских перевозок всех видов транспорта общего пользования качество оценивается путем сравнения ожиданий пассажиров с фактическими параметрами услуги.

Несмотря на существующие стандарты, оптимизация транспортной системы в условиях специфической городской среды, такой как Севастополь, представляет значительные сложности. В городе реализуются проекты модернизации, направленные на повышение доступности и качества услуг, обновление транспортного парка и улучшение инфраструктуры. Однако, проблема дублирования маршрутов остается актуальной, а эффективность существующей системы требует повышения показателей.

Данное исследование направлено на анализ эффективности проведенной оптимизации маршрутной сети в Севастополе, оценку влияния специфических особенностей города на качество пассажирских перевозок, и определение необходимости дальнейших корректировок транспортной системы с учетом всех выявленных факторов.

Материалы и методы

Основной задачей работы пассажирского транспорта является полное, своевременное и качественное удовлетворение потребностей населения в перевозках. Приоритетным направлением является улучшение качества обслуживания пассажиров транспортными услугами [17].

В Российской Федерации для оценки качества пассажирских перевозок, осуществляемых всеми видами транспорта общего пользования используются ГОСТ Р 5100496 «Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества» [3], от 01.01.1997 г., который устанавливает следующую номенклатуру основных групп показателей качества по характеризующим ими потребительским свойствам пассажирских перевозок: показатели информационного обслуживания, показатели тарифа, показатели комфортности, показатели скорости, показатели своевременности, показатели сохранности багажа, показатели безопасности. Качество услуг оценивается по разности двух условных величин – ожидания потребителя и фактических параметров. Эта разность называется расхождением, она оценивает степень удовлетворенности покупателя качеством услуги. Если фактические величины параметров качества и ожидаемые совпадают или оказываются близкими, то качество считается удовлетворительным или приемлемым.

Среди наиболее важных параметров качества услуг выделяют следующие [5; 13; 15; 16]:

- надежность – отсутствие срывов и опозданий рейсов, последовательность и своевременность выполнения транспортной услуги «точно в срок»;
- ответственность – гарантии выполнения услуг, желание персонала помочь потребителю услуг;
- квалифицированность – наличие необходимых навыков, конкретных знаний и компетентность персонала;
- доступность – простота процедуры установления контактов с предприятием, предоставление клиенту выбора удобного времени оказания услуг;
- комфортность – обстановка и условия, в которых осуществляется поездка с точки зрения удобства для потребителя;
- безопасность – отсутствие риска и недоверия со стороны пассажиров;

- коммуникабельность персонала – способность персонала общаться с пассажирами в доступном и понятном им стиле;
- взаимопонимание – знание и изучение интересов пассажиров, учет их требований при формировании работы транспорта
- среда – чистота салона транспортного средства, оборудование его аудио- и видеотехникой при междугородных перевозках, внешний вид транспортных средств и обслуживающего персонала и т.д.).

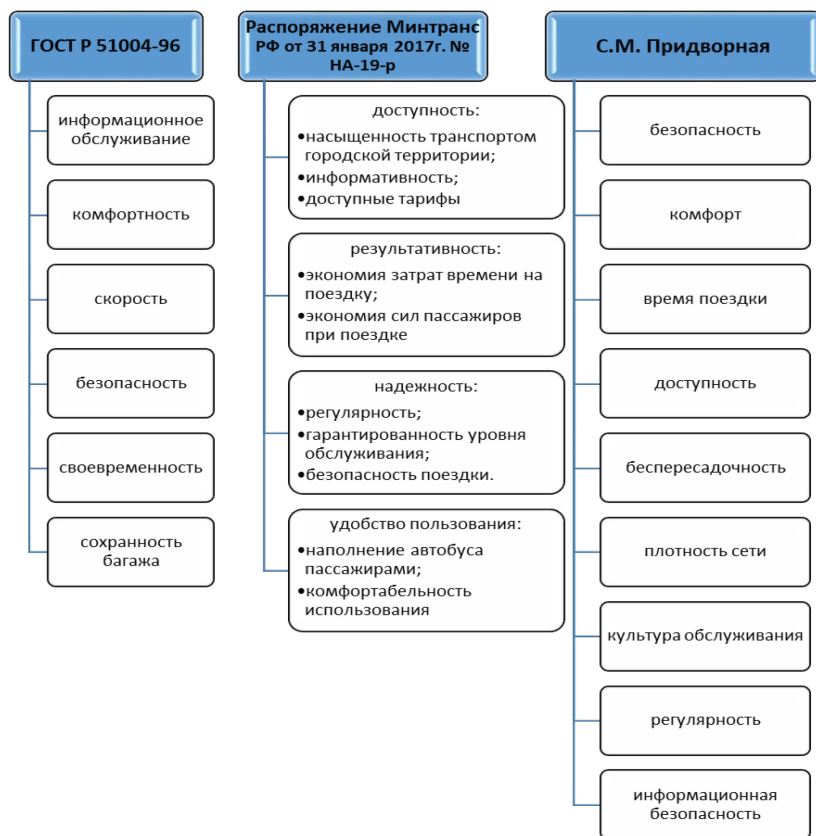


Рис. 1. Показатели качества пассажирских перевозок

Уровень удовлетворения потребностей пассажиров в транспортном обслуживании характеризуется системой показателей качества перевозок, главными из которых являются: наполнение подвижного состава, регулярность движения транспортных средств, время, затрачиваемое пассажиром на передвижение, возможность прямой, беспересадочной поездки, безопасность движения, информирование пассажира (объявление остановочных пунктов, вывешивание схемы маршрута, наличие информационных расписаний на остановочных пунктах) и др. На рисунке 1 приводятся показатели качества автомобильных перевозок согласно различным источникам [3; 5; 6].

По информации директора Департамента транспорта и дорожно-транспортного развития Игоря Титова, в Севастополе успешно реализуются проекты модернизации транспортной сферы. Согласно Постановлению Правительства города Севастополя от 27.01.2022 № 28-ПП [8], приоритетными задачами по улучшению качества пассажирских перевозок являются:

- обеспечение доступности и качества услуг пассажирского комплекса города Севастополя;
- обновление парка пассажирского транспорта;
- повышение уровня обустройства транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства в соответствии с нормативными требованиями по обеспечению транспортной безопасности;
- повышение эффективности использования всех видов ресурсов транспортного комплекса;
- создание условий для повышения безопасности участников дорожного движения.

Немаловажной проблемой качества пассажирских перевозок является высокий уровень дублирования маршрутов общественного транспорта. Анализ маршрутной сети, проведенный Департаментом транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Севастополя [12], показал, что значение маршрутного коэффициента, характеризующего разветвленность

маршрутной сети, составляет 4,8. Согласно данным СП «Градостроительство» [10], для хорошо развитой маршрутной сети значение маршрутного коэффициента должно составлять 2,5-3,0.

Результаты

Проблему дублирования маршрутов рассмотрим на примере схемы движения городского транспорта в городе Севастополе (рис. 2). В научной классификации степень дублируемости маршрутов принято разделять на следующие группы:

- совпадение маршрутов до 40%;
- совпадение маршрутов от 40 до 60%;
- совпадение маршрутов от 60% до 80%;
- совпадение маршрутов более 80%.

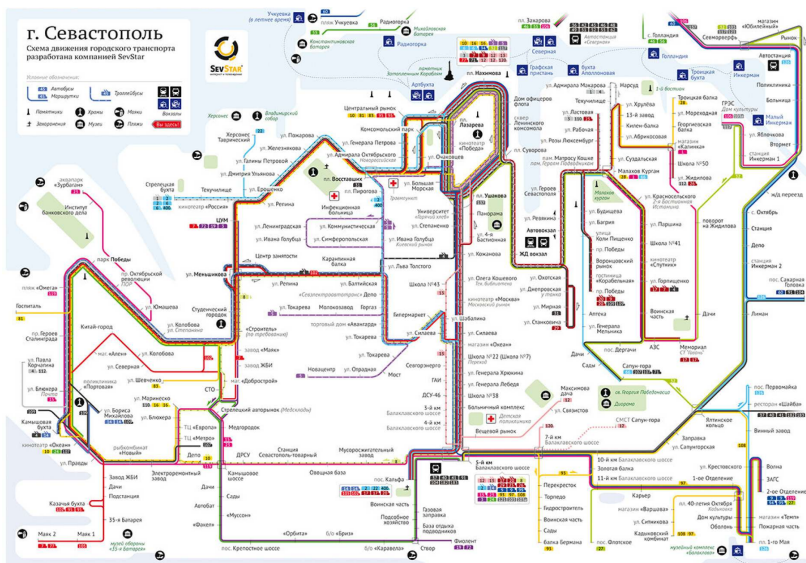


Рис. 2. Схема движения городского транспорта в городе Севастополе

В Севастополе существуют маршруты разной степени дублируемости, но большую их часть можно отнести к 3-ей группе [2],

т.е. дублирование от 60 до 80%. В некоторых случаях автобусный маршрут может полностью дублироваться троллейбусным.

Наиболее дублированные районы города – проспект Острякова; центр города; корабельная сторона (от Ж/Д вокзала до ул. Горпищенко); бухта Стрелецкая, мкр. Летчики и Камышовая бухта. По усредненным данным количество дублированных маршрутов на этих дорогах составляет 17 единиц. Исходя из полученных данных, выявлены 10 участков с высоким дублированием маршрутов (см. табл. 1).

Таблица 1.

Наибольшее количество дублирующих маршрутов по районам

№	Участок дороги	Количество дублирующих маршрутов
Микрорайон им. А.Н. Острякова:		
1	5й км Балаклавского шоссе – пл. Ушакова	15
Центр города		
2	Пл. Ушакова – пл. Нахимова	13
3	Пл. Нахимова – ул. ген. Петрова	13
Корабельная сторона		
4	Пл. Ушакова – пам. матросу Кошке	22
5	Школа №41 – ул. Горпищенко (конечная троллейбусов)	13
Ленинский район		
5	Пл. Восставших – ул. Пожарова	21
Стрелецкая бухта		
7	Ул. Пожарова – ул. Меньшикова	15
8	Ул. Меньшикова – пр-кт героев Сталинграда	16
Камышовая бухта		
9	Пр-кт героев Сталинграда – ул. Блюхера	18
Балаклавский район		
10	5-й км Балаклавского шоссе – пос. Кальфа	13

Обсуждение результатов

На первый взгляд может показаться, что высока необходимость корректировки городских маршрутов с целью уменьшения их дублирования. Для того, чтобы подтвердить или опровергнуть данную гипотезу, рассмотрим особенности города Севастополя,

которые необходимо учитывать при планировании в изменении организации маршрутов и дорожного движения в целом:

- Гористый рельеф местности – наличие большого количества дорог с уклоном, не позволяющий использовать определённый процент территории города для движения определённых видов транспорта и для проектирования кратчайших путей. Примером может служить путь от улицы Горпищенко до проспекта Победы. Кратчайший путь автомобильным транспортом составляет 3,4 км и должен осуществляться в объезд, через ул. Семипалатинскую (см. рис. 3). Расстояние прямого пути составляла бы 1,1 км. Невозможность проектирования кратчайшей дороги заключается в особенностях рельефа данной местности.

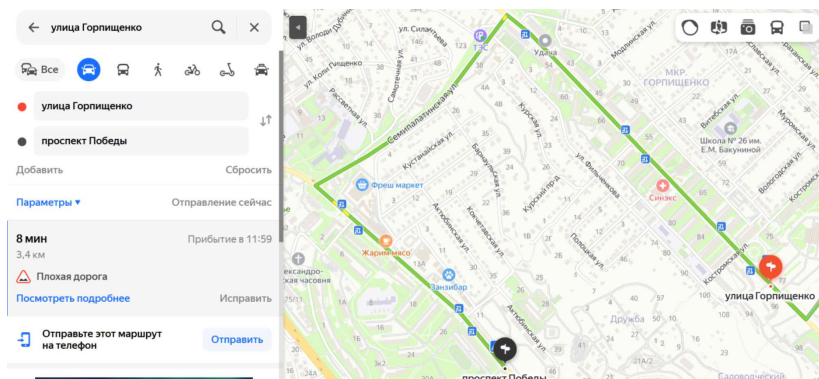


Рис. 3. Кратчайший путь автомобильным транспортом от улицы Горпищенко до проспекта Победы

- Узкие улицы относительно количества машин – дворовые и придомовые территории, построенные при СССР, не проектировались под большое количество автомобильного транспорта. В связи с этим возникает необходимость поиска парковочных мест. Некоторые люди паркуют автомобили вдоль проезжей части (например, по ул. Силаева, рис. 4), сокращая количество полос для движения транспорта и

вынуждая других участников дорожного движения маневрировать, повышая коэффициент аварийности.

- Расположение мест притяжения – расположение учебных заведений, предприятий, торгово-развлекательных и иных зданий как в центре города, так и в спальных районах вызывает большее количество перемещений граждан.
- Нестабильность погодных условий – учащение случаев ДТП во время дождя [11]; невозможность движения по некоторым дорогам во время гололедицы, воздействие жары на электронику троллейбусов.

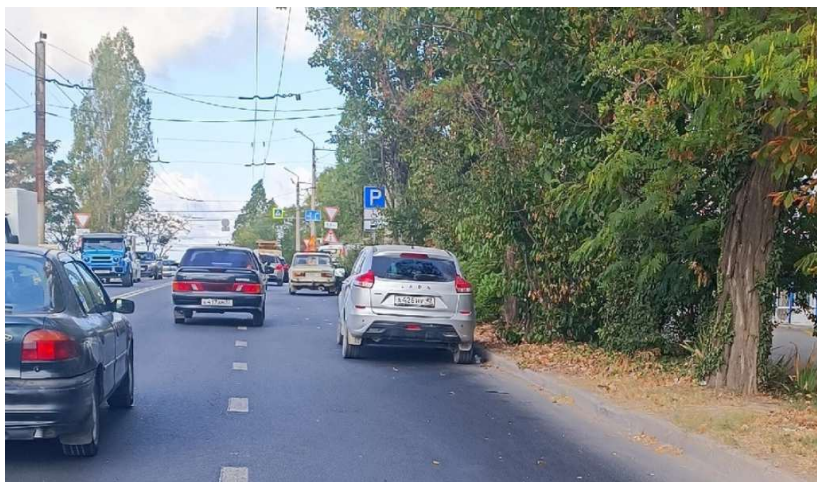


Рис. 4. Парковка автомобилей вдоль проезжей части по ул. Силаева

Эти и другие особенности города необходимо учитывать при проектировании дорожно-транспортной системы, а также маршрутов города.

В феврале 2024 года сотрудники Департамента транспорта и дорожно-транспортного развития города Севастополя подготовили проект новой маршрутной сети [7]. Согласно данному проекту, часть маршрутов, объединяющих несколько районов города, упразднились. К таким маршрутам относились:

- Маршрут №92: Инкерман – пл. Лазарева;
- Маршрут №94: 2-е отделение Золотой Балки – магазин Черноморочка;
- Маршрут №107: Сапун гора – Депо №1;
- Маршрут №109: проспект Победы – ул. Б.Михайлова;
- Маршрут №112: ул. генерала Жидилова – Детская поликлиника.

Также, согласно документу, было принято решение внедрить ряд «бесшовных» пересадок. Например, сократив маршрут №120 до остановки 5-й км Балаклавского шоссе и сделав в течение 10 минут бесплатную пересадку для пассажиров на троллейбус №12. Подобный формат перевозок сделали на маршрутах №5 и №103.

Реализация «бесшовных» перевозок, решая проблему дублирования, влечёт за собой ряд других проблем [14]:

- отсутствие беспересадочности;
- увеличение времени ожидания нужного транспорта;
- увеличение времени пути пассажира.

Возвращаясь к теме дублирования маршрутов – эта мера является не только исторически сложившейся, но и практически обоснованной, так как в городе нет спальных, рабочих районов и т.д. В каждом районе есть целый комплекс различных инфраструктур, поэтому перемещения пассажиров (в том числе в часы пик) не производятся из одного конкретного района в другой, а имеют стохастический характер. Если предположить, что существует возможность «закольцевать» несколько районов города, то необходимо понимать, что это увеличит число пересадок в три раза, а также существенно увеличит время поездки пассажира из точки А в точку Б, как было сказано выше. Подтверждений этому можно найти достаточно после введения реформы: это сообщения пассажиров, пользующихся маршрутом №120 и делающих «бесшовные» пересадки [9]; жалобы жителей посёлка Дергачи на отсутствие автобусного маршрута №17 [1]; недовольство пассажиров отменой маршрута №34 [4] и т.д.

Заключение

Для того, чтобы реформировать транспортную систему города Севастополя, необходим предварительный сбор информации из разных источников разными методами; нужна разносторонняя оценка фактов и данных, а также прогнозирование дальнейшего развития города как в транспортном, так и в иных направлениях.

Список литературы

1. Без автобуса №17 жители Дергачей и улицы Жидилова будут отрезаны от центра города. (2025). Телеканал «Независимое телевидение Севастополя». Получено с <https://nts-tv.com/news/bez-avtobusa-17-zhiteli-dergachey-i-ulitsy-zhidilo-48895/?ysclid=m6522p5rbe901663756> (обращение 1 марта 2025 г.)
2. ГОСТ 33385-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные светофоры. Технические требования. (2016). Москва: Стандартинформ. 18 с.
3. ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. (1997). Москва: Госстандарт России. 12 с.
4. Страсти по транспортной реформе Севастополя. (2025). Севастопольское издание «Комсомольская правда». Получено с <https://www.sevastopol.kp.ru/daily/27554/4879277/?ysclid=m652657z4b809928040> (обращение 1 марта 2025 г.)
5. Лизогуб, Р. П. (2021). Оценка эффективности качества регулярных перевозок в системе управления городским пассажирским транспортом. *Сборник научных работ серии «Экономика»*, (21), 134–143. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4892501>
6. Мочалин, С. М., & Каспер, М. Е. (2017). Формирование расчётных показателей для оценки результативности функционирования системы городского общественного пассажирского транспорта. *Вестник СибАДИ*, (6), 37–47.
7. О внесении изменений в реестр муниципальных маршрутов регулярных перевозок города Севастополя. (2024). Приказ департамен-

- та транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Севастополя №11-О от 25.01.2024 г. Получено с <https://dtdi.sev.gov.ru/npa/?doc=201079> (обращение 1 марта 2025 г.)
8. Об утверждении государственной программы города Севастополя «Развитие транспорта и дорожно-транспортной инфраструктуры города Севастополя». (2022). Постановление правительства Севастополя №28-ПП от 27.01.2022 г. Получено с <https://sev.gov.ru/docs/253/165258> (обращение 1 марта 2025 г.)
 9. Первый Севастопольский. (2025). Горожане возмущены отменой автобусов №12 и №120. Телеканал «Первый Севастопольский». Получено с <https://sev.tv/news/46574.html?ysclid=m651uzaiir175965322> (обращение 1 марта 2025 г.)
 10. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. (2017). Москва: Стандартинформ. 90 с.
 11. Статистика ДТП по городу Севастополю. (нет года). Автомобильный портал «Рус ДТП». Получено с <https://rusdtp.ru/stat-dtp/gor-sevastopol> (обращение 1 марта 2025 г.)
 12. Экспертное заключение №408/01-15-01.2-18/03/23 о проведении оценки регулирующего воздействия проекта постановления правительства Севастополя «О внесении изменений в постановление правительства Севастополя от 2 февраля 2017 года №65-ПП «Об утверждении положения о порядке организации и проведения открытых конкурсов на право осуществления перевозок по маршруту (маршрутам) регулярных перевозок города Севастополя по нерегулируемым тарифам». (2023). Департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Севастополя. Получено с <https://sev.gov.ru/docs/326/183890> (обращение 1 марта 2025 г.)
 13. Glock, J. P., et al. (2023). Berlin Pankow: a 15-min city for everyone? A case study combining accessibility, traffic noise, air pollution, and socio-structural data. *European Transport Research Review*, 15(7). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00577-2>

14. Mocanu, T., et al. (2021). A data-driven analysis of the potential of public transport for German commuters using accessibility indicators. *European Transport Research Review*, 13(54). <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00507-0>
15. Putra Adris, A. (2013). Transportation System Performance Analysis Urban Area Public Transport. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 2(6), 01–15.
16. Ismail, Izzati, & Ling, et al. (2015). An Evaluation of Urban Public Transport Route. Case Study: Hop-on Hop-off, Kuala Lumpur, Malaysia. *Planning Malaysia Journal*, 15. <https://doi.org/10.21837/pm-journal.v15.i2.273>
17. Raoniar, R., Rao, A. M., & Velmurugan, S. (2015). Public transport performance evaluation techniques — A review. *Journal of Road Transport*, 3(4).

References

1. Without Bus #17, Residents of Dergachi and Zhidilov Street Will Be Cut Off from City Center. (2025). *NTS-TV Channel*. Retrieved March 1, 2025, from <https://nts-tv.com/news/bez-avtobusa-17-zhiteli-dergachey-i-ulitsy-zhidilo-48895/?ysclid=m6522p5rbe901663756>
2. GOST 33385-2015. Roads of General Purpose. Traffic Lights. Technical Requirements. (2016). Moscow: Standartinform. 18 pp.
3. GOST R 51004-96. Transport Services. Passenger Transportation. Quality Indicators List. (1997). Moscow: Gosstandart Rossii. 12 pp.
4. Passions Over Sevastopol Transport Reform. (2025). *Komsomolskaya Pravda Online Edition*. Retrieved March 1, 2025, from <https://www.sevastopol.kp.ru/daily/27554/4879277/?ysclid=m652657z4b809928040>
5. Lizohub, R. P. (2021). Assessing the Effectiveness of Regular Transportation Quality in Urban Passenger Transport Management. *Series “Economics” Collection of Scientific Works*, (21), 134–143. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4892501>
6. Muchalin, S. M., & Kasper, M. E. (2017). Calculating Performance Metrics for Evaluating the Functioning Results of Urban Public Passenger Transport System. *Bulletin of SibADI*, (6), 37–47.

7. Amending the Register of Municipal Routes for Regular Transport Services in Sevastopol. (2024). Order of the Department of Transport and Development of Road and Transport Infrastructure of Sevastopol No. 11-O dated January 25, 2024. Retrieved March 1, 2025, from <https://dtdi.sev.gov.ru/npa/?doc=201079>
8. On Approval of the State Program of Sevastopol “Development of Transport and Road Transport Infrastructure of Sevastopol”. (2022). Resolution of the Government of Sevastopol No. 28-PP dated January 27, 2022. Retrieved March 1, 2025, from <https://sev.gov.ru/docs/253/165258>
9. First Sevastopol TV. (2025). Citizens Upset by Cancellation of Buses #12 and #120. *First Sevastopol TV Station*. Retrieved March 1, 2025, from <https://sev.tv/news/46574.html?ysclid=m651uzair175965322>
10. SP 42.13330.2016. Code of Rules. Town Planning. Layout and Development of Urban and Rural Settlements. (2017). Moscow: Standard-inform. 90 pp.
11. Statistics on Accidents in Sevastopol. (no date). *RusDTP Car Portal*. Retrieved March 1, 2025, from <https://rusdtp.ru/stat-dtp/gor-sevastopol>
12. Expert Conclusion No. 408/01-15-01.2-18/03/23 on Conducting Regulatory Impact Assessment of Draft Resolution of the Government of Sevastopol “Amendment to Resolution of the Government of Sevastopol No. 65-PP dated February 2, 2017 “Approval of the Regulation on Open Competition Organization and Holding for Right to Perform Regular Transport Services along Route(s) in Sevastopol According to Non-regulated Tariffs”. (2023). Department of Transport and Development of Road and Transport Infrastructure of Sevastopol. Retrieved March 1, 2025, from <https://sev.gov.ru/docs/326/183890>
13. Glock, J. P., et al. (2023). Berlin Pankow: A 15-minute city for everyone? Combining Accessibility, Traffic Noise, Air Pollution, and Socio-Structural Data. *European Transport Research Review*, 15(7). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00577-2>
14. Mocanu, T., et al. (2021). A Data-Driven Analysis of the Potential of Public Transport for German Commuters Using Accessibility In-

- dicators. *European Transport Research Review*, 13(54). <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00507-0>
15. Putra Adris, A. (2013). Transportation System Performance Analysis: Urban Area Public Transport. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 2(6), 01–15.
16. Ismail, Izzati, & Ling, et al. (2015). An Evaluation of Urban Public Transport Route: Case Study of Hop-on Hop-off, Kuala Lumpur, Malaysia. *Planning Malaysia Journal*, 15. <https://doi.org/10.21837/pm-journal.v15.i2.273>
17. Raoniar, R., Rao, A. M., & Velmurugan, S. (2015). Public Transport Performance Evaluation Techniques — A Review. *Journal of Road Transport*, 3(4).

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Плесцова Людмила Сергеевна, магистрант Политехнического института
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053, Российская Федерация
weren5902@gmail.com

Крипак Марина Николаевна, доцент Политехнического института, канд. техн. наук, доц.
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053, Российская Федерация
mnkripak@mail.sevsu.ru

Кияшко Лариса Александровна, старший преподаватель Политехнического института
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053, Российская Федерация
LAKiyashko@sevsu.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Lyudmila S. Plestzova, master's student, Polytechnic Institute

Sevastopol State University

33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russian Federation

kargopolov.senya@mail.ru

Marina N. Kripak, Associate Professor, Polytechnic Institute, Ph.D.
tech. sciences, Associate Professor

Sevastopol State University

33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russian Federation

mnkripak@mail.sevsu.ru

SPIN-code: 5259-7400

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4379-319X>

Scopus Author ID: 57204668128

Larisa A. Kiyashko, Senior Lecturer, Polytechnic Institute

Sevastopol State University

33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russian Federation

LAKiyashko@sevsu.ru

SPIN-code: 6605-5322

Поступила 10.03.2025

После рецензирования 22.03.2025

Принята 28.03.2025

Received 10.03.2025

Revised 22.03.2025

Accepted 28.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-334

EDN: KQWAGD

УДК 656.1



Научная статья | Управление процессами перевозок

ФОРМИРОВАНИЕ НАБОРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Ю.А. Колебер, С.М. Мочалин

Аннотация

Состояние вопроса. Одной из важных составляющих оценки системы городского пассажирского транспорта общего пользования является формирование исходного набора показателей (критериев). На сегодняшний день не существует единого набора показателей функционирования городских пассажирских перевозок. Автор каждого исследования выбирает тот состав показателей (зачастую, единичный показатель), который считает наиболее существенным и достаточным для того, чтобы дать количественную оценку системе. В результате оценке подвергается только часть транспортного процесса, при этом многие показатели, которые достаточно полно могли бы отразить состояние системы, пренебрегаются. Это связано, в частности, с тем, что формирование большого набора исходных данных в значительной степени усложняет процедуру оценки. Чаще всего для оценки выбираются показатели, в улучшении значений которых заинтересован пассажир. Однако в системе городского пассажирского транспорта общего пользования функционируют также такие участники, как заказчик транспортных услуг и перевозчик, интересы которых тоже должны быть учтены для цели формирования адекватных оценочных значений и разработки рациональных корректирующих решений.

Цель – сформировать и обосновать набор показателей (критериев) оценки системы городского пассажирского транспорта общего пользования, который бы отражал интересы каждого из участников транспортного процесса.

Метод и методология проведения работы. Метод анализа, метод систематизации данных.

Результаты. Исследованы показатели оценки системы городского пассажирского транспорта общего пользования, предлагаемые учеными, а также регламентированные нормативными документами. По результатам исследования сформирован и сгруппирован по укрупненным блокам достаточно полный набор показателей для каждого из участников системы: для пассажира, для перевозчика, для заказчика транспортных услуг. Сформулированы требования к исходному набору показателей для оценки системы городского пассажирского транспорта общего пользования.

Область применения результатов. Полученные результаты могут быть использованы учеными, а также специалистами в области транспорта для оценки функционирования городских пассажирских перевозок.

Выводы. Выбранные показатели учитывают все стороны качественной составляющей транспортного процесса: комфортность, безопасность, контактность, надежность, доступность, информационный сервис и эффективность. Сформированный перечень может быть дополнен или скорректирован в зависимости от целей субъектов оценивания или мнения экспертов.

Ключевые слова: показатель; критерий; городской пассажирский транспорт общего пользования; оценка; результативность; участник транспортного процесса

Для цитирования. Колебер, Ю. А., & Мочалин, С. М. (2025). Формирование набора показателей для оценки результативности функционирования городского пассажирского транспорта общего пользования. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 65–90. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-334>

Original article | Transportation Process Management

FORMATION OF A SET OF INDICATORS TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF THE FUNCTIONING OF URBAN PUBLIC PASSENGER TRANSPORT

Yu.A. Koleber, S.M. Mochalin

Abstract

Background. One of the important components of the assessment of the public urban passenger transport system is the formation of an initial set of indicators (criteria). To date there is no single set of indicators for the functioning of urban passenger transportation.

The author of each study chooses the composition of indicators (often also a single indicator) that he considers the most significant and sufficient in order to quantify the system. As a result, only a part of the transport process is evaluated, while many indicators that could fully reflect the state of the system are neglected.

This is due, in particular, to the fact that the formation of a large set of initial data greatly complicates the evaluation procedure. Most often, the indicators that the passenger is interested in improving are selected for evaluation. However, in the system of urban land passenger transport for general use, there are also other participants such as the customer of transport services and the carrier, whose interests should also be taken into account in order to form adequate estimates and develop rational corrective solutions.

The goal is to form and substantiate a set of indicators (criteria) for evaluating the public urban land passenger transport system that would reflect the interests of each of the participants in the transport process.

Methodology. The method of analysis and the method of data systematization are used.

Results. The evaluation indicators of the urban land passenger transport system for general use, proposed by scientists, as well as regulated by

normative documents, are investigated. Based on the results of the study, a fairly complete set of indicators was formed and grouped into enlarged blocks for each of the system participants: for the passenger, for the carrier, for the customer of transport services. The requirements for the initial set of indicators for evaluating the urban land passenger transport system are formulated.

The scope of the results. The results obtained can be used by scientists, as well as experts in the field of transport, to assess the functioning of urban passenger transportation.

Conclusions. The selected indicators take into account all aspects of the qualitative component of the transport process: comfort, safety, contact, reliability, accessibility, information service and efficiency. The generated list can be supplemented or adjusted depending on the objectives of the assessment subjects or the opinion of experts.

Keywords: indicator; criterion; urban public passenger transport; assessment; effectiveness; participant in the transport process

For citation. Koleber, Yu. A., & Mochalin, S. M. (2025). Formation of a set of indicators to assess the effectiveness of functioning of urban public passenger transport. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 65–90. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-334>

Введение

На сегодняшний день выявление проблемных зон и изыскание рычагов их устранения или нивелирования в системе городских пассажирских перевозок невозможно без предварительной оценки, которая строится на целом комплексе показателей. В источниках предлагаются различные наборы показателей, которые, с точки зрения авторов, считаются наиболее приемлемыми и необходимыми для оценки функционирования системы городского пассажирского транспорта общего пользования. В большинстве случаев сформированная система показателей строится для конкретной методики оценки, в которой, зачастую, не учитываются многие важные критерии. Сложность состоит также в том, что си-

стема городского пассажирского транспорта общего пользования является достаточно сложной, многогранной и содержит в себе достаточно большое количество критериев, которые можно оценить для тех или иных конкретных целей.

В результате представляется актуальным исследование и формирование массива показателей, необходимых для комплексной оценки результативности функционирования системы городского пассажирского транспорта общего пользования. Эти показатели будут в то же время являться критериями результативности и определять основные требования к транспортному процессу.

Материалы и методы

В процессе оценки функционирования системы городского пассажирского транспорта общего пользования необходимо учитывать интересы всех ее участников [8]. Непосредственными участниками транспортного процесса в рассматриваемой системе являются:

- 1) заказчик транспортных услуг в лице Департамента транспорта города;
- 2) исполнители транспортных услуг – перевозчики;
- 3) потребители транспортных услуг – пассажиры.

Интересы участников транспортного процесса зачастую противоречат друг другу [1; 7], поэтому для объективной и достаточной оценки результативности всей системы необходимо учесть целевые показатели каждого из ее субъектов. Формирование системы поддержки принятия решений по результатам такой комплексной оценки позволит всесторонне охватить перевозочный процесс и улучшить его результативность. Для пассажира в результате повысится уровень качества транспортного обслуживания, для перевозчика возрастут показатели эффективности его функционирования, а заказчик транспортных услуг получит достижение своей главной цели – повышение общей результативности транспортного процесса в городе.

Согласно исследованию [1, с. 85], в настоящее время отсутствует единая номенклатура используемых показателей для оценки функционирования городских пассажирских перевозок. В то же время правильность выбора показателей в качестве критериев для комплексной оценки влияет на общую результативность.

Количество предлагаемых показателей достаточно велико и подлежит некой классификации. Разные авторы по-разному подходят к процедуре группировки показателей.

В большинстве исследований [2, с. 57-60], [5, с. 91], [6, с. 107-108], [10, с. 40-41], [12, с. 2], [18, с. 66-67], [29, с. 7], [30, с. 181], [33, с. 3] выделены такие блоки показателей, как доступность, безопасность, комфортность, уровень информационного сервиса, стоимостной показатель.

Номенклатура показателей качества определена также в нормативных документах: ГОСТ Р 51004-96 «Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества» [3] и в Социальном стандарте транспортного обслуживания населения [20].

В документе [3], а также в [18, с. 66-67] перечисленные выше блоки показателей дополняются скоростью, своевременностью и сохранностью багажа.

В документе [20] показатели собраны только в три блока: доступность, надежность, комфортность. При этом экологичность входит в блок «комфортность», в то время как более подходит для оценки уровня безопасности.

В работах [1, с. 86], [29, с. 7] отдельно предложен такой показатель, как время. С точки зрения авторов настоящего исследования, время является характеристикой доступности. Так, например, время пешего подхода к остановочному пункту определяет его пешую доступность. Кроме того, время передвижения пассажира с использованием городского пассажирского транспорта общего пользования также определяет доступность транспортных средств и пассажирообразующих объектов города.

Автор исследования [1, с. 86] также выделяет показатель «воздействие на окружающую среду». Его можно включить в блок показателей безопасности.

Одни авторы включают надежность в блок показателей доступности [5, с. 91], [6, с. 108], другие авторы [12, с. 2], [13, с. 234], [29, с. 7], [30, с. 181] выделяют в разные блоки надежность и регулярность (своевременность). Авторами настоящего исследования предлагается определить надежность как отдельный блок показателей, поскольку надежность – это характеристика своевременности, а доступность определяет спектр возможностей пассажира при пользовании услугами городского пассажирского транспорта общего пользования.

Авторы работы [30, с. 181] указывают такие группы показателей, как техническая безопасность (движение транспортных средств с безопасной скоростью, остановки транспортных средств только на остановочных пунктах, наличие средств безопасности в транспортных средствах). Все эти показатели можно отнести к блоку безопасности.

В настоящее время все больше авторов уделяют внимание такому показателю, как «обслуживание клиентов [1, с. 86], или «забота о пассажире» (empathy) [30, с. 181], или «отзывчивость» [32, с. 10]. Этот показатель включает в себя дружелюбное отношение персонала, готовность помочь пассажиру (отзывчивость), быстрое удовлетворение персоналом потребностей пассажиров, культура, обратная связь, улучшение сервиса, владение языком, дополнительные услуги. В работе [13, с. 234-235] этот показатель определен как «контактность», которая показывает отношение персонала, задействованного в городских пассажирских перевозках, к пассажирам. Показатель является достаточно актуальным и важным, поэтому должен быть включен в состав показателей (критериев) оценки результативности функционирования системы городского пассажирского транспорта общего пользования.

Анализ приведенных выше источников позволил выделить следующие укрупненные блоки показателей оценки результативности

системы городского пассажирского транспорта общего пользования, которые представлены на рисунке 1.

Следует пояснить, что в блок показателей «эффективность» должны быть включены критерии эффективности функционирования перевозчиков как одних из главных участников транспортного процесса, заинтересованных в достижении своих результатов.

В большинстве работ предлагается не оценка результативности функционирования городских пассажирских перевозок в целом, а оценка качества, которая, скорее, направлена на удовлетворение запросов только пассажиров.



Рис. 1. Система показателей оценки результативности городского пассажирского транспорта общего пользования

Авторы работ выбирают для оценки один или несколько показателей. Так в работах [4; 19; 22] предлагается оценивать качество городских пассажирских перевозок на основе затрат времени пас-

сажиров на передвижения. В работах [25; 27] критериями качества перевозок являются интервал движения подвижного состава и его наполняемость. Автор работы [11] рассматривает такие показатели, как уровень пересадочности, экология, эффективность перевозчика. В работе [26] сформулированы требования к перевозчику для обеспечения качества транспортного обслуживания населения. В работе [31] большое внимание уделено доступности пассажирских перевозок.

В результате на сегодняшний день отсутствуют исследования, в которых бы рассматривались целевые показатели каждого из участников транспортного процесса в комплексе.

Результаты

Авторами настоящего исследования на основе изучения большого количества источников был сформирован и представлен в таблице 1 набор показателей оценки результативности функционирования системы городского пассажирского транспорта общего пользования, сгруппированный по представленным на рисунке 1 блокам. Для каждого из выбранного показателя указан заинтересованный участник системы. По ряду показателей оптимальные значения были получены от Департамента транспорта Администрации г. Омска (сформированы на основе мнений экспертов и/или наблюдений).

Таблица 1.

Набор показателей оценки результативности функционирования системы городского пассажирского транспорта общего пользования

Блок показателей	Показатель	Участник транспортного процесса	Оптимальное значение	Источник
Доступность + Комфортность	Маршрутный коэффициент	Пассажир	2-4	[10, с. 40]
	Коэффициент пересадочности	Пассажир	1,1	[11], [22]

Доступность	Коэффициент использования рабочего времени городского пассажирского транспорта общего пользования	Пассажир	0,70 - 0,75	Предложено авторами на основе анализа [1, с. 86]
	Коэффициент территориальной доступности остановочных пунктов	Пассажир	0,9 - 1,00	[20]
	Коэффициент доступности остановочных пунктов для маломобильных групп населения	Пассажир	0,9 - 1,00	[20]
	Коэффициент доступности транспортных средств для маломобильных групп населения	Пассажир	0,9 - 1,00	[20]
Доступность	Время пассажира на передвижение	Пассажир	32 минуты для городов с населением более 1 млн.	[14]
	Коэффициент ценовой доступности поездок	Пассажир	Не более 7 %	[20]
	Средняя маршрутная дальность	Пассажир	3 - 4,5 км	[23]
Надежность + комфортность	Доля маршрутов, на которых соблюдается рекомендуемый интервал (2 – 10 минут)	Пассажир	100 %	[23]
	Доля подвижного состава, оборудованного системами отопления и кондиционирования воздуха	Пассажир	90 - 100 %	Предложено авторами на основе изучения [20]
	Доля рейсов, на которых не превышен максимально допустимый уровень шума в салоне транспортного средства (не более 81 дБ)	Пассажир	100 %	пункт 2.1 [21]

Комфорт- ность	Коэффициент оснащенности транспортных средств системой безналичной оплаты проезда	Пассажир	0,9 - 1,0	[20]
	Доля транспортных средств, в которых предложена(ны) дополнительная(ые) услуга(и): зарядные Устройства, Wi-Fi, TV	Пассажир	100 %	[10, с. 41]
	Динамический коэффициент использования вместимости	Пассажир	0,70 – 0,75 для часа-пик	[14]
	Доля транспортных средств, на которых соблюдается профилактическая дезинфекция салона (1 раз в неделю в штатном режиме)	Пассажир	100 %	согласно таблице 57 [15]
	Доля транспортных средств, на которых соблюдается рекомендуемый уровень искусственного освещения (Не менее 10 лк)	Пассажир	100 %	согласно таблице 61 [15]
Комфорт- ность	Доля транспортных средств, на которых соблюдается ежедневная уборка внутренних и наружных поверхностей	Пассажир	100 %	согласно пункту 6.1.10 [15]
Безопас- ность	Количество ДТП по вине перевозчика	Заказчик транспортных услуг, Перевозчик	0 происшествий	[10, с. 41]
	Доля транспортных средств высоких экологических классов	Пассажир	90 - 100 %	[20]
Доступ- ность + Безопас- ность	Коэффициент оснащенности транспортных средств аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS	Пассажир, Перевозчик	1,0	Согласно требованиям [17]
Надеж- ность + до- ступность + эффек- тивность	Коэффициент регулярности	Пассажир, Заказчик транспортных услуг	0,95 - 1,00	Нормативные документы субъектов РФ

Комфортность + Безопасность	Доля транспортных средств с превышением установленного заводом-производителем срока службы транспортного средства	Пассажир	До 10 %	[20]
Эффективность	Коэффициент выпуска	Перевозчик	0,95 – 1,00	[9], [23]
	Коэффициент технической готовности	Перевозчик	0,80 – 1,00	[9], [23]
	Коэффициент использования пробега	Перевозчик	0,98 – 1,00	[9, с. 13, 66], [10, с. 42],
	Доходы всего	Перевозчик	+ ¥; увеличение в динамике	[9], [10, с. 42],
	Фондоотдача	Перевозчик	Увеличение в динамике	[9, с. 8]

Эффективность	Объём перевозок	Пассажир, заказчик транспортных услуг, Перевозчик	+ ¥; увеличение в динамике	[9], [10, с. 42],
	Пассажирооборот	Пассажир, Заказчик транспортных услуг, Перевозчик	+ ¥; увеличение в динамике	[9], [10, с. 42],
	Машино-часы в наряде	Заказчик транспортных услуг, Перевозчик	+ ¥; увеличение в динамике	[9], [10, с. 42],
	Дотации из бюджета (меры, льготы, ЭТК)	Пассажир, заказчик транспортных услуг, Перевозчик	+ ¥; увеличение в динамике	[9], [10, с. 42],
	Стоимость оборотных средств	Перевозчик	Увеличение в динамике	[9], [10, с. 42],
	Расходы всего	Перевозчик	- ¥; увеличение в динамике	[9], [10, с. 42],
	Прибыль(+) / Убыток(-)	Перевозчик	+ ¥; увеличение в динамике	[9], [10, с. 42],
	Пробег линейный, км	перевозчик	+ ¥; увеличение в динамике	[10, с. 42],
	Доходы от муниципальных контрактов	Перевозчик	+ ¥; увеличение в динамике	[9]
	Рентабельность	Перевозчик	Выше 20 %	[9]

Безопасность + комфортность + эффективность	Эксплуатационная скорость	Пассажир, заказчик транспортных услуг, Перевозчик	18 км/ч	[9], [10, с. 42],
Контактность	Доля обращений пассажиров, по которым были приняты меры	Пассажир, Заказчик транспортных услуг	100 %	[1], [13], [30], [32]

Информационный сервис	Доля рейсов, отображаемых в системе информирования пассажиров	Пассажир	90 - 100 %	[20]
	Коэффициент информированности пассажиров о степени оснащённости транспортных средств средствами, необходимыми для маломобильных групп населения и о возможности бронирования услуг службы социальных сопровождающих	Пассажир	1,00	[20]
	Коэффициент оснащённости остановочных пунктов средствами информирования пассажиров	Пассажир	0,9 - 1,00	[16], [20]
	Коэффициент оснащённости транспортных средств средствами информирования пассажиров	Пассажир	1,00	подпункты 17-26 [16], [20]
	Наличие онлайн-сервисов информирования пассажиров	Пассажир	Есть (баллы за наличие)	[1]
	Своевременное информирование об изменениях в работе пассажирского транспорта	Пассажир	Есть (баллы за наличие)	[1]
Информационный сервис	Перечень маршрутов в свободном доступе	Пассажир	Есть (баллы за наличие)	Статья 26 [24]

Необходимо дать пояснения к некоторым показателям таблицы 1.

1. Предложенный в работе [1, с. 86] показатель «время работы» не совсем понятен для процедуры оценивания, поэтому авторами настоящего исследования предлагается показатель «Коэффициент использования рабочего времени городского пассажирского транспорта общего пользования». Для пассажира оптимальным вариантом считается режим работы городского пассажирского транспорта общего пользования с 06:00 до 00:00 часов, поэтому наилучшие значения рассматриваемого коэффициента лежат в интервале от 0,70 до 0,75.

2. В документе [20] предложен показатель «доля рейсов с нормативной температурой в салоне транспортного средства», однако процедура замера температуры в каждом салоне транспортных средств при различных значениях температуры на улице представляется достаточно трудоемкой. Поэтому предложен такой показатель, как «Доля подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования, оборудованного системами отопления и кондиционирования воздуха».

3. Коэффициент регулярности отражает степень соблюдения расписания маршрутов и является важной характеристикой надежности работы городского пассажирского транспорта общего пользования.

5. Коэффициент соблюдения норм по количеству пересадок предлагается заменить коэффициентом пересадочности.

6. По таким показателям, как доля рейсов, на которых не превышен максимально допустимый уровень шума в салоне транспортного средства (не более 81 дБ), доля ТС, на которых соблюдается рекомендуемый уровень искусственного освещения (Не менее 10 лк), достаточно сложно получить количественные данные, поэтому вопрос о необходимости их включения в необходимый перечень может быть рассмотрен экспертами, осуществляющими оценку.

Обсуждение результатов

Сформированный перечень показателей имеет следующие преимущества:

- максимально возможное покрытие потребностей каждого из участников транспортного процесса;
- классификация показателей по блокам, отражающим всестороннюю оценку системы;
- измеримость (возможность получения численных значений каждого из показателей);
- возможность осуществления как горизонтальной оценки (в динамике по периодам), так и вертикальной оценки (для всех участников системы в текущем периоде);
- учет как экономического, так и социального аспектов функционирования системы.

Наряду с преимуществами указанного в таблице 1 перечня показателей их практическое применение может вызвать определенные сложности:

- сложность получения численных значений некоторых из показателей, в результате они могут быть исключены из процедуры оценивания;
- необходимость формирования таких методов и моделей оценки, которые могли бы учесть весь предложенный перечень.

Заключение

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы.

1. Для полной, всесторонней оценки результативности системы городского пассажирского транспорта общего пользования необходим перечень показателей (критериев), учитывающий интересы всех участников системы: пассажира, перевозчика и заказчика транспортных услуг.
2. Необходимый перечень показателей должен учитывать каждую сторону качественной составляющей транспортного процесса.

3. Предлагаемые разными авторами показатели (критерии) различаются по содержанию и, зачастую, определяются в зависимости от параметров и возможностей оценки. В результате они не охватывают весь процесс городских пассажирских перевозок.
4. В результате исследования была сформирована система показателей оценки результативности городского пассажирского транспорта общего пользования, содержащая следующие блоки, характеризующие каждую сторону транспортного процесса: безопасность, доступность, комфортность, информационный сервис, надежность, контактность, эффективность.
5. Сформированный перечень показателей учитывает интересы каждого из участников транспортного процесса.
6. Полученный перечень достаточно полно раскрывает специфику процесса городских пассажирских перевозок.
7. Каждому из предложенных показателей можно дать количественную оценку.
8. Сформированный перечень показателей можно дополнять и корректировать в соответствии с целями и параметрами оценки, а также мнениями экспертов.

Полученные результаты исследования требуют формирования таких методов и моделей оценки результативности системы городского пассажирского транспорта общего пользования, которые бы могли включить в себя и обработать такой большой перечень исходных данных. В то же время учет всего перечня предложенных показателей (критериев) позволит получить достаточно достоверную и полную оценку результативности системы.

Список литературы

1. Андреев, С. А. (2023). Разработка метода оценки качества транспортного обслуживания населения в системах планирования городских транспортных систем. *Мир транспорта*, 21(5), 84–92. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-5-10>

2. Володькин, Е. П., & Лазарев, В. А. (2023). Классификация показателей качества пассажирских перевозок в РФ. *Автомобильный транспорт дальнего Востока, (1)*, 56–61. Получено с https://togudv.ru/media3/filer_public/4e/d6/4ed6a702-7c63-4a78-aa99-8915e7730786/atdv-2023.pdf (обращение 3 марта 2025 г.)
3. ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. (1997). Москва: ИПК Издательство стандартов. 12 с.
4. Егорова, И. Н. (2023). *Развитие мультимодальных пассажирских перевозок в логистической транспортной системе региона (на примере юга России)*. Диссертация кандидата технических наук. Ростов-на-Дону. 204 с.
5. Епифанов, В. В., Тюрин, А. С., & Луконькина, К. А. (2018). Управление качеством пассажирскими автомобильными перевозками на основе оценки удовлетворенности потребителей. *Качество и жизнь, (2)*, 88–92. Получено с https://www.ql-journal.ru/arc/2018_2.pdf (обращение 3 марта 2025 г.)
6. Епифанов, В. В., & Тюрин, А. С. (2017). *Повышение качества перевозок в системе городского пассажирского автомобильного транспорта на основе оценки удовлетворенности потребителей*. Монография (под ред. М. Ю. Обшивалкина). Ульяновск: УлГТУ. 195 с.
7. Колебер, Ю. А., & Мочалин, С. М. (2023). Логистическая система городского пассажирского транспорта общего пользования. *Известия Транссиба, (3)*, 84–94. Получено с [http://izvestia-transsiba.ru/images/journal_pdf/2023-3\(55\).pdf](http://izvestia-transsiba.ru/images/journal_pdf/2023-3(55).pdf) (обращение 3 марта 2025 г.)
8. Колебер, Ю. А., & Мочалин, С. М. (2024). Развитие понятийного аппарата в области оценки организации городских пассажирских перевозок. *International Journal of Advanced Studies, 14(1)*, 136–155. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2024-14-1-273>
9. Лерман, Е. Б. (2016). *Экономика предприятий городского пассажирского транспорта*. Учебное пособие. Омск: СибАДИ. 132 с.
10. Мочалин, С. М., & Каспер, М. Е. (2017). Формирование расчетных показателей для оценки результативности функционирования

- системы городского общественного пассажирского транспорта. *Вестник СибАДИ*, (6), 37–47. [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-6\(58\)](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-6(58))
11. Нгуен, Т. Т. Х. (2015). Повышение качества обслуживания населения г. Ханоя автобусными перевозками за счёт совершенствования технологии и организации перемещения пассажиров. Автореферат диссертации кандидата технических наук. Волгоград. 20 с.
 12. Семчугова, Е. Ю., Зырянов, В. В., Володькин, П. П., Денисов, Г. Г., & Цыплаков, В. Ю. (2012). Определение весомости показателя надежности транспортных услуг в качестве перевозок. *Интернет-журнал «Наукоедение»*, (4), 1–7. Получено с <https://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-4-12-RGSU> (обращение 3 марта 2025 г.)
 13. Букина, М. Д. (2023). Определение составляющих показателя «контактность» в системе оценки качества предоставления услуг при пассажирских перевозках. В *Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: Материалы IX Международной научно-практической конференции в рамках 9-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие* (с. 234–237). Горловка.
 14. Гудков, В. А., Кузнецов, В. Ф., Осипов, С. Е., & Рудаков, Б. П. (2006). *Пассажирские автомобильные перевозки*. Учебник для студентов вузов. Москва: Горячая линия-Телеком. 448 с.
 15. Постановление главного государственного санитарного врача РФ от 16 октября 2020 г. № 30. Об утверждении санитарных правил СП 2.5.3650-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры». Получено с https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372304 (обращение 4 марта 2025 г.)
 16. Постановление Правительства РФ от 1 октября 2020 г. № 1586 (ред. от 23 марта 2024 г.). Об утверждении Правил перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским на-

- земным электрическим транспортом. Получено с https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364025 (обращение 4 марта 2025 г.)
17. Постановление Правительства РФ от 7 октября 2020 г. № 1616 (ред. от 23 декабря 2021 г.). О лицензировании деятельности по перевозкам пассажиров и иных лиц автобусами. Получено с https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364706 (обращение 4 марта 2025 г.)
 18. Лебедев, Е. А., Коновалова, Т. В., Сенин, И. С., & Коцурба, С. В. (2023). Предпосылки создания единого оператора городских пассажирских перевозок. *International Journal of Advanced Studies*, 13(4), 62–78. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-4-62-78>
 19. Пышный, В. А. (2013). Повышение эффективности городского автомобильного транспорта. Автореферат диссертации кандидата технических наук. Орел. 20 с.
 20. Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 31 января 2017 г. № НА-19-р. Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом. Получено с <https://docs.cntd.ru/document/456042774> (обращение 4 марта 2025 г.)
 21. Решение комиссии таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877 (ред. от 27 сентября 2023 г.). О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств». Получено с https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114 (обращение 4 марта 2025 г.)
 22. Спирин, И. В. (2020). Определение затрат времени пассажиров на поездки в городах. *Мир транспорта*, 18(3), 28–43. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-28-43>
 23. Спирин, И. В. (2012). *Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками*. Учебник для учреждений среднего профессионального образования (7-е изд., стер.). Москва: Академия. 400 с.

24. Федеральный закон от 13 июля 2015 г. № 220-ФЗ. Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Получено с https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182659 (обращение 4 марта 2025 г.)
25. Фомин, Е. В. (2018). Повышение качества обслуживания пассажиров городского транспорта путём оптимизации структуры парка подвижного состава. Диссертация кандидата технических наук. Красноярск. 136 с.
26. Якунина, Н. В. (2013). Методология повышения качества перевозок пассажиров общественным автомобильным транспортом. Автореферат диссертации доктора технических наук. Оренбург. 32 с.
27. Яценко, С. А. (2012). Повышение качества обслуживания пассажиров на городских автобусных маршрутах в условиях применения подвижного состава разной вместимости. Автореферат диссертации кандидата технических наук. Иркутск. 20 с.
28. Based on Determinants Set in the USA by Handbook for Measuring Customer Satisfaction and Service Quality. (нет года). Получено с <https://www.trb.org/Publications/Blurbs/153801.aspx> (обращение 4 марта 2025 г.)
29. Dziaduch, I., & Peternek, P. (2024). Assessing Public Transport Quality Using AHP and SUTI Indicator 4: A Case Study of the Sustainable Mobility Plan in Wrocław, Poland. *Sustainability*, 16(24), 11182. <https://doi.org/10.3390/su162411182>
30. De Aquino, J. T., de Melo, F. J. C., Jerônimo, T. d., & de Medeiros, D. D. (2019). Evaluation of quality in public transport services: The use of quality dimensions as an input for fuzzy TOPSIS. *International Journal of Fuzzy Systems*, 21(1), 176–193. <https://doi.org/10.1007/s40815-018-0524-1>
31. Glock, J. P., & Gerlach, J. (2023). Berlin Pankow: a 15-min city for everyone? A case study combining accessibility, traffic noise, air pollution, and socio-structural data. *European Transport Research Review*, 15(7). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00577-2>

32. Li, X.-H., Huang, L., Li, Q., & Liu, H.-C. (2020). Passenger satisfaction evaluation of public transportation using Pythagorean fuzzy MULTIMOORA method under large group environment. *Sustainability*, 12, 4996. <https://doi.org/10.3390/su12124996>
33. Raoniar, R., Rao, A. M., & Velmurugan, S. (2015). Public Transport Performance Evaluation Techniques – A Review. *Journal of Road Transport*, 3(4).

References

1. Andreev, S. A. (2023). Development of a method for assessing the quality of transport service provision in urban transport planning systems. *World of Transport*, 21(5), 84–92. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-5-10>
2. Volod'kin, E. P., & Lazarev, V. A. (2023). Classification of passenger transportation quality indicators in Russia. *Automotive Transport of the Far East*, (1), 56–61. Retrieved March 3, 2025, from https://togudv.ru/media3/filer_public/4e/d6/4ed6a702-7c63-4a78-aa99-8915e7730786/atdv-2023.pdf
3. GOST R 51004-96. Transport services. Passenger transportation. Quality indicator list. (1997). Moscow: IPK Publishing Standards. 12 p.
4. Egoryova, I. N. (2023). Development of multimodal passenger transportation in the logistic transport system of the region (on the example of Southern Russia). Unpublished doctoral dissertation. Rostov-on-Don. 204 p.
5. Epifanov, V. V., Tyurin, A. S., & Lukonykina, K. A. (2018). Managing passenger automobile transportation quality based on consumer satisfaction assessment. *Quality and Life*, (2), 88–92. Retrieved March 3, 2025, from https://www.ql-journal.ru/arc/2018_2.pdf
6. Epifanov, V. V., & Tyurin, A. S. (2017). Improving transportation quality in the urban passenger car transport system based on customer satisfaction assessment. Monograph (Ed. M. Y. Obshivalkin). Ulyanovsk: UISTU. 195 p.
7. Koleber, Yu. A., & Mochalin, S. M. (2023). Logistical system of public urban passenger transport. *Izvestiya Transsiba*, (3), 84–94. Re-

- trieved March 3, 2025, from [http://izvestia-transsiba.ru/images/journal_pdf/2023-3\(55\).pdf](http://izvestia-transsiba.ru/images/journal_pdf/2023-3(55).pdf)
8. Koleber, Yu. A., & Mochalin, S. M. (2024). Development of the conceptual apparatus in the field of evaluation of urban passenger transportation organization. *International Journal of Advanced Studies*, 14(1), 136–155. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2024-14-1-273>
 9. Lerman, E. B. (2016). *Urban Passenger Transport Companies' Economy*. Textbook. Omsk: SibADI. 132 p.
 10. Mochalin, S. M., & Kasper, M. E. (2017). Establishing calculation metrics for assessing the effectiveness of urban public passenger transport system functioning. *Bulletin of SibADI*, (6), 37–47. [https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-6\(58\)](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2017-6(58))
 11. Nguyen, T. T. H. (2015). Improving Hanoi city's bus service quality through advanced passenger movement technology and organization improvement. Unpublished doctoral dissertation abstract. Volgograd. 20 p.
 12. Semchugova, E. Y., Zyryanov, V. V., Volod'kin, P. P., Denisov, G. G., & Tsyplakov, V. Y. (2012). Determining weightage of reliability indicator of transport services in passenger transportation quality. *Internet Journal "Naukovedenie"*, (4), 1–7. Retrieved March 3, 2025, from <https://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-4-12-RGSU>
 13. Bukina, M. D. (2023). Determination of the components of the “contact” indicator in the system for assessing the quality of services provided in passenger transportation. In *Scientific and technical aspects of development of the automotive complex: Materials of the IX International Scientific and Practical Conference within the framework of the 9th International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic “Innovative prospects of Donbass: Infrastructure and socio-economic development”* (pp. 234–237). Horlivka.
 14. Gudkov, V. A., Kuznetsov, V. F., Osipov, S. E., & Rudakov, B. P. (2006). *Passenger Motor Vehicle Transportation*. Textbook for university students. Moscow: Hot Line Telecom. 448 p.
 15. Decree of Chief Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 30 dated October 16, 2020. On approval of sanitary rules SP 2.5.3650-20 “Sani-

- tary and epidemiological requirements for separate modes of transport and transport infrastructure facilities”. Retrieved March 4, 2025, from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372304
16. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1586 dated October 1, 2020 (as amended on March 23, 2024). On approval of rules for passenger and cargo transportation by motor vehicles and urban land electric transport. Retrieved March 4, 2025, from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364025
 17. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1616 dated October 7, 2020 (as amended on December 23, 2021). On licensing activities related to passenger transportation by buses. Retrieved March 4, 2025, from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_364706
 18. Lebedev, E. A., Konovalova, T. V., Senin, I. S., & Kotsuba, S. V. (2023). Preconditions for establishing a unified operator of urban passenger transportation. *International Journal of Advanced Studies*, 13(4), 62–78. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-4-62-78>
 19. Pyshny, V. A. (2013). Improving the efficiency of urban motor transport. Unpublished doctoral dissertation abstract. Orel. 20 p.
 20. Directive of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. NA-19-r dated January 31, 2017. On approval of the social standard for transport service provision for passengers and cargo transported by motor vehicles and urban land electric transport. Retrieved March 4, 2025, from <https://docs.cntd.ru/document/456042774>
 21. Decision of Customs Union Commission No. 877 dated December 9, 2011 (as amended on September 27, 2023). On adoption of the Customs Union technical regulation “Safety of wheeled vehicles”. Retrieved March 4, 2025, from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_125114
 22. Spirin, I. V. (2020). Defining passenger travel time expenditures in cities. *World of Transport*, 18(3), 28–43. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-28-43>
 23. Spirin, I. V. (2012). *Organization and Management of Passenger Motor Vehicle Transportation*. Textbook for vocational institutions (7th ed.). Moscow: Academy. 400 pp.

24. Federal Law No. 220-FZ dated July 13, 2015. On organizing regular passenger and cargo transportation by motor vehicles and urban land electric transport in the Russian Federation and amendments to several legislative acts of the Russian Federation. Retrieved March 4, 2025, from https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182659
25. Fomin, E. V. (2018). Improving the quality of passenger service in urban transport by optimizing the composition of the vehicle fleet. Unpublished doctoral dissertation. Krasnoyarsk. 136 p.
26. Yakunina, N. V. (2013). Methodology for enhancing the quality of public motor vehicle passenger transportation. Unpublished doctoral dissertation abstract. Orenburg. 32 p.
27. Yatsenko, S. A. (2012). Improving the quality of passenger service on urban bus routes using vehicles of varying capacity. Unpublished doctoral dissertation abstract. Irkutsk. 20 p.
28. Based on determinants set in the USA by handbook for measuring customer satisfaction and service quality. (no year). Retrieved March 4, 2025, from <https://www.trb.org/Publications/Blurbs/153801.aspx>
29. Dziaduch, I., & Peternek, P. (2024). Assessing public transport quality using AHP and SUTI indicator 4: A case study of the sustainable mobility plan in Wrocław, Poland. *Sustainability*, 16(24), 11182. <https://doi.org/10.3390/su162411182>
30. De Aquino, J. T., de Melo, F. J. C., Jerônimo, T. d., & de Medeiros, D. D. (2019). Evaluation of quality in public transport services: The use of quality dimensions as an input for fuzzy TOPSIS. *International Journal of Fuzzy Systems*, 21(1), 176–193. <https://doi.org/10.1007/s40815-018-0524-1>
31. Glock, J. P., & Gerlach, J. (2023). Berlin Pankow: A 15-minute city for everyone? A case study combining accessibility, traffic noise, air pollution, and socio-structural data. *European Transport Research Review*, 15(7). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00577-2>
32. Li, X.-H., Huang, L., Li, Q., & Liu, H.-C. (2020). Passenger satisfaction evaluation of public transportation using Pythagorean fuzzy MULTIMOORA method under large group environment. *Sustainability*, 12, 4996. <https://doi.org/10.3390/su12124996>

33. Raoniar, R., Rao, A. M., & Velmurugan, S. (2015). Public transport performance evaluation techniques – A review. *Journal of Road Transport*, 3(4).

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Колебер Юлия Андреевна, преподаватель кафедры «Экономика, логистика и управление качеством»
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
пр. Мира, 5, г. Омск, Омская область, 644080, Российская Федерация
uljachabol@mail.ru

Мочалин Сергей Михайлович, профессор кафедры «Экономика, логистика и управление качеством», доктор технических наук
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
пр. Мира, 5, г. Омск, Омская область, 644080, Российская Федерация
mochalin_sm@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Yuliya A. Koleber, Lecturer of the Department of Economics, Logistics and Quality Management
Siberian State Automobile and Highway University
5, Mira Ave., Omsk, Omsk region, 644080, Russian Federation
uljachabol@mail.ru
SPIN-code: 5455-7507
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6844-1895>
ResearcherID: JDW-2885-2023
Scopus Author ID: 57219312035

Sergey M. Mochalin, Professor of the Department of Economics, Logistics and Quality Management, Doctor of Technical Sciences
Siberian State Automobile and Highway University

5, Mira Ave., Omsk, Omsk region, 644080, Russian Federation

mochalin_sm@mail.ru

SPIN-code: 2302-7696

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3651-0961>

Scopus Author ID: 6507433262

Поступила 09.03.2025

После рецензирования 22.03.2025

Принята 30.03.2025

Received 09.03.2025

Revised 22.03.2025

Accepted 30.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-350
УДК 656.61

EDN: EDGSUM



Научная статья | Управление процессами перевозок

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (GIS) НА ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*А.А. Ананьева, М.Е. Степанов,
А.А. Коростин, М.С. Корнева*

Аннотация

Состояние вопроса. Современные морские перевозки сталкиваются с вызовами, связанными с необходимостью повышения энергоэффективности и сокращения выбросов парниковых газов. Эти проблемы становятся особенно актуальными в условиях глобальной экологической политики и ужесточения международных стандартов энергоэффективности судов (EEDI, EEOI, CII). Одним из перспективных решений является использование географических информационных систем (GIS), которые позволяют оптимизировать маршруты судов, снижать топливные затраты и уменьшать негативное воздействие на окружающую среду. Однако степень их влияния на повышение энергоэффективности морских перевозок требует дальнейшего исследования.

Целью исследования является анализ влияния GIS-технологий на повышение энергоэффективности морских перевозок, а также оценка их воздействия на расход топлива и углеродные выбросы.

Методы исследования. В ходе исследования проведен анализ ключевых технологий GIS, включая спутниковый мониторинг, картографирование, моделирование и анализ данных, применяемых для оптимизации маршрутов судов. Методологический подход основан на экспериментальном моделировании, в рамках которого рассматривались три сценария судоходства: традиционная маршрутизация, динамическая оптимизация маршрутов и комбинированное управление маршрутом и скоростью с использованием GIS. Анализ проводился с

целью оценки влияния данных подходов на расход топлива, выбросы углекислого газа и общую энергоэффективность судов.

Результаты. Результаты моделирования показали, что применение GIS позволяет снизить расход топлива до 20% и уменьшить выбросы CO₂ до 21% по сравнению с традиционными методами навигации. Оптимизация маршрутов и скорости судов на основе данных GIS способствует снижению эксплуатационных затрат и повышению соответствия международным экологическим стандартам.

Заключение. Полученные данные подтверждают значительный потенциал GIS в повышении энергоэффективности морских перевозок. Внедрение этих технологий в управление маршрутами и эксплуатацией судов позволяет не только сократить топливные затраты и выбросы углерода, но и повысить экономическую эффективность морской логистики. Дальнейшая интеграция GIS с искусственным интеллектом и системами обработки данных в реальном времени может привести к еще большему повышению устойчивости и эффективности судоходной отрасли.

Ключевые слова: географические информационные системы; морские перевозки; энергоэффективность; оптимизация маршрутов; судоходство

Для цитирования. Ананьева, А. А., Степанов, М. Е., Коростин, А. А., & Корнева, М. С. (2025). Влияние современных географических информационных систем (GIS) на повышение энергоэффективности морских перевозок. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 91–110. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-350>

Original article | Transportation Process Management

THE IMPACT OF MODERN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) ON IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF MARITIME TRANSPORTATION

*A.A. Ananeva, M.E. Stepanov,
O.A. Korostin, M.S. Korneva*

Abstract

Background. Modern maritime transportation faces challenges related to the need for increased energy efficiency and reduced greenhouse

gas emissions. These issues have become particularly relevant in the context of global environmental policies and the tightening of international ship energy efficiency standards (EEDI, EEOI, CII). One of the promising solutions is the use of geographic information systems (GIS), which enable vessel route optimization, reduce fuel consumption, and minimize environmental impact. However, the extent of their impact on improving maritime transport energy efficiency requires further research.

The **objective** of this study is to analyze the impact of GIS technologies on improving the energy efficiency of maritime transportation and to assess their effects on fuel consumption and carbon emissions.

Methods. The study examines key GIS technologies, including satellite monitoring, mapping, modeling, and data analysis, used for vessel route optimization. The methodological approach is based on experimental modeling, comparing three shipping scenarios: traditional routing, dynamic route optimization, and combined route and speed management using GIS. The analysis focuses on evaluating the impact of these approaches on fuel consumption, CO₂ emissions, and overall ship energy efficiency.

Results. The modeling results showed that the application of GIS can reduce fuel consumption by up to 20% and decrease CO₂ emissions by up to 21% compared to traditional navigation methods. Optimizing vessel routes and speeds based on GIS data contributes to lower operational costs and improved compliance with international environmental standards.

Conclusion. The obtained data confirm the significant potential of GIS in enhancing the energy efficiency of maritime transportation. The integration of these technologies into route planning and vessel operation management enables not only a reduction in fuel costs and carbon emissions but also an increase in the economic efficiency of maritime logistics. Further integration of GIS with artificial intelligence and real-time data processing systems may lead to even greater sustainability and efficiency in the shipping industry.

Keywords: Geographic Information Systems; maritime transportation; energy efficiency; route optimization; shipping

For citation. Ananeva, A. A., Stepanov, M. E., Korostin, O. A., & Korneva, M. S. (2025). The impact of modern geographic information

systems (GIS) on improving the energy efficiency of maritime transportation. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 91–110. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-350>

Введение

Морские перевозки играют важную роль в мировой экономике, являясь основным способом транспортировки товаров на международных рынках. Однако в условиях глобальных экологических вызовов и экономической неопределенности эффективное управление ресурсами и оптимизация процессов перевозки становятся необходимыми для повышения конкурентоспособности и устойчивости отрасли. Одной из важнейших проблем в морских перевозках остается повышение энергоэффективности, что связано с необходимостью снижения потребления топлива и сокращения негативного воздействия на окружающую среду. В последние годы большое внимание уделяется интеграции новых технологий, среди которых особое место занимают географические информационные системы (geographic information system, GIS).

В контексте морских перевозок GIS представляют собой мощный инструмент, который помогает не только в планировании оптимальных маршрутов, но и в прогнозировании погодных условий, а также мониторинге состояния судов. Применение GIS позволяет минимизировать топливные затраты, повысить точность логистических операций и создать более устойчивые и энергоэффективные маршруты, что в свою очередь способствует снижению выбросов CO₂ и других загрязняющих веществ. Внедрение GIS технологий в морскую отрасль открывает новые возможности для эффективного и экологически безопасного функционирования, а также способствует поддержанию баланса между экономической целесообразностью и экологической ответственностью.

Цель данного исследования – проанализировать влияние современных GIS технологий на повышение энергоэффективности морских перевозок, выявить ключевые направления их применения,

а также оценить результаты, которые могут быть достигнуты при внедрении этих практик в отрасль.

Методология статьи основана на комплексном подходе. В исследовании применяются методы анализа и синтеза для систематизации информации о влиянии современных GIS-технологий на энергоэффективность морских перевозок, выявления ключевых направлений их применения и оценки перспективных стратегий. Сравнительный метод используется для изучения традиционных методов маршрутизации и современных подходов, основанных на GIS, что позволяет определить их преимущества и недостатки. Важную роль играет моделирование, которое позволяет оценить влияние различных сценариев внедрения GIS на топливные затраты, выбросы CO₂ и индексы энергоэффективности судов (EEDI и EEOI).

Основная часть. Определение GIS

Совокупность программных и аппаратных данных, предназначенных для сбора, хранения и анализа географической и пространственной информации, называется **GIS**. Эти системы включают в себя несколько ключевых компонентов, обеспечивающих ввод, обработку, вывод и визуализацию данных (рис. 1).



Рис. 1. Схема компонентов GIS

Основной функцией GIS является предоставление инструментов для интеграции различных типов данных, что позволяет эффективно решать задачи, связанные с анализом и моделированием пространственных процессов [1]. В контексте морской логистики

ключевые GIS технологии играют важную роль в повышении эффективности перевозок, оптимизации маршрутов, а также в снижении воздействия на окружающую среду (таблица 1).

Таблица 1.

Ключевые GIS технологии и их применение в морской логистике [2, 3]

Технология	Применение в морской логистике	Преимущества
Спутниковое наблюдение	Получение данных о погодных условиях, морских течениях, ледовых полях и других природных факторах.	Повышение точности прогнозов, улучшение безопасности судов.
Картографирование	Визуализация маршрутов, зон с повышенным риском, анализ портовой инфраструктуры и навигационных каналов.	Оптимизация маршрутов, снижение времени в пути, экономия топлива.
Моделирование	Прогнозирование воздействия внешних факторов на движение судов, расчет расхода топлива при разных условиях.	Оптимизация маршрутов, снижение потребления энергии.
Аналитика данных	Обработка исторических данных о движении судов, расчет оптимальных временных окон для перевозок, анализ рисков.	Повышение эффективности операций, уменьшение углеродного следа.

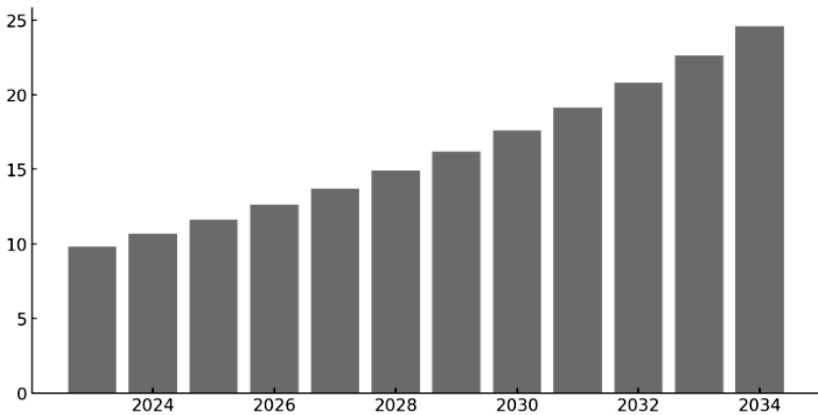


Рис. 2. Объем мирового рынка GIS, млрд долларов США

Применение этих технологий позволяет значительно повысить точность и оперативность принятия решений в реальном времени,

что является особенно важным в условиях переменчивых природных и рыночных факторов [4]. По данным Precedence Research, в 2024 году объем мирового рынка GIS составил 10,68 млрд долларов. Прогнозируется, что к 2034 году этот показатель вырастет до 24,61 млрд долларов (рис. 2).

Согласно анализируемому отчету, в 2023 году сегмент навигации занял наибольшую долю рынка – 48 %. Эти данные подчеркивают не только рост интереса к GIS на глобальном уровне, но и важность их внедрения в различные отрасли, включая морскую логистику.

В отличие от традиционных систем управления данными, GIS предоставляет возможность работать с картографическими, геодезическими данными, а также с другими видами географической информации, такими как спутниковые снимки, данные о погодных условиях и мореходных характеристиках (таблица 2).

Применение GIS-технологий в морской логистике значительно улучшает управление перевозками и оптимизацию маршрутов, что способствует снижению затрат и повышению эффективности операций. Интеграция спутниковых данных, карт и аналитики позволяет повысить точность и оперативность принятия решений, а также обеспечить адаптацию к переменчивым условиям окружающей среды. Важным аспектом морских перевозок является транспортировка нефти и нефтепродуктов, что делает отрасль зависимой от глобальных энергетических рынков и экологических норм. Использование GIS-технологий в данном секторе помогает минимизировать риски разливов, повысить безопасность транспортировки и оптимизировать маршруты с учётом погодных условий и загруженности морских путей. Учитывая рост рынка GIS-технологий и растущий интерес к их внедрению в различные отрасли, включая морскую логистику, можно ожидать дальнейшее совершенствование этих систем, что не только повысит энергоэффективность, но и снизит воздействие на окружающую среду.

Таблица 2.

Сравнение традиционных методов и GIS технологий в морской логистике [5]

Критерий	Традиционные методы	GIS технологии
Тип данных	Бумажные карты, отчеты о погоде, навигационные журналы, прогнозы, полученные по радиосвязи.	Спутниковые снимки, метео- и пространственные данные.
Обновление данных	Ручное, с задержками, обновления происходят через периодические отчеты и сообщения от судов.	Автоматическое, в реальном времени.
Точность	Ограниченная, зависит от качества картографических данных, ручного измерения и человеческого фактора.	Высокая, благодаря спутниковым наблюдениям.
Визуализация	Статические 2D-карты, которые требуют ручного обновления и анализа.	Интерактивные 2D и 3D карты с динамическим обновлением.
Аналитика и прогнозирование	Ограниченные возможности, анализ проводится вручную на основе архивных данных и опыта капитанов.	Современные методологии и инструменты для анализа и прогностического моделирования.
Гибкость и адаптивность	Низкая гибкость в изменении маршрутов, корректировка осуществляется вручную на основе доступных карт и отчетов.	Высокая гибкость, возможность быстрой адаптации маршрутов в реальном времени.
Учет внешних факторов (погода, течения и др.)	Данные о погоде и течениях получаются из прогнозов и сообщений от других судов, но часто устаревшие или недостаточно точные.	Данные в реальном времени: погодные условия, морские течения, ледовые поля и другие факторы.

Роль GIS в повышении энергоэффективности морских перевозок

Энергоэффективность морских судов представляет собой способность судов минимизировать потребление топлива и выбросы при максимальной оптимизации работы в процессе эксплуатации [6]. Одним из главных документов, направленных на улучшение энергоэффективности судов, является **Стратегия по сокращению выбросов парниковых газов (IMO GHG Strategy)**, утвержденная Международной морской организацией (International Maritime Organization, IMO) в 2018 и пересмотренная в 2023 году. Согласно новой версии стратегии, выбросы парниковых газов от международ-

ного судоходства должны быть сокращены как минимум на 20% к 2030 году (с целью достичь 30%) и на 70% к 2040 году (с целью достичь 80%) по сравнению с уровнем 2008 года. Полное устранение выбросов планируется к 2050 году [7].

Для оценки экологической эффективности судна на стадии проектирования используется **индекс энергоэффективности судов (EEDI, Energy Efficiency Design Index)**. Он учитывает такие параметры, как тип судна, его размер, скорость и характеристики двигательной установки. EEDI способствует тому, чтобы новые суда строились с учетом требований к снижению выбросов и улучшению энергоэффективности. Согласно исследованиям, доля новых судов, соответствующих целевым показателям EEDI на 2025 год, среди контейнеровозов составляет 71%, а среди судов для перевозки генеральных грузов – 69 % [8].

Другим важным индикатором является **эксплуатационный индекс энергоэффективности (EEOI, Energy Efficiency Operational Indicator)**, который используется для оценки фактической эксплуатационной эффективности судна. В отличие от EEDI, EEOI учитывает реальные условия, такие как фактическое потребление топлива, скорость судна и количество перевезенного груза. Этот индекс позволяет операторам отслеживать эффективность работы в реальном времени и проводить корректировки для улучшения результатов.

В 2021 году на 76-й сессии Комитета по защите морской среды (МЕРС 76) ИМО была принята резолюция МЕРС.328(76), которая ввела новый индекс энергоэффективности для судов, находящихся в эксплуатации – **EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index)**. В отличие от EEDI, применяемого к новым судам на стадии проектирования, EEXI позволяет оценить, насколько существующие суда соответствуют современным стандартам энергоэффективности [9]. Индекс охватывает те же типы судов, что и EEDI, но его расчеты основаны на проектных характеристиках судна без учета фактической эксплуатационной эффективности.

В дополнение к EEXI, важной мерой для контроля углеродных выбросов стал **индекс интенсивности углерода (СИ)**, введенный серией поправок к Приложению VI Конвенции MARPOL. Он оценивает углеродоемкость судов на основе фактического потребления топлива и выбросов CO_2 , с последующей классификацией по шкале от А до Е в зависимости от энергоэффективности (рис. 3).



Рис. 3. Классификация судов по углеродоемкости

Как было отмечено ранее, одной из важнейших задач современной морской логистики является оптимизация маршрутов судов с целью снижения потребления топлива и улучшения общей энергоэффективности перевозок. В этом контексте GIS играют ключевую роль, предоставляя инструменты для планирования и адаптации маршрутов в зависимости от множества факторов, включая погодные условия, морские течения и другие внешние воздействия (таблица 3).

Использование GIS для оптимизации маршрутов судов оказывает значительное влияние как на энергоэффективность, так и на экологию. Например, расчет оптимальной скорости с учетом ветра и течений позволяет избежать лишнего сопротивления и повысить общую топливную эффективность, что в свою очередь снижает

выбросы CO₂ и других загрязняющих веществ. Исследования показывают, что даже небольшое снижение скорости контейнеровоза на 5% может привести к экономии топлива на 16-19%, а для сухогрузов и танкеров – около 13% [11].

Таблица 3.

Роль GIS в оптимизации маршрутов судов для повышения энергоэффективности [10]

Фактор	Роль GIS
Погодные условия	Анализирует данные с метеостанций и спутников для прогнозирования погодных условий и оптимизации маршрутов.
Морские течения	Использует данные о течениях для расчета влияния на скорость судна и выбора наиболее энергоэффективных маршрутов.
Время года и сезонность	Позволяет учитывать сезонные изменения и заранее планировать маршруты, минимизируя риски и экономя топливо.
Плотность судоходства	Помогает выбирать менее загруженные маршруты, оптимизируя время пребывания в пути и минимизируя задержки.
Состояние судна	Анализирует данные о судне и прогнозирует его поведение на разных маршрутах с учетом текущего состояния.
Экологические зоны	Помогает избегать таких зон и планировать экологически безопасные маршруты.

Важным направлением для повышения энергоэффективности морских перевозок является разработка **методов динамической оптимизации** условий перевозок. По данным исследований, это может привести к снижению расхода топлива до 28% благодаря тому, что динамическая оптимизация учитывает изменения внешних факторов на протяжении маршрута, позволяя судоводителям выбирать наилучшие условия для минимизации сопротивления и избыточных энергозатрат [12; 13]. GIS технологии играют ключевую роль в реализации таких методов, обеспечивая непрерывный мониторинг данных о текущей ситуации и предлагая оптимальные решения для корректировки маршрута и режима работы судна.

Применение GIS в судоходной индустрии

Одной из компаний, эффективно использующих GIS, является американская **Crowley Maritime Corporation**, специализиру-

ющаяся на грузоперевозках, буксировке и морской энергетике. В 2023 году флот Crowley преодолел более 3,2 млн морских миль, а общее количество портовых заходов составило 4 307. Согласно отчетам, средний EEDI флота компании составляет 4.39 г CO₂ на тонно-милю. Этот показатель означает, что суда компании соответствуют базовым требованиям ИМО. В 2023 году компания сократила выбросы CO₂ до 454 534 тонн, по сравнению с 479 484 тонн в 2022 году. Это частично стало возможным благодаря оптимизации маршрутов и внедрению альтернативных источников энергии.

Еще одним примером успешного применения GIS-технологий для повышения энергоэффективности является опыт российской компании **Совкомфлот (Sovcomflot)**. Она активно внедряет цифровые навигационные системы и GIS для оптимизации судоходных маршрутов, сокращения расхода топлива и снижения выбросов CO₂.

В соответствии с требованиями Конвенции MARPOL и стандартом EEDI, новые суда должны соответствовать ужесточающимся нормам энергоэффективности. Для судов, построенных в 2015-2019 годах, предписано снижение удельных выбросов CO₂ минимум на 10% по сравнению с базовым уровнем. Для судов, спущенных на воду в 2020-2024 годах, этот показатель увеличен до 20%, а для судов, которые будут построены после 2024 года, энергоэффективность должна быть улучшена минимум на 30%. Совкомфлот учитывает эти требования при проектировании новых судов и активно внедряет современные технологии для увеличения конструктивной энергоэффективности флота. Кроме того, компания внедряет судовые планы управления энергоэффективностью (SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan), которые направлены на оптимизацию потребления топлива и сокращение выбросов парниковых газов.

Практическое использование GIS-технологий в морской логистике позволяет значительно повысить энергоэффективность, снизить выбросы CO₂ и оптимизировать эксплуатационные расходы.

Кроме того, повышение эффективности морской логистики способствует ускорению международных торговых операций за счет более точного прогнозирования времени доставки и оптимального распределения грузопотоков. Это особенно важно для международных сделок, где своевременность и надежность перевозок могут существенно повлиять на финансовые показатели компаний, выполнение контрактных обязательств и конкурентоспособность на глобальном рынке [14].

Экспериментальное моделирование влияния GIS-технологий на энергоэффективность морских перевозок

Для оценки влияния современных GIS на энергоэффективность морских перевозок был проведен эксперимент, в ходе которого смоделированы и рассчитаны изменения в расходе топлива, выбросах CO₂ и индексе энергоэффективности судов (EEDI и EEOI) при различных сценариях использования GIS технологий.

В рамках моделируемого эксперимента использовались данные, отражающие ключевые параметры судоходства и энергоэффективности, что позволило провести количественный анализ влияния GIS технологий на морские перевозки. Основой для расчетов стали реальные характеристики судов, включая контейнеровозы, сухогрузы и танкеры.

Для эксперимента были смоделированы три группы судов, различающиеся подходами к маршрутизации и управлению скоростью:

- контрольная группа – суда, следующие по традиционным маршрутам с неизменной скоростью;
- группа с динамической оптимизацией маршрута – суда, использующие GIS технологии для корректировки маршрута с учетом погодных условий и морских течений;
- группа с динамической оптимизацией скорости и маршрута – суда, использующие GIS как для выбора маршрута, так и для регулирования скорости в зависимости от условий.

Анализ трех сценариев показал, что применение GIS для оптимизации маршрутов и скорости судов приводит к заметному сни-

жению расхода топлива, выбросов CO₂ и улучшению индексов энергоэффективности (таблица 4).

Таблица 4.
Результаты моделирования энергоэффективности судов в разных условиях

Параметр	Контрольная группа (без GIS)	Оптимизированный маршрут (GIS)	Оптимизация маршрута и скорости (GIS)
Средняя скорость (узлы)	20	20	18
Расход топлива (тонн на 1000 морских миль)	250	225	200
Выбросы CO ₂ (тонн на 1000 морских миль)	785	705	620
Индекс EEOI (г CO ₂ /тонно-милю)	11,5	10,3	9,5
Индекс EEDI (г CO ₂ /тонно-милю)	9,8	8,9	8,4

Моделируемые данные основаны на эксплуатационных характеристиках контейнеровозов класса Panamax, которые широко используются в международных морских перевозках. Значения средней скорости и расхода топлива соответствуют данным эксплуатационных отчетов судоходных компаний. В моделируемых сценариях, включающих использование GIS, скорость судов снижалась до 18 узлов, что позволило достичь экономии топлива до 20%, а выбросов CO₂ – до 21%. Применяемые коэффициенты расхода топлива и углеродных выбросов соответствуют стандартным расчетам для судового топлива и отражают реальный потенциал внедрения GIS технологий в морскую логистику.

Анализ показал, что динамическое планирование маршрута на основе данных о погодных условиях и морских течениях снижает расход топлива, а комбинированное применение маршрутизации и регулирования скорости позволяет сократить топливные затраты. Это может привести к пропорциональному снижению выбросов CO₂, улучшению EEOI и EEDI, что подтверждает целесообразность широкого внедрения GIS в судоходстве.

Стоит учесть, что в реальной среде могут возникнуть дополнительные факторы, влияющие на точность моделирования. Неожиданные погодные условия, ледовая обстановка и перегруженность портов могут существенно изменить оптимизированные маршруты, увеличивая расход топлива и выбросы CO₂. Человеческий фактор, включая принятие решений капитанами и операторами, а также возможные задержки в обработке информации из-за качества связи или несовместимости программного обеспечения, также может снижать эффективность использования GIS.

Выводы

Современные GIS повышают энергоэффективность морских перевозок, оптимизируя маршруты, прогнозируя погодные условия и снижая топливные затраты. Интеграция спутниковых данных и динамических моделей уменьшает выбросы парниковых газов, соответствуя стандартам EEDI и EEOI.

Моделирование подтверждает, что использование GIS сокращает топливные затраты на 20% и снижает выбросы CO₂ на 21%. Эти технологии обеспечивают автоматизированное управление судами, повышая их адаптивность. Дальнейшая интеграция GIS с искусственным интеллектом усилит эффективность и экологическую безопасность судоходства.

Список литературы

1. Маймакова, Л. В., Зайнеева, И. И., & Зималиева, А. Э. (2024). Современные тенденции развития транспортно-логистической инфраструктуры. *Естественно-гуманитарные исследования*, (5), 206–210.
2. Malikov, A. (2024). Digital transformation and its impact on the structure and efficiency of modern business. *Annali d'Italia*, (62), 112–115. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14558548>
3. Ююкин, И. В. (2024). Картографирование изоповерхности дополнительных вторичных факторов методом сплайн-аппроксимации.

- мации как условие повышения точности обсерваций e-Loran. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*, 16(1), 37–54. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2024-16-1-37-54>
4. Kidassova, M. (2024). Enhancing business operational efficiency through supply chain optimization. *Norwegian Journal of development of the International Science*, (144), 37–39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14169113>
 5. Andrei, N., et al. (2024). Transforming E-commerce logistics: sustainable practices through autonomous maritime and last-mile transportation solutions. *Logistics*, 8(3), 71. <https://doi.org/10.3390/logistics8030071>
 6. Москаленко, В. М., Москаленко, М. А., & Луговец, А. А. (2024). Транспортная энергоэффективность и экономические принципы организации морского судоходства. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология*, (2), 89–95. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2024-2-89-95>
 7. Yaman, C. (2024). A Review on the Process of Greenhouse Gas Inventory Preparation and Proposed Mitigation Measures for Reducing Carbon Footprint. *Gases*, 4(1), 18–40. <https://doi.org/10.3390/gases4010002>
 8. Живлюк, Г. Е., & Петров, А. П. (2024). Энергоэффективность судов современного коммерческого флота: инструменты регулирования и методы достижения. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*, 16(2), 301–317. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2024-16-2-301-317>
 9. Bayraktar, M., et al. (2023). A scenario-based assessment of the Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI) and Carbon Intensity Indicator (CII) regulations. *Ocean Engineering*, 278, 114295. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114295>
 10. Hu, X., et al. (2023). GIS-data-driven efficient and safe path planning for autonomous ships in maritime transportation. *Electronics*, 12(10), 2206. <https://doi.org/10.3390/electronics12102206>

11. Москаленко, В. М. (2021). Влияние скорости перехода на энергоэффективность морского судна. *General Question of World Science*, 15(10), 80–84. <https://doi.org/10.18411/gq-15-10-2021-14>
12. Wang, K., et al. (2018). Dynamic optimization of ship energy efficiency considering time-varying environmental factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 685–698. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.005>
13. Габдулхаков, А. А., & Завалишин, Д. С. (2021). Динамическая оптимизация сложных маршрутов в транспортной логистике. *Современные наукоемкие технологии*, (5), 33–38. <https://doi.org/10.17513/snt.38654>
14. Selimov, A. (2024). Comparative analysis of legal regulation of international transactions in the USA and the EU. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 7(6), 480–483.

References

1. Maiakovskaya, L. V., Zaineeva, I. I., & Zimalieva, A. E. (2024). Current trends in the development of transport and logistics infrastructure. *Natural and Humanitarian Studies*, (5), 206–210.
2. Malikov, A. (2024). Digital transformation and its impact on the structure and efficiency of modern business. *Annali d'Italia*, (62), 112–115. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14558548>
3. Iuyukin, I. V. (2024). Mapping additional secondary surface isolines via spline approximation as a condition for increasing accuracy of e-Loran observations. *Admiral S. O. Makarov State Maritime and River Academy Bulletin*, 16(1), 37–54. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2024-16-1-37-54>
4. Kidassova, M. (2024). Enhancing business operational efficiency through supply chain optimization. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, (144), 37–39. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14169113>
5. Andrei, N., et al. (2024). Transforming e-commerce logistics: sustainable practices through autonomous maritime and last-mile transportation solutions. *Logistics*, 8(3), 71. <https://doi.org/10.3390/logistics8030071>

6. Moskalenko, V. M., Moskalenko, M. A., & Lugovets, A. A. (2024). Transport energy efficiency and economic principles of marine ship-ping organization. *Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technology*, (2), 89–95. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2024-2-89-95>
7. Yaman, C. (2024). A review on the process of greenhouse gas invento-ry preparation and proposed mitigation measures for reducing carbon footprint. *Gases*, 4(1), 18–40. <https://doi.org/10.3390/gases4010002>
8. Zhivlyuk, G. E., & Petrov, A. P. (2024). Energy efficiency of vessels in modern commercial fleet: regulatory tools and achievement meth-ods. *Admiral S. O. Makarov State Maritime and River Academy Bul-letin*, 16(2), 301–317. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2024-16-2-301-317>
9. Bayraktar, M., et al. (2023). Scenario-based assessment of the Ener-gy Efficiency Existing Ship Index (EEXI) and Carbon Intensity Indi-cator (CII) regulations. *Ocean Engineering*, 278, 114295. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114295> EDN: GBRSOI
10. Hu, X., et al. (2023). GIS-data-driven efficient and safe path planning for autonomous ships in maritime transportation. *Electronics*, 12(10), 2206. <https://doi.org/10.3390/electronics12102206>
11. Moskalenko, V. M. (2021). Effect of transition speed on vessel energy efficiency. *General Questions of World Science*, 15(10), 80–84. <https://doi.org/10.18411/gq-15-10-2021-14>
12. Wang, K., et al. (2018). Dynamic optimization of ship energy efficien-cy considering time-varying environmental factors. *Transportation Re-search Part D: Transport and Environment*, 62, 685–698. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.04.005>
13. Gabdulkhakov, A. A., & Zavalishin, D. S. (2021). Dynamic optimiza-tion of complex routes in transport logistics. *Advanced Technologies Today*, (5), 33–38. <https://doi.org/10.17513/snt.38654>
14. Selimov, A. (2024). Comparative analysis of legal regulation of inter-national transactions in the USA and the EU. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 7(6), 480–483.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Ананьева Анна Андреевна, магистр

Российский государственный гидрометеорологический университет

ул. Воронежская, 79, г. Санкт-Петербург, 192007, Российская Федерация

anna251096@yandex.ru

Степанов Максим Евгеньевич, магистр

*Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова
пр. Московский, 15, г. Чебоксары, 428015, Российская Федерация*

maxim.varandey@rambler.ru

Коростин Александр Алексеевич, магистр, индивидуальный исследователь

a.korostin@rambler.ru

Корнева Мария Сергеевна, бакалавр

Кубанский государственный университет

ул. Ставропольская, 149, г. Краснодар, 350040, Российская Федерация

korneva_air@icloud.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Anna A. Ananeva, master's degree

Russian State Hydrometeorological University

79, Voronezhskaya Str., Saint-Petersburg, 192007, Russian Federation

anna251096@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6018-9016>

Maksim E. Stepanov, master's degree

I. N. Ulianov Chuvash State University

15, Moskovsky Pr., Cheboksary, 428015, Russian Federation
maxim.varandey@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8988-7282>

Oleksandr A. Korostin, master's degree, individual researcher
o.korostin@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7510-6757>

Maria S. Korneva, bachelor's degree
Kuban State University
149, Stavropolskaya Str., Krasnodar, 350040, Russian Federation
korneva_air@icloud.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6238-493X>

Поступила 24.02.2025

После рецензирования 05.03.2025

Принята 10.03.2025

Received 24.02.2025

Revised 05.03.2025

Accepted 10.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-351

EDN: HLPOVZ

УДК 004.415.25



Научная статья |

Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ШАБЛОНИЗАТОРА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ

*Г.А. Гареева, А.Г. Файзуллина, А.А. Мирсаитова,
З.Ш. Аглямова, Н.Р. Закирова*

Аннотация

Обоснование. Интегрированные среды разработки, имеют ограниченные возможности для автоматизации повторяющихся задач, что приводит к росту временных затрат на разработку. Создание программного шаблонизатора решает эту проблему, автоматизируя рутинные процессы и снижая ошибки.

Цель – разработка программы, обеспечивающей автоматизацию создания и редактирования файлов шаблонов, их интеграцию с базой данных, а также поддержку просмотра содержимого файлов.

Метод и методология. Использование языка программирования Java для реализации программы и PostgreSQL для хранения данных. Подход основывался на применении универсальных инструментов для обеспечения совместимости и масштабируемости.

Результаты. В данной статье подробно рассмотрена разработка программы шаблонизатора, которая поддерживает создание, редактирование, просмотр и обновление файлов шаблонов. Шаблоны хранятся в PostgreSQL, что обеспечивает централизованное управление данными. Программа поддерживает принцип модульности, обеспечивающий расширение функционала программы за счет добавления необходимых флагов. При этом программный код будет требовать минимального вмешательства по причине внесенных изменений.

Область применения. Решение может быть использовано в промышленной автоматизации, образовательных стендах и при разработке проектов, требующих стандартизации процессов.

Выводы. Разработанная программа значительно сокращает время разработки и повышает точность выполнения повторяющихся операций при создании программ в интегрированной среде разработки для программируемых логических контроллеров.

Ключевые слова: автоматизация; шаблон; KincoBuilder; Java; PostgreSQL; программируемые логические контроллеры; промышленная автоматизация

Для цитирования. Гареева, Г. А., Файзуллина, А. Г., Мирсаитова, А. А., Аглымова, З. Ш., & Закирова, Н. Р. (2025). Разработка программы шаблонизатора для автоматизации управления данными. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 111–131. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-351>

Original article |

System Analysis, Information Management and Processing, Statistics

DEVELOPMENT OF A TEMPLATING PROGRAM FOR DATA MANAGEMENT AUTOMATION

*G.A. Gareeva, A.G. Faizullina, A.A. Mirsaitova,
Z.Sh. Aglyamova, N.R. Zakirova*

Abstract

Background. Integrated development environments, have limited ability to automate repetitive tasks, which leads to increased development time. Creating a software templating tool solves this problem by automating routine processes and reducing errors.

Purpose. Development of a program providing automation of creation and editing of template files, their integration with the database, as well as support for viewing the content of the files.

Method and methodology. Using Java programming language for program implementation and PostgreSQL for data storage. The approach was based on the use of universal tools to ensure compatibility and scalability.

Results. This paper details the development of a templateizer program that supports creating, editing, viewing, and updating template files. Templates are stored in PostgreSQL, which provides centralized data management. The program supports the principle of modularity, which ensures the expansion of the program functionality by adding the necessary flags. In this case, the program code will require minimal intervention due to the changes made.

Scope of the results. The solution can be used in industrial automation, educational testbeds and in the development of projects that require standardization of processes.

Conclusions. The developed program significantly reduces the development time and increases the accuracy of repetitive operations when creating programs in the integrated development environment for programmable logic controllers.

Keywords: automation; template; KincoBuilder; Java; PostgreSQL; programmable logic controllers; industrial automation

For citation. Gareeva, G. A., Faizullina, A. G., Mirsaitova, A. A., Aglyamova, Z. Sh., & Zakirova, N. R. (2025). Development of a templating program for data management automation. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 111–131. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-351>

Введение

Проблема автоматизации рутинных операций в интегрированных средах разработки (IDE) актуальна для многих сфер промышленной автоматизации. Программы, являющиеся специализированными средами для программируемых логических контроллеров (ПЛК), обладают ограниченными возможностями автоматизации задач, таких как управление шаблонами файлов. Решение данной проблемы требует создания универсального инструмента, способного интегрироваться с существующими системами разработки [7].

Цель и задачи

Целью работы является создание программы, способной автоматизировать создание, редактирование, просмотр и хранение шаблонов файлов для повышения эффективности работы в KincoBuilder.

KincoBuilder – интегрированная среда разработки, назначение которой является создание логических программ, обеспечивающих решение задач управления технологическим процессом на базе ПЛК Kinco Automation [9].

Для достижения цели решены следующие *задачи*:

- разработан пользовательский интерфейс для взаимодействия с файлами;
- реализована интеграция с базой данных PostgreSQL для централизованного хранения шаблонов;
- обеспечена возможность многострочного редактирования и просмотра содержимого файлов [13].

Материалы и методы разработки

Процесс разработки включал:

- Выбор инструментов. Использование Java для разработки программы и PostgreSQL для управления данными [4];
- Архитектура программы. Реализация командной строки для интерактивного взаимодействия с пользователем [15];
- Интеграция с базой данных. Использование JDBC для взаимодействия с PostgreSQL [5].

Реализация программы

Реализация программы включала в себя множество этапов, направленных на создание универсального инструмента для работы с шаблонами файлов в интегрированной среде разработки KincoBuilder [5].

Каждый из этапов был тщательно проработан с учётом требований к автоматизации, удобству использования и масштабируемости:

1. Анализ файлов, создаваемых программой KincoBuilder. Одним из первых шагов был анализ структуры файлов, генерируемых программой KincoBuilder [8].

Эти файлы содержат инструкции, необходимые для работы программируемых логических контроллеров. Пример такого файла представлен на рисунке 1.

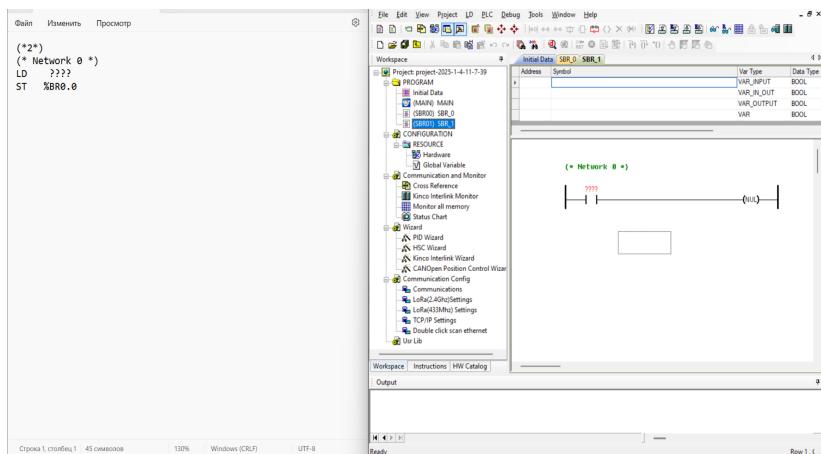


Рис. 1. Генерация текста-кода программой KincoBuilder при создании новой сети

На основе анализа было выделено несколько типовых шаблонов, которые могли бы быть использованы для автоматизации процессов разработки. Шаблоны включали стандартные конструкции программ, были добавлены шаблоны по созданию сетей (сетевых) и определения массивов. Сети (Нетворки) – это логический блок программы, представляющий собой последовательность инструкций для выполнения определённой операции или группы операций. Результаты анализа позволили определить структуру шаблонов, которая будет храниться в базе данных. Для каждого шаблона была предусмотрена возможность интеграции в существующие файлы KincoBuilder, что обеспечивает его удобное использование в реальных проектах.

2. Настройка инструментов разработки. Для реализации программы использовался язык программирования Java благодаря его универсальности, богатой экосистеме библиотек и поддержке работы с базами данных через JDBC [11].

Для хранения данных о шаблонах была выбрана PostgreSQL, предоставляющая надёжность и мощные инструменты для работы с текстовыми данными. Среда разработки была настроена таким образом, чтобы обеспечивать непрерывный процесс тестирования и отладки. Использовались библиотека Apache Commons CLI для обработки командной строки, а также встроенные средства логирования Java для мониторинга выполнения программы [10].

На рисунке 2 представлено окно интегрированной среды разработки IntelliJ IDEA, которое включает в себя содержимое подключаемых зависимостей в файле `pom.xml`, связанные со сборщиком проекта.

Зависимости – это библиотеки или модули, которые проект использует для работы. Например, если нужно подключить базу данных, необходимо добавить зависимость — библиотеку для работы с этой базой. Maven автоматически скачает её и всё, что ей нужно, чтобы работать (транзитивные зависимости) [15].

Сборка – это процесс подготовки проекта к использованию, включающий:

- компиляцию кода;
- упаковку в удобный формат (например, `.jar` или `.war`);
- тестирование для проверки ошибок. Сборщик проектов Maven делает это автоматически на основе настроек в `pom.xml`.

Файл `pom.xml` (Project Object Model) – это главный файл конфигурации в проектах, которые используют систему сборки Apache Maven. Он представляет собой XML-документ, содержащий информацию о проекте, его зависимостях, настройках сборки, плагинах и других аспектах, необходимых для управления жизненным циклом проекта [3].

Файл pom.xml важен для:

- Автоматизация. Maven упрощает процесс сборки, тестирования и упаковки;
- Управление зависимостями. Не нужно вручную скачивать библиотеки;
- Транзитивность. Maven автоматически добавляет зависимости, требуемые подключаемыми библиотеками;
- Консистентность. Проект можно легко настроить для различных сред с использованием профилей.

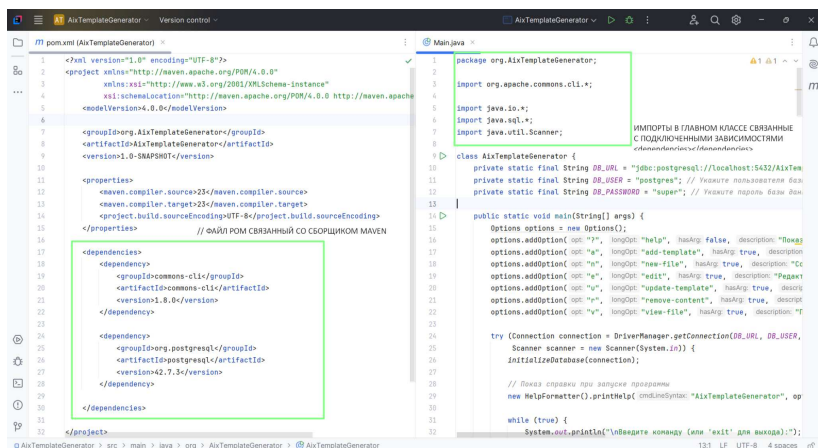


Рис. 2. Зависимости, подключаемые в проект

3. Заполнение шаблонов в базу данных показано на рисунке 3. База данных (БД) была спроектирована для хранения шаблонов, включая их уникальные идентификаторы, названия и содержимое.

Это позволило обеспечить лёгкий доступ к шаблонам для их редактирования, обновления и последующего использования. Каждый шаблон можно вводить в базу данных напрямую через запросы или с помощью команды, позволяющей пользователю загрузить содержимое в систему. Это делает процесс управления шаблонами централизованным и организованным.

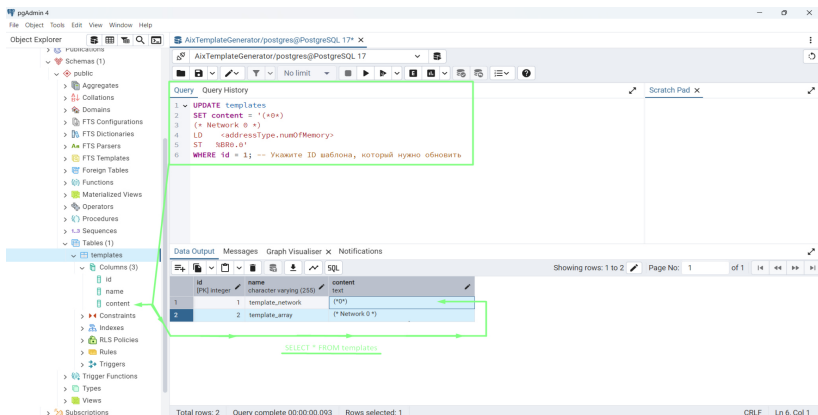


Рис. 3. Заполнение таблицы templates необходимыми шаблонами непосредственно с помощью запросов к БД

На рисунке 4 представлено заполнение шаблоном БД непосредственно со стороны пользователя с помощью терминала. Терминал – это окно, где вводятся команды (например, запустить программу, создать файл, скопировать папку) [12].

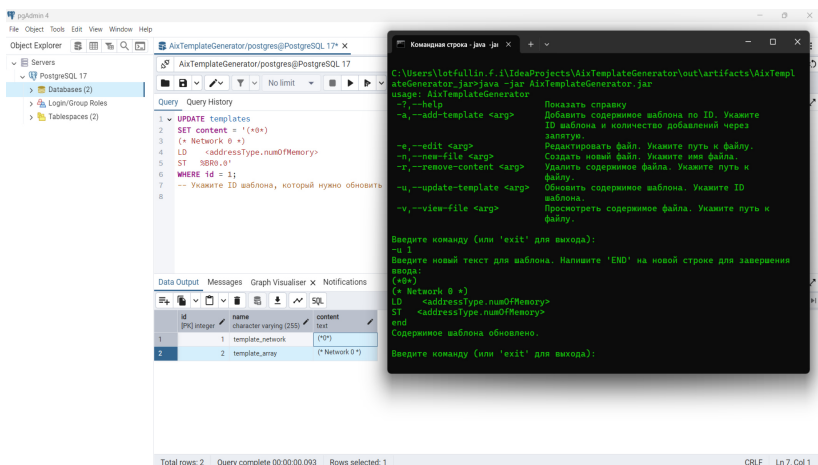


Рис. 4. Обновление – заполнение таблицы templates необходимыми шаблонами с помощью флага -i непосредственно с помощью терминала, являющегося частью консольного интерфейса пользователя

4. Синхронизация с базой данных. Система была разработана таким образом, чтобы обеспечивать синхронизацию между локальными файлами и базой данных [1].

При создании или редактировании файла информация автоматически обновлялась в базе данных, а внесённые изменения сразу же становились доступны для последующего использования. Синхронизация позволила избежать дублирования данных и повысила надёжность хранения. Кроме того, это сделало возможным совместную работу нескольких разработчиков с единым набором шаблонов.

На рисунке 5 представлен процесс обмена и обработки данных между интерфейсом пользователя, программой и базой данных.

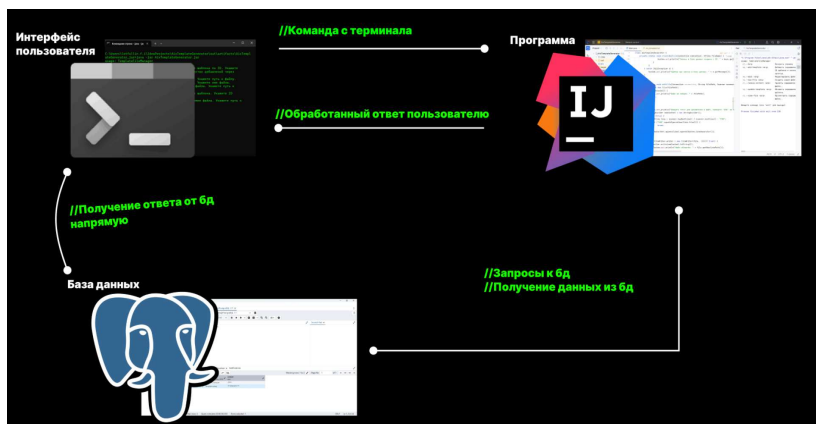


Рис. 5. Процесс обработки программных данных

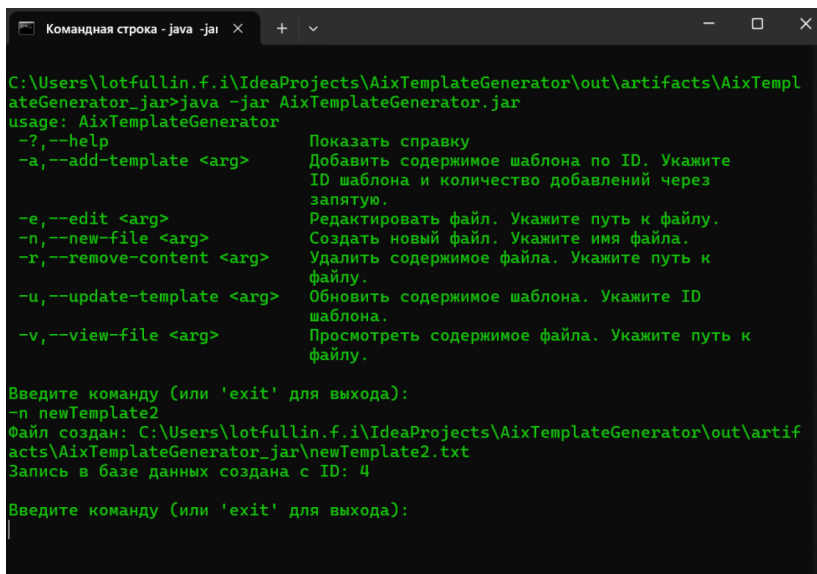
5. Написание кода программы и тестирование. Процесс написания кода включал реализацию функциональных модулей программы [2]. Взаимодействие с программой сделано с длинными и короткими флагами (- и --). Преимущества данного решения включают:

- Гибкость. Позволяют одной команде выполнять множество разных задач.

- Удобство. Настраивают поведение программы без изменения её кода.

В данную программу были добавлены следующие команды:

- Обновление шаблона. Программа предоставляет возможность редактировать шаблоны, хранящиеся в базе данных, с поддержкой многострочного ввода. После внесения изменений они сохраняются в системе. Данная команда была показана на рисунке 3 с использованием флага -u.
- Создание файла. Создаётся новый текстовый файл, который регистрируется в базе данных. Пользователь может указать название файла, после чего он будет автоматически заполнен шаблонным содержимым. Данная команда представлена на рисунке 6.



```

Командная строка - java -jai x + v
C:\Users\lotfullin.f.i\IdeaProjects\AixTemplateGenerator\out\artifacts\AixTemplateGenerator.jar>java -jar AixTemplateGenerator.jar
usage: AixTemplateGenerator
-?,--help                Показать справку
-a,--add-template <arg>  Добавить содержимое шаблона по ID. Укажите ID шаблона и количество добавлений через запятую.
-e,--edit <arg>          Редактировать файл. Укажите путь к файлу.
-n,--new-file <arg>      Создать новый файл. Укажите имя файла.
-r,--remove-content <arg> Удалить содержимое файла. Укажите путь к файлу.
-u,--update-template <arg> Обновить содержимое шаблона. Укажите ID шаблона.
-v,--view-file <arg>     Просмотреть содержимое файла. Укажите путь к файлу.

Введите команду (или 'exit' для выхода):
-n newTemplate2
Файл создан: C:\Users\lotfullin.f.i\IdeaProjects\AixTemplateGenerator\out\artifacts\AixTemplateGenerator.jar\newTemplate2.txt
Запись в базе данных создана с ID: 4

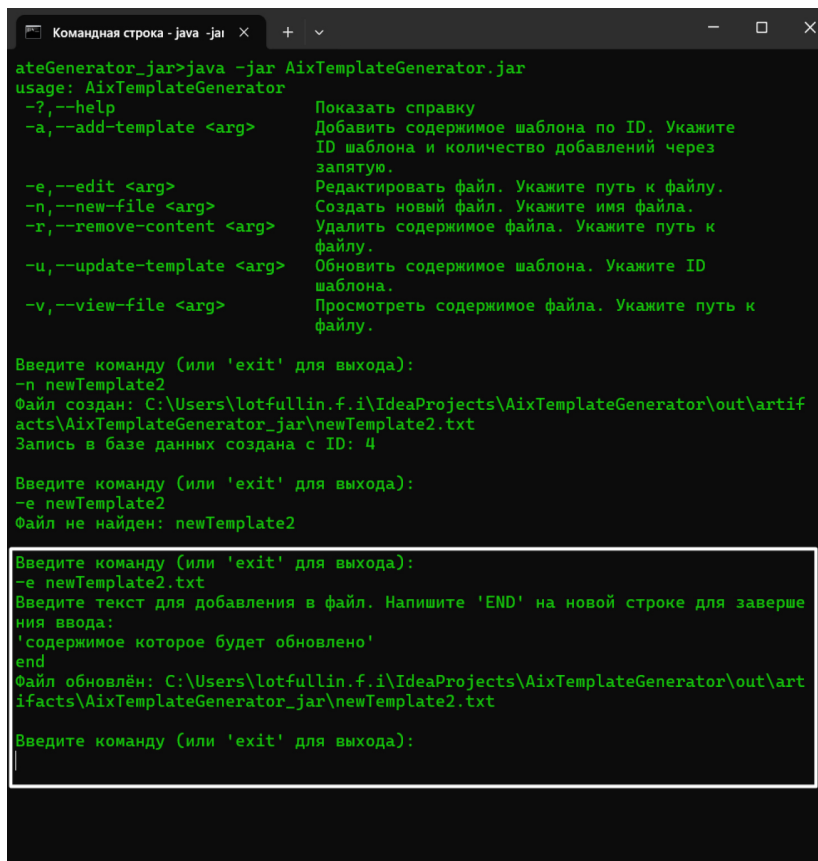
Введите команду (или 'exit' для выхода):

```

Рис. 6. Процесс создания файла с использованием флага -n

- Редактирование файла. Программа позволяет добавлять многострочный текст в файл, поддерживая завершение вво-

да через ключевое слово END. Это удобно для внесения изменений в файл без необходимости использования сторонних редакторов. Данная команда показана на рисунке 7.



```

Командная строка - java -jar x + v
ateGenerator_jar>java -jar AixTemplateGenerator.jar
usage: AixTemplateGenerator
  -?,--help                Показать справку
  -a,--add-template <arg>  Добавить содержимое шаблона по ID. Укажите
                           ID шаблона и количество добавлений через
                           запятую.
  -e,--edit <arg>          Редактировать файл. Укажите путь к файлу.
  -n,--new-file <arg>      Создать новый файл. Укажите имя файла.
  -r,--remove-content <arg> Удалить содержимое файла. Укажите путь к
                           файлу.
  -u,--update-template <arg> Обновить содержимое шаблона. Укажите ID
                           шаблона.
  -v,--view-file <arg>     Просмотреть содержимое файла. Укажите путь к
                           файлу.

Введите команду (или 'exit' для выхода):
-n newTemplate2
Файл создан: C:\Users\lotfullin.f.i\IdeaProjects\AixTemplateGenerator\out\artif
acts\AixTemplateGenerator_jar\newTemplate2.txt
Запись в базе данных создана с ID: 4

Введите команду (или 'exit' для выхода):
-e newTemplate2
Файл не найден: newTemplate2

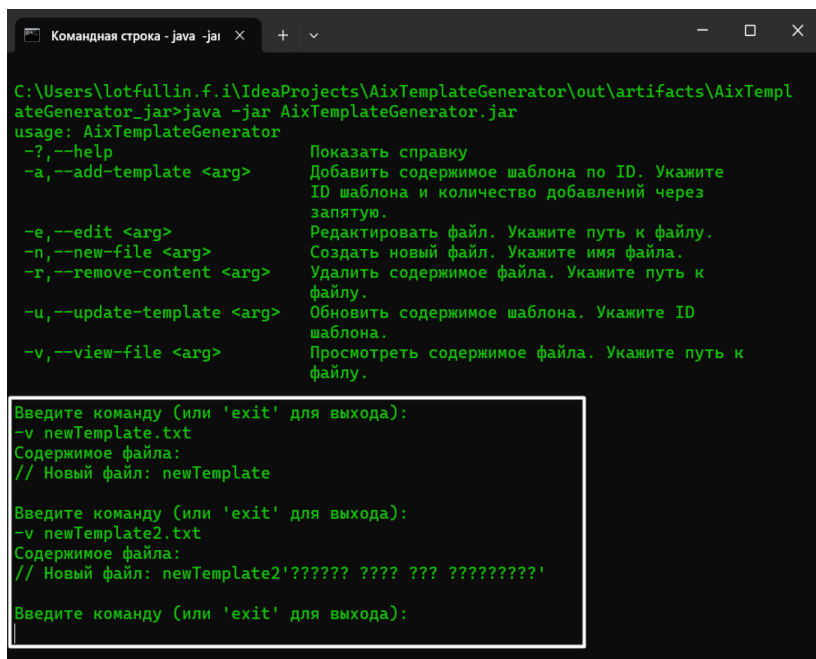
Введите команду (или 'exit' для выхода):
-e newTemplate2.txt
Введите текст для добавления в файл. Напишите 'END' на новой строке для заверше
ния ввода:
'содержимое которое будет обновлено'
end
Файл обновлён: C:\Users\lotfullin.f.i\IdeaProjects\AixTemplateGenerator\out\art
ifacts\AixTemplateGenerator_jar\newTemplate2.txt

Введите команду (или 'exit' для выхода):

```

Рис. 7. Процесс редактирования файла с использованием флага -e

- Просмотр содержимого. Пользователь может просматривать содержимое файла прямо из программы. Это ускоряет процесс работы и позволяет быстро проверить правильность данных. Данная команда представлена на рисунке 8.



```

C:\Users\lotfullin.f.i\IdeaProjects\AixTemplateGenerator\out\artifacts\AixTemplateGenerator_jar>java -jar AixTemplateGenerator.jar
usage: AixTemplateGenerator
  -?,--help                Показать справку
  -a,<id>--add-template <arg>  Добавить содержимое шаблона по ID. Укажите ID шаблона и количество добавлений через запятую.
  -e,<id>--edit <arg>          Редактировать файл. Укажите путь к файлу.
  -n,<id>--new-file <arg>      Создать новый файл. Укажите имя файла.
  -r,<id>--remove-content <arg> Удалить содержимое файла. Укажите путь к файлу.
  -u,<id>--update-template <arg> Обновить содержимое шаблона. Укажите ID шаблона.
  -v,<id>--view-file <arg>     Просмотреть содержимое файла. Укажите путь к файлу.

Введите команду (или 'exit' для выхода):
-v newTemplate.txt
Содержимое файла:
// Новый файл: newTemplate

Введите команду (или 'exit' для выхода):
-v newTemplate2.txt
Содержимое файла:
// Новый файл: newTemplate2'?????? ???? ??? ??????????'

Введите команду (или 'exit' для выхода):

```

Рис. 8. Просмотр содержимого файла с использованием флага -v

- Удаление содержимого. При необходимости содержимое файла может быть полностью очищено, оставляя только структуру. Данная команда представлена на рисунке 9.

После написания каждой функциональности проводилось тестирование, чтобы убедиться в её корректной работе [14]. Тесты включали проверку работы с различными типами шаблонов, ситуациями с отсутствием данных и некорректным вводом. Это позволило устранить большинство ошибок до выпуска программы.

В качестве примера тестирования представлено внедрение шаблонов в существующие программные файлы Kincobuilder. На рисунке 10 показано внедрение пользователем своих шаблонов в программные файлы программы Kincobuilder с расширением файлов .ilp.

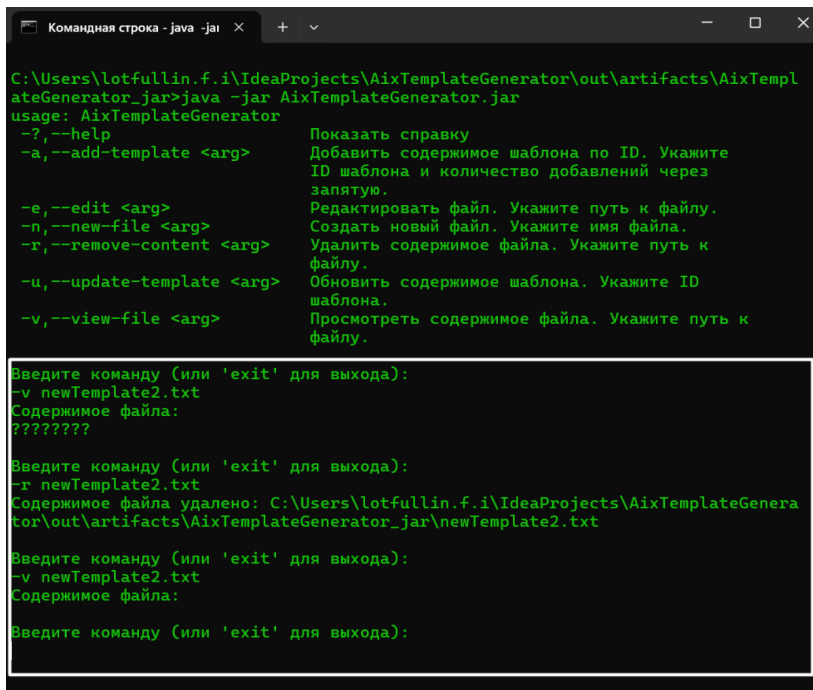


Рис. 9. Удаление содержимого файла с использованием флага -r

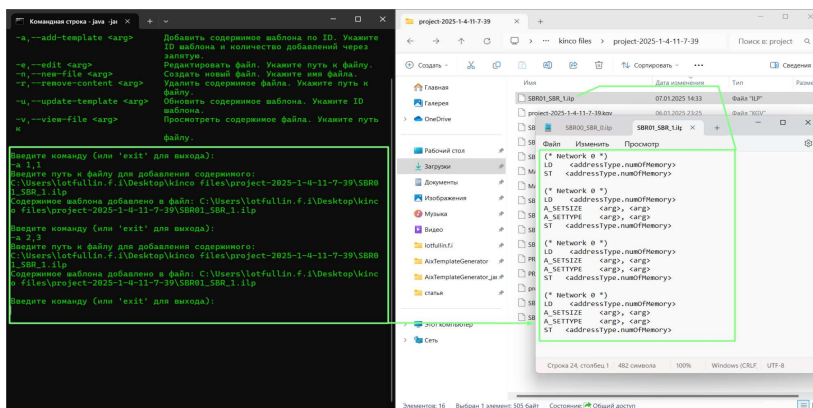


Рис. 10. Внедрение пользователем своих шаблонов кода в программные файлы, создаваемые средой разработки Kincobuilder

На рисунке 11 показан результат внедрения шаблонов кода в программные файлы программы Kincobuilder. В интегрированной среде разработки Kincobuilder создаются сети с логикой, которые были внедрены пользователем.

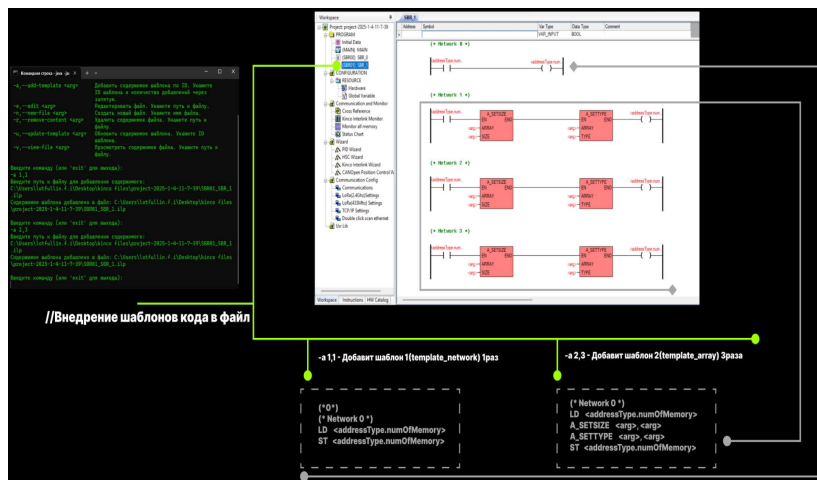


Рис. 11. Результат внедрения программных кодов в файлы Kincobuilder

Программа была структурирована для обеспечения удобства использования и лёгкости расширения. Например, добавление новых команд или поддержка дополнительных типов шаблонов может быть реализовано с минимальными изменениями в коде.

Таким образом, реализация программы охватывала весь спектр задач, связанных с автоматизацией рутинных процессов в KincoBuilder, и обеспечила удобный интерфейс для разработчиков.

Область применения

Программа может использоваться в следующих целях:

- в промышленной автоматизации - для стандартизации работы с шаблонами файлов;
- в образовательных целях - при обучении работе с шаблонами файлов и базами данных;

- в разработке ПО - для ускорения процесса создания одно-
типных программ.

Заключение

Созданная программа решает проблему автоматизации рутинных операций в KincoBuilder. Использование открытых инструментов, таких как Java и PostgreSQL, обеспечивает гибкость и расширяемость решения. Дальнейшее развитие может включать поддержку графического интерфейса пользователя, который позволяет взаимодействовать с программой через визуальные элементы, такие как окна, кнопки, меню и иконки для повышения удобства пользователей.

Список литературы

1. Бондаренко, И. С. (2019). *Базы данных: создание баз данных в среде SQL Server*. Лабораторный практикум. Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС». 39 с.
2. Линец, Г. И., & Братченко, Н. Ю. (2021). *Базы данных*. Учебник. Ставрополь: Изд-во СКФУ. 170 с.
3. Фиайли, К. (2023). *SQL. Руководство для использования с любыми SQL СУБД*. Учебное пособие (2-е изд.; пер. с англ. А. В. Хаванова). Москва: ДМК Пресс. 454 с.
4. Гайнанова, Р. Ш. (2019). *Разработка приложений в Visual C для работы с базой данных MS SQL SERVER 2012*. Учебно-методическое пособие. Казань: КНИТУ. 84 с.
5. Ёсу, М. (2021). *Принципы организации распределенных баз данных*. Учебник (пер. с англ. А. А. Слинкина). Москва: ДМК Пресс. 672 с.
6. Харрингтон, Д. (2023). *Проектирование объектно-ориентированных баз данных*. Практическое руководство (2-е изд.; пер. с англ. А. А. Слинкина). Москва: ДМК Пресс. 273 с.
7. Льюис, Д. (2023). *Ядро Oracle. Внутреннее устройство для администраторов и разработчиков баз данных*. Практическое ру-

- ководство (2-е изд.; пер. с англ. А. Н. Киселева). Москва: ДМК Пресс. 373 с.
8. Мартишин, С. А., Симонов, В. Л., & Храпченко, М. В. (2024). *Базы данных. Практическое применение СУБД SQL и NoSQL типа для проектирования информационных систем*. Учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М. 368 с.
 9. Мартишин, С. А., Симонов, В. Л., & Храпченко, М. В. (2022). *Базы данных: проектирование и разработка информационных систем с использованием СУБД MySQL и языка Go*. Учебное пособие. Москва: ИНФРА-М. 325 с. <https://doi.org/10.12737/1830834>
 10. Митин, А. И. (2020). *Работа с базами данных Microsoft SQL Server: сценарии практических занятий*. Учебно-методическое пособие. Москва: Директ-Медиа. 143 с.
 11. Amin Al Ka'bi. (2021). Management of energy consumption using programmable logic controllers (PLCs). *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(3), 267–272. <https://doi.org/10.24874/pes03.03.003>
 12. Walters III, E. G., & Bryla, E. J. (2016). The impact of PLC program architecture on production line efficiency: Case study of a control system rewrite. *Machines*, 4(2), 13. <https://doi.org/10.3390/machines4020013>
 13. Martin A. Sehr et al. (2024). Programmable Logic Controllers in the context of industry 4.0. *IEEE Journals & Magazine*. Получено с <https://ieeexplore.ieee.org/document/9134804>
 14. Tiago Cruz et al. (2024). Virtualizing Programmable Logic Controllers: toward a convergent approach. *IEEE Journals & Magazine*. Получено с <https://ieeexplore.ieee.org/document/7564414>
 15. Zheng Yang et al. (2021). PLCrypto: A symmetric cryptographic library for programmable logic controllers. *IACR Transactions on Symmetric Cryptology*, 2021(3), 170–217. <https://doi.org/10.46586/tosc.v2021.i3.170-217>

References

1. Bondarenko, I. S. (2019). *Databases: Creating databases in SQL Server environment*. Laboratory manual. Moscow: MISiS Publishing House. 39 p.

2. Linec, G. I., & Bratchenko, N. Y. (2021). *Databases*. Stavropol: SKFU Publishing House. 170 pp.
3. Fiayli, K. (2023). *SQL: User Guide for Any SQL DBMS* (2nd ed.; translated by A. V. Khavanov). Moscow: DMK Press. 454 p.
4. Gainanova, R. Sh. (2019). *Application Development in Visual C++ for Working with MS SQL Server 2012 Database*. Tutorial. Kazan: KNI-TU. 84 p.
5. Yo, M. (2021). *Principles of Distributed Database Organization* (translated by A. A. Slinkin). Moscow: DMK Press. 672 p.
6. Harrington, D. (2023). *Object-Oriented Database Design: Practical Guide* (2nd ed.; translated by A. A. Slinkin). Moscow: DMK Press. 273 p.
7. Lewis, D. (2023). *Oracle Kernel: Internal Workings for DBAs and Developers* (2nd ed.; translated by A. N. Kiselev). Moscow: DMK Press. 373 p.
8. Martishin, S. A., Simonov, V. L., & Khrapchenko, M. V. (2024). *Databases: Practical Application of SQL and NoSQL DBMS for Information Systems Design*. Moscow: Forum INFRA-M. 368 p.
9. Martishin, S. A., Simonov, V. L., & Khrapchenko, M. V. (2022). *Databases: Design and Development of Information Systems Using MySQL DBMS and Go Programming Language*. Moscow: INFRA-M. 325 pp. <https://doi.org/10.12737/1830834>
10. Mitin, A. I. (2020). *Working with Microsoft SQL Server Databases: Practical Exercise Scenarios*. Moscow: Direct-Media. 143 p.
11. Amin Al Ka'bi. (2021). Management of energy consumption using programmable logic controllers (PLCs). *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(3), 267–272. <https://doi.org/10.24874/pes03.03.003>
12. Walters III, E. G., & Bryla, E. J. (2016). The impact of PLC program architecture on production line efficiency: Case study of a control system rewrite. *Machines*, 4(2), 13. <https://doi.org/10.3390/machines4020013>
13. Martin A. Sehr et al. (2024). Programmable Logic Controllers in the context of Industry 4.0. *IEEE Journals & Magazine*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9134804>

14. Tiago Cruz et al. (2024). Virtualizing Programmable Logic Controllers: toward a convergent approach. *IEEE Journals & Magazine*. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/document/7564414>
15. Zheng Yang et al. (2021). PLCrypto: A symmetric cryptographic library for programmable logic controllers. *IACR Transactions on Symmetric Cryptology*, 2021(3), 170–217. <https://doi.org/10.46586/tosc.v2021.i3.170-217>

ВКЛАД АВТОРОВ

Гареева Г.А.: разработка программы шаблонизатора для автоматизации управления данными, обработка результатов исследований.

Файзуллина А.Г.: формулирование основных направлений исследования, разработка теоретических предпосылок, формирование общих выводов.

Мирсаитова А.А.: проведение сбора данных, подготовка начального варианта статьи.

Аглямova З.Ш.: научное редактирование текста статьи и окончательное утверждение версии для публикации.

Закирова Н.Р.: анализ и интерпретация полученных данных, литературный анализ.

AUTHORS CONTRIBUTION

Gulnara A. Gareeva: development of the templateizer program for automation of data management, processing of research results.

Aigul G. Faizullina: formulation of the main directions of the research, development of theoretical assumptions, formation of general conclusions.

Asiya A. Mirsaitova: carrying out data collection, preparation of the initial version of the article.

Zulfina Sh. Aglyamova: scientific editing of the text of the article and final approval of the version for publication.

Nuriya R. Zakirova: analysis and interpretation of the obtained data, literary analysis.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Гареева Гульнара Альбертовна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ
ул. Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814, Российская Федерация
gagareeva1977@mail.ru

Файзуллина Айгуль Гинатулловна, старший преподаватель кафедры бизнес-информатики и математических методов в экономике
Казанский федеральный университет Набережночелнинский институт
проспект Мира, 68/19, г. Набережные Челны 423812, Российская Федерация
dlya_pisem_t@mail.ru

Мирсаитова Асия Акмалетдиновна, старший преподаватель кафедры высшей математики и информационных технологий
Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова пр. Московский, 67, г. Набережные Челны, 423822, Российская Федерация
a230864m@yandex.ru

Аглямova Зульфина Шамилевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры высшей математики, моделирования и анализа данных
Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова пр. Московский, 67, г. Набережные Челны, 423822, Российская Федерация
aglamova@chl.ieml.ru

Закирова Нурия Ришатовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной математики
Набережночелнинский государственный педагогический университет
ул. Им. Низаметдинова Р.М., 28, г. Набережные Челны,
423806, Российская Федерация
smile-nuriya@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Gulnara A. Gareeva, Candidate of Pedagogical sciences, Associate professor, Head of the Department of Information Systems
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI
1, Akademika Koroleva Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Russian Federation
gagareeva1977@mail.ru
SPIN-code: 3279-8465
Scopus Author ID: 36801593200
ResearcherID: M-1728-2015
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8539-4541>

Aigul G. Faizullina, Senior Lecturer of the Department of Business Informatics and Mathematical Methods in Economics
Kazan Federal University Naberezhnochelninsk Institute
68/19 Prospekt Mira, Naberezhnye Chelny 423812, Russian Federation
dlya_pisem_t@mail.ru

Asiya A. Mirsaitova, Senior Lecturer, Department of Higher Mathematics and Information Technologies
Kazan Innovation University named after V.G. Timiryasov
67, Moskovsky Ave., Naberezhnye Chelny, 423822, Russian Federation
a230864m@yandex.ru

Zulfina Sh. Aglyamova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, Modeling and Data Analysis

*Kazan Innovation University named after V.G. Timiryasov
67, Moskovsky Ave., Naberezhnye Chelny, 423822, Russian Federation*

aglamova@chl.ieml.ru

Nuriya R. Zakirova, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Informatics and Computational Mathematics

*Naberezhnochelninsk State Pedagogical University
Im. Nizametdinov R.M. Str., 28, Naberezhnye Chelny, 423806,
Russian Federation*

smile-nuriya@yandex.ru

Поступила 05.02.2025

После рецензирования 01.03.2025

Принята 03.03.2025

Received 05.02.2025

Revised 01.03.2025

Accepted 03.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-349

EDN: YPPJIO

УДК 519.685/164



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ

А.А. Ефимов, К.С. Медведева

Аннотация

Обоснование. Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) представляют собой одну из наиболее значимых и актуальных тем в области современного транспорта и логистики. В условиях стремительного роста городского населения, увеличения объемов грузоперевозок и постоянного роста числа автомобилей на дорогах, необходимость в эффективных и надежных транспортных решениях становится все более очевидной. ИТС, как комплекс технологий и методов, направленных на оптимизацию транспортных процессов, способны значительно повысить эффективность функционирования транспортных систем, улучшить безопасность дорожного движения и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Цель – комплексное исследование интеллектуальных транспортных систем, их эффективности, проблем и перспектив, что позволит не только углубить понимание данной темы, но и внести вклад в развитие транспортной инфраструктуры.

Материалы и методы. Главный метод исследования – теоретический и практический. Статья базируется на комплексе источников, представленных нормативными правовыми актами, делопроизводством, статистическими и справочными материалами.

Результаты. В данной статье подробно рассмотрены интеллектуальные транспортные системы, которые представляют собой мощный инструмент для повышения эффективности и устойчивости транспортных

систем. Для их успешного внедрения потребуется комплексный подход, который учитывает все аспекты, включая экономические, экологические и социальные. Необходимо продолжать исследования в этой области, чтобы выявить новые возможности и решения, которые помогут преодолеть существующие проблемы и сделать транспортные системы более эффективными и безопасными для всех пользователей. Полученные данные могут быть эффективно использованы государственными органами и гражданами, что позволит ускорить внедрение ИТС в города России, создавая тем самым более устойчивое и безопасное будущее для всех.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы; безопасность; транспортная инфраструктура; оптимизация; автоматизация

Для цитирования. Ефимов, А. А., & Медведева, К. С. (2025). Интеллектуальные транспортные системы: перспективы, эффективность и проблемы. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 132–150. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-349>

Original article | Operation of Road Transport

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS: PROSPECTS, EFFECTIVENESS, AND CHALLENGES

A.A. Efimov, K.S. Medvedeva

Abstract

Background. Intelligent transport systems (ITS) represent one of the most significant and relevant topics in the field of modern transport and logistics. With the rapid growth of the urban population, an increase in freight traffic and a constant increase in the number of cars on the roads, the need for efficient and reliable transport solutions is becoming more and more obvious. ITS, as a set of technologies and methods aimed at optimizing transport processes, can significantly improve the efficiency of transport systems, improve road safety and reduce the negative impact on the environment.

Purpose – a comprehensive study of intelligent transport systems, their effectiveness, problems and prospects, which will not only deepen understanding of this topic, but also contribute to the development of transport infrastructure.

Materials and methods. The main research method is theoretical and practical. The article is based on a set of sources provided by regulatory legal acts, office work, statistical and reference materials.

Results. This article discusses in detail intelligent transport systems and artificial intelligence, which are a powerful tool for improving the efficiency and sustainability of transport systems. Their successful implementation will require an integrated approach that takes into account all aspects, including economic, environmental and social. It is necessary to continue research in this area in order to identify new opportunities and solutions that will help overcome existing problems and make transport systems more efficient and safer for all users. The data obtained can be effectively used by government agencies and citizens, which will accelerate the implementation of ITS in Russian cities, thereby creating a more sustainable and secure future for all.

Keywords: intelligent transport systems; security; transport infrastructure; optimization; automation

For citation. Efimov, A. A., & Medvedeva, K. S. (2025). Intelligent transportation systems: prospects, effectiveness, and challenges. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 132–150. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-349>

Введение

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) начали активно развиваться с 1980-х годов, когда ряд стран, включая США и Японию, начали внедрять новые технологии для управления транспортом и повышения безопасности. Япония, в частности, стала первой, вступив на путь активного применения ИТС в 1990-х годах. В то время как исследования в этой области начались еще в 1973 году, запуск системы VICS для информирования водите-

лей в Токио в 1995 году стал важной вехой в развитии технологий ИТС [2].

В 2003 году была принята стратегия, нацеленная на достижение нулевых потерь, нулевых задержек и обеспечение комфортных транспортных условий. Эта стратегия иллюстрирует подход Японии к комплексному решению транспортных проблем и улучшению качества жизни граждан, ставя акцент на инновации и высокие технологии [1].

Европейская комиссия также активно вовлеклась в разработку ИТС, обеспечив соответствующие концепции и рекомендации для стран-членов. В современных условиях выделяются три ключевых центра разработки ИТС, которые отличаются активностью и объемами внедряемых решений. Глобальные продажи продукции и услуг в области ИТС достигают значительных объемов, составляя более 400 миллиардов долларов к 2018 году. Европейский рынок, в свою очередь, оценивается в диапазоне 100-130 миллиардов евро [5].

Основные элементы ИТС включают детекторы транспортного потока, информационные табло, дорожные видеокamеры, средства автоматической фиксации нарушений, электронные средства оплаты проезда, умные светофоры, автоматизированное управление освещением и центр управления, который объединяет все компоненты.

Видеокamеры высокого разрешения позволяют контролировать дорожный поток, распознавать номера автомобилей, отслеживать движущиеся объекты и фиксировать нарушения. Этот элемент помогает управлять транспортными потоками, что снижает уровень загрязнения воздуха и окрестных территорий. Информация о дорожных происшествиях в реальном времени ускоряет их устранение и уменьшает вероятность заторов, тем самым снижая вредные выбросы.

Умные светофоры регулируют движение на основе данных, поступающих от других элементов системы, увеличивая пропускную

способность дорог и предотвращая заторы. Детекторы транспортного потока фиксируют присутствие или прохождение транспортных средств, подсчитывая их количество и интенсивность потока, что необходимо для регулирования движения.

Транспондеры, устанавливаемые на лобовом стекле автомобиля, позволяют безостановочно передвигаться по платным дорогам, уменьшив время в пути и, соответственно, объемы выбросов загрязняющих веществ. Информационные табло оповещают водителей о текущей ситуации на дорогах, способствуя перераспределению транспортных потоков и уменьшению заторов.

Автоматизированное управление освещением принимает решения на основе данных от различных датчиков и других элементов ИТС, оптимизируя потребление электроэнергии, что положительно влияет на экологическую обстановку. Средства автоматической фиксации нарушений стимулируют водителей соблюдать правила дорожного движения, предотвращая ДТП и улучшая экологическую безопасность.

Эти технологии помогают оптимизировать транспортные потоки, снижая количество ДТП и повышая эффективность использования инфраструктуры. Эффективность ИТС неоднократно подтверждалась на уровне международной практики, где внедрение цифровых технологий привело к значительному улучшению управления дорожным движением, что было особенно заметно в условиях роста автомобильного потока в крупных городах [4].

Одним из основных достижений является внедрение решений, способствующих формированию «зеленой волны» и минимизации времени ожидания. Например, системы автоматического управления светофорами адаптируются к текущим условиям на дорогах, обеспечивая более плавное и безопасное движение, что особенно актуально в час пик. Такие достижения помогают не только улучшить безопасность на дорогах, но и существенно сократить негативное воздействие на окружающую среду за счет снижения выбросов углекислого газа [3].

Внедрение ИТС также несет в себе ряд трудностей. Необходимость в значительных финансовых вложениях, а также сложность интеграции существующих транспортных систем с новыми технологиями вызывают опасения у многих государственных структур и частных компаний. Это может тормозить процесс внедрения технологий и привести к разобщению в рамках транспортных систем на уровне отдельных регионов и стран [5].

Тем не менее, с развитием технологий и ростом интереса к облачным решениям, перспективы ИТС остаются многообещающими. Интеграция облачных технологий и ИТ решений открывает новые горизонты для оптимизации имеющихся систем и повышения их эффективности [3]. Совместная работа с государственными учреждениями и частными компаниями может привести к созданию более эффективной и безопасной транспортной инфраструктуры, которая станет основой для создания «умных» городов будущего [5].

Преимущества и недостатки внедрения ИТС

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) представляют собой мощный инструмент для модернизации и оптимизации транспортной инфраструктуры. Отраслевая природа ИТС позволяет планировать и внедрять решения, которые влияют на всех участников транспортного процесса: от водителей до операторов. На фоне глобализации и увеличения численности населения, использование таких систем становится все более актуальным, а их внедрение требует комплексного подхода.

Одним из основных преимуществ ИТС является повышение эффективности транспортных потоков. Оптимизация маршрутов, адаптивное управление светофорами и использование данных в реальном времени позволяют значительно сократить время в пути и уменьшить количество пробок. Это, в свою очередь, содействует снижению уровня выбросов углекислого газа, что положительно сказывается на экологии города [6]. Повышение безопасности

также является важным аспектом внедрения ИТС. Использование систем, способных передавать информацию о дорожной обстановке и событиях на трассе, помогает предупреждать ДТП и минимизировать травмы.

Внедрение ИТС не обходит стороной и ряд проблем. Ключевым вопросом, стоящим перед многими регионами, являются высокие финансовые затраты на разработку и реализацию таких систем. В условиях ограниченного бюджета, многие муниципалитеты могут столкнуться с необходимостью принятия сложных решений по приоритетам финансирования [7]. Адаптация существующей инфраструктуры к ИТС также требует значительных усилий, начиная от обновления оборудования и заканчивая внедрением новых рабочих процессов.

Не менее важный аспект – это вопрос конфиденциальности данных. В условиях, когда ИТС активно собирают и обрабатывают информацию о передвижениях граждан, возникает опасение за защиту личной информации. Кроме того, доступ к ИТС может быть ограничен для определенных социальных групп, что усиливает социальное неравенство [8].

Таким образом, несмотря на возможность достижения значительных экономических и социальных выигрышей, необходимо тщательно продумывать стратегии интеграции ИТС. Ключевые аспекты успешного перехода заключаются в пересмотре законодательных норм, формировании единых стандартов для всех участников процесса, а также в создании эффективных механизмов взаимодействия между государственными и частными структурами [9].

В перспективах развития весьма важно учесть как положительные моменты, так и возникающие вызовы. Система ИТС должна быть построена таким образом, чтобы обеспечивать не только оптимизацию транспортных потоков, но и доступность для всех слоев населения. Применение инновационных технологий и активное сотрудничество между заинтересованными сторонами мо-

жет привести к успешной реализации проектов ИТС, которые будут адаптироваться к изменяющимся условиям и сохранять свою функциональность в будущем.

В заключение, высокий уровень автоматизации и интеграции ИТ-систем в транспортную инфраструктуру ставит перед нами множество перспектив и стандартов в развивающейся урбанистической среде. Для того чтобы достичь ожидаемых результатов, необходимо детально планировать все этапы внедрения, учитывая как преимущества, так и недочеты существующих подходов. Умное управление транспортом – это не только задача технологического прогресса, но и комплексный вызов, требующий внимательного анализа и стратегического подхода [10].

По данным на 2024 год, внедрение интеллектуальных транспортных систем происходит в 62 городских агломерациях на территории 56 субъектов страны. Мероприятия проводятся в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги», где сосредоточены основные транспортные и экономические потоки. Это дает возможность оценить влияние таких технологий на занятость, её изменение и адаптацию.

Экономическое влияние ИТС

Одним из основных факторов, влияющих на создание новых рабочих мест, является увеличение эффективности транспортного обслуживания. Исследования показывают, что ИТС в состоянии сократить время в пути и уменьшить затраты на топливо, что позволяет транспортным компаниям сократить расходы и одновременно увеличить производительность [11]. Улучшение качества транспортного потока может привести не только к повышению эффективности, но и к необходимости в новых квалифицированных кадрах, которые смогут управлять и обслуживать системы, основанные на новых технологиях.

Процесс внедрения ИТС не лишен и негативных аспектов, связанных с потенциальными сокращениями рабочих мест. Автома-

тизация некоторых процессов, таких как диспетчеризация и мониторинг транспортных потоков, может привести к сокращению ряда позиций, требующих низкой квалификации. Важно понимать, что данное изменение не подразумевает неизбежное сокращение числа работающих, а требует от системы управления адаптации и переобучения сотрудников [12].

В странах с развитыми экономиками наблюдается положительный эффект от ИТС, связанный с созданием рабочих мест в новых сферах, таких как IT-технологии, аналитика данных и облачные сервисы. Если на старой экономике автоматизация может привести к потерям рабочих мест, что наблюдается в некоторых отраслях, то в новых условиях взаимодействия ИТС и рынка труда открываются перспективы для создания новых специальностей и роста спроса на квалифицированные кадры, что, в свою очередь, может привести к экономическому росту [13].

Для России становится важным не только внедрение инновационных технологий, но и создание такой педагогической среды, которая будет поддерживать необходимую квалификацию будущих специалистов в сфере ИТС. В конечном итоге это будет способствовать не только повышению качества и безопасности транспорта, но и созданию новых рабочих мест, что, собственно, является важным аспектом социально-экономического развития [11-13].

Результаты и обсуждение

В процессе внедрения интеллектуальных транспортных систем в России наблюдается множество сложности, обусловленных как техническими, так и организационными факторами. Одна из основополагающих проблем заключается в недостаточной интеграции новых технологий с существующими транспортными системами. Часто для успешного функционирования ИТС необходимо пересмотреть старые подходы и обновить инфраструктуру, что требует значительных финансовых инвестиций и согласованных действий на различных уровнях управления [16].

Ключевыми элементами успешного внедрения ИТС также становятся постоянный анализ текущих проблем транспортного движения и развитие долгосрочных стратегий по оптимизации работы городской инфраструктуры. Важно не только разработать саму систему, но и изучить, как она будет взаимодействовать с другими компонентами городской транспортной сети. Необходима комплексная оценка влияния различных факторов на эффективность ИТС [16].

Настоящие вызовы требуют тщательного подхода к управлению изменениями в транспортной отрасли. Это подразумевает создание прочной базы для сбора и анализа данных о транспортных потоках, что позволяет оптимизировать маршруты и тем самым повысить общую эффективность использования автомобильного транспорта [18]. Эффективные системы мониторинга помогают не только выявить места с высокой вероятностью возникновения пробок или аварий, но и оптимизировать работу других транспортных средств.

В конечном итоге, успешное внедрение ИТС в России требует комплексного и сбалансированного подхода к стратегическому планированию транспортной политики. Это включает в себя пересмотр существующих услуг, которые обеспечивают удовлетворение потребностей пользователей, и предостерегает от избыточной бюрократии, которая может замедлять внедрение [19].

Интеграция облачных технологий в ИТС

Инновационные технологии становятся неотъемлемой частью жизни, затрагивая и дорожную отрасль. Так, искусственный интеллект используется в исследованиях для повышения безопасности беспилотных транспортных средств. Это позволяет сделать алгоритмы и передовые методы моделирования, использующиеся для генерации данных датчиков, которые имитируют различные условия и объекты, например, пешеходов, автомобили или велосипеды. Кроме того, его можно использовать для формирования раз-

личных сценариев: летом тестировать работу в зимних условиях и наоборот. Многие датчики, предоставляющие данные для центрального компьютера автомобиля, нуждаются в искусственном интеллекте, интеллектуальных алгоритмах и машинном обучении для обработки информации. Это приведет к более безопасному и экономному движению беспилотного транспортного средства. Массовое внедрение ИТС, к которому планируется прийти в перспективе, повлияет не только на экономику, но и на общественную жизнь и культуру, считает специалист.

Облачные технологии становятся основой для продвижения интеллектуальных транспортных систем, что рассматривается как вектор для создания более эффективных и динамичных транспортных решений. Эти технологии обеспечивают возможности для анализа больших данных, а также для взаимодействия различных систем, позволяя достигать значительных улучшений в сфере управления транспортными потоками [20]. В рамках ИТС облачные решения предлагают мощные инструменты для оптимизации логистических процессов, включая управление автопарками и автоматизацию транспортных операций, что приводит к снижению затрат и повышению качества обслуживания клиентов [21].

Современные реалии требуют от общественного транспорта повышения уровня надежности и эффективности, особенно в условиях стремительной урбанизации. ИТС с применением облачных технологии, которые позволяют получать данные в реальном времени и производить их анализ, что может значительно улучшить оперативность реагирования на изменения в транспортной ситуации [22]. Например, применение облачных систем может содействовать эффективному маршрутизации автобусов, снижая время ожидания для пассажиров и оптимизируя расход топлива.

Применение ИТС в сочетании с облачными технологиями позволяет также разрабатывать решения, которые поддерживают устойчивое развитие и характерные аспекты зеленого транспорта. Прогнозирование трафика и автоматизированное обнаружение не-

счастливых случаев позволяет не только повысить безопасность на дороге, но и значительно сократить выбросы углерода от транспортных средств. Управление временными окнами загрузки и ресурсоемкость становятся гораздо более управляемыми, что положительно сказывается на экологии вокруг городов [21].

К тому же, использование облачных технологий делает возможным внедрение концепции «умного города», где настало время получать мгновенный анализ данных для управления инфраструктурой. Это открывает новые горизонты для создания совместных платформ, которые могут объединить работы систем общественного транспорта и индивидуальных транспортных средств в условиях городов с высокой плотностью населения. Таким образом, облачные технологии становятся не только инструментом для повышения эффективности, но и катализатором для изменений в подходах к урбанистике и логистике.

С точки зрения будущих направлений развития, крайне важно, чтобы интеграция облачных технологий в ИТС была направлена на развитие всего спектра услуг, предоставляемых различными операторами. Это в свою очередь позволяет создавать более инклюзивные и доступные транспортные решения, которые отвечают потребностям всех участников дорожного движения. Исходя из текущих трендов, следующие шаги в интеграции облака могут сосредоточиться на расширении возможностей для непосредственного взаимодействия между пользователями и транспортными системами.

Перспективы развития ИТС

Развитие интеллектуальных транспортных систем представляет собой одну из основных задач, стоящих перед транспортной инфраструктурой современного общества. К 2035 году ожидается существенный прогресс в этой области как в России, так и за рубежом. Исторически сложилось так, что ИТС начали развиваться еще в 1980-х годах, и с тех пор наблюдается их значительная эволюция,

охватывающая целый ряд технологий и решений. По информации на март 2025 года, 25 городских агломераций (26 городов) достигли первого уровня зрелости интеллектуальной транспортной системы, из них 10 — досрочно. Красноярская, Пермская, Казанская и Тюменская агломерации вышли уже на второй уровень.

С 2020 года в России внедряют ИТС в рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги». В 2024 году системы устанавливают в 62 городских агломерациях 56 субъектов страны. За период с 2020 по 2024 годы из федерального бюджета регионам выделили более 22 млрд рублей.

С 2025 года реализация мероприятий по внедрению ИТС продолжится в рамках нового национального проекта — «Инфраструктура для жизни».

Среди приоритетных задач, решаемых в рамках развития ИТС, выделяются: оптимизация дорожного движения, улучшающая экологическую обстановку и сокращающая вероятность ДТП. Это решение напрямую влияет на качество городской жизни, создавая основу для устойчивого развития. Разработка и внедрение ИТС осуществляется с учетом множества факторов, включая экономическую целесообразность, требования безопасности и экологические нормы. В связи с этим, создание централизованных систем мониторинга и управления, способствующих оперативному реагированию на изменения в дорожной ситуации, определяется как одна из важнейших перспектив ИТС-систем.

Заключение

Интеллектуальные транспортные системы представляют собой важный шаг вперед в развитии транспортной инфраструктуры, обеспечивая более эффективное, безопасное и устойчивое передвижение людей и грузов. В ходе нашего исследования мы рассмотрели множество аспектов, связанных с внедрением и функционированием ИТС, и пришли к выводам, которые подчеркивают как их потенциал, так и существующие проблемы.

В заключение, интеллектуальные транспортные системы представляют собой мощный инструмент для повышения эффективности и устойчивости транспортных систем. Однако их успешное внедрение требует комплексного подхода, который учитывает все аспекты, включая экономические, экологические и социальные. Необходимо продолжать исследования в этой области, чтобы выявить новые возможности и решения, которые помогут преодолеть существующие проблемы и сделать транспортные системы более эффективными и безопасными для всех пользователей. Важно, чтобы все заинтересованные стороны – от государственных органов до частного сектора и граждан – работали вместе для достижения этой цели, создавая тем самым более устойчивое и безопасное будущее для всех.

Информация о спонсорстве. Данное исследование выполнено за счет средств ФГБОУ ВО «СибГИУ», договор №123/2025/УНИ от 07.04.2025.

Список литературы

1. Развитие интеллектуальных транспортных систем. Получено с https://spravochnick.ru/logistika/razvitie_intellektualnyh_transportnyh_sistem/
2. История развития интеллектуальных транспортных систем. Получено с <https://its.ctfind.com/news/5>
3. История развития и будущие тенденции ИТС. Статья НТЦ КСМ. (2024). Получено с <https://ntc-ksm.ru/istoriya-razvitiya-i-budushhie-tendenczii-its-09-07-2024/>
4. Токарев, А. (2021). Как интеллектуальные транспортные системы изменят российские города. Получено с <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/cmrm/61ade61e9a794742054cb6d1>
5. Ледяев, А. А. (2018). Мировой опыт развития интеллектуальных транспортных систем. *Экономика и социум*, (6), 1527–1529.
6. Преимущества и недостатки распределённых интеллектуальных транспортных систем. Получено с <https://meridian-journal.ru/site/article8589/>

7. Что такое умный транспорт, его преимущества и недостатки. Получено с https://dzen.ru/a/zaauzgtgqcztsb_m
8. Интеллектуальные транспортные системы: обзор и перспективы. Получено с https://nvjournal.ru/article/intellektualnye_transportnye_sistemy_obzor_i_perspektivy/
9. Интеллектуальные транспортные системы: проблемы и решения. Получено с <https://www.itsjournal.ru/articles/digital-region/intellektualnye-transportnye-sistemy-problemy-i-resheniya/>
10. Интеллектуальные транспортные системы – что это такое и как они работают. Получено с <https://digitalocean.ru/n/intellektualnye-transportnye-sistemy>
11. Влияние применения интеллектуальных транспортных систем на экономику региона. Получено с <https://moluch.ru/conf/econ/archive/266/14265/>
12. Гребенкина, С. А., Гребенкина, И. А., & Благодир, А. Л. (2020). Интеллектуальные транспортные системы как фактор социально-экономического развития. *Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки*, (2), 317–329. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.2.23>
13. Оценка экономического эффекта от внедрения интеллектуальных транспортных систем. Получено с <https://e-koncept.ru/2015/95577.htm>
14. Александрова, У. А., Костянов, М. С., & Кукарцев, В. В. (2011). Проблемы внедрения интеллектуальной транспортной системы в России. *Решетневские чтения*, (15), 600–601.
15. Что мешает развитию интеллектуальной транспортной системы в России. (2021). Получено с <https://www.avtovzglyad.ru/obshestvo/dorogi/2021-04-29-chto-meshaet-razvitiyu-intellektualnoj-transportnoj-sisteme-v-rossii/>
16. Интеллектуальные транспортные системы: учебное пособие. Получено с https://lib.rgups.ru/site/assets/files/5549/intellektualnye_transportnye_sistemy-1.pdf
17. Сапрыкин, О. Н., Сапрыкина, О. В., & Федосеев, А. А. (2015). Архитектура интеллектуальной транспортной системы на основе

технологий облачных вычислений. *Известия Самарского научного центра РАН*, (2-5), 1109–1113.

18. Облачные технологии в логистике, облачные сервисы для интеллектуальных систем. Получено с <https://k2.cloud/blog/expert-opinion/oblaka-zavoevyvayut-logistiku/>
19. Интеллектуальные системы общественного транспорта будущего. Получено с <https://www.iris-sensing.com/ru/news/article/intellektualnye-sistemy-obshchestvennogo-transporta-budushchee-sistemy-obshchestvennogo-transporta/>
20. Интеллектуальные транспортные системы в регионах: эффективность, безопасность, перспективы. Получено с <https://www.itsjournal.ru/articles/digital-region/intellektualnye-transportnye-sistemy-v-nbsp-regionakh-effektivnost-bezopasnost-perspektivy/>
21. Интеллектуальные транспортные системы: перспективы развития. Получено с <https://moluch.ru/archive/292/66166/>
22. Жаков, В. В., & Зейналова, Г. А. К. (2021). Экономические перспективы реализации городских интеллектуальных транспортных систем. *Национальная ассоциация ученых*, 3(36), 20–24. <https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2021.3.63.371>

References

1. *Razvitie intellektual'nykh transportnykh sistem* [Development of intelligent transport systems]. Retrieved from https://spravochnik.ru/logistika/razvitie_intellektualnyh_transportnyh_sistem
2. *Istoriia razvitiia intellektual'nykh transportnykh sistem* [History of intelligent transport systems development]. Retrieved from <https://its.ct-find.com/news/5>
3. *Istoriia razvitiia i budushchie tendentsii ITS* [History of development and future trends of ITS]. NTs KS&M article. (2024). Retrieved from <https://ntc-ksm.ru/istoriya-razvitiya-i-budushhie-tendenczii-its-09-07-2024>
4. Tokarev, A. (2021). *Kak intellektual'nye transportnye sistemy izmeni-at rossiiskie goroda* [How intelligent transport systems will transform Russian cities]. Retrieved from <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/cmrm/61ade61e9a794742054cb6d1>

5. Ledyayev, A. A. (2018). Global experience in the development of intelligent transport systems. *Economics and Society*, (6), 1527–1529.
6. *Preimushchestva i nedostatki raspredelennykh intellektual'nykh transportnykh sistem* [Advantages and disadvantages of distributed intelligent transport systems]. Retrieved from <https://meridian-journal.ru/site/article8589>
7. *Chto takoe umnyi transport ego preimushchestva i nedostatki* [What is smart transport, its advantages and disadvantages]. Retrieved from https://dzen.ru/a/zaauzgtgqcztb_m
8. *Intellektual'nye transportnye sistemy: obzor i perspektivy* [Intelligent transport systems: review and prospects]. Retrieved from https://nvjournal.ru/article/intellektualnye_transportnye_sistemy_obzor_i_perspektivy
9. *Intellektual'nye transportnye sistemy: problemy i resheniia* [Intelligent transport systems: problems and solutions]. Retrieved from <https://www.itsjournal.ru/articles/digital-region/intellektualnye-transportnye-sistemy-problemy-i-nbsp-resheniya>
10. *Intellektual'nye transportnye sistemy – chto eto takoe i kak oni rabotaiut* [Intelligent transport systems – what they are and how they work]. Retrieved from <https://digitalocean.ru/n/intellektualnye-transportnye-sistemy>
11. *Vliianie primeneniia intellektual'nykh transportnykh sistem na ekonomiku regiona* [Impact of intelligent transport systems application on regional economy]. Retrieved from <https://moluch.ru/conf/econ/archive/266/14265>
12. Grebenkina, S. A., Grebenkina, I. A., & Blagodir, A. L. (2020). Intelligent transport systems as a factor of socio-economic development. *PNIPU Bulletin. Social and Economic Sciences*, (2), 317–329. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.2.23>
13. *Ocenka ekonomicheskogo effekta ot vnedreniia intellektual'nykh transportnykh sistem* [Evaluation of economic effect from implementing intelligent transport systems]. Retrieved from <https://e-koncept.ru/2015/95577.htm>
14. Aleksandrova, U. A., Kostianov, M. S., & Kukartsev, V. V. (2011). Problems of introducing intelligent transport system in Russia. *Reshetnev Readings*, (15), 600–601.

15. *Chto meshaiet razvitiuu intellektual'noi transportnoi sistemy v Rossii* [What hinders the development of intelligent transport system in Russia]. (2021). Retrieved from <https://www.avtovzglyad.ru/obshchestvo/dorogi/2021-04-29-ch-to-meshaet-razvitiyu-intellektualnoj-transportnoj-sisteme-v-rossii>
16. *Intellektual'nye transportnye sistemy: uchebnoe posobie* [Intelligent transport systems: textbook]. Retrieved from https://lib.rgups.ru/site/assets/files/5549/intellektual_nye_transportnye_sistemy-1.pdf
17. Saprykin, O. N., Saprykina, O. V., & Fedoseev, A. A. (2015). Architecture of intelligent transport system based on cloud computing technologies. *Izvestia of Samara Scientific Centre of RAS*, (2-5), 1109–1113.
18. *Oblachnye tekhnologii v logistike, oblachnye servisy dlia intellektual'nykh sistem* [Cloud technologies in logistics, cloud services for intelligent systems]. Retrieved from <https://k2.cloud/blog/expert-opinion/oblaka-zavoeyvayut-logistiku>
19. *Intellektual'nye sistemy obshchestvennogo transporta budushchego* [Future intelligent public transport systems]. Retrieved from <https://www.iris-sensing.com/ru/news/article/intellektualnye-sistemy-obshchestvennogo-transporta-budushchee-sistemy-obshchestvennogo-transporta>
20. *Intellektual'nye transportnye sistemy v regionakh: effektivnost', bezopasnost', perspektivy* [Intelligent transport systems in regions: efficiency, safety, prospects]. Retrieved from <https://www.itsjournal.ru/articles/digital-region/intellektualnye-transportnye-sistemy-v-nbsp-regionakh-effektivnost-bezopasnost-perspektivy>
21. *Intellektual'nye transportnye sistemy: perspektivy razvitiia* [Intelligent transport systems: development prospects]. Retrieved from <https://moluch.ru/archive/292/66166>
22. Zhakov, V. V., & Zeinalova, G. A. K. (2021). Economic prospects of implementing urban intelligent transport systems. *National Association of Scientists*, 3(36), 20–24. <https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2021.3.63.371>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Ефимов Арсений Андреевич, студент магистратуры кафедры механики и машиностроения

*Сибирский государственный индустриальный университет
ул. Кирова, 42, г. Новокузнецк, 654007, Российская Феде-
рация
arsyuxa.efimov@mail.ru*

Медведева Ксения Сергеевна, кандидат технических наук, до-
цент кафедры транспорта и логистики
*Сибирский государственный индустриальный университет
ул. Кирова, 42, г. Новокузнецк, 654007, Российская Феде-
рация
kseniamedvedeva17@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Arseniy A. Efimov, Graduate Student of the Department of Mechanics
and Mechanical Engineering
*Siberian State Industrial University
42, Kirova Str., Novokuznetsk, 654007, Russian Federation
arsyuxa.efimov@mail.ru
SPIN-code: 7941-1023
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3811-6604>*

Kseniya S. Medvedeva, Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of Transport and Logistics
*Siberian State Industrial University
42, Kirova Str., Novokuznetsk, 654007, Russian Federation
kseniamedvedeva17@gmail.com
SPIN-code: 9541-5492
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6712-7140>
ResearcherID: MSZ-5684-2025
Scopus Author ID: 57200730581*

Поступила 01.03.2025
После рецензирования 15.03.2025
Принята 23.03.2025

Received 01.03.2025
Revised 15.03.2025
Accepted 23.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-354

EDN: NVUBDZ

УДК 656.022.42



Научная статья | Управление процессами перевозок

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ЗАПРОСАМ ПАССАЖИРОВ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ С НИЗКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

С.С. Титова, А.В. Остроух

Аннотация

Обоснование. Организация маршрутов общественного транспорта по индивидуальным запросам пассажиров (on-demand маршрутов) на автобусах малого класса в населенных пунктах с низкой плотностью населения становится актуальной задачей в связи с необходимостью повышения эффективности транспортных систем в условиях ограниченных финансовых и материальных ресурсов. Традиционные схемы регулярных маршрутов зачастую оказываются нерентабельными и недостаточно удобными для жителей таких территорий, что приводит к снижению уровня транспортной доступности и ухудшению качества жизни населения. Современные технологии и математическое моделирование позволяют разработать гибкие и экономичные решения, способные адаптироваться к особенностям низкоплотностных регионов и минимизировать затраты на организацию транспортных услуг.

Необходимость оптимизации транспортных потоков приобретает особую значимость в свете глобальных тенденций устойчивого развития и экологичности. Разработка моделей, позволяющих снизить эксплуатационные расходы и уменьшить углеродный след транспортных операций, соответствует современным требованиям к рациональному использованию природных ресурсов и энергоэффективности.

Создание эффективных механизмов управления on-demand маршрутами имеет высокую социальную значимость, способствуя обеспечению равных возможностей для всех слоев населения, независимо от их географического положения и материального достатка.

Цель. Разработать математическую модель для организации on-demand маршрутов пассажирских перевозок на автобусах малого класса в населенных пунктах с низкой плотностью населения, обеспечивающую максимальную эффективность и экономичность транспортных услуг.

Материалы и методы. В работе использовался комплексный подход к разработке математической модели организации маршрутов по требованию. Исследование базировалось на анализе реальных условий функционирования автобусного сообщения в регионах с низкой плотностью населения. Модель учитывала следующие параметры: количество населенных пунктов и их географическое расположение, объем пассажиропотока, технические характеристики автобусов малого класса, временные ограничения и финансовые показатели работы транспортных предприятий. Оптимизация маршрутов осуществлялась с помощью алгоритмов динамического программирования, учитывающих переменную структуру спроса и ограниченность ресурсов. Практическая апробация модели проведена на базе данных конкретного региона с низкой плотностью населения, что позволило получить достоверные результаты и сделать выводы об эффективности предложенного подхода к организации транспортного обслуживания.

Результаты. Проведен комплексный анализ существующих подходов к организации маршрутов по требованию и определены ключевые факторы, определяющие их эффективность. Разработана математическая модель, учитывающая специфику населенных пунктов с низкой плотностью населения, включая неравномерность распределения спроса, большие расстояния между населенными пунктами и ограниченные финансовые ресурсы. Исследованы различные алгоритмы оптимизации маршрутов и выбран наиболее подходящий ме-

тод для решения поставленной задачи. Проведено численное моделирование предложенной модели на примере конкретного региона и оценена ее эффективность в сравнении с существующими схемами перевозок. Разработаны рекомендации по внедрению предложенной модели в реальную практику транспортных организаций, работающих в условиях низкой плотности населения.

Ключевые слова: on-demand маршруты; demand-responsive transport; маршрутизация; математическая модель; пассажирские перевозки; качество пассажирских перевозок; доступность транспортных услуг

Для цитирования. Титова, С. С., & Остроух, А. В. (2025). Математическая модель динамического формирования маршрутов общественного транспорта по индивидуальным запросам пассажиров для территорий с низкой плотностью населения. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 151–167. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-354>

Original article | Transportation Process Management

MATHEMATICAL MODEL OF ON-DEMAND ROUTE FORMATION FOR PUBLIC TRANSPORT BASED ON INDIVIDUAL PASSENGER REQUESTS IN LOW-DENSITY POPULATION AREA

S.S. Titova, A.V. Ostroukh

Abstract

Background. The organization of public transport routes based on individual passenger requests (on-demand routes) using small-class buses in areas with low population density has become a pressing issue due to the necessity of improving the efficiency of transport systems under limited financial and material resources. Traditional regular route schemes often prove unprofitable and insufficiently convenient for residents of such

territories, leading to decreased transport accessibility and deterioration of population living standards. Modern technologies and mathematical modeling enable the development of flexible and cost-effective solutions capable of adapting to the characteristics of low-density regions and minimizing costs associated with organizing transport services.

The need for optimizing transport flows acquires particular significance in light of global sustainable development and environmental trends. Developing models that reduce operational expenses and decrease the carbon footprint of transport operations corresponds to modern requirements for rational natural resource utilization and energy efficiency.

Creating effective mechanisms for managing on-demand routes holds high social significance, contributing to ensuring equal opportunities for all segments of the population regardless of their geographical location and financial status.

Purpose. To develop a mathematical model for organizing on-demand routes for passenger transportation using small-class buses in populated areas with low population density, ensuring maximum efficiency and economic viability of transport services.

Materials and methods. This study employed a comprehensive approach to developing a mathematical model for organizing on-demand routes. The research was based on analyzing real conditions of bus service operation in regions with low population density. The model considered the following parameters: number of populated areas and their geographic location, passenger flow volume, technical specifications of small-class buses, time constraints, and financial performance indicators of transport enterprises. Route optimization was performed using dynamic programming algorithms that accounted for variable demand structure and resource limitations. Practical testing of the model was conducted using data from a specific region with low population density, enabling the collection of reliable results and drawing conclusions about the effectiveness of the proposed approach to organizing transport services.

Results. A comprehensive analysis of existing approaches to organizing on-demand routes was conducted, and key factors determining their

effectiveness were identified. A mathematical model was developed that accounts for the specifics of populated areas with low population density, including uneven distribution of demand, large distances between populated areas, and limited financial resources. Various route optimization algorithms were investigated, and the most suitable method was selected for solving the stated problem. Numerical simulation of the proposed model was performed using a specific regional example, and its effectiveness was evaluated compared to existing transportation schemes. Recommendations were developed for implementing the proposed model in the practical activities of transport organizations operating in conditions of low population density.

Keywords: on-demand routes; demand-responsive transport; route optimization; mathematical modeling; passenger transportation; transport service quality; transport accessibility

For citation. Titova, S. S., & Ostroukh, A. V. (2025). Mathematical model of on-demand route formation for public transport based on individual passenger requests in low-density population area. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 151–167. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-354>

Введение

On-demand маршруты для пассажирских перевозок — это маршруты, организуемые по запросу пользователей в режиме реального времени [1-5]. Они отличаются от традиционных регулярных маршрутов, которые действуют по заранее установленному расписанию и маршруту [6-12]. В случае on-demand маршрутов, пользователи заказывают поездку тогда, когда она им необходима, указывая начальную и конечную точку маршрута. Система автоматически планирует оптимальный путь следования, исходя из текущих запросов и расположения транспортных средств.

Особенности on-demand маршрутов:

1. Гибкость: Такие маршруты формируются динамически, исходя из потребностей пассажиров в конкретный момент времени.

Это позволяет избежать излишних затрат на пустые рейсы и улучшить обслуживание.

2. Реактивность: Маршруты создаются в ответ на запросы пользователей, что позволяет быстрее реагировать на изменение спроса и обеспечивать более персонализированный сервис.

3. Экономия ресурсов: On-demand маршруты снижают количество непродуктивных пробегов транспортных средств, что ведет к уменьшению расхода топлива и других эксплуатационных затрат.

4. Удобство для пассажиров: Пользователи могут заказать поездку в удобное для них время, что увеличивает комфорт и доступность транспортных услуг.

5. Технические требования: Для успешной реализации on-demand маршрутов необходимы современные информационные системы, такие как GPS-трекинг, мобильные приложения и платформы для обработки заказов.

On-demand маршруты особенно полезны в населенных пунктах с низкой плотностью населения, где традиционные регулярные маршруты могут быть нерентабельными. Они также находят применение в крупных городах для улучшения транспортного обслуживания в часы пик или в труднодоступных районах.

Разработка математической модели для организации on-demand маршрутов

Цель разработки математической модели — создать математическую основу для системы, которая будет обеспечивать удобные и доступные транспортные услуги населению, учитывая местные условия и бюджетные ограничения. Все элементы модели взаимосвязаны и влияют друг на друга, что делает задачу комплексной и интересной с научной точки зрения.

Разработка математической модели для организации on-demand маршрутов для пассажирских перевозок требует учета множества факторов, включая плотность населения, спрос на перевозки, географические особенности населенного пункта, а также экономические аспекты [13-17]. Ниже приведена общая структура такой модели:

Основные элементы модели

1. Географическая сетка

Населенный пункт делится на небольшие зоны (например, квадраты или прямоугольники), каждая из которых представляет собой область с определенным количеством потенциальных пассажиров. Это помогает разбивать территорию на управляемые части и облегчает планирование маршрутов.

Основные параметры:

- о Размер сетки: Зоны могут иметь одинаковый размер (квадратные клетки) или различаться в зависимости от плотности застройки и инфраструктуры.
- о Центры притяжения: Важно определить ключевые точки, такие как остановки общественного транспорта, торговые центры, школы, больницы и др., поскольку именно эти места будут основными источниками и целями поездок.

Задачи:

- о Создать карту населенного пункта с четкой сеткой зон.
- о Определить основные точки притяжения и их важность для маршрутов.

2. Спрос на перевозки

Учитываются данные о количестве людей, нуждающихся в транспорте в разное время суток, дни недели и сезоны года. Например, утром больше людей едет на работу, вечером — домой, а в выходные спрос смещается в сторону развлекательных мероприятий.

Основные параметры:

- о Время суток: Утро, день, вечер, ночь.
- о Дни недели: Рабочие дни, выходные.
- о Сезонность: Лето, зима, межсезонье.
- о Количество пассажиров: Сколько человек хочет поехать из одной зоны в другую в определенный период времени.

Задачи:

- о Собрать исторические данные о пассажиропотоке.

- о Прогнозировать изменения спроса на основе временных факторов.
- о Корректировать маршруты в зависимости от текущего спроса.

3. Параметры транспортных средств

Этот раздел описывает характеристики самих автобусов, используемых для перевозок. Важно учитывать как технические возможности машин, так и их эксплуатационные показатели.

Основные параметры:

- о Вместимость: Сколько пассажиров может взять один автобус.
- о Скорость передвижения: Средняя скорость движения, учитывающая дорожную ситуацию.
- о Интервал рейсов: Как часто автобусы отправляются на маршрут.
- о Топливный расход: Расход топлива на километр пути.
- о Обслуживание: Частота техобслуживания и замены запчастей.

Задачи:

- о Оценка необходимого количества автобусов.
- о Оптимизация интервалов движения для обеспечения максимальной загрузки.
- о Планирование обслуживания и ремонта автопарка.

4. Маршрутизация

Основной задачей здесь является построение оптимального маршрута для каждого автобуса таким образом, чтобы удовлетворить максимальный спрос при минимальных затратах ресурсов (топлива, времени, труда водителя). Это включает в себя выбор последовательности остановок и направлений движения.

Основные параметры:

- о Расстояние между зонами: Сколько километров нужно проехать от одной зоны до другой.
- о Загруженность дорог: Учёт пробок и альтернативных путей.
- о Коэффициент приоритетности: Какие зоны требуют большего внимания (например, центральные районы города).

Задачи:

- о Построить маршруты, минимизирующие общие затраты времени и топлива.
- о Максимально эффективно использовать транспортный парк.
- о Учитывать возможные задержки и отклонения от плана.

5. Экономические факторы

Эта часть модели оценивает финансовую составляющую проекта. Нужно учесть расходы на содержание автопарка, заработную плату водителей, топливо и амортизацию техники, а также доходы от продажи билетов.

Основные параметры:

- о Текущие расходы: Затраты на бензин, зарплату водителям, ремонт и обслуживание автобусов.
- о Доходы: Деньги, полученные от оплаты проезда пассажирами.
- о Бюджетные ограничения: Суммарное финансирование проекта, выделенное местными властями или инвесторами.

Задачи:

- о Оптимизировать расходы для получения максимальной прибыли.
- о Анализировать рентабельность различных маршрутов.
- о Предложить гибкую тарифную политику, учитывающую разницу в спросе на поездки.

6. Алгоритмы оптимизации

Для нахождения наилучших решений используются методы математической оптимизации. Это позволяет находить компромисс между множеством критериев: минимальная стоимость, максимальная загрузка, минимальное время в пути и т.д.

Методы:

- о Линейное программирование: Нахождение оптимума при заданных ограничениях.
- о Эвристики и метаэвристики: Приближённые алгоритмы для сложных задач, когда точное решение найти сложно.
- о Генетические алгоритмы: Моделируют эволюционный процесс для поиска лучшего решения.

Задачи:

- о Автоматически рассчитывать оптимальные маршруты.
- о Быть способным адаптироваться к изменениям условий (например, увеличение числа пассажиров).
- о Регулярно обновлять результаты расчетов для повышения точности планирования.

Пример математического подхода

Пусть имеется n зон, каждая из которых имеет координаты (x_i, y_i) , где $i=1, \dots, n$. Обозначим через d_{ij} расстояние между зонами i и j .

Переменные

- о X_{ijk} – бинарная переменная, равная 1, если автобус k перемещается из зоны i в зону j , и 0 иначе.
- о T_k – общее время работы автобуса k .
- о C_k – стоимость эксплуатации автобуса k .
- о P_{ik} – количество пассажиров, перевозимых автобусом k из зоны i .

Ограничения

1. Ограничение на вместимость:

$$\sum_{i=1}^n P_{ik} \leq V_k, \quad k = 1, \dots, m,$$

где P_{ik} – количество пассажиров, которые должны быть перевезены из зоны i автобусом k ;

V_k – вместимость автобуса k ;

n – количество зон, которые обслуживает автобус k ;

m – общее количество автобусов.

Это ограничение гарантирует, что суммарное количество пассажиров, перевозимых автобусом k из всех зон i , не превышает его вместимость V_k . Например, если вместимость автобуса $V_k=20$ то:

$$P_{1k} + P_{2k} + \dots + P_{nk} \leq 20$$

Это означает, что автобус k не сможет взять на борт больше 20 пассажиров, даже если суммарный спрос из всех зон превышает эту цифру.

2. Ограничение на время работы:

$$T_k \leq T_{max}, \quad k = 1, \dots, m,$$

где T_k – время работы автобуса k за одну смену;

$T_{\max}$ – максимальное допустимое время работы одного автобуса;

m – общее количество автобусов.

Это ограничение необходимо для соблюдения трудового законодательства – водитель не должен работать дольше установленной нормы без перерыва; эффективности работы автобусов, ведь переработка может привести к быстрому износу транспортных средств.

3. Целостность маршрута:

$$\sum_{j=1}^n X_{ijk} = \sum_{j=1}^n X_{jik}, \quad i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, m,$$

где X_{ijk} – бинарная переменная, равная 1, если автобус k перемещается из зоны i в зону j , и 0 в противном случае;

n – количество зон;

m – количество автобусов;

i – текущая зона;

j – соседняя зона.

Это условие гарантирует, что маршрут автобуса k остается замкнутым. Оно означает, что сумма выездов из зоны i равна сумме въездов в зону i : если автобус покидает зону i , он обязательно должен вернуться в нее (или завершить маршрут в той же зоне). Например, если автобус выезжает из зоны i в зоны $j_1, j_2, \dots, j_n$, то он должен вернуться в зону i из тех же зон $j_1, j_2, \dots, j_n$.

Целевая функция

Минимизировать совокупные затраты на эксплуатацию всего парка автобусов:

$$\min \sum_{k=1}^m C_k = \sum_{k=1}^m (c_1 T_k + c_2 D_k,$$

где C_k – общие затраты на эксплуатацию автобуса k ;

c_1 – стоимость единицы времени работы автобуса, включает затраты на оплату труда водителя, амортизацию автобуса и другие операционные издержки, зависящие от времени, проведенного автобусом на маршруте;

T_k – время работы автобуса k ;

c_2 – стоимость километра пробега, включает затраты на топливо, техническое обслуживание и износ транспортного средства, которые зависят от пройденного расстояния;

D_k – общий пробег автобуса k ;

m – количество автобусов в парке.

Заключение

Предложенная модель является упрощенной версией реальной системы и может быть расширена для учета дополнительных факторов, таких как пробки, погодные условия и другие специфические параметры. Для реализации потребуется использование специализированных программных инструментов, таких как CPLEX или Gurobi, для решения задач линейного программирования.

Модель решает задачу оптимизации маршрута для группы автобусов, распределяя их между различными зонами таким образом, чтобы:

- о Удовлетворять спрос на перевозки.
- о Не нарушать ограничений по вместимости и рабочему времени.
- о Минимизировать общие эксплуатационные затраты.

Однако стоит отметить, что данная модель является упрощённой и может требовать дальнейшего расширения для учёта дополнительных аспектов, таких как:

- о Изменчивость трафика в течение дня.
- о Временные задержки из-за пробок.
- о Необходимость учёта сезонных колебаний спроса.

Чтобы сделать модель более реалистичной, её можно дополнить динамическими элементами, такими как стохастическое моделирование спроса и случайные вариации времени прибытия пассажиров.

Список литературы

1. Pei-Yu Chen, & Shin-Yi Wu. (2012). The Impact and Implications of On-Demand Services on Market Structure. *Information Systems Research*, 24(3). <https://doi.org/10.1287/isre.1120.0451>

2. Terry A. Taylor. (2018). On-Demand Service Platforms. *Manufacturing & Service Operations Management*, 20(4). <https://doi.org/10.1287/msom.2017.0678>
3. Juluri, P., Tamarapalli, V., & Medhi, D. (2016). Measurement of Quality of Experience of Video-on-Demand Services: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(1), 401–418. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2401424>
4. Bai, J., So, K. C., Tang, C. S., Chen, X., & Wang, H. (2018). Coordinating Supply and Demand on an On-Demand Service Platform with Impatient Customers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 21(3). <https://doi.org/10.1287/msom.2018.0707>
5. Донской, П., & Малахальцев, П. (2019). On demand: адаптивные маршруты общественного транспорта. *Городские исследования и практики*, 4(4), 93–125. <https://doi.org/10.17323/usp44201993-125> EDN: <https://elibrary.ru/OEDOBV>
6. Иванов, О. Н., Листов, Н. О., & Остроух, А. В. (2017). Исследование технических характеристик электробусов, как перспективных видов наземного пассажирского транспорта. *International Journal of Advanced Studies*, 7(4-2), 29–48. EDN: <https://elibrary.ru/ZMIHGL>
7. Листов, Н. О., Иванов, О. Н., & Остроух, А. В. (2017). Совершенствование автоматизированной системы контроля пассажиропотока. *International Journal of Advanced Studies*, 7(4-2), 49–58. EDN: <https://elibrary.ru/ZMIHGV>
8. Kuftinova, N. G., & Ostroukh, A. V. (2014). Development of an Automated System of Survey Passenger Traffics. *International Journal of Advanced Studies*, 4(4), 3–9. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2014-4-1> EDN: <https://elibrary.ru/TEBOER>
9. Ostroukh, A. V., & Polgun, M. B. (2013). Automation of Processes Supervisory Control Urban Passenger Transport. *International Journal of Advanced Studies*, 3(3), 3–9. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2013-3-1> EDN: <https://elibrary.ru/RUNXID>
10. Ostroukh, A. V., & Polgun, M. B. (2013). New Approaches to Development of Automated Supervisory Systems of Industrial Enterprises Trans-

- port. *International Journal of Advanced Studies*, 3(4), 3–7. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2013-4-1> EDN: <https://elibrary.ru/QBIDCV>
11. Куфтинова, Н. Г., Остроух, А. В., Суркова, Н. Е., & Баринов, К. А. (2020). Прогнозирование транспортных потоков агломераций на основе нейронной сети. *Промышленные АСУ и контроллеры*, (11), 40–45. <https://doi.org/10.25791/asu.11.2020.1235> EDN: <https://elibrary.ru/ABWTIO>
 12. Польшун, М. Б., Остроух, А. В., Николаев, А. Б., & Ефименко, Д. Б. (2013). Автоматизация процессов диспетчерского управления городским пассажирским транспортом. *Промышленные АСУ и контроллеры*, (5), 10–16. EDN: <https://elibrary.ru/SKEOYJ>
 13. Ostroukh, A. V., Surkova, N. E., Vorobieva, A. V., & Polgun, M. B. (2015). Automated Supervisory Control System of Urban Passenger Transport. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(10), 4334–4340. EDN: <https://elibrary.ru/UGFLYX>
 14. Михневич, И. М., & Белехов, А. А. (2024). Метод оценки целесообразности внедрения транспорта по запросу в городских и пригородных зонах. *Мир транспорта и технологических машин*, (2-2), 32–41. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-2-2\(85\)-32-41](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-2-2(85)-32-41) EDN: <https://elibrary.ru/OJFRDA>
 15. Мороз, Д. Г., Титова, С. С., & Чернышев, А. А. (2019). Применение методов анализа пассажиропотоков к реформированию пассажирской транспортной системы района Левобережный города Москвы. *Мир транспорта*, 17(5), 268–284. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-268-284> EDN: <https://elibrary.ru/LQZKAR>
 16. Собесский, Р. Р., & Шевырев, Л. Ю. (2018). Развитие технологий общественного транспорта DRT. В *Перспективные технологии в эксплуатации транспортных и транспортно-технологических комплексов* (с. 83–84). Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт. EDN: <https://elibrary.ru/XZXPIT>
 17. Титова, С. С. (2018). Проблемы качества перевозки пассажиров в условиях городской агломерации. *Молодой ученый*, (23), 241–245. EDN: <https://elibrary.ru/XQGCZN>

References

1. Chen, P.-Y., & Wu, S.-Y. (2012). The impact and implications of on-demand services on market structure. *Information Systems Research*, 24(3). <https://doi.org/10.1287/isre.1120.0451>
2. Taylor, T. A. (2018). On-demand service platforms. *Manufacturing & Service Operations Management*, 20(4). <https://doi.org/10.1287/msom.2017.0678>
3. Juluri, P., Tamarapalli, V., & Medhi, D. (2016). Measurement of quality of experience of video-on-demand services: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(1), 401–418. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2401424>
4. Bai, J., So, K. C., Tang, C. S., Chen, X., & Wang, H. (2018). Coordinating supply and demand on an on-demand service platform with impatient customers. *Manufacturing & Service Operations Management*, 21(3). <https://doi.org/10.1287/msom.2018.0707>
5. Donskoy, P., & Malakhaltsev, P. (2019). On demand: adaptive public transport routes. *City Studies and Practices*, 4(4), 93–125. <https://doi.org/10.17323/usp44201993-125> EDN: <https://elibrary.ru/OEDOBV>
6. Ivanov, O. N., Listov, N. O., & Ostroukh, A. V. (2017). Investigating technical characteristics of electric buses as promising modes of ground passenger transport. *International Journal of Advanced Studies*, 7(4-2), 29–48. EDN: <https://elibrary.ru/ZMIHGL>
7. Listov, N. O., Ivanov, O. N., & Ostroukh, A. V. (2017). Improvements in automated passenger flow monitoring systems. *International Journal of Advanced Studies*, 7(4-2), 49–58. EDN: <https://elibrary.ru/ZMIHGV>
8. Kuftinova, N. G., & Ostroukh, A. V. (2014). Development of an automated system of survey passenger traffics. *International Journal of Advanced Studies*, 4(4), 3–9. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2014-4-1> EDN: <https://elibrary.ru/TEBOER>
9. Ostroukh, A. V., & Polgun, M. B. (2013). Automation of supervisory control processes in urban passenger transport. *International Journal of Advanced Studies*, 3(3), 3–9. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2013-3-1> EDN: <https://elibrary.ru/RUNXID>

10. Ostroukh, A. V., & Polgun, M. B. (2013). New approaches to development of automated supervision systems for enterprise transport. *International Journal of Advanced Studies*, 3(4), 3–7. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2013-4-1> EDN: <https://elibrary.ru/QBIDCV>
11. Kuftinova, N. G., Ostroukh, A. V., Surkova, N. E., & Barinov, K. A. (2020). Prediction of traffic flows in metropolitan areas using neural networks. *Industrial Automatic Control Systems and Controllers*, (11), 40–45. <https://doi.org/10.25791/asu.11.2020.1235> EDN: <https://elibrary.ru/ABWTIO>
12. Polgun, M. B., Ostroukh, A. V., Nikolaev, A. B., & Efimenko, D. B. (2013). Automation of dispatching processes in urban passenger transport. *Industrial Automatic Control Systems and Controllers*, (5), 10–16. EDN: <https://elibrary.ru/SKEOYJ>
13. Ostroukh, A. V., Surkova, N. E., Vorobieva, A. V., & Polgun, M. B. (2015). Automated supervisory control system of urban passenger transport. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(10), 4334–4340. EDN: <https://elibrary.ru/UGFLYX>
14. Mikhnevich, I. M., & Belehov, A. A. (2024). Method for evaluating feasibility of implementing request-based transport in urban and suburban zones. *World of Transport and Technological Machines*, (2-2), 32–41. [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-2-2\(85\)-32-41](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2024-2-2(85)-32-41) EDN: <https://elibrary.ru/OJFRDA>
15. Moroz, D. G., Titova, S. S., & Chernyshev, A. A. (2019). Application of passenger flow analysis methods to reform the passenger transport system of Levoberezhny district in Moscow. *World of Transport*, 17(5), 268–284. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-268-284> EDN: <https://elibrary.ru/LQZKAR>
16. Sobessky, R. R., & Shevyrev, L. Y. (2018). Development of DRT public transport technologies. In *Prospective Technologies in Exploitation of Transport and Transport-Technological Complexes* (pp. 83–84). Zernograd: Azovo-Chernomorsky Engineering Institute. EDN: <https://elibrary.ru/XZXPIT>
17. Titova, S. S. (2018). Problems of passenger transportation quality in urban agglomerations. *Young Scientist*, (23), 241–245. EDN: <https://elibrary.ru/XQGCZN>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Титова Светлана Семеновна, старший преподаватель, аспирант

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация

s.titova@madi.ru

Остроух Андрей Владимирович, доктор технических наук профессор

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация

ostroukh@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Svetlana S. Titova, Senior Lecturer, Postgraduate Student

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation

s.titova@madi.ru

Andrey V. Ostroukh, Doctor of Technical Sciences, Professor

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)

64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation

ostroukh@mail.ru

Поступила 01.03.2025

После рецензирования 15.03.2025

Принята 23.03.2025

Received 01.03.2025

Revised 15.03.2025

Accepted 23.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-352

EDN: UAKIEM

УДК 656.13



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ КРУПНЫХ И КРУПНЕЙШИХ ГОРODOВ

***А.А. Изюмский, И.Н. Котенкова,
Т.В. Коновалова, С.Л. Надириян***

Аннотация

В данной статье авторы рассматривают повышение эффективности работы транспорта общего пользования на примере крупных городов. Структура и состав транспортного потока в последние годы претерпевает существенные изменения. Увеличивается доля индивидуальных транспортных средств, а спрос на услуги маршрутного транспорта общего пользования сохраняется на прежнем уровне. В связи с этим увеличивается уровень загрузки улично-дорожной сети, что влечет за собой снижение скорости сообщения, ухудшение экологической ситуации, увеличение финансовых затрат.

Для снижения интенсивности транспортного потока на городских улицах необходимо повышать популярность маршрутного транспорта общего пользования среди населения и увеличивать долю жителей, предпочитающих пользоваться городским пассажирским транспортом вместо личного автомобиля. Основным условием выбора транспорта общего пользования жителями города является более высокая скорость сообщения в сравнении с легковым автомобилем.

В данной статье авторы анализируют существующий мировой опыт популяризации городского пассажирского транспорта и увеличения скорости его сообщения.

Цель – проанализировать методы и способы популяризации городского транспорта общего пользования.

Методология. В статье использовались статистический анализ, синтез.

Результаты. Проанализированы существующие способы повышения привлекательности городского транспорта общего пользования (ТОП) для населения, выявлены максимально эффективные методы популяризации ТОП, разработан алгоритм популяризации ТОП в городских условиях.

Область применения результатов: научно-исследовательская деятельность по повышению качества транспортного обслуживания населения.

Ключевые слова: автомобиль; автобус; транспорт; транспортный поток; интенсивность; скорость; улично-дорожная сеть; пропускная способность; приоритет; эффективность

Для цитирования. Изюмский, А. А., Котенкова, И. Н., Конова-лова, Т. В., & Надирян, С. Л. (2025). Анализ методов и способов популяризации пассажирского транспорта среди населения крупных и крупнейших городов. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 168–181. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-352>

Original article | Operation of Road Transport

ANALYSIS OF METHODS AND METHODS OF POPULARIZATION OF PASSENGER TRANSPORT AMONG THE POPULATION OF LARGE AND LARGEST CITIES

*Izyumsky A.A., Kotenkova I.N.,
Kononova T.V., Nadiryan S.L.*

Abstract

In this article, the authors consider improving the efficiency of public transport using the example of large cities. The structure and composition of

the traffic flow has undergone significant changes in recent years. The share of individual vehicles is increasing, and the demand for public transit services remains at the same level. In this regard, the level of traffic congestion increases, which entails a decrease in the speed of communication, a deterioration in the environmental situation, and an increase in financial costs.

To reduce the intensity of traffic flow on city streets, it is necessary to increase the popularity of public transit among the population and increase the proportion of residents who prefer to use urban passenger transport instead of a private car. The main condition for the choice of public transport by residents of the city is a higher speed of communication in comparison with a passenger car.

In this article, the authors analyze the existing world experience in popularizing urban passenger transport and increasing the speed of its communication.

The **purpose** is to analyze the methods and methods of popularization of public urban transport.

Methodology: statistical analysis and synthesis were used in the article.

Results. The existing ways of increasing the attractiveness of public urban transport (TOP) for the population were analyzed, the most effective methods of popularization of TOP were identified, an algorithm for popularization of TOP in urban conditions was developed.

The scope of the results: research activities to improve the quality of public transport services.

Keywords: car; bus; transport; traffic flow; intensity; speed; road network; capacity; priority; efficiency

For citation. Izyumsky, A. A., Kotenkova, I. N., Konovalova, T. V., & Nadiryan, S. L. (2025). Analysis of methods and techniques for promoting passenger transport among the population of major and largest cities. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 168–181. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-352>

В последние годы в Российской Федерации существенно изменилась структура автомобильного парка. Стремительный рост ав-

томобилизации и повышение доступности индивидуального автомобильного транспорта привели к снижению доли передвижений населения на транспорте общего пользования в крупных и крупнейших городах. Кроме того, изменяется и подвижность жителей города. Часть городского населения работает по гибкому графику, часть передвигается по городу в течение дня в рамках трудовой деятельности. Существенно возросла доля в транспортном потоке средств индивидуальной мобильности (СИМ), которые используются жителями не только для личного пользования, но и в профессиональной деятельности (курьеры, доставка товаров населению). Численность жителей городов и городских агломераций растет, увеличивается мобильность всех слоев населения, и изменяются матрицы корреспонденций [1].

При этом эффективность работы пассажирского транспорта и качество транспортного обслуживания населения не соответствует требованиям жителей городов в первую очередь по критерию скорости перемещений. В результате чего растет количество индивидуальных легковых автомобилей на улично-дорожной сети (УДС) города, а привлекательность транспорта общего пользования для населения не увеличивается.

Такое изменение структуры и состава транспортного потока в крупных и крупнейших городах влечет за собой появление других актуальных проблем, таких как ухудшение экологического состояния окружающей среды, увеличение задержек транспортных средств, увеличение транспортных затрат, снижение скорости движения транспортного потока, повышение уровня загрузки УДС, дефицит пропускной способности городских улиц [2].

В настоящее время идет активное развитие крупных городов и увеличение объемов застройки в административных границах муниципальных образований. В связи с этим увеличивается численность населения города, большая часть которых проживает в новых жилых районах, а для реализации трудовой деятельности и социальных потребностей направляется в центральную часть

города. При этом в центральной части городов, в зонах сложившейся застройки, расширение и реконструкция УДС по большей части невозможны.

Увеличение доли индивидуального автомобильного транспорта в общем объеме пассажирских перевозок при сохранении существующей плотности УДС и неизменной пропускной способности является причиной предельной загрузки УДС городов и возникновения транспортных заторов [3].

В сложившейся ситуации возникает необходимость реструктуризации транспортных потоков в городах, что возможно при перенаправлении пассажиропотока с индивидуального автомобильного транспорта на транспорт общего пользования (ТОП).

Объектом исследования является процесс перевозки пассажиров автомобильным транспортом общего пользования.

Предмет исследования – закономерности влияния структуры транспортного потока и организации движения городского пассажирского транспорта на показатели эффективности перевозочного процесса.

Целью исследования является определение методов и способов популяризации городского пассажирского транспорта среди городского населения за счет увеличения скорости сообщения и снижения задержек транспортных средств, анализ и обобщение практического опыта крупных и крупнейших городов мира.

В качестве инструментов исследования были использованы методы анализа, синтеза и статистического анализа прогнозирования.

Теоретическая и методологическая основа исследования включает в себя анализ научных трудов отечественных и зарубежных ученых. Вопросы качества транспортного обслуживания населения рассматривались в работах отечественных и зарубежных ученых – Л.Б. Миротина, Н.В. Якуниной, И.В. Спирина и др. Вопросы эффективности функционирования транспорта общего пользования рассматривались в трудах А.Э. Горева, В.А. Гудкова, В.И. Рассохи, Н.Н. Якунина и др. Вопросы организации движения и

моделирования транспортных потоков, в том числе городского пассажирского транспорта рассматривались в трудах В.В. Зырянова, М.Б. Афанасьева, В.В. Сильянова, Г.И. Клинковштейна, Е.М. Лобанова, В.И. Коноплянко, И.Н. Пугачевым и др.

Научная новизна заключается в разработке алгоритма повышения популяризации городского пассажирского транспорта с учетом комплекса факторов, влияющих на уровень загрузки УДС.

Для определения наиболее эффективных способов увеличения скорости сообщения маршрутного транспорта общего пользования рассмотрим отечественный и зарубежный опыт организации его работы.

В ОАЭ (город Масдар) инфраструктура для движения легковых автомобилей не предусмотрена. Передвижение по городской территории осуществляется только городским пассажирским транспортом. Территории города заняты пешеходными зонами, причем инфраструктура пешеходного движения и транспортная инфраструктура разнесены в пространстве – находятся на разных уровнях. Для организации управления транспортными потоками широко используются элементы интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Для перевозки пассажиров используются преимущественно автобусы, скоростные трамваи, а так же арендованные легковые автомобили (муниципальный каршеринг) [3].

В Великобритании (Лондон) положительный результат был получен после ввода оплаты за въезд в центральную часть города. Средства, полученные таким образом, расходуются на обеспечение функционирования и расширение городского пассажирского транспорта – автобусы, метро.

В Китае (Шанхай) городская транспортная система состоит из метро, автобусов, такси. Транспортная инфраструктура характеризуется большим количеством развязок в разных уровнях. В Пекине хорошо развита подземная транспортная инфраструктура – индивидуальные легковые автомобили передвигаются преимущественно по системе тоннелей, а наземная проезжая часть предназначена для маршрутного транспорта и велосипедистов.

В Москве функционируют так называемые «центральные диаметры», объединяющие несколько видов транспорта – железнодорожный, метрополитен, автомобильный городской транспорт. Приобретая единый билет, пассажир может осуществлять пересадку с одного вида транспорта на другой без дополнительных оплат [3].

В США (Нью-Йорк) активно используется приложение, позволяющее планировать поездку на транспорте общего пользования с учетом загруженности транспортного средства. Такая функция позволяет обеспечить более комфортное и безопасное передвижение.

В Италии (Милан) ограничен въезд в центральную часть города автомобилей с бензиновыми двигателями. Таким образом, достигается двойной эффект – снижение уровня выбросов отработавших газов в атмосферу и снижение уровня загрузки улично-дорожной сети.

В Испании (Мадрид) снижена скорость движения по городским улицам, что повышает экологическую безопасность и безопасность дорожного движения.

В Финляндии (Хельсинки) основным видом транспорта в центральной части города является трамвай. Количество индивидуальных транспортных средств регулируется жесткими мерами по организации парковки. В городе имеется опорная магистральная сеть маршрутов – железнодорожный транспорт, метро, и автобусные маршруты. Данная маршрутная сеть проходит по основным осям развития города и в зонах плотной жилой застройки. Для обеспечения функционирования магистральных маршрутов используются подвозящие автобусы и индивидуальный транспорт, который затем остается на перехватывающих парковках. За пределами центральной части города использование индивидуальных легковых автомобилей не ограничено, оборудованы развязки в разных уровнях, бесплатные парковки [5].

Большую роль в организации управления городскими транспортными потоками играют элементы интеллектуальных транс-

портных систем, которые сейчас активно применяются во всех крупных и крупнейших городах.

Проанализировав эффективные системы работы городского пассажирского транспорта на примере крупных и крупнейших городов, можем определить факторы, способствующие увеличению популяризации маршрутного транспорта общего пользования (представлены на рисунке 1).

На основе анализа ключевых факторов повышение спроса на услуги ТОП, можем разработать алгоритм популяризации маршрутного пассажирского транспорта в городах (рисунок 2).



Рис. 1. Факторы увеличения спроса на услуги транспорта общего пользования



Рис. 2. Алгоритм популяризации транспорта общего пользования в городах

Таким образом, наиболее эффективным подходом к организации управления транспортом общего пользования является создание городской транспортной системы, которая позволит ис-

пользовать велосипедный транспорт и средства индивидуальной мобильности в пределах транспортных районов; индивидуальные легковые автомобили – для пригородных и междугородних поездов; городской транспорт общего пользования – для передвижений по центральной части города [13]. При этом ТОП должен обеспечивать соответствие основным критериям оценки, представленным в статье.

Список литературы

1. Бурлуцкий, А. А. (2013). Анализ опыта формирования оптимальных маршрутных схем городского пассажирского транспорта. *Вестник ТГАСУ*, (2), 371–380. EDN: <https://elibrary.ru/QBVCLN>
2. Дрючин, Д. А., Коновалова, Т. В., Надирян, С. Л., Котенкова, И. Н., & Рассоха, В. И. (2024). Роль транспорта общего пользования в формировании социальной сферы городских территорий. *Наука. Техника. Технологии. Политехнический вестник*, (2), 29–32. EDN: <https://elibrary.ru/AXFXLP>
3. Вучик, В. Р. (2011). *Транспорт в городах, удобных для жизни* (пер. с англ. А. Калинина, науч. ред. М. Блинкина). Москва: Территория будущего. 576 с.
4. Коновалова, Т. В., Котенкова, И. Н., Сенин, И. С., & Домбровский, А. Н. (2023). *Устойчивое развитие городской транспортной системы*. Монография. Краснодар. 232 с. EDN: <https://elibrary.ru/NOYVXU>
5. Ваксман, С. А., Герасимов, Н. М., & Слепухина, И. А. (2012). *Информационные технологии в управлении городским общественным пассажирским транспортом*. Монография. Екатеринбург. 258 с. EDN: <https://elibrary.ru/QNYHVV>
6. Коновалова, Т. В., Сенин, И. С., Надирян, С. Л., & Котенкова, И. Н. (2023). Анализ транспортных проблем крупных и крупнейших городов. *International Journal of Advanced Studies*, 13(1), 126–136. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-126-136> EDN: <https://elibrary.ru/NDTHLQ>

7. Гудков, В. А., Миротин, Л. Б., Вельможин, А. В., & Ширяев, С. А. (2006). *Пассажирские автомобильные перевозки*. Учебник для вузов. Москва: Горячая линия – Телеком. 448 с. EDN: <https://elibrary.ru/VVFJBO>
8. Сергиенко, Н. Л., & др. (2022). *Социально-экологические аспекты создания комфортной среды на примере краснодарской агломерации*. Монография. Краснодар: КубГТУ. 175 с. EDN: <https://elibrary.ru/TNTEGV>
9. Живоглазов, В. Г. (2005). *Теория движения транспортных и пешеходных потоков*. Ростов-на-Дону: Изв. вузов. Северо-Кавк. регион. 1082 с. EDN: <https://elibrary.ru/NFTYTI>
10. Соболев, В. М., & др. (2023). *Повышение эффективности контрольно-надзорной деятельности на транспорте*. Краснодар: ООО «Издательский Дом-Юг». 200 с. EDN: <https://elibrary.ru/EYIRKI>
11. Назаров, А. А. (2006). *Разработка комплекса мероприятий по совершенствованию функционирования городских автобусов на основе учета сложности маршрута*. Диссертация кандидата технических наук. Москва. 221 с. EDN: <https://elibrary.ru/NOAEOT>
12. Ольховский, С. Ю., & Яворский, В. В. (2001). *Моделирование функционирования и развития маршрутизированных систем городского пассажирского транспорта*. Монография. Омск: Изд-во СибАДИ. 138 с.
13. Сафронов, Э., Сафронов, К., & Киммель, Д. (2004). Начало реформирования ГПТ — совершенствование маршрутных сетей городов. *Автомобильный транспорт*, (5), 57–58. EDN: <https://elibrary.ru/UPZLBM>
14. Сильянов, В. В. (1977). *Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организация движения*. Москва: Транспорт. 301 с.
15. Якимов, М. Р. (2008). *Транспортные системы крупных городов. Анализ режимов работы на примере города Перми*. Монография. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. 184 с. EDN: <https://elibrary.ru/QDCXAS>

References

1. Burlyutsky, A. A. (2013). Analysis of Experience in Formulating Optimal Routing Schemes for Urban Passenger Transport. *Bulletin of TSU*, (2), 371–380. EDN: <https://elibrary.ru/QBVCLN>
2. Dryuchin, D. A., Konovalova, T. V., Nadiryan, S. L., Kotenkova, I. N., & Rassokha, V. I. (2024). Role of Public Transport in the Formation of the Social Sphere of Urban Territories. *Polytechnic Bulletin. Science. Technology. Technologies*, (2), 29–32. EDN: <https://elibrary.ru/AXFXLP>
3. Vuchik, V. R. (2011). *Transport in Livable Cities* (Translated by A. Kalinin; Scientific editor M. Blinkin). Moscow: Terra Futura. 576 p. EDN: <https://elibrary.ru/VUCICL>
4. Konovalova, T. V., Kotenkova, I. N., Senin, I. S., & Dombrovsky, A. N. (2023). *Sustainable Development of Urban Transport System*. Monograph. Krasnodar. 232 p. EDN: <https://elibrary.ru/NOYVXU>
5. Vaxman, S. A., Gerasimov, N. M., & Slepuhina, I. A. (2012). *Information Technologies in Urban Public Passenger Transport Management*. Monograph. Yekaterinburg. 258 p. EDN: <https://elibrary.ru/QNYHVX>
6. Konovalova, T. V., Senin, I. S., Nadiryan, S. L., & Kotenkova, I. N. (2023). Analysis of Transport Problems in Large and Major Cities. *International Journal of Advanced Studies*, 13(1), 126–136. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-126-136> EDN: <https://elibrary.ru/NDTHLQ>
7. Gudkov, V. A., Mirotin, L. B., Vel'mozhin, A. V., & Shiryaev, S. A. (2006). *Motor Passenger Transportation*. Textbook for higher education institutions. Moscow: Hot Line Telekom. 448 p. EDN: <https://elibrary.ru/VVFJBO>
8. Sergienko, N. L., et al. (2022). *Socio-Ecological Aspects of Creating a Comfortable Environment Using the Example of the Krasnodar Metropolitan Area*. Monograph. Krasnodar: KubGTU. 175 p. EDN: <https://elibrary.ru/TNTEGV>
9. Zhivoglyadov, V. G. (2005). *Theory of Movement of Transport and Pedestrian Flows*. Rostov-on-Don: Proceedings of HEIs. North Caucasus Region. 1082 p. EDN: <https://elibrary.ru/NFTYTJ>
10. Sobolev, V. M., et al. (2023). *Improvement of Supervisory Activities in Transport*. Krasnodar: ID-Yug LLC. 200 p. EDN: <https://elibrary.ru/EYIRKI>

11. Nazarov, A. A. (2006). Development of a Complex of Measures for Improving the Operation of Urban Buses Taking into Account Route Complexity. Unpublished doctoral dissertation. Moscow. 221 p. EDN: <https://elibrary.ru/NOAEOT>
12. Olkhovskiy, S. Yu., & Yavorsky, V. V. (2001). *Modeling the Functioning and Development of Routed Urban Passenger Transport Systems*. Monograph. Omsk: SibADI. 138 p.
13. Safronov, E., Safronov, K., & Kimml, D. (2004). Start of GPMT Reform — Improvement of Urban Route Networks. *Automobile Transport*, (5), 57–58. EDN: <https://elibrary.ru/UPZLBM>
14. Sil'yanov, V. V. (1977). *Traffic Flow Theory in Road Design and Traffic Organization*. Moscow: Transport. 301 p.
15. Yakimov, M. R. (2008). *Large City Transport Systems. Analysis of Operating Modes Using the Example of Perm*. Monograph. Perm: PSTU Publishing House. 184 p. EDN: <https://elibrary.ru/QDCXAS>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Измюский Александр Александрович, к.т.н., доцент кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация

Котенкова Ирина Николаевна, старший преподаватель кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация

Коновалова Татьяна Вячеславовна, к.э.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, к.т.н., 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*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Alexander A. Izyumsky, Ph.D., Associate Professor of the Department of Transport Processes and Technological Complexes

Kuban State Technological University

2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation

Irina N. Kotenkova, Senior Lecturer at the Department of Transport Processes and Technological Complexes

Kuban State Technological University

2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation

Tatyana V. Konovalova, Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Transport Processes and Technological Complexes

Kuban State Technological University

2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation

Sofia L. Nadiryan, Ph.D., Senior Lecturer at the Department of Transport Processes and Technological Complexes

Kuban State Technological University

2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation

sofi008008@yandex.ru

Поступила 13.12.2024

После рецензирования 14.01.2025

Принята 20.01.2025

Received 13.12.2024

Revised 14.01.2025

Accepted 20.01.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-353

EDN: TOSKBV

УДК 656.1



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

РАЗРАБОТКА WEB-СЕРВИСА ПО ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРА ЦЕНТРА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

***Т.В. Коновалова, А.А. Изюмский, И.С. Сенин,
К.В. Тыргалов, В.С. Ивина***

Аннотация

В данной статье авторы описывают разработку веб-сервиса для оптимизации работы оператора Центра организации дорожного движения (на примере города Краснодар), позволяющий в автоматическом режиме определять дорожные ситуации, снижающие интенсивность, и оперативно передавать сигнал оператору, предлагая варианты действий в конкретной ситуации, прогнозирующий заторовые ситуации до их возникновения в зависимости от времени суток.

Авторами разработан веб-сервис, автоматизирующий работу оператора ЦОДД позволяющий, с помощью интеллектуального помощника давать рекомендации оператору по предотвращению заторовых ситуаций на дорогах общего пользования.

Цель – оптимизация работы оператора ЦОДД для повышения качества пользования дорогами общего пользования.

Метод и методология проведения работы. В статье использовались методы натурных исследований, моделирование транспортных потоков.

Результаты. Был проведен учет и анализ текущей работы оператора ЦОДД, изучены способы автоматизации работы оператора, расчет оптимального светофорного цикла и последствия перенаправления транспортных потоков.

Область применения результатов: научно-исследовательская деятельность по улучшению пропускной способности дорог общего пользования при автоматизации работы оператора ЦОДД и цифровизации процессов документооборота.

Ключевые слова: транспорт; светофорное регулирование; транспортные потоки; цифровизация; автоматизация; интенсивность; пропускная способность

Для цитирования. Коновалова, Т. В., Изюмский, А. А., Сенин, И. С., Тыргалов, К. В., & Ивина, В. С. (2025). Разработка веб-сервиса по оптимизации работы оператора центра организации дорожного движения. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 182–197. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-353>

Original article | Operation of Road Transport

DEVELOPMENT OF A WEB SERVICE TO OPTIMIZE THE WORK OF THE TRAFFIC MANAGEMENT CENTER OPERATOR

*T.V. Konovalova, A.A. Izyumskiy, I.S. Senin,
K.V. Tyrgalov, V.S. Ivina*

Abstract

In this article, the authors describe the development of a web service to optimize the work of the operator of the Traffic Management Center (using the example of Krasnodar), which automatically detects traffic situations that reduce intensity and promptly transmits a signal to the operator, offering options for actions in a specific situation, predicting congestion situations before they occur, depending on the time of day.

The authors have developed a web service that automates the work of a data center operator, allowing, with the help of an intelligent assistant, to make recommendations to the operator on preventing congestion on public roads.

The goal is to optimize the work of the data center operator to improve the quality of public road use.

Purpose. Optimizing the work of the traffic management center operator to improve the quality of use of public roads.

Method and methodology. The article used the methods of field research, modeling of traffic flows.

Results. Accounting and analysis of the current work of the data center operator was carried out, methods of automating the operator's work, calculation of the optimal traffic light cycle and consequences of redirection of traffic flows were studied.

Scope of application of the results: research activities to improve the capacity of public roads when automating the work of the traffic control center operator and digitalizing document flow processes.

Keywords: transport; traffic light regulation; traffic flows; digitalization; automation; intensity; throughput

For citation. Konovalova, T. V., Izyumskiy, A. A., Senin, I. S., Tyrgalov, K. V., & Ivina, V. S. (2025). Development of a web service to optimize the work of the traffic management center operator. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 182–197. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-353>

Транспортные проблемы крупных городов обусловлены рядом причин, как то, высокие темпы автомобилизации, изменение модели транспортного поведения населения; низкая пропускная способность улиц и пересечений, низкая скорость модернизации системы управления дорожным движением [1].

Это привело к необходимости создания отдельных структур, занимающихся вопросами организации дорожного движения в части мониторинга, моделирования и автоматизированного управления дорожным движением. – центров организации дорожного движения (ЦОДД) [2]. Качество и эффективность работы оператора ЦОДД в рамках своей деятельности определяется уровнем безопасности движения и потерь времени при движении транспорта

вследствие транспортных заторов. Однако отсутствие в достаточном количестве средств адаптивного управления транспортными потоками приводит к необходимости постоянного контроля со стороны работников ЦОДД за состоянием транспортного потока и оперативным реагированием на ситуации, способствующие возникновению заторов [3].

Концепция по автоматизации работы сотрудника заключается во внедрении интеллектуального помощника в разработанный корпоративный веб-сервис Центра организации дорожного движения. Целью разработки сервиса было сокращение затрат времени на реагирования и устранение заторовой ситуации, а также автоматизация отдельных задач оператора. Внедрение интеллектуального помощника позволит существенно сократить затраты времени на поиск и принятие решения по предотвращению заторовых ситуаций [4].

В отсутствие полного покрытия территории города элементами интеллектуальных транспортных систем, позволяющих управлять дорожным движением в автоматическом режиме, оператор ЦОДД вынужден отслеживать ситуацию посредством камер наблюдения, а также использовать сторонние сервисы [5]. Предлагаемый сервис позволяет в автоматическом режиме определять дорожные ситуации, снижающие интенсивность, и оперативно передает сигнал оператору, предлагает варианты действий в конкретной ситуации, прогнозирует заторовые ситуации до их возникновения в зависимости от времени суток и планируемых массовых мероприятий.

Рассмотрим один из предлагаемых способов разгрузки транспортного узла, за счет перераспределения транспортных потоков [6].

На примере пересечения улиц Северная/Кутузова рассмотрим вариант перенаправления транспортных потоков на параллельные улицы с целью снижения загрузки на данном участке УДС [7].

При проведении натурных наблюдений были определены следующие значения параметров транспортных потоков: в выходной день, в утренний час пик через сечение дороги на разрешающий сигнал светофора (в направлении В-З) проехало 33 автомобиля; в будний день, в утренний час пик в том же направлении проезжает за аналогичное время 65-70 автомобилей. Результаты натурных наблюдений представлены на рисунке 1.

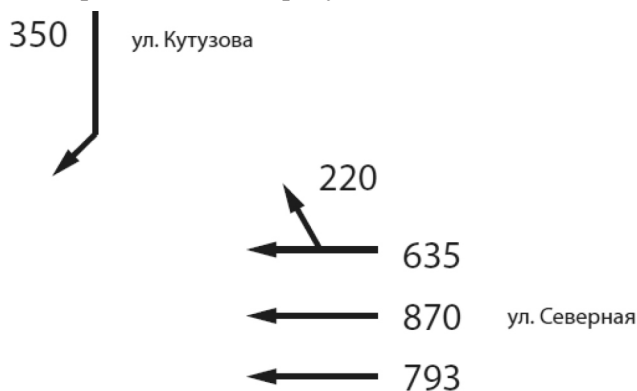


Рис. 1. Картограмма интенсивности движения на пересечении ул. Северная и ул. Кутузова (направление восток - запад)

Для визуализации и расчета оптимальной длительности фаз регулирования воспользуемся сервисом для моделирования транспортных потоков и расчета светофорного регулирования Avenue 2.0

Результаты расчета оптимального цикла светофорного регулирования представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2 расчетные результаты выполнение в среде Avenue 2.0 соответствуют результатам, полученным в результате натурных наблюдений. Однако в результате натурных наблюдений было установлено, что в пиковые периоды интенсивность может достигать значений, при которых данная длительность цикла будет не эффективной [8]. На рисунке 3 и 4 представлены значения расчета оптимального цикла светофорного цикла в будний день, в час пик.

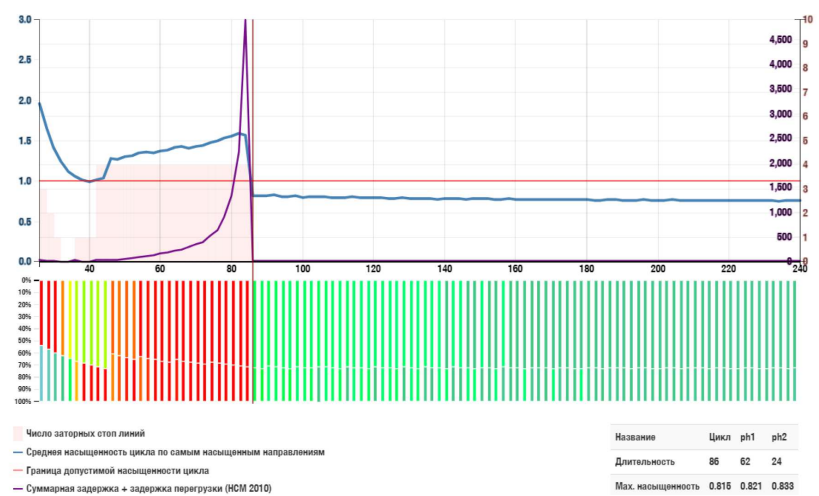


Рис. 2. Результаты расчета оптимальной длительности цикла светофорного регулирования

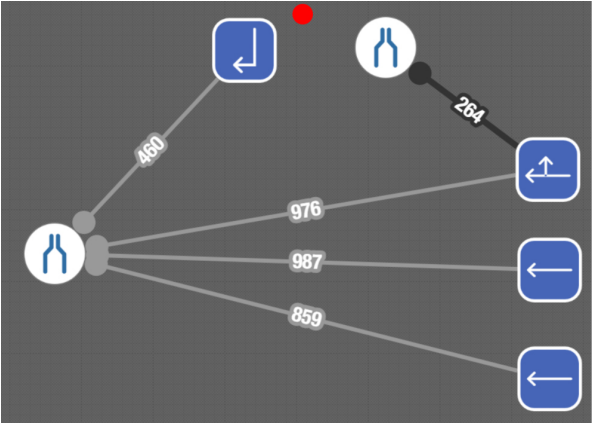


Рис. 3. Модель рассматриваемого участка УДС в час пик.

Из представленных на рисунке результатов расчета, можно сделать вывод, оптимизация цикла при заданных условиях малоэффективна. Однако, если создать условия, при которых, водители будут совершать объезд участка с затором за счет поворота на ул. Кутузова и последующего движения по параллельным ул. Северной улицам,

это может привести к снижению загрузки рассматриваемого перекрестка, оптимальным является [9]. На рисунке 5 представлен результат расчета длительности оптимального цикла при перенаправлении 30% транспортного потока,двигающегося по правой полосе.

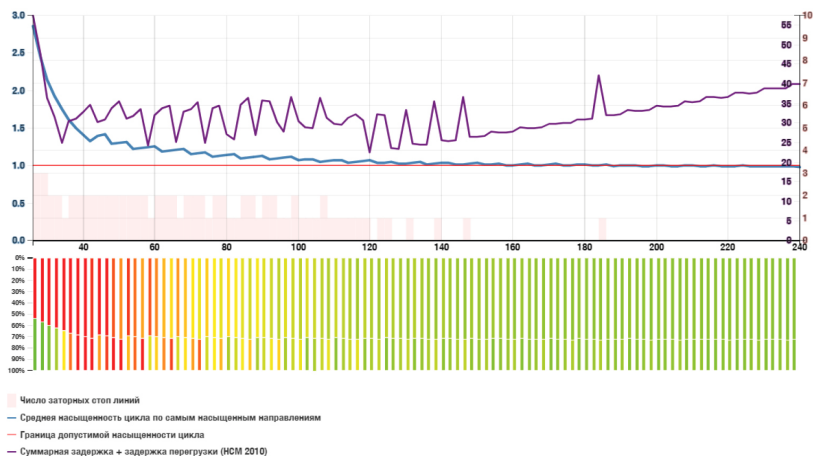


Рис. 4. Результаты расчета оптимальной длительности цикла светофорного регулирования на рассматриваемом участке в час пик.

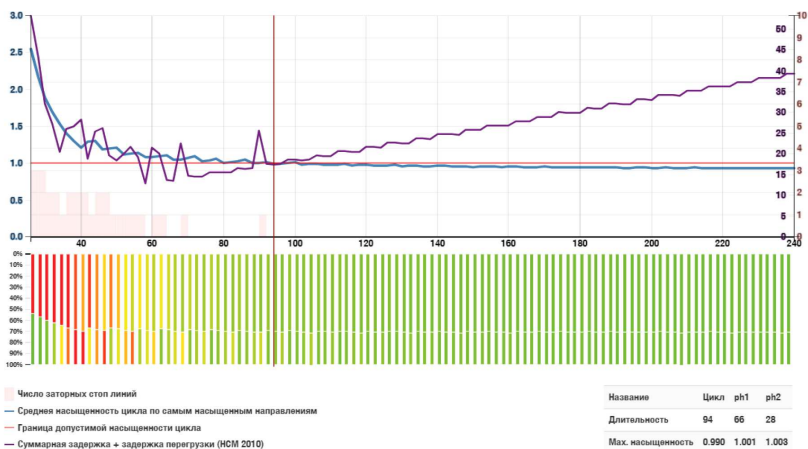


Рис. 5. Результаты расчета оптимальной длительности цикла светофорного регулирования на рассматриваемом участке в час пик (при перенаправлении части транспортного потока) [10].

Таким образом, оператор ЦОДД, оперативно взаимодействуя с предлагаемым интерфейсом может существенно сократить время на принятие решения, как за счет исключения работы со множеством сервисов, так и за счет получения рекомендаций от интеллектуального помощника [11]. Алгоритм работы оператора ЦОДД по устранению заторовой ситуации представлен на рисунке 6.

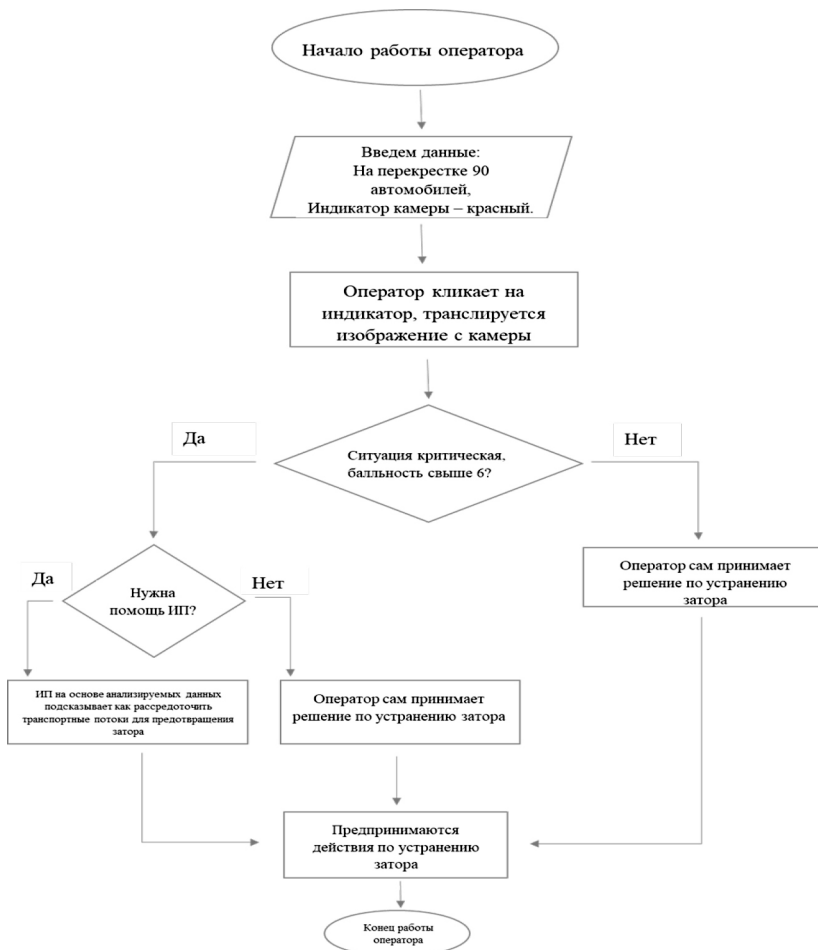


Рис. 6. Алгоритм работы оператора ЦОДД по устранению заторовой ситуации.

Кроме того, решением, способным облегчить внутренний документооборот организации, авторами разработана идея по цифровому, автоматизированному документообороту между сотрудниками структурных подразделений центра организации дорожного движения [12]. Это не является инновацией с точки зрения самой идеи, однако внедрение корпоративной программы для ведения документооборота, способно упростить, ускорить и обезопасить сотрудников от неправомерных сторонних вмешательств в корпоративную среду. Процесс перевода документов в электронный формат – это ключевой шаг для повышения эффективности работы организации, оптимизации управленческих действий по вопросам, требующих незамедлительных (оперативных) решений [13]. Одной из преимущественных функций программы является сервис по документообороту. После определения дорожной ситуации оператор во вкладке отчеты открывает необходимый шаблон для заполнения имеющейся информации и передачи дела подрядным организациям. В зависимости от характера ситуации выделены основные виды отчетной документации для операторов ЦОДД.

Автоматизация рутинных задач уменьшает время на обработку пакетов документов. Объединение сервисов обнаружения дорожных происшествий и документации повышает производительность работы сотрудника ЦОДД за счет сокращения временных ресурсов для перехода из нескольких программ [14]. Цифровизация позволяет снизить затраты по хранению документов в архивах, ускорить процесс поиска необходимых данных и повысить оперативность работы с ними, а также усилить надежность обеспеченности безопасности информации. Электронный сервис позволяет сотрудникам ЦОДД взаимодействовать быстрее и эффективнее с подведомственными и различными государственными учреждениями [15].

Оператор, получая данную информацию способен принять решение по устранению или недопущению дальнейшего коллапса,

либо самостоятельно приняв меры, либо с помощью интеллектуального помощника, который будет подсказывать какое рациональное решение необходимо принять в той или иной ситуации.

Список литературы

1. Коновалова, Т. В., Арешкина, А. Е., Коцурба, С. В., & Надирян, С. Л. (2021). Анализ маршрутной сети г. Краснодара. *Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник)*, (3), 46–50. EDN: <https://elibrary.ru/ATRHYP>
2. Надирян, С. Л. (2024). *Методика оптимизации численности автотранспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта*. Диссертация кандидата технических наук. 140 с. EDN: <https://elibrary.ru/KLNFNI>
3. Коновалова, Т. В., Котенкова, И. Н., & Надирян, С. Л. (2018). *Способы оценки эффективности организации дорожного движения*. Учебное пособие. С. 112–116. EDN: <https://elibrary.ru/PKUDTW>
4. Деркач, Т. В., & Изюмский, А. А. (2016). Оценка безопасности дорожного движения при выборе транспортной развязки в разных уровнях. *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*, (8), 160–166. EDN: <https://elibrary.ru/WISRVN>
5. Дрючин, Д. А., Коновалова, Т. В., Лебедев, Е. А., Надирян, С. Л., & Рассоха, В. И. (2024). *Оптимизация численности автотранспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городских агломераций*. Монография. Краснодар: Издательский Дом — Юг. 178 с.
6. Коновалова, Т. В., Надирян, С. Л., & Сенин, И. С. (2015). Особенности информационного обеспечения деятельности автотранспортных предприятий по повышению безопасности движения. *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*, (2), 96–103. EDN: <https://elibrary.ru/TJYMEV>
7. Коновалова, Т. В., Шевцов, Ю. Д., Надирян, С. Л., Миронова, М. П., & Журавлёв, М. М. (2022). Повышение эффективности

- транспортно-логистических процессов за счет оптимизации систем управления транспортных средств. *International Journal of Advanced Studies*, 12(4), 7–26. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-7-26> EDN: <https://elibrary.ru/GDCOML>
8. Якунин, Н. Н., Дрючин, Д. А., & Хасанов, И. Х. (2021). Прогрессивные технологии в транспортных системах. В *Конференция: прогрессивные технологии в транспортных системах* (с. 484–487). EDN: <https://elibrary.ru/IBMSKX>
 9. Воробьев, А. Л., Рассоха, В. И., & Лукоянов, В. А. (2016). Оценка эффективности процесса оформления дорожно-транспортного происшествия методом SWOT-анализа. *Интеллект. Инновации. Инвестиции*, (7), 112–116. EDN: <https://elibrary.ru/XRHAFR>
 10. Дрючин, Д. А., Коновалова, Т. В., Лебедев, Е. А., Надирян, С. Л., & Рассоха, В. И. (2024). Анализ организационно-технологических решений, направленных на повышение эффективности функционирования городских транспортных систем. *Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник)*, (2), 37–40. EDN: <https://elibrary.ru/PZPHLR>
 11. Изюмский, А. А., Пармухин, Н. П., & Надирян, С. Л. (2016). Принципы создания краснодарской краевой АСУД. *Вестник Донецкой Академии Автомобильного Транспорта*, (4), 10–15. EDN: <https://elibrary.ru/ZRIVSZ>
 12. Коновалова, Т. В., Сенин, И. С., Надирян, С. Л., & Котенкова, И. Н. (2023). Анализ транспортных проблем крупных и крупнейших городов. *International Journal of Advanced Studies*, (13), 126–136. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-126-136> EDN: <https://elibrary.ru/NDTHLQ>
 13. Котенкова, И. Н., Сенин, И. С., & Беленков, Г. И. (2024). Решение проблем организации парковочного пространства в крупных городах. В *Механика, оборудование, материалы и технологии: Электронный сборник научных статей по материалам VI-й международной научно-практической конференции* (Краснодар, 21–22 декабря 2023 г.) (с. 418–426). Краснодар: ООО «ПринтТерра». EDN: <https://elibrary.ru/EKBOKL>

14. Котенкова, И. Н., Надирян, С. Л., & Джангириян, Д. Э. (2024). Оценка транспортной составляющей градостроительной политики крупных городов. *Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ»*, (1), 28–34. <https://doi.org/10.26297/2312-9409.2024.1.4> EDN: <https://elibrary.ru/ZVCANZ>
15. Коновалова, Т. В., Надирян, С. Л., & Плаксунова, В. М. (2023). Научные исследования в области моделирования транспортных потоков. *Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник)*, (3), 33–36. EDN: <https://elibrary.ru/PZOYTB>

References

1. Konovalova, T. V., Areshkina, A. E., Kotsuba, S. V., & Nadiryan, S. L. (2021). Analysis of route network in Krasnodar. *Science. Technology. Technologies (Polytechnical Bulletin)*, (3), 46–50. EDN: <https://elibrary.ru/ATRHYP>
2. Nadiryan, S. L. (2024). Optimization methodology for calculating the number of vehicles serving regular passenger transport routes. Unpublished doctoral dissertation. 140 p. EDN: <https://elibrary.ru/KLNFNI>
3. Konovalova, T. V., Kotenkova, I. N., & Nadiryan, S. L. (2018). Methods for assessing the effectiveness of road traffic organization. *Tutorial*, pp. 112–116. EDN: <https://elibrary.ru/PKUDTW>
4. Derkach, T. V., & Izyumsky, A. A. (2016). Safety assessment of road junctions selected at different levels. *Scientific Works of Kuban State Technical University*, (8), 160–166. EDN: <https://elibrary.ru/WISRVN>
5. Dryuchin, D. A., Konovalova, T. V., Lebedev, E. A., Nadiryan, S. L., & Rasokha, V. I. (2024). Optimizing the number of vehicles serving regular routes in urban agglomerations. *Monograph*. Krasnodar: IzdDom-Yug. 178 p.
6. Konovalova, T. V., Nadiryan, S. L., & Senin, I. S. (2015). Features of informational support for transport companies to improve traffic safety. *Scientific Works of Kuban State Technical University*, (2), 96–103. EDN: <https://elibrary.ru/TJYMEV>
7. Konovalova, T. V., Shevtcov, Yu. D., Nadiryan, S. L., Mironova, M. P., & Zhuravlev, M. M. (2022). Improving the efficiency of transport

- logistics processes through optimization of vehicle management systems. *International Journal of Advanced Studies*, 12(4), 7–26. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-7-26> EDN: <https://elibrary.ru/GDCOML>
8. Yakunin, N. N., Dryuchin, D. A., & Hasanov, I. Kh. (2021). Progressive technologies in transport systems. In *Progressive Technologies in Transport Systems Conference* (pp. 484–487). EDN: <https://elibrary.ru/IBMSKX>
 9. Vorobyov, A. L., Rassokha, V. I., & Lukeyanov, V. A. (2016). Efficiency assessment of road accident handling procedure using SWOT-analysis. *Intellect. Innovation. Investment*, (7), 112–116. EDN: <https://elibrary.ru/XRHAFR>
 10. Dryuchin, D. A., Konovalova, T. V., Lebedev, E. A., Nadiryan, S. L., & Rassokha, V. I. (2024). Analysis of organizational and technological solutions aimed at improving the efficiency of urban transport systems. *Science. Technology. Technologies (Polytechnical Bulletin)*, (2), 37–40. EDN: <https://elibrary.ru/PZPHLR>
 11. Izyumsky, A. A., Paramukhin, N. P., & Nadiryan, S. L. (2016). Principles of building the Krasnodar regional ATCS. *Bulletin of Donetsk Academy of Automobile Transport*, (4), 10–15. EDN: <https://elibrary.ru/ZRIVSZ>
 12. Konovalova, T. V., Senin, I. S., Nadiryan, S. L., & Kotenkova, I. N. (2023). Analysis of transport problems in large and largest cities. *International Journal of Advanced Studies*, (13), 126–136. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-126-136> EDN: <https://elibrary.ru/NDTHLQ>
 13. Kotenkova, I. N., Senin, I. S., & Belenkov, G. I. (2024). Solution of parking space organization problems in big cities. In *Mechanics, Equipment, Materials and Technologies: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference (December 21–22, 2023, Krasnodar)* (pp. 418–426). Krasnodar: PrintTerra. EDN: <https://elibrary.ru/EKBOKL>
 14. Kotenkova, I. N., Nadiryan, S. L., & Dzhangiryan, D. E. (2024). Assessment of the transport component of urban planning policies in large cities. *Scientific Works of Kuban State Technical University*, (1), 28–34.

<https://doi.org/10.26297/2312-9409.2024.1.4> EDN: <https://elibrary.ru/ZVCANZ>

15. Konovalova, T. V., Nadiryan, S. L., & Plaksunova, V. M. (2023). Scientific research in modeling transport flows. *Science. Technology. Technologies (Polytechnical Bulletin)*, (3), 33–36. EDN: <https://elibrary.ru/PZOYTB>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Коновалова Татьяна Вячеславовна, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация

tan_kon@mail.ru

Изыумский Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация

kopidd@mail.ru

Сенин Иван Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация

senin.ivan@inbox.ru

Тыргалов Кирилл Владимирович, студент кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация
tyrgalovk@gmail.com

Ивина Виктория Сергеевна, студент кафедры «Транспортных процессов и технологических комплексов»
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»
ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация
Vikochka_iv@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Tatyana V. Konovalova, PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of “Transport Processes and Technological Complexes”
Kuban State Technological University
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation
tan_kon@mail.ru

Aleksandr A. Izyumskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of “Transport Processes and Technological Complexes”
Kuban State Technological University
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation
kopidd@mail.ru

Ivan S. Senin, Senior Lecturer of the Department of “Transport Processes and Technological Complexes”

*Kuban State Technological University
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation
senin.ivan@inbox.ru*

Kirill V. Tyrgalov, Student of the Department of “Transport Processes and Technological Complexes”

*Kuban State Technological University
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation
tyrgalovk@gmail.com*

Victoria S. Ivina, Student of the Department of “Transport Processes and Technological Complexes”

*Kuban State Technological University
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russian Federation
Vikochka_iv@mail.ru*

Поступила 03.02.2025

После рецензирования 15.03.2025

Принята 18.03.2025

Received 03.02.2025

Revised 15.03.2025

Accepted 18.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-355

EDN: QBSOXN

УДК 625.7:656



Научная статья | Управление процессами перевозок

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВАНИИ ИЗМЕРЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

*Ю.В. Буртыль, Д.В. Капский,
Н.А. Филиппова, А.А. Неретин*

Аннотация

Обоснование. Основная цель исследования заключалась в создании модели, позволяющей более точно оценивать эксплуатационные характеристики автомобильных дорог, используя данные, собранные в течение более 20 лет. В качестве обоснования для данного исследования служит необходимость улучшения методов оценки состояния дорожных покрытий, особенно в контексте возрастающих требований к безопасности и качеству транспортной инфраструктуры. Оценка состояния дорог является важной задачей для нормирования и планирования их ремонта и обслуживания, что в свою очередь влияет на безопасность дорожного движения и экономию бюджетных средств.

Цель – практическое улучшения методов работы с дорожной инфраструктурой, повышения её надежности и безопасности, что крайне важно для всех пользователей дорог.

Материалы и методы. На основании теоретико-экспериментальных исследований разработана линейная модель расчета надежности дорожного покрытия. Данная предлагаемая линейная модель получила и экспериментальное подтверждение, в результате которого установлены расчетные коэффициенты корреляции для закона распределения.

Результаты. Была разработана надежная линейная модель, которая была экспериментально подтверждена. В ходе работы были установлены расчетные коэффициенты корреляции для закона распределения, что позволяет применять полученные результаты в реальных условиях эксплуатации дорожных покрытий. Модель учитывает различные факторы, такие как нагрузки и влияние погодных условий, что делает ее практически применимой для оценки состояния дорожных покровов и определения необходимых мероприятий по их ремонту.

Ключевые слова: дорога; покрытие; оценка состояния; исследования; параметры; нагрузки; погодно-климатические факторы; дефекты

Для цитирования. Буртыль, Ю. В., Капский, Д. В., Филиппова, Н. А., & Неретин, А. А. (2025). Разработка модели расчета надежности покрытия на основании измерения эксплуатационного состояния автомобильной дороги. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 198–213. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-355>

Original article | Transportation Process Management

SELECTION OF PARAMETERS FOR THE STUDY AND ASSESSMENT OF THE TRANSPORT AND OPERATIONAL STATE OF THE ROAD

Yu.V. Burtyl, D.V. Kapski, N.A. Filippova, A.A. Neretin

Abstract

Background. The main objective of the study was to create a model that allows more accurate assessment of the performance characteristics of roads using data collected over more than 20 years. The rationale for this study is the need to improve methods for assessing the condition of road surfaces, especially in the context of increasing requirements for the safety and quality of transport infrastructure. Assessing the condition of roads is an important task for standardizing and planning their repair and maintenance, which in turn affects road safety and budget savings.

Purpose. Practical improvement of methods of working with road infrastructure, increasing its reliability and safety, which is extremely important for all road users.

Materials and methods. Based on theoretical and experimental studies, a linear model for calculating the reliability of road surfaces has been developed. This proposed linear model has also received experimental confirmation, as a result of which the calculated correlation coefficients for the distribution law have been established.

Results. Based on theoretical and experimental studies, a linear model for calculating the reliability of road surfaces has been developed. This proposed linear model has also received experimental confirmation, as a result of which the calculated correlation coefficients for the distribution law have been established.

Keywords: road; surface; condition assessment; research; parameters; loads; weather and climatic factors; defects

For citation. Burtul, Yu. V., Kapski, D. V., Filippova, N. A., & Nere-tin, A. A. (2025). Selection of parameters for the study and assessment of the transport and operational condition of the road. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 198–213. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-355>

Градация значения ровности по IRI при изменении эксплуатационного состояния. Фактическое значение ровности покрытия не должно превышать нормативное требование (1) с возможным допуском превышения (в некоторых странах до 10 %) [1].

$$IRI_{\phi} \leq IRI_{\text{норм}} \quad (1)$$

где IRI_{ϕ} – фактическое измеренное значение ровности покрытия, м/км;

$IRI_{\text{норм}}$ – нормативное значение ровности покрытия, м/км;

Численные значения индекса IRI в международной классификации приведены в таблице 1.

Градация IRI приводится с разделением по уровням требований (уровням эксплуатационного состояния) и категориям дорог

для следующих уровней: при приемочном контроле (наилучшие значения); при эксплуатации дорог; для обеспечения безопасности движения (предельно допустимые) [4; 5].

Таблица 1.

Международная градация ровности дорог по IRI [2; 3]

Страна	Требования к ровности дорожных покрытий (IRI), м/км				
	отличная	хорошая	средняя	низкая	неудовлетворительная
Австрия	до 1,0	1,0-1,8	1,8-3,0	3,0-4,5	более 4,5
Бельгия	до 2,0	2,0-4,0	4,0-6,0	более 6	-
Дания	до 1,5	1,5-2,5	-	2,5-5,0	более 5,0
Финляндия	до 1,7	1,7-2,5	2,5-3,5	3,5-4,1	более 4,1
Германия	до 1,5	1,5-3,5	-	более 3,5	-
Польша	-	до 2,0	2 - 4,3	4,3 - 5,7	более 5,7
Хорватия	до 1,5	1,5-2,5	2,5-3,5	3,0-5,0	более 5,0
Италия	до 1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	более 3,0
Сербия	до 1,0	1,0-2,5	2,5-3,5	3,5-5,5	более 5,5

Нормативные требования для ровности дорожных асфальтобетонных покрытий после проведения ремонта, при строительстве (возведении) в зависимости от категории дороги при наилучших показателях национальных стандартов приведены в таблице 2 [3].

Таблица 2.

Нормативные требования к ровности асфальтобетонных покрытий (IRI) после ремонта (возведения)

Страна (стандарт, рекомендации)	Ровность по IRI для категории автомобильной дороги, м/км				
	I	II	III	IV	V
Беларусь, ТКП 059.1 – возведение [113, с. 56]	1,5	1,8	1,8	2,5	-
– реконструкция и капитальный ремонт	2,0	2,0	2,0	2,5	-
Казахстан, ПР РК 218-49 [114, с. 4]	2,3	2,8	2,8	-	-
Россия, СП 78.13330.2012 [115, с. 58]	2,2	2,2	2,6	2,6	-
Украина, ДБН В.2.3-4 [116, с. 85]	1,7	1,8	1,9	2,0	-

По результатам изучения международных и национальных требований для дальнейших исследований принимаем начальное зна-

чение ровности (IRI_0) в зависимости от категории дороги после капитального ремонта: I-III категории – 2,0 м/км, для остальных категорий 2,5 м/км, что также соответствует общемировому опыту. Категория дороги устанавливается в зависимости от интенсивности движения автомобилей, т.е. величины нагрузки по таблице 3.

Таблица 3.

Классификация автомобильных дорог [6]

Категория дороги	I	II	III	IV	V
Расчетная скорость, км/ч	120	120	100	80	до 60
Расчетная интенсивность, ед./сут	св.10000	5000-10000	2000-5000	200-2000	менее 200

Нормативные требования к IRI для автомобильных дорог при эксплуатации и контролируемые в процессе диагностики при формировании программы ремонтных мероприятий приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Нормативные требования к ровности асфальтобетонных покрытий (IRI) при эксплуатации и диагностике

Страна (стандарт, рекомендации)	Ровность по IRI для категории автомобильной дороги, м/км				
	I	II	III	IV	V
Беларусь, ТКП 140	3,6	4,8	5,5	6,2	6,2
Казахстан, ПР РК 218-03	2,5	3,0	3,0	4,9	4,9
Международный, ГОСТ 33388	2,6	3,1	3,3	5,0	-
Россия, ОДМ 218.4.039	4,0	4,5	5,0	6,0	7,5
Украина (Р В.2.3-218-02071168-385-2004)	2,5	4,0	5,5	6,5	8,0

В случае нарушения требований по ровности по условиям безопасности, на автомобильной дороге для транспорта вводятся ограничения весового и скоростного режимов. В соответствии с международными требованиями ровность по IRI не должна превышать значения, указанные в таблице 5 для категорий дорог [15], но для уровней эксплуатационного состояния должна соответствовать требованиям национальных стандартов государств.

Таблица 5.

**Нормативные требования к ровности асфальтобетонных покрытий (IRI)
по условиям безопасности движения**

Страна (стандарт, рекомендации)	Ровность по IRI для категории (уровня требований) автомобильной дороги, м/км				
	I(1)	II(2)	III (3)	IV(4)	V(5)
Международный, ГОСТ 32220	4,0	4,5	5,5	6,5	-
Беларусь, СТБ 1291	4,1	5,5	6,2	7,3	7,5
Россия, ГОСТ Р 50597	4,0	4,5	5,0	6,0	7,5
Казахстан, СТ РК 1912	3,4	4,7	5,0	5,6	5,6

Предельное значение ровности для дальнейших расчетов принимаем по категориям дороги, указанных в международных требованиях. Учитывая при построении модели требования актуальных нормативных документов, результаты будут иметь наиболее приближенное практическое значение.

Надежность дорожной конструкции в течении расчетного срока службы. Изучение опыта и нормативная практика подтверждают, что надежность дорожной конструкции зависит от интенсивности формирования усталостных (остаточных) деформаций, величина которых определяется изменением ровности покрытия в течение срока службы [7; 8]. Введем понятие коэффициента эксплуатационной надежности дорожной конструкции ($K_{н.р.}$), значение которого напрямую связано с изменением ровности покрытия (ΔIRI) (2) [9]:

$$K_{н.р.} = f(\Delta IRI). \quad (2)$$

На основании принятых для исследований нормативных требований устанавливаем допустимый прирост неровностей по IRI для автодорог по категориям, принимая в качестве начального требования к ровности ровность после ремонта (строительства) и максимального допустимого значения – требования для проведения ремонта. Результат расчета допустимого прироста неровностей приведен в таблице 6.

Дорожная конструкция проектируется под заданную нагрузку и соответственно коэффициент надежности будет зависеть от срока службы дорожной конструкции (T_p) в течении которого обеспечивается проектный уровень надежности [10].

Таблица 6.

Допустимый прирост неровностей по установленным нормативным требованиям в Республике Беларусь

Характеристика ровности дорожного покрытия	Категория автомобильной дороги				
	I	II	III	IV	V
Начальное значение ровности (IRI_0), м/км	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
Максимальное допустимое значение ровности (IRI_n) по безопасности, м/км	3,6	4,8	5,5	6,2	6,2
Нормативный прирост неровностей (ΔIRI_n) за расчетный срок службы, м/км	1,6	2,8	3,5	3,7	3,7

Тогда коэффициент эксплуатационной надежности будет зависеть от объема накопленных деформаций и предлагаемых в работе определять по изменению ровности покрытия ΔIRI_t за расчетный срок службы T_p (3)

$$K_{H.p.} = f(\Delta IRI_t, T_p). \quad (3)$$

Расчетный срок службы после проведения капитального ремонта определен нормативными требованиями по категориям дорог или устанавливается при проектировании в системах автоматизированного проектирования [11]. При известном значении срока службы рассчитываем допустимый ежегодный прирост неровностей (R_H) по (4), исходя из начального и предельно допустимого значений ровности по таблице 6

$$R_H = \frac{(IRI_n - IRI_0)}{T_p}, \quad (4)$$

где IRI_n – нормативное значение ровности по таблице 6, м/км;

IRI_0 – начальное значение ровности по таблице 6, м/км;

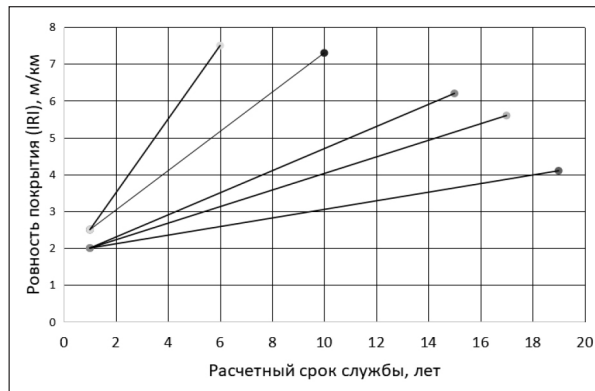
T_p – расчетный срок службы дорожной конструкции для заданного уровня надежности по таблице 7, лет.

На основании полученной зависимости (4) устанавливаем допустимый ежегодный прирост неровностей. Результаты расчета ежегодного прироста неровностей для установленных значений ровности и срока службы по (4), предполагая что изменения происходят линейно, сводим в таблицу 7. Для нормативной модели построим график изменения ровности во времени за максимальный срок службы, выдвигая гипотезу о линейной функции прироста неровностей (рисунок 1).

Таблица 7.

Допустимый ежегодный прирост неровностей покрытия для различных рекомендуемых сроков службы дорожных одежд в Беларуси

Категория дороги	Расчетный срок службы (T_p), лет	Ежегодный нормативный (R_H) прирост неровностей, м/(км год)
I	19	0,08
	14	0,11
II	17	0,16
	13	0,21
III	15	0,23
	12	0,29
	11	0,32
IV	10	0,37
	9	0,41
	8	0,46
	7	0,53
	6	0,62
V	6	0,62
	5	0,74
	4	0,93



Категории дорог: 1-I; 2-II; 3-III; 4-IV; 5-V

Рис. 1. Нормативная модель изменения ровности за расчетный срок службы для категорий дорог (по условиям безопасности)

При стабильной работе уплотненных слоев покрытия и основания суммарный прирост неровностей ΔIRI_t от момента устройства покрытия до расчетного года не превышает суммарного нормативного прироста за весь расчетный период ΔIRI_H .

Условие надежной работы дорожной конструкции в течение всего срока службы определяется выражением (5)

$$\frac{\Delta IRI_H}{\Delta IRI_t} > 1. \quad (5)$$

Рассматривая накопление усталостных повреждений асфальто-бетонного покрытия с точки зрения гипотезы Пальмгрена – Майнера, принимаем, что надежность конструкции зависит от фактического (N_f) и допустимого количества приложенных расчетных нагрузжений (N_H). Проектная надежность дорожной конструкции, по условию формирования усталостных разрушений от воздействия транспорта [16], в течение срока службы должна соответствовать условию (6) [12]:

$$\frac{N_H}{N_t} > 1, \quad (6)$$

где N_t – количество расчетных воздействий за период от момента устройства покрытия до расчетного года t , ед.;

N_H – количество расчетных воздействий за весь расчетный период, ед.

Эксплуатационная надежность должна быть обеспечена в соответствии с проектной до окончания расчетного срока службы, следовательно, выражения (5) и (6) тождественны и их можно представить в виде (7)

$$\frac{\Delta IRI_H}{\Delta IRI_t} = \frac{N_H}{N_t}. \quad (7)$$

Тогда прирост неровностей для расчетного года в период срока службы дорожной конструкции определяется по (8)

$$\Delta IRI_t = \Delta IRI_H \cdot \frac{N_t}{N_H}. \quad (8)$$

Соотношение фактической и нормативной интенсивности транспортной нагрузки, устанавливает срок службы дорожной конструкции в соответствии с требованиями национальных стандартов.

К окончании расчетного срока службы, при планировании, количество расчетных нагрузок будет соответствовать фактическому ($N_t = N_H$). Следовательно, суммарное воздействие не должно превышать расчетное количество за любой другой, меньший период.

Тогда фактический период эксплуатации дорожной конструкции предлагается рассчитывать по (9) [13]:

$$T_t = T_p \cdot \frac{N_t}{N_H}, \quad (9)$$

где T_t – фактический срок службы, лет;

T_p – расчетный срок службы, по таблице 7, лет;

Теория взаимосвязи срока службы конструкции с количеством расчетных воздействий по модели (10) подтверждается в научных работах Г. С. Бахраха, Д. А. Скоробогатченко [14]:

$$T_t = B \cdot \frac{N_t}{N_H}, \quad (10)$$

где T_t – фактический срок службы дорожной конструкции, лет;

B – эмпирический коэффициент;

Тогда выражение (8) с учетом предложенной зависимости (19) для расчета прироста неровностей за определенный период принимает вид (11)

$$\Delta IRI_t = \Delta IRI_H \cdot \frac{T_t}{T_p}, \quad (11)$$

Изменение ровности в период времени (ΔIRI_t) определяется как разница между фактическим значением (IRI_t) в последний год периода (T_t) и начальными значениями ровности (IRI_0). Тогда выражение (11) примет вид (12)

$$IRI_t = \Delta IRI_H \cdot \frac{T_t}{T_p} + IRI_0. \quad (12)$$

Подставляя в выражение (12) значение ежегодного прироста неровностей (R_H), рассчитанного по выражению (14), получаем теоретическую модель изменения ровности во времени (13).

$$IRI_t = R_H \cdot T_t + IRI_0. \quad (13)$$

По полученной модели рассчитывается прогнозируемое значение ровности по IRI на расчетный год с установленным нормативным ежегодным приростом R_H .

Тогда коэффициент эксплуатационной надежности с учетом требований к начальному значению ровности представим в виде (14)

$$K_{H.P.} = f(R_H, T_t). \quad (14)$$

Выводы

Разработана линейная модель расчета надежности покрытия на основании изменения эксплуатационного состояния автомобильной дороги. Получено экспериментальное подтверждение предложенной линейной модели с приведением расчетных коэффициентов корреляции для установленного закона распределения.

Список литературы

1. International roughness index. Uses and comparison with other jurisdictions: Report of Infrastructure System Engineer: Alberta Infrastructure Transportation and Civil Engineering Division; Director Roy Jurgens; prepared by Moh Ashraf. (2000). Edmonton. 12 p.
2. Hadiwardoyo, S. P., Correia, A. G., & Pereira, P. (2015). Road Deterioration Analysis for the National Roads of Indonesia. In *Materials of the 14th International Conference on QIR (Quality in Research)* (pp. 32–41). Lombok.
3. ТКП 059-2007. Автомобильные дороги. Правила устройства. (2007). Введ. 27.03.07. Минск: Минстройархитектуры. 68 с.
4. Капский, Д. В., Филиппова, Н. А., Трофименко, Ю. В., & др. (2023). *Оценка воздействия изменения климата и климатических рисков в транспортных системах*. Москва: Техполиграфцентр. 248 с. EDN: <https://elibrary.ru/ZIONTO>
5. Капский, Д. В., Пегин, П. А., & Буртыль, Ю. В. (2023). Особенности проектирования многослойных плоскостных конструкций. *Бюллетень строительной техники*, (9), 22–25. EDN: <https://elibrary.ru/PCDIVV>
6. СН 3.03.04-2019. Автомобильные дороги. (2020). Введ. 26.12.2019. Минск: ГП «Белгипродор». 62 с.
7. Капский, Д. В., Богданович, С. В., & Буртыль, Ю. В. (2023). Чувствительность транспортной отрасли к изменению климата. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки*, (1), 54–59. <https://doi.org/10.52928/2070-1616-2023-47-1-54-59> EDN: <https://elibrary.ru/YBWQOZ>

8. Пугачев, И. Н., Каменчуков, А. В., Капский, Д. В., & др. (2022). *Управление безопасностью дорожной инфраструктуры*. Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения. 147 с. EDN: <https://elibrary.ru/VMPPFE>
9. De Luca, M. (2020). Evaluation of Runway Bearing Capacity Using International Roughness Index. *Transportation Research Procedia*, (45), 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.096> EDN: <https://elibrary.ru/JXZXHN>
10. Bazhanov, A. P. (2019). General Issues of Assessing Reliability of Roads. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 632(1), 1–12. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/632/1/012012> EDN: <https://elibrary.ru/NQALRM>
11. Буртыль, Ю. В. (2019). Автоматизированные системы проектирования дорожных одежд и особенности их использования в современных условиях. *Автомобильные дороги и мосты*, (2), 7–15.
12. Нгуен, К. Т., & Северцев, Н. А. (2020). Модели расходования ресурсов при оценке остаточного ресурса технических объектов. *Вопросы теории безопасности и устойчивости систем*, (22), 120–135. EDN: <https://elibrary.ru/JRLLDU>
13. Гончаренко, В. В., & Ромасюк, Е. А. (2012). О критериях оценки усталостной прочности дорожных асфальтобетонов. *Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури*, (93), 172–178. EDN: <https://elibrary.ru/AAPECT>
14. Бахрах, Г. С. (2008). Теоретические основы ремонта дорожных одежд нежесткого типа. В *Дороги и мосты: сборник статей* (вып. 20/2, с. 105–120). Москва: ФГУП «РОСДОРНИИ». EDN: <https://elibrary.ru/JWEZSB>
15. Филиппова, Н. А. (2024). Научные пути решения проблем организации и планирования перевозок грузов в районах Крайнего Севера и Арктической зоны России. *Интеллект. Инновации. Инвестиции*, (2), 11–22. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-2-11> EDN: <https://elibrary.ru/NWBZUF>
16. Филиппова, Н. А., Якубенко, Д. О., & Антонова, А. Л. (2019). Обеспечение безопасности перевозок грузов средствами монито-

ринга в Московском регионе по дорогам федерального значения. В *Материалы XXI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых, студентов и учащихся «Наука и образование: проблемы и перспективы»* (с. 82–88). Бийск: Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В.М. Шукшина. EDN: <https://elibrary.ru/XCJIQT>

References

1. International roughness index. Uses and comparison with other jurisdictions: Report of Infrastructure System Engineer: Alberta Infrastructure Transportation and Civil Engineering Division; Director Roy Jurgens; prepared by Moh Ashraf. (2000). Edmonton. 12 p.
2. Hadiwardoyo, S. P., Correia, A. G., & Pereira, P. (2015). Road Deterioration Analysis for the National Roads of Indonesia. In *Materials of the 14th International Conference on QIR (Quality in Research)* (pp. 32–41). Lombok.
3. ТКР 059-2007. Avtomobil'nye dorogi. Pravila ustroystva [Roads. Installation Rules]. (2007). Minsk: Ministry of Construction and Architecture. 68 p.
4. Kapsky, D. V., Filippova, N. A., Trofimenko, Yu. V., et al. (2023). *Assessment of Climate Change Impact and Climate Risks in Transport Systems*. Moscow: Tekhpologocentr. 248 p. EDN: <https://elibrary.ru/ZIONTO>
5. Kapsky, D. V., Pegin, P. A., & Burtyl', Yu. V. (2023). Characteristics of Multilayer Plane Structures Design. *BST: Bulletin of Construction Technology*, (9), 22–25. EDN: <https://elibrary.ru/PCDIVV>
6. SN 3.03.04-2019. Avtomobil'nye dorogi [Highways]. (2020). Minsk: Belgiprodor. 62 p.
7. Kapsky, D. V., Bogdanovich, S. V., & Burtyl', Yu. V. (2023). Sensitivity of Transport Sector to Climate Change. *Polotsk State University Bulletin. Series B. Industry. Applied Sciences*, (1), 54–59. <https://doi.org/10.52928/2070-1616-2023-47-1-54-59> EDN: <https://elibrary.ru/YBWQOZ>

8. Pugachev, I. N., Kamenchukov, A. V., Kapsky, D. V., et al. (2022). *Road Infrastructure Safety Management*. Khabarovsk: DVG TU. 147 p. EDN: <https://elibrary.ru/VMPPFE>
9. De Luca, M. (2020). Evaluation of Runway Bearing Capacity Using International Roughness Index. *Transportation Research Procedia*, (45), 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.096> EDN: <https://elibrary.ru/JXZXHN>
10. Bazhanov, A. P. (2019). General Issues of Road Reliability Assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 632(1), 1–12. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/632/1/012012> EDN: <https://elibrary.ru/NQALRM>
11. Burtyl', Yu. V. (2019). Automated Systems for Pavement Design and Their Usage in Modern Conditions. *Avtomobil'nye dorogi i mosty*, (2), 7–15.
12. Nguyen, K. T., & Severtsev, N. A. (2020). Models of Resource Consumption When Assessing the Remaining Resource of Technical Objects. *Problems of Safety and Stability of Systems Theory*, (22), 120–135. EDN: <https://elibrary.ru/JRLLDU>
13. Goncharenko, V. V., & Romasyuk, E. A. (2012). Fatigue Strength Criteria for Road Asphalt Concrete. *Visnyk Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, (93), 172–178. EDN: <https://elibrary.ru/AAPECT>
14. Bahrakh, G. S. (2008). Theoretical Basis of Repairing Flexible Pavements. *Roads and Bridges*, (20/2), 105–120. EDN: <https://elibrary.ru/JWEZSB>
15. Filippova, N. A. (2024). Scientific Approaches to Addressing Cargo Transportation Problems in Russia's Arctic Zone. *Intelligence. Innovations. Investments*, (2), 11–22. <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-2-11> EDN: <https://elibrary.ru/NWBZUF>
16. Filippova, N. A., Yakubenko, D. O., & Antonova, A. L. (2019). Ensuring Freight Transportation Safety Through Monitoring on Federal Roads in Moscow Region. In *Proceedings of the XXI All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Students and Learners with International Participation* (pp. 82–88). Biysk: Altay State Humanitarian Pedagogical University. EDN: <https://elibrary.ru/XCJIQT>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Буртыль Юрий Валерьевич, кандидат технических наук, доцент
кафедры «Транспортные системы и технологии»
Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, Минск, Минская область, Беларусь
burtyl76@mail.ru

Капский Денис Васильевич, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Транспортные системы и технологии»
Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, Минск, Минская область, Беларусь
d.kapsky@gmail.com

Филиппова Надежда Анатольевна, доктор технических наук,
профессор
ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет
им. М. К. Аммосова»; *ФГБОУ ВО «Московский автомобиль-*
но-дорожный государственный технический университет
(МАДИ)»; Якутский научный центр Сибирского отделения
Российской академии наук (ФИЦ ЯНЦ СО РАН)
ул. Белинского, 58, г. Якутск, Республика Саха (Якутия),
677000, Российская Федерация; *Ленинградский проспект,*
64, г. Москва, 125319, Российская Федерация; *ул. Петров-*
ского, 2, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), 677027, Рос-
сийская Федерация
uten@bk.ru

Неретин Александр Андреевич, кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государ-
ственный технический университет (МАДИ)»
Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская
Федерация
neretin.sasha@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHORS

Yuri V. Burtyl, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Department of “Transport Systems and Technologies”
Belarusian National Technical University
65, Nezavisimosti Ave., Minsk, Minsk Region, Belarus
burtyl76@mail.ru
SPIN-code: 4386-2676

Denis V. Kapski, Doctor of Science, Professor, Professor, Department
of “Transport Systems and Technologies”
Belarusian National Technical University
65, Nezavisimosti Ave., Minsk, Minsk Region, Belarus
d.kapsky@gmail.com
SPIN-code: 5383-4582

Nadezhda A. Filippova, Doctor of Science, Professor
North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov;
Moscow Automobile and Road State Technical University
(MADI); Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the
Russian Academy of Sciences
58, Belinskogo Str., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia),
677000, Russian Federation; 64, Leningradsky prospect, Mos-
cow, 125319, Russian Federation; 2, Petrovsky Str., Yakutsk, Re-
public of Sakha (Yakutia), 677027, Russian Federation
umen@bk.ru
SPIN-code: 3782-8051

Alexander A. Neretin, Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor
Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)
64, Leningradsky prospect, Moscow, 125319, Russian Federation
neretin.sasha@gmail.com
SPIN-code: 3474-3633

Поступила 01.03.2025
После рецензирования 15.03.2025
Принята 21.03.2025

Received 01.03.2025
Revised 15.03.2025
Accepted 21.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-356

EDN: QRGCKZ

УДК 656.078



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ

Р.А. Халтурин, Р.О. Судоргин, Н.С. Акиньшин

Аннотация

Обоснование. Актуальность статьи обусловлена сложностью и динамичностью систем распределения ресурсов (РР-систем), которые включают множество изменяющихся во времени элементов, как внутри системы, так и во внешней среде, и требуют организации в виде иерархических подсистем. Неопределённость информационной составляющей и факторов влияния делает необходимым использование эффективных аналитических инструментов, основанных на теории принятия решений в условиях неопределённости, для объективной оценки и управления такими системами.

Цель. Разработать комплекс математических моделей поиска оптимальных решений в сложных системах управления ресурсами в условиях неопределенности, необходимый при разработке структуры распределения.

Материалы и методы. В материале используется комбинация математического моделирования, теории принятия решений и методов оптимизации для решения многокритериальных задач в сложных системах, особенно в РР-системах транспортных комплексов. Для задач оптимизации в условиях определённости модель включает множество допустимых решений XX и векторный критерий $f(x)f(x)$ для оценки альтернатив. В многокритериальных задачах в условиях неопределённости отсутствие единого математического аппарата тре-

бует применения разнородных методов, таких как комбинаторика, теория графов, эвристика, линейное и динамическое программирование, а также поисковые алгоритмы. Исследование подчеркивает сложности применения этих методов в сложных системах, где внешние и внутренние неопределённости затрудняют формулировку ограничений и интеграцию качественных и количественных критериев. Также рассматривается преобразование многокритериальных задач в однокритериальные с набором ограничений, акцентируя внимание на ограничениях, вызванных непредсказуемыми внешними факторами, и необходимости экспериментальной проверки в сложных транспортных системах.

Результаты. Основная сложность в построении эффективных РР-систем связана с значительной мощностью множества качественных критериев, элементы которого, с трудом формализуются и встраиваются в математические модели. Качественные критерии требуют использования порядковых шкал, где допустимы только монотонные преобразования, что ограничивает количественное сравнение. Для решения многокритериальных задач предложены методы, основанные на бинарных отношениях и функциях ценности, которые позволяют формализовать предпочтения и ранжировать альтернативы. Эти подходы, включая линейные свертки и функции полезности, повышают объективность решений в сложных системах, таких как транспортные комплексы, где присутствуют как количественные, так и качественные критерии, однако их применение требует тщательного анализа и адаптации к специфике задач.

Ключевые слова: аналитические методы; модели оптимизации; распределение ресурсов; сложная система; РР-системы; многокритериальные методы

Для цитирования. Халтурин, Р. А., Судоргин, Р. О., & Акиншин, Н. С. (2025). Теоретическое обоснование модели поиска оптимальных решений в сложных системах управления ресурсами. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 214–233. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-356>

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE MODEL OF SEARCH FOR OPTIMAL SOLUTIONS IN COMPLEX RESOURCE MANAGEMENT SYSTEMS

R.A. Khalturin, R.O. Sudorgin, N.S. Akinshin

Abstract

Background. The relevance of the article is determined by the complexity and dynamism of resource allocation systems (RR systems), which include numerous time-varying elements, both within the system and in the external environment, and require organization into hierarchical subsystems. The uncertainty of the informational component and influencing factors necessitates the use of effective analytical tools based on decision theory under uncertainty for the objective assessment and management of such systems.

Purpose. To develop a set of mathematical models for finding optimal solutions in complex resource management systems under uncertainty, required for designing resource allocation structures.

Materials and methods. The study employs a combination of mathematical modeling, decision theory, and optimization techniques to address multicriteria problems in complex systems, particularly in resource allocation systems (RR systems) within transport complexes. The classical decision-making approach involves selecting the optimal solution from a set of alternatives formalized through mathematical models representing the problem situation. For deterministic optimization tasks, the model includes a set of feasible solutions XX and a vector criterion $f(x)f(x)$ to evaluate alternatives. In multicriteria optimization under uncertainty, the lack of a unified mathematical framework requires the use of diverse methods such as combinatorics, graph theory, heuristics, linear and dynamic programming, and search algorithms. The research highlights the challenges of applying these methods in complex systems, where external and internal

uncertainties complicate the formulation of constraints and the integration of qualitative and quantitative criteria. The transformation of multicriteria problems into single-criterion formulations with constraints is also explored, emphasizing limitations imposed by unpredictable external factors and the need for experimental validation in complex transport systems.

Results. The main challenge in building effective resource allocation systems (RR systems) lies in the large number of qualitative criteria, which are difficult to formalize and integrate into mathematical models. Qualitative criteria, such as scoring or expert judgments, require the use of ordinal scales, where only monotonic transformations are permissible, limiting quantitative comparison. To address multicriteria problems, methods based on binary relations and value functions are proposed, enabling the formalization of preferences and ranking of alternatives. These approaches, including linear aggregations and utility functions, enhance the objectivity of decisions in complex systems, such as transport complexes, where both quantitative and qualitative criteria are present. However, their application requires careful analysis and adaptation to the specifics of the tasks.

Keywords: analytical methods; optimization models; resource allocation; complex systems; RR systems; multicriteria methods

For citation. Khalturin, R. A., Sudorgin, R. O., & Akinshin, N. S. (2025). Theoretical justification of the model of search for optimal solutions in complex resource management systems. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 214–233. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-356>

Введение

Особенностью разработки распределения ресурсов в системах управления является то, что данный класс сложных систем предполагает наличие сложных функциональных или неявных связей между всеми подсистемами и элементами и, как правило, с противоречивым целеполаганием. Исследованием методов решения задач в сложных системах занимается специальная теория – теория сложных систем [1]. По своей структуре системы распределения

ресурсов (РР-системы) – это большое, как правило, нестабильное изменяющиеся во времени число элементов, разделяемых по качественным результативным показателям, требующее организации в виде отдельных подсистем входов в систему [2; 3]. Причем это могут быть как элементы самой системы в рамках установленных границ, так и элементов внешней среды. По связям между элементами РР-системы – это сложное изменяющиеся во времени образование, имеющее иерархическую структуру с неопределённую информационной составляющей (природе факторов влияния) ситуацию и т.д.

Материалы и методы

В традиционных рамках теории принятия решений центральным элементом любого операционного процесса является осознанный выбор единственного варианта из конечного набора вероятных альтернатив. Эти альтернативы могут называться стратегиями, решениями или схемами, названия которых варьируются в зависимости от специфики контекста сценария. Этот процесс отбора обычно осуществляется организацией или коллективом, в конкретном случае именуемым ответственной стороной, принимающей решения (ЛПР), на которую возложена задача согласования выбранного курса действий с заранее определенными целями. ЛПР уполномочен завершить этот отбор и несет ответственность за конечные результаты, как положительные, так и отрицательные. Чтобы повысить конкретику данного процесса, часто используются математические методы, требующие построения формальной модели, которая инкапсулирует проблему принятия решения в структурированном, поддающемся количественной оценке формате [4,5].

В сценариях, где проблемы оптимизации возникают в условиях абсолютной определенности, т.е. когда ни стохастические переменные, ни неопределенные факторы не оказывают влияния на систему, разработанная модель включает в себя полный набор,

обозначаемый как X , который охватывает все возможные решения. Затем задача состоит в том, чтобы найти решение, максимально оптимальное в соответствии с заданными критериями. Кроме того, модель интегрирует механизм постановки целей, который определяет цели, к которым необходимо стремиться. В случаях, связанных с многокритериальной оптимизацией, каждое потенциальное решение, представленное в виде x , оценивается с помощью векторнозначной функции $f(x)$, которая сопоставляет решение с многомерным показателем производительности. Затем процесс определения оптимального решения сводится к систематическому сравнению этих векторных выходных данных с целью выделения конфигурации, которая дает наиболее благоприятную оценку по всем рассматриваемым параметрам. Данный методический подход обеспечивает точное и воспроизводимое решение задачи оптимизации в рамках детерминированных условий:

$$Y = f(x) = \{y \in E^m | y = f(x), x \in X\} \quad (1)$$

где $f = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ – векторный критерий; E^m – m -мерное числовое пространство, называемое критериальным.

Теоретические исследования

Научная проблема, связанная с поиском оптимального решения многокритериальных задач в условиях неопределенности, определяется отсутствием до последнего времени (хотя бы для одного класса задач для всех сложных систем) адекватного этим задачам математического аппарата, что приводит к необходимости использования при решении названных задач множества разнородных математических и интуитивных методов, построенных на различной основе (комбинаторика, теория графов, эвристика, линейное и динамическое программирование, поисковые методы, методы теории принятия решений и т.д.) [6-8]. Покажем на ряде примеров и пояснений обоснованность данного утверждения. В-первую очередь следует обратить внимание на то, что для решения многокритериальных задач применяют ряд формальных приемов.

Для упрощения решения задач многокритериальной оптимизации часто исходное пространство E^m приводят к евклидову, снабжая его метрикой:

$$\|y - y^0\| = \left[\sum_{i=1}^m (y_i - y_i^0)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

Подобный метод находит применение и при решении многокритериальных задач в системах управления. Однако в реальных практических условиях, особенно в сложных открытых системах, построение аналогичного YU -пространства зачастую оказывается невозможным. Поэтому вводят более обширное множество, векторы которого позволяют проводить более содержательную интерпретацию:

$$\hat{Y} \subseteq E^m \quad (3)$$

Как правило, множество $\hat{Y} \subseteq Y$ всех достижимых (то есть гипотетически возможных) оценок имеет форму многомерного параллелепипеда:

$$Y^{\times} = Y_1 \cdot Y_2 \cdot \dots \cdot Y_m \quad (4)$$

В определенных аналитических контекстах уточненный набор, обозначаемый как Y , выводится из исходного набора, обозначаемого как Y_x , путем применения дополнительных ограничивающих условий. Эти ограничения вводятся стратегически для устранения избыточных или явно недостижимых конфигураций векторов, тем самым оптимизируя пространство решений. Применение набора Y дает ряд методологических преимуществ, в первую очередь за счет облегчения рассмотрения более широкого спектра задач оптимизации, а не отдельной изолированной задачи. В частности, для каждой задачи в рамках этого класса набор Y содержит соответствующий набор достижимых оценочных показателей, гарантирующих, что все возможные результаты будут представлены в его рамках. Данный структурированный подход обеспечивает более комплексный анализ, позволяя исследователям систематически изучать, как меняется оптимальное решение в ответ на изменения ключевых параметров. Определяя проблемное пространство в терминах Y , становится возможным исследовать чувствительность

оптимальной конфигурации к изменениям базовых переменных, тем самым выясняя взаимозависимости между входными данными системы и результатами ее работы. Такая расширенная перспектива повышает надежность процесса оптимизации, обеспечивая более глубокое понимание поведения системы в различных условиях и поддерживая разработку более адаптивных и эффективных стратегий принятия решений.

В подобных задачах множество X обычно определяется в рамках более общего множества $D \subset E^n$ помощью специальных ограничений, чаще всего представленных в виде неравенств:

$$X = \{x \in D | g_1(x) \geq 0, \dots, g_k(x) \geq 0\}, \quad (5)$$

где $g_j, j = 1, 2, \dots, k$ – числовые функции, определенные на D и составляющие вектор-функцию ограничений $g = (g_1, g_2, \dots, g_k)$. При этом считается, что и $f_1, f_2, \dots, f_m$ также определены на D .

В качестве множества D обычно выступает либо всё пространство E^n , либо некоторое его специфическое подмножество, например неотрицательный ортант $E_{\geq}^n$, образующий всеми векторами с неотрицательными компонентами:

$$E_{\geq}^n = \{x \in E^n | x_1 \geq 0, \dots, x_n \geq 0\}, \quad (6)$$

На практике выделение множества D из E^n происходит посредством наиболее очевидных ограничений на переменные x_i . Такой подход часто используется в системах распределения ресурсов (РР-системах), где, например, если x_i представляет требуемое количество ресурсов типа i , вводят ограничение $x_i \geq 0$ принимают соответствующее множество D :

$$D = E_{\geq}^n. \quad (7)$$

При этом важно учитывать, что в системах распределения ресурсов (РР-системах) очевидные ситуации могут отсутствовать из-за ряда факторов. Преобразование многокритериальных задач в однокритериальные с определённым набором ограничений может быть оправдано в условиях неопределённости, вызванной поведением внутренней среды, особенно в сложных многоуровневых системах с большим количеством управляемых объектов [10, 11].

Но неопределенность, вызываемая поведением внешней среды в виде непредсказуемого изменения вектора факторного пространства внешних возмущений, не позволит объективно назначать необходимые для исследования ограничения. Понятие объективно здесь следует трактовать следующим образом, для того чтобы назначить ограничения необходимо проводить специальные исследования экспериментального характера, что однозначно приводит к непригодности данного подхода в применении к сложным транспортным системам.

Помимо прочего, при решении многокритериальных задач в РР-системах транспортного комплекса осложнением является наличие критериев, характеризующих качество. В задачах принятия индивидуальных решений критерии выступают в роли мер интенсивности ключевых признаков решений, и их можно задавать как в качественной, так и в количественной форме [12-14].

Результаты и обсуждения

Основной сложностью в решении задач построения эффективных РР-систем, является не только наличие качественных критериев, но и наличие достаточно большого их количества. Качественные критерии требуют особого внимания. Обычно каждому критерию сопоставляют набор разрешённых преобразований, обозначаемый как Φ , и говорят, что критерий обладает шкалой типа Φ . Как правило, этот набор определяется одновременно с самим критерием, но в отдельных случаях идентификация типа шкалы становится самостоятельной и достаточно сложной задачей.

Нередко многокритериальные задачи с количественными критериями искусственно преобразуются в задачи с качественными критериями, которые затем решаются путём введения интервальных шкал.

Самый распространённые и не желательные случаи преформатирования качественных критериев в количественные критерии – это применения шкал отношений типа:

$$\Phi = \Phi_0 = \{\varphi | \varphi(z) = kz, k \geq 0\} \quad (8)$$

или

$$\Phi = \Phi_0 = \{\varphi | \varphi(z) = kz + l, k \geq 0\} \quad (9)$$

В данном случае допустимыми преобразованиями являются умножение на положительное число k или умножение на k с добавлением произвольного числа l . Однако такие преобразования, основанные на произвольном назначении параметров, нельзя считать научно обоснованными.

При этом качественные критерии, используемые в задачах оптимизации, характеризуются наименее строгой (размытой) порядковой шкалой, для которой допустимый набор преобразований Φ_p ограничивается лишь монотонно возрастающими функциями:

$$\Phi_p = \{\varphi | z^1 > z^2 \rightarrow \varphi(z^1) > \varphi(z^2)\} \quad (10)$$

где φ – допустимое преобразование критерия f_i , если функция $\varphi(f_i)$ вновь оказывается критерием измеряющим (задающим) то же свойство.

В случае качественных критериев, оцениваемых по порядковой шкале, единственными допустимыми сравнениями между значениями являются те, которые выражаются с помощью таких относительных операторов, как «больше», «меньше» или «равно». Эти соотношения остаются постоянными при любом монотонном преобразовании, тем самым сохраняя иерархическую структуру данных независимо от применяемого конкретного функционального отображения. Попытки количественно оценить величину превосходства, например, определить коэффициент, по которому одно значение превышает другое, или точную степень их различия, в корне ошибочны в рамках рассматриваемой системы. Таким попыткам недостает математической обоснованности, поскольку порядковые шкалы не поддерживают арифметические операции; даже если эти вычисления приводят к приемлемому решению, они не дают гарантии достижения максимальной эффективности из-за отсутствия кардинальной основы для измерения.

Появление критериев, определяемых порядковой шкалой, обычно наблюдается в сценариях, где необходимо систематически ранжировать набор решений. Данный процесс ранжирования включает в себя расположение решений в порядке возрастания или убывания на основе относительной силы или значимости определенного атрибута. Впоследствии каждому решению присваивается числовое значение, соответствующее его положению в этой упорядоченной последовательности, отражающее интенсивность оцениваемого свойства. Следует отметить, что такие рейтинги часто составляются на основе субъективных оценок, на примере экспертных оценок предпочтительности или желательности. Наиболее распространенная методология таких оценок предполагает использование балльной системы, при которой эксперты присваивают каждому варианту отдельные баллы. Несмотря на то, что эти оценки являются числовыми, они остаются субъективными, основанными на качественном восприятии оценщиков, а не на объективных, поддающихся количественной оценке показателях. Такая зависимость от экспертных оценок, основанных на порядковых показателях, подчеркивает как полезность, так и ограниченность таких подходов в контексте принятия решений, требующих детальной расстановки приоритетов.

Методы экспертного оценивания получили широкое распространения при решении задач в сложных открытых системах, как раз в силу отсутствия или не знания более совершенных методов снятия неопределенности. Например, одним из широко известных методов решения многокритериальных задач является подход, при котором векторный критерий f_i сводят к единой функции – обобщённому (агрегатному) критерию $F(f_1, f_2, \dots, f_m)$.

Наиболее часто используемой формой обобщённого критерия является линейная «свертка»

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \mu_i f_i \quad (11)$$

где μ_i – некоторые положительные числа, характеризующие относительную важность критерия (коэффициенты относительной важности); f_i – векторный критерий.

Данная методология демонстрирует удовлетворительную степень объективности при применении к сценариям решения проблем, основанным на количественных критериях, где можно систематически оценивать поддающиеся измерению и численно точные данные. Однако ее полезность значительно снижается при решении задач многокритериальной оптимизации, которые включают качественные критерии. Это ограничение подтверждается целым рядом научных исследований, которые в совокупности выявляют конкретизированную «внутреннюю» неопределенность, происходящую из отсутствия общепризнанных научных методов или установленных эмпирическим путем протоколов, способных точно решить такие проблемы.

Критерии, оцениваемые с помощью механизмов подсчета баллов, представляют собой гибридную систему, разделяющую чисто количественные и качественные критерии. В этих оценочных критериях числовые оценки сочетаются с интерпретационными суждениями, что не делает их ни полностью объективными, ни полностью субъективными. Утверждение, касающееся значений критериев, определенных в рамках конкретных типологий шкал, считается обоснованным только в том случае, если его достоверность сохраняется при всех допустимых преобразованиях, сохраняющих структуру шкалы, — например, монотонных преобразованиях в случае порядковых шкал или линейных преобразованиях для интервальных шкал. Эта инвариантность гарантирует, что реляционные свойства или сравнительные утверждения остаются согласованными, независимо от применяемого математического выражения.

Следовательно, при анализе и решении практических задач многокритериальной оптимизации в рамках сложных систем планирования и обеспечения эффективности (PP) крайне важно использовать исключительно те теоретические построения, операционные определения, аналитические методы и математические инструменты, которые позволяют получать надежные, воспроиз-

водимые выводы, практические результаты или рекомендации, основанные на фактических данных. Тем не менее подходы, полностью исключающие субъективные суждения, не всегда применимы, особенно в условиях, когда преобладают качественные критерии. Присущая таким критериям субъективность, часто обусловленная человеческим восприятием, мнением эксперта или контекстуальной интерпретацией, требует сбалансированной интеграции объективной математической строгости с разумно применяемыми качественными знаниями, чтобы эффективно ориентироваться в тонкостях этих многогранных задач оптимизации.

В направлении повышения объективности принимаемых решений развиваются методы, основанные на назначении различных видов предпочтений – посредством парных сравнений или оценок. Таким образом, выбор оптимального решения из множества X всех альтернатив может осуществляться на основе данных о предпочтениях между критериями, описываемыми набором $(f_1, f_2, \dots, f_m)$. В теории принятия решений разработаны специальные универсальные способы описания предпочтений. Одним из наиболее общих и широко используемых подходов является описание предпочтений на «языке» бинарных отношений. Бинарные отношения, в свою очередь, могут применяться не только для описания предпочтений, но и для моделирования попарных связей различного характера между объектами произвольной природы.

Как известно, бинарным отношением на (или во) множестве A называется подмножество $A = A \times A$, то есть совокупность упорядоченных пар (a, b) , где $a, b \in A$. Если $(a, b) \in \rho$, то a и b находятся в отношении ρ и данное утверждение записывается как: $a\rho b$.

К «бинарным» отношениям применимы все теоретико-множественные операции, включая объединение, пересечение, образования разности и др. Для данного типа отношений вводится и специфические операции. Так, под ρ^{-1} понимается отношение, к бинарному отношению ρ , которое определяется следующим образом:

$$\rho^{-1} = \{(a, b) \in A^2 | (b, a) \in \rho\} \quad (12)$$

то есть пара (a, b) , включается в ρ^{-1} тогда и только тогда, когда пара (b, a) входит в ρ .

Далее проводится классификация бинарных отношений в зависимости от условий исследуемых задач. Отношения могут быть полными или неполными (частичными), также именуемыми несвязными.

Например, отношение ρ называют рефлексивным, если пара $(a, a) \in \rho$, для всякого $a \in A$, и иррефлексивным, если $(a, a) \notin \rho$, то есть ара не верно ни для одного $a \in A$.

Отношение ρ называется симметричным, если из $(a, b) \in \rho$, следует, что $(b, a) \in \rho$, и ассиметричным, если $(a, b) \in \rho$, влечет $(a, b) \notin \rho$, а также антисимметричным, если $(a, b) \in \rho$ и $(a, b) \in \rho$ вытекает $a = b$.

Иррефлексивное и транзитивное отношение (а следовательно, и ассиметричное) называется строгим (частичным) порядком, в то время как рефлексивное и транзитивное отношение определяется как (частичный) квазипорядок (или предпорядок).

Считается, что полный квазипорядок R на A может быть представлен числовой функцией ψ , если aRb выполняется тогда и только тогда, когда:

$$\psi(a) > \psi(b) \quad (13)$$

Функцию ψ , отражающую отношения нестрогого предпочтения, принято называть функцией ценности или функцией полезности. Самое строгое определение функции ценности заключается в том, что её математическое ожидание представляет отношение нестрогого предпочтения в множестве вероятностных распределений (P), рассматриваемых на A . С точки зрения РР-системы «функция ценности» удобным техническим средством (инструментом) для описания предпочтений: субъекту управления приписывается числовая функция, которая, по сути, максимизируется его действиями.

Заключение

Функция ценности по своей природе относится к качественным критериям, поскольку она определяется с точностью до лю-

бого возрастающего преобразования. При этом для любого полного квазипорядка функция ценности всегда существует, если множество A является исчислимым, то есть конечным или счетным. В таком случае можно представить функцию ценности для РР-системы следующим образом: если на множестве A задана функция ценности ψ , отражающая отношения нестрогого предпочтения R , то для любого B справедливо следующее утверждение:

$$\max_P B = \left\{ b \in B \mid \psi(b) = \max_{a \in B} \psi(a) \right\} \quad (14)$$

где B – подмножество A при $a^* \in A$, является наилучшим по R

Причем априори все максимальные по P объекты из B являются наилучшими решениями с учетом установленного критериального функционала. Приведенные процедуры дифференциации отношений и понятийного аппарата функции ценности вводятся для уточнения отношений внутри критериального функционала исследуемой РР-системы и нередко позволяет уточнить или приблизить, или поставить эффективность принимаемого решения в соответствие со сложной информационной ситуацией, сопровождающей деятельность сложных систем.

Список литературы

1. Перегудов, Ф. И., & Тарасенко, Ф. П. (1989). *Введение в системный анализ*. Москва: Высшая школа. 368 с. EDN: <https://elibrary.ru/TFPWJJ>
2. Таха, Х. А. (2005). *Введение в исследование операций*. Москва: ИД «Вильямс». 912 с.
3. Волкова, В. Н., & Емельянов, А. А. (2006). *Теория систем и системный анализ в управлении организациями*. Справочник. Учебное пособие. Москва: Финансы и статистика. 848 с.
4. Тарасенко, Ф. П. (2004). *Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем)*. Учебник. Томск: Издательство Томского университета. 186 с. EDN: <https://elibrary.ru/TFPWDF>

5. Закиева, Е. Ш. (2022). *Методология поддержки принятия решений при управлении социальной системой на основе динамического моделирования и интеллектуальных технологий*. Диссертация доктора технических наук. Уфа. 310 с. EDN: <https://elibrary.ru/AYPLKR>
6. Поспелов, А. Б. (2011). *Методы многокритериальной целочисленной оптимизации*. USA: LAP Lambert Academic Publishing. 232 с.
7. Моисеева, Т. В. (2022). *Методологические основы поддержки принятия решений по управлению инновационным развитием социотехнических объектов на основе интерсубъективного подхода*. Диссертация доктора технических наук. Самара. 359 с. EDN: <https://elibrary.ru/HSBHXL>
8. Саати, Т. Л. (2008). *Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети*. Пер. с англ., науч. ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. Москва: Издательство ЛКИ. 360 с.
9. Рындин, Н. А. (2022). Компонентная оптимизация развивающейся цифровой среды управления в организационных системах. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*, 10(2), 1–9. <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.37.2.013> EDN: <https://elibrary.ru/CLNOET>
10. Терентьев, А. В., Ефименко, Д. Б., & Карелина, М. Ю. (2017). Методы районирования, как методы оптимизации автотранспортных процессов. *Вестник гражданских инженеров*, (6), 291–294. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2017-14-6-291-294> EDN: <https://elibrary.ru/YPNFZF>
11. Terentyev, A., Evtiukov, S., & Karelina, M. (2017). A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, 36, 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.057> EDN: <https://elibrary.ru/DGMMDN>
12. Moiseev, V. V., Terentiev, A. V., Stroeve, V. V., & Karelina, M. Yu. (2018). Enhancement of economic efficiency of transport performance using multi-criteria estimation. *Advances in Economics, Business*

and *Management Research*, 61, 167–171. EDN: <https://elibrary.ru/WHRSRR>

13. Terentiev, A. V., Yevtukov, S. S., & Karelina, E. A. (2020). Development of zoning method for solving economic problems of optimal resource allocation to objects of various importance in context of incomplete information. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 128, 765–772. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200312.108> EDN: <https://elibrary.ru/LJQRIK>
14. Terentyev, A. V., Karelina, M. Yu., Cherepnina, T. Yu., Linnik, D. A., & Demin, V. A. (2020). Digital object-oriented control models in automobile-road complex systems. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 832(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/832/1/012058> EDN: <https://elibrary.ru/LTGFWV>

References

1. Peregudov, F. I., & Tarasenko, F. P. (1989). *Introduction to System Analysis*. Moscow: Vysshaya Shkola. 368 p. EDN: <https://elibrary.ru/TFPWJJ>
2. Tahaha, H. A. (2005). *Introduction to Operations Research*. Moscow: ID «Villyams». 912 p.
3. Volkova, V. N., & Emel'yanov, A. A. (2006). *Systems Theory and System Analysis in Organizational Management*. Handbook. Tutorial. Moscow: Finansy i Statistika. 848 p.
4. Tarasenko, F. P. (2004). *Applied System Analysis (Science and Art of Problem Solving)*. Textbook. Tomsk: Tomsk University Press. 186 p. EDN: <https://elibrary.ru/TFPWDF>
5. Zakieva, E. Sh. (2022). Methodology for Supporting Decision Making in the Management of Societal Systems Based on Dynamic Simulation and Intelligent Technologies. Unpublished doctoral dissertation. Ufa. 310 p. EDN: <https://elibrary.ru/AYPLKR>
6. Pospelov, A. B. (2011). *Methods of Multi-Criteria Integer Optimization*. USA: LAP Lambert Academic Publishing. 232 p.
7. Moiseeva, T. V. (2022). Methodological Foundations of Decision Support for Managing Innovative Development of Sociotechnical Objects

- Based on Intersubjective Approach. Unpublished doctoral dissertation. Samara. 359 p. EDN: <https://elibrary.ru/HSBHXL>
8. Saaty, T. L. (2008). *Decision Making with Dependencies and Feedback: Analytic Network Process* (Translated by A. V. Andreichikov, O. N. Andreichikova). Moscow: LKI Publishing House. 360 p.
9. Ryndin, N. A. (2022). Component Optimization of an Emerging Digital Management Environment in Organizational Systems. *Simulation, Optimization and Information Technology*, 10(2), 1–9. <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.37.2.013> EDN: <https://elibrary.ru/CLNOET>
10. Terent'ev, A. V., Evimenko, D. B., & Karelina, M. Yu. (2017). Methods of Zoning as Methods of Optimization of Transport Processes. *Bulletin of Civil Engineers*, (6), 291–294. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2017-14-6-291-294> EDN: <https://elibrary.ru/YPNFZF>
11. Terentyev, A., Evtiukov, S., & Karelina, M. (2017). A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, 36, 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.057> EDN: <https://elibrary.ru/DGMMDN>
12. Moiseev, V. V., Terentiev, A. V., StroeV, V. V., & Karelina, M. Yu. (2018). Enhancement of economic efficiency of transport performance using multi-criteria estimation. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 61, 167–171. EDN: <https://elibrary.ru/WHRSRR>
13. Terentiev, A. V., Yevtukov, S. S., & Karelina, E. A. (2020). Development of zoning method for solving economic problems of optimal resource allocation to objects of various importance in context of incomplete information. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 128, 765–772. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200312.108> EDN: <https://elibrary.ru/LJQRIK>
14. Terentyev, A. V., Karelina, M. Yu., Cherepnina, T. Yu., Linnik, D. A., & Demin, V. A. (2020). Digital object-oriented control models in automobile-road complex systems. *IOP Conference Series: Materials Sci-*

ence and Engineering, 832(1), 012058. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/832/1/012058> EDN: <https://elibrary.ru/LTGFWV>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Халтурин Роман Александрович, кандидат экономических наук

Государственный университет управления (ГУУ)

Рязанский пр-т, 99, г. Москва, Российская Федерация

ra_khalturin@guu.ru

Судоргин Роман Олегович, кандидат экономических наук

*Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ); Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)*

*Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская
Федерация; ул. Политехническая, 29Б, г. Санкт-Петербург,
195251, Российская Федерация*

ro_sudorgin@guu.ru

Акинъшин Никита Сергеевич, аспирант

Государственный университет управления (ГУУ)

Рязанский пр-т, 99, г. Москва, Российская Федерация

Nikita14Akin@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Roman A. Khalturin, Candidate of Economic Sciences

State University of Management (SUM)

99, Ryazansky Prospekt, Moscow, Russian Federation

ra_khalturin@guu.ru

Roman O. Sudorgin, Candidate of Economic Sciences

*Moscow Automobile and Road State Technical University
(MADI); Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
(SPbPU)*

*64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation;
29B, Politekhnikeskaya Str., St. Petersburg, 195251, Russian Federation
ro_sudorgin@guu.ru*

Nikita S. Akinshin, Postgraduate Student
*State University of Management (SUM)
99, Ryazansky Prospekt, Moscow, Russian Federation
Nikita14Akin@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4229-7918>*

Поступила 03.03.2025
После рецензирования 18.03.2025
Принята 23.03.2025

Received 03.03.2025
Revised 18.03.2025
Accepted 23.03.2025

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-1-357

EDN: STTJXT

УДК 656.078



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ, ОСНОВАННОЙ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-СЕТЕВОМ ПРИНЦИПЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Р.А. Халтурин, И.Ю. Каиштанов,
В.Д. Кутков, Н.С. Акинъшин*

Аннотация

Обоснование. Актуальность темы статьи обусловлена необходимостью повышения эффективности распределения ресурсов в транспортных системах крупных городов, где взаимодействие различных видов транспорта осложнено их разным отраслевым и административным подчинением, а также несопоставимостью измерителей, что затрудняет формирование единой системы с общими показателями эффективности. Предлагаемая модель на основе функционально-сетевого принципа направлена на решение этих проблем, обеспечивая интеграцию видов транспорта и унификацию подходов к оценке их работы.

Цель. Разработать модель структуры системы распределения ресурсов, основанной на функционально-сетевом принципе представления показателей для решения задачи интеграции различных видов транспорта общего пользования в единую транспортную сеть.

Материалы и методы. Методы и материалы, описанные в тексте, включают применение цифровых технологий и вычислительных мощностей для реализации функционально-сетевого принципа управления в транспортных комплексах. Основное внимание уделяется многокритериальным задачам, требующим специфических методов решения, таких как сведение множества целей к единому критерию или использование многомерных моделей. Материалы исследования включают анализ систем управления, основанных на ис-

рархических уровнях (инфраструктура, маршрутная сеть, субъекты-перевозчики), и разработку моделей, учитывающих многомерное целеполагание и взаимодействие различных видов транспорта. Методы включают математическое моделирование, анализ вероятностных распределений и оценку эффективности ресурсного распределения в сложных транспортных системах.

Результаты. Представление системы основано на формировании морфологических матриц для выбора сценариев распределения ресурсов с использованием оценочного функционала показателей эффективности на первом иерархическом уровне, при этом разработаны три модели структуры системы управления по функционально-сетевому принципу и установлена необходимость создания модели расчёта весовых коэффициентов для анализа всего пространства возможных решений.

Ключевые слова: аналитические методы; модели оптимизации; распределение ресурсов; сложная система; пассажирские транспортные системы

Для цитирования. Халтурин, Р. А., Каштанов, И. Ю., Кутков, В. Д., & Акиншин, Н. С. (2025). Модель структуры системы распределения ресурсов, основанной на функционально-сетевом принципе представления показателей. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 234–251. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-357>

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

MODEL OF THE RESOURCE ALLOCATION SYSTEM STRUCTURE BASED ON THE FUNCTIONAL-NETWORK PRINCIPLE OF REPRESENTING INDICATORS

*R.A. Khalturin, I.Y. Kashtanov,
V.D. Kutkov, N.S. Akinshin*

Abstract

Background. The relevance of the article's topic is driven by the need to improve the efficiency of resource allocation in urban transport sys-

tems, where the interaction of various transport modes is complicated by their differing sectoral and administrative subordination, as well as the incompatibility of performance metrics, hindering the formation of a unified system with common efficiency indicators. The proposed model, based on the functional-network principle, aims to address these issues by facilitating the integration of transport modes and standardizing approaches to performance evaluation.

Purpose. To develop a model of the resource allocation system structure based on the functional-network principle for integrating various public transport modes into a unified transport network.

Materials and methods. The methods and materials described in the text include the application of digital technologies and computational power to implement the functional-network principle in transport system management. The focus is on multicriteria tasks requiring specific solution methods, such as consolidating multiple objectives into a single criterion or utilizing multidimensional models. Research materials involve the analysis of management systems based on hierarchical levels (infrastructure, route network, transport operators) and the development of models that account for multidimensional goal-setting and the interaction of various transport modes. Methods include mathematical modeling, probabilistic distribution analysis, and efficiency assessment of resource allocation in complex transport systems.

Results. The system representation is based on the formation of morphological matrices for selecting resource allocation scenarios using an evaluation framework of efficiency metrics at the first hierarchical level. Three models of the management system structure based on the functional-network principle were developed, and the necessity of creating a model for calculating weighting coefficients to analyze the entire space of potential solutions was established.

Keywords: analytical methods; optimization models; resource allocation; complex system; passenger transportation systems

For citation. Khalturin, R. A., Kashtanov, I. Y., Kutkov, V. D., & Akinshin, N. S. (2025). Model of the resource allocation system struc-

ture based on the functional-network principle of representing indicators. *International Journal of Advanced Studies*, 15(1), 234–251. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2025-15-1-357>

Введение

Анализ достаточно большого количество научных публикаций, в которых авторы исследуются закономерности развития систем городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП) в крупных городах показывает, что в последние десятилетия и особенно в последние года актуализировалась проблема эффективности взаимодействия различных видов общественного транспорта. В научных исследованиях и практико-ориентированных публикациях декларируется необходимость интеграции различных видов транспорта общего пользования в крупных городах единую транспортную систему, то есть в систему с едиными показателями использования и результативными показателями эффективности [1-6]. Сложность решения данной задачи, относящейся к задачам управления, в нашей стране заключается в том, что различные виды транспорта находятся в различном отраслевом или административном подчинении. Поэтому не только на уровне управления, но и на технологическом уровне формирования структуры показателей возникают сложности из-за несопоставимости измерителей, оценивающие одни и те же физические процессы.

Материалы и методы

В случае реализации функционально-сетевого принципа дифференцирование задач управления в транспортном комплексе производится не по технологическому и не по организационному признаку, а по специфическим секторам управления, в которых могут присутствовать все виды транспорта. Естественно, что такое объединение разнородных структур в единую систему управление сегодня возможен только в связи активным внедрением цифровых

технологий и с повышением потенциала средств вычислительной техники и коммуникации. Интересно отметить, что при формировании понятия «интеллектуальный» в ИТС понималось не с создание неких «умных» технологий, а возможность производить значительные объемы вычислительных операций.

В отечественных научных исследованиях понимание необходимости перехода к системам управления ГПТОП основанном на функционально-сетевом принципе проявляется, начиная с 2010 г. Формируются устойчивые представления, что во главе угла проектирования систем управления располагается целеполагание, определяющее необходимость взаимовыгодного сотрудничества (кооперации) всех видов транспорта независимо от технологических признаков и организационных их организационного подчинения. В [7] говорится от том, что на сегодняшний день отсутствуют модели управления согласующие интересы как отдельных перевозчиков, так и органов муниципальной власти и предлагается собственное решение данной проблемы (рисунок 1). Причем в предлагаемой модели: (первое) отсутствует разделение видов транспорта по технологическому признаку; (второе) установлена вертикальная иерархия прямого подчинения организаций ГПТ Министерству транспорта и Связи. Если по первому пункту возражения отсутствуют, то по второму в соответствии с ФЗ №131 «Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ» организация транспортного обслуживания населения всеми видами ГПТ возложена на муниципальные власти, что усложняет задачу проектирования системы управления.

Решение, которое приводится в [7] названо логистическим и, на первый взгляд, достаточно простое и оправданное. Производится разделение системы управления на отдельные иерархические уровни (сэндвич-модель): плоскость инфраструктуры; плоскость маршрутной сети; плоскость субъектов – перевозчиков (рисунок 2 и 3).

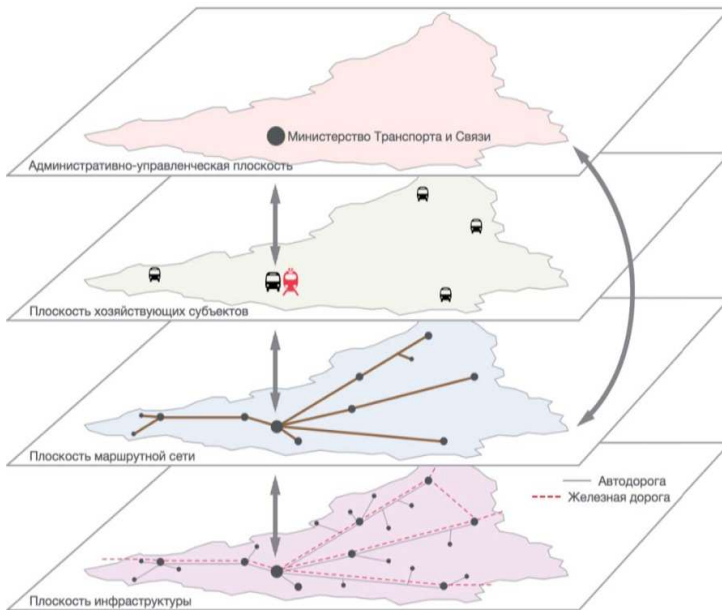


Рис. 1. Пространственное распределение функциональных плоскостей взаимодействия в системе управления ГПТ. Источник [7]

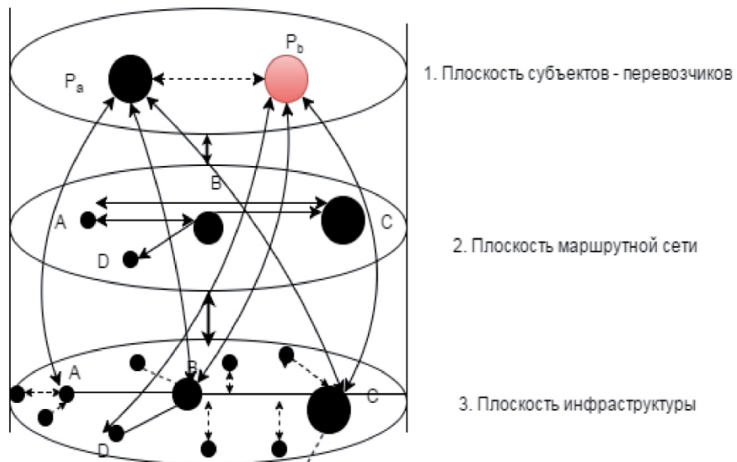


Рис. 2. Элементарная вертикальная трубка взаимодействия пассажирских перевозчиков (маршрутная сеть №1). Источник [7]

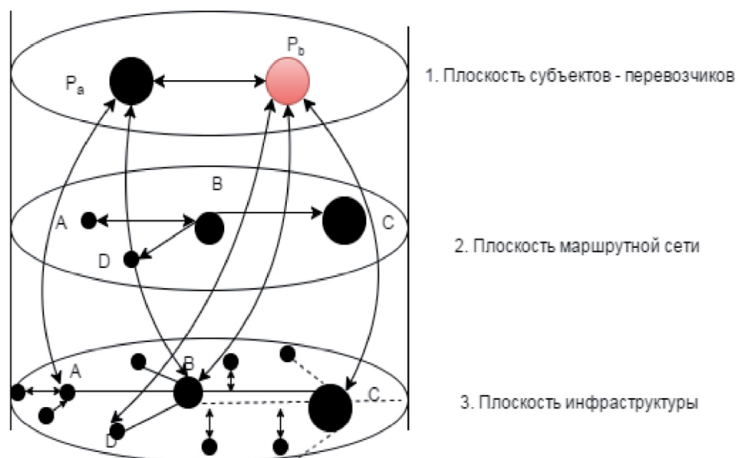


Рис. 3. Элементарная вертикальная трубка взаимодействия пассажирских перевозчиков (маршрутная сеть №2). Источник [7]

Далее определяется, что все проблемы в формировании эффективных систем управления транспортных комплексов связаны с отсутствием взаимодействия на верхнем в данном случае иерархическом уровне между отдельными субъектами – перевозчиками (рисунок 2). Например, в части организации регулярных маршрутов отсутствие такой связи может отразиться на нижнем иерархическом уровне (плоскость маршрутной сети) в виде формирования дублирующих маршрутов движения подвижного состава. На рисунке 3 данная информационная связь устанавливается в виде согласования действий отдельных субъектов по формированию единой маршрутной сети. Решение действительно простое и очевидное если речь идет о небольшом населенном пункте с неразвитой маршрутной сетью, но, если приходится создавать транспортные модели крупных городов (мегаполисов) данное решение оказывается не столь простым как кажется. Это обусловлено наличием большого количества целеполагания в исследуемой системе.

Задача поиска эффективных решений в транспортном комплексе отличается сложностью в силу сложной природы факторного

пространства, предполагающей исследование, как минимум трех комплексов критериальной функций с различным целеполаганием отдельных критериев. Таким образом, задача эффективного распределения ресурсов в транспортном комплексе предполагает более сложный алгоритм действий, в силу своей сложной природы. Более того, задача эффективного управления не является задачей выбора какой-либо отдельной эффективной стратегии, а формируется задача перераспределения ресурсов влияния на известные формальные показатели по всем возможным наборам операций (стратегий) с целью максимально эффективной эксплуатации всех возможных наборов операций, то есть эксплуатации различных видов транспорта. Причем локальная эффективность (производительность) отдельных наборов, может быть, различная для различных условий применения. Таким образом представление системы, структурируемой по функционально-сетевому признаку становится обоснованным.

Множество целеполаганий в исследуемой системе распределения ресурсов, в свою очередь, требует применения специфических методов решения многокритериальных задач. Как правило, решение многокритериальных задач стараются упростить сведением его единому критерию и нередко качестве такого критерия принимают экономические измерители. Естественно, что если целеполагание в системе можно охарактеризовать одной величиной, пригодной для описания системы и процесса, то решение является достаточно простым, но недостаточно объективным. Иногда выбирают более строгую модель принимая, что если в системе имеется множество целей, которые, тем не менее, могут быть измерены в одинаковых единицах, то можно естественным путем определить единую результирующую цель [14; 15].

Однако большинство случаев, когда в сложных организационно-технических системах, какими являются системы ГПТОП крупных городов, присутствует множество целей, элементы которых не могут быть выражены единообразно. Такое целеполагание нередко называют многомерным, а их решение требует применения специальных методов решения многокритериальных задач

[16-18]. Причем многомерные цели могут находиться друг с другом в следующих отношениях:

1. Цели взаимно нейтральны. Система или процесс могут быть применительно к отдельным целям характеризоваться и рассматриваться независимо.
2. Цели кооперируются. В этом случае, как правило, систему или процесс удается рассматривать применительно к одной цели, а остальные достигаются одновременно.
3. Цели конкурируют и в этом случае одной из целей можно достигнуть лишь за счет другой.

В системах ГПТОП обычно присутствует более сложная информационная ситуация, когда невозможно строго определить наличие одного определенного соотношения целей. Как правило, цели частично нейтральны, частично кооперативно между собой, а частично конкурируют между собой [19].

Поэтому представление окончательной модели структуры системы распределения ресурсов, в том числе основанной на функционально-сетевом принципе представления показателей на различных уровнях, должна предполагать возможность многомерного и многоуровневого целеполагания. Учитывая сказанное и выявленными характерными требованиями к сложным транспортным системам крупных городов, сформируем вариант представления модели структуры распределения ресурсов, основанный на функционально-сетевом принципе.:

1. Обязательное наличие на первом уровне базового блока результативных показателей сформированного с учетом многомерного целеполагания в исследуемой системе.
2. Второй уровень в системе должен с одной стороны соответствовать принципам организации действующей системы, с другой стороны формировать эффективные системы не для одного вида транспорта, но для их совокупности функционирования в отдельной стране, то есть отражать функционально-сетевой принцип.

3. Последующие иерархические уровни в системе являются результирующими уровнями и их количество определяется количеством исследуемых объектов предшествующих уровней.

При этом границы исследуемой системы ГПТОП и входы в систему остаются неизменными, но происходит трансформация моделей расчёта, заключающаяся в приближении абстрактной структуры системы распределения ресурсов к реальной физической системе и к системам, объединяющим несколько видов транспорта.

Отличительной особенностью представления данной модели структуры системы распределения ресурсов будет изменение параметров входящих в систему уравнений, определяющих условие решения задачи на 2-ом и последующих уровнях:

$$\begin{cases} P_{ij} = P\{\Theta = \Theta_j\}, \sum_{j=1}^n P_j = 1 \\ R_{ij} = R\{\Theta = \Theta_j\}, \sum_{j=1}^n R_j = R_i^{no} \\ \mathfrak{Z}_{m_n k}^{sr} = \sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{Z}_{ckj}^r \end{cases} \quad (1)$$

где R_{ij} – оценочный показатель распределения ресурсов, соответствующих (тождественный) коэффициенту относительной важности при отдельном показателе эффективности для j -го информационного состояния (ИС), как совокупности m (m -совокупности) видов транспорта в элементарном логическом операторе (ЛО);

R_i^{no} – оценочный показатель распределения ресурсов для m -совокупности видов транспорта в элементарном ЛО

P_{ij} – распределение вероятностей для j -го ИС, на i -ой области ответствующего пространства возможных решений ЛО, которая представлена, как последовательность вида $B_1 > B_2 > \dots > B_i > \dots > B_m$,

$\mathfrak{Z}_{m_n k}^{sr}$ – показатель эффективности для m -совокупности видов транспорта

Результаты и обсуждения

Тогда структура показателей, обозначенная как F_2 , на управляющем уровне системы распределении ресурсов по функционально-сетевому признаку для отдельных ЛО примет следующий вид:

$$\|F_2\| = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{E}_{11_j}^r & \cdots & \sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{E}_{1k_j}^r \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{E}_{n1_j}^r & \cdots & \sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{E}_{nk_j}^r \end{bmatrix} \quad (2)$$

где $\mathfrak{E}_{nk_j}^r$ – количественная оценка эффективности функционирования отдельных видов транспорта на первом управляемом уровне.

$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{E}_{nk_j}^r$ – количественная оценка эффективности функционирования локальной транспортной микросистемы *т-совокупности* видов транспорта, упорядоченного в соответствии с (3.9)

k – количество ЛО в отдельном районе

$\mathfrak{E}_{nk_j}^r$ – количественная оценка эффективности функционирования отдельных видов транспорта на первом управляемом уровне.

Поясним принципиальные отличия модели системы распределения ресурсов, организованной по функционально-сетевому принципу от двух предыдущих моделей. В таблице 1 на втором иерархическом уровне структура расчётных случаев (вектор-строк) формируется из суммарной оценки эффективности по совокупности всех видов транспорта в каждой страте на первом управляемом уровне. При этом количество возможных решений во 2-ом эшелоне определяется количеством информационных ситуаций на ряде взаимоисключающий предпочтений

$$m_{2\text{-го уровня}} = \text{ИС} n_{1\text{-го уровня}} \quad (3)$$

На физическом уровне представления системы распределения ресурсов это (если принимать во внимание единство структуры входных данных) количественная оценка эффективности функционирования отдельного субъекта управления *т-совокупности* видов транспорта, то есть, некой структурой управления результативными показателями совокупности видов транспорта (трамвай, троллейбус, автобус, метрополитен и т.д.). В качестве таких структур управления целесообразно создавать организации, курирующие формирование информационно-аналитических платформы (ИАП) ИТС. В настоящее время это различие центры управления процессами транспортного обслуживания населения

в ГПТОП: организаторы перевозок, центры организации дорожного движения, центры управления и комитеты по развитию транспортной инфраструктуры крупных городов и т.д. Таким образом в данная модель представления структуры системы распределения ресурсов ГПТОП исследует деятельность не отдельного вида транспорта (как в первом случае) и не отдельной структуры управления, отвечающей за развитие отдельного вида транспорта, но структуры управления совокупностью видов транспорта в установленных границах.

Таблица 1.

Логическая матрица решения на управляющем уровне модели структуры исследуемой системы по функционально-сетевому принципу

R_2		множество ИС, соответствующих отдельным ЛО (стратам) 2-го уровня					$\mathfrak{P}_i^p$ - эффективность по Байесу
		$ИС_{1r}^{1r}$	...	$ИС_{2r}^{2r}$	...	$ИС_{n=k_1}^{kp}$	
Ф – различные структуры, курирующие перевозки несколькими видами транспорта	φ_{c1}	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{11j}^{sr}$	...	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{1kj}^{2r}$	...	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{1kj}^{kr}$	$\mathfrak{P}_{c1}^r = \sum_{s=1}^k P_j \mathfrak{P}_{1kj}^{s1}$
	φ_{c2}	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{21j}^{sr}$	...	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{2kj}^{2r}$	...	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{2kj}^{kr}$	$\mathfrak{P}_{c1}^r = \sum_{s=1}^k P_j \mathfrak{P}_{2kj}^{s1}$
	...	...	...	...	...	...	...
	φ_{cm_n}	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{n1j}^{sr}$	...	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{nkj}^{2r}$	...	$\sum_{j=1}^{m_n} \mathfrak{P}_{nkj}^{kr}$	$\mathfrak{P}_{c1}^r = \sum_{s=1}^k P_j \mathfrak{P}_{nkj}^{s1}$
целесопадание		min/max	...	min/max	...	min/max	

Тогда эффективность структур управления различных видов транспорта будет определяться, следующим показателям:

– на 1-ом иерархическом уровне: f_{ij}^{sr} – оценочный функционал отдельного i -ого вида транспорта ($i = 1 \dots m$) для j -го критерия, тождественному измерителю соответствующему ($j = 1 \dots n$) s -му логического оператору ($s = 1 \dots k$) первого уровня в r -ом «районе» или подсистеме транспортного производства ($r = 1 \dots p$).

– на 2-ом иерархическом уровне: Ξ_{nkj}^{kr} – оценочный функционал m -совокупности вида транспорта ($i = 1 \dots m$) для j -го информационного состояния, тождественному измерителю соответствующему ($j = 1 \dots n$) s -му логического оператору ($s = 1 \dots k$) первого уровня в r -ом «районе» или подсистеме транспортного производства ($r = 1 \dots p$).

– на третьем иерархическом уровне модели распределения ресурсов по функционально-сетевому принципу выполняется задача оптимизации, направленная на определение коэффициентов относительной важности (КОВ) для m -совокупности видов транспорта, осуществляющих перевозки в установленных исследовании границах (табл. 2).

Таблица 2.

**ЛО на высшем уровне в системе распределения ресурсов
по функционально-сетевому принципу**

ЛО ($R_3, s=1, r=1$)							
R_3	$ИС_1^{11}$	$ИС_2^{11}$	...	$ИС_j^{s1}$	...	$ИС_{n=k_p}^{kp}$	Ξ_n^r
φ_1	Ξ_{1max}^{11}	Ξ_{1max}^{21}	...	Ξ_{1max}^{s1}	...	Ξ_{1max}^{kr}	Ξ_1^r
φ_2	Ξ_{2max}^{11}	Ξ_{2max}^{21}	...	Ξ_{2max}^{s1}	...	Ξ_{2max}^{kr}	Ξ_2^r
...	...	...	...	...	...	...	...
φ_{m_n}	Ξ_{nmax}^{11}	Ξ_{nmax}^{21}	...	Ξ_{nmax}^{sp}	...	Ξ_{nmax}^{kr}	Ξ_n^r
Целеполагание	min/max	min/max	...	min/max	...	min/max	

Поскольку целеполагание в системах ГПТОП нередко является многомерным, решение задачи, формируемой на 3-ем уровне иерархии, требует применения специальных методов решения многокритериальных задач. Причем, как правило, в системах ГПТОП присутствует сложная информационная ситуация. В этих случаях невозможно строго определить наличие одного определенного соотношения целей и целесообразно применить методы векторной оптимизации, позволяющие получать отклик на всем возможном пространстве предполагаемых решений.

Заключение

Подведем итоги моделирования структуры системы распределения ресурсов при управлении ГПТ:

1. Определено, что представление системы в любом случае основано на принципе формирования для отдельных блоков морфологических матриц выбора сценариев распределения ресурсов на базе оценочного функционала показателей эффективности отдельных видов транспорта на первом иерархическом уровне.
2. Сформирована три возможных модели представления структуры исследуемой системы управления по функционально-сетевому принципу, определяющему эффективность совокупности видов транспорта.
3. Установлена необходимость разработки модели расчёта весовых коэффициентов, позволяющей получать отклик на всем возможном пространстве предполагаемых решений.

Список литературы

1. Брусянин, Д. А., Казаков, А. Л., & Маслов, А. М. (2012). Оптимизация региональной маршрутной сети пригородных и междугородных пассажирских перевозок с использованием логистических принципов. *Транспорт Урала*, (1), 106–109. EDN: <https://elibrary.ru/OWWUAB>
2. Вакуленко, С. П., Ларин, О. Н., & Лёвин, С. Б. (2014). Теоретические аспекты механизмов взаимодействия в транспортных системах. *Мир транспорта*, (6), 14–27. EDN: <https://elibrary.ru/TCUSLT>
3. Васильев, А. Г. (2012). *Повышение эффективности пригородных и междугородных пассажирских перевозок на базе АСУ*. Автореферат диссертации кандидата технических наук. Екатеринбург. 20 с. EDN: <https://elibrary.ru/QIEYXJ>
4. Волкова, Е. М. (2013). *Формирование системы взаимодействия железнодорожной компании с субъектами рынка пригородных пассажирских перевозок*. Автореферат диссертации кандидата экономических наук. Санкт-Петербург. 24 с. EDN: <https://elibrary.ru/ZPBVBL>
5. Новоселов, В. И. (2000). *Повышение эффективности использования подвижного состава муниципального пассажирского транспорта*. Автореферат диссертации кандидата экономических наук. Новосибирск. 23 с.

6. Сай, В. М., & Сизый, С. В. (2011). *Образование, функционирование и распад организационных сетей*. Монография. Екатеринбург: УрГУПС. 270 с. EDN: <https://elibrary.ru/OJALRX>
7. Бруснянин, Д. А., & Пономорева, М. С. (2015). Модель взаимовыгодного сотрудничества перевозчиков на сегменте внутрирегиональных пассажирских перевозок. *Вестник Оренбургского государственного университета*, (9), 137–143. EDN: <https://elibrary.ru/VHLKEL>
8. Ефимова, О. Ю. (2016). Адаптивная модель управления качеством городского пассажирского транспорта. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки*, (1), 48–54. EDN: <https://elibrary.ru/VYURMF>
9. Знаменский, Д. Н., & Фёдоров, М. П. (2011). Построение комплексной модели оптимизации маршрутной сети городского транспорта. *Научно-технические ведомости. ИННОВАТИКА СПбГПУ*, (3), 154–158. EDN: <https://elibrary.ru/NXVZEN>
10. Терентьев, А. В., Ефименко, Д. Б., & Карелина, М. Ю. (2017). Методы районирования, как методы оптимизации автотранспортных процессов. *Вестник гражданских инженеров*, (6), 291–294. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2017-14-6-291-294> EDN: <https://elibrary.ru/YPNFZF>
11. Terentyev, A., Evtiukov, S., & Karelina, M. (2017). A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, 36, 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.057> EDN: <https://elibrary.ru/DGMMDN>
12. Moiseev, V. V., Terentiev, A. V., StroeV, V. V., & Karelina, M. Yu. (2018). Enhancement of economic efficiency of transport performance using multi-criteria estimation. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 61, 167–171. EDN: <https://elibrary.ru/WHRSRR>
13. Terentiev, A. V., Yevtukov, S. S., & Karelina, E. A. (2020). Development of zoning method for solving economic problems of optimal resource allocation to objects of various importance in context of incomplete information. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 128, 765–772. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200312.108> EDN: <https://elibrary.ru/LJQRIK>

References

1. Brusyakin, D. A., Kazakov, A. L., & Maslov, A. M. (2012). Optimization of regional intercity and suburban passenger transport route network using logistics principles. *Transport of the Urals*, (1), 106–109. EDN: <https://elibrary.ru/OWWUAB>
2. Vakulenko, S. P., Larin, O. N., & Levin, S. B. (2014). Theoretical aspects of interaction mechanisms in transport systems. *World of Transport*, (6), 14–27. EDN: <https://elibrary.ru/TCUSLT>
3. Vasil'ev, A. G. (2012). Increase in efficiency of suburban and intercity passenger transport based on automatic control systems. Unpublished doctoral dissertation abstract. Yekaterinburg. 20 p. EDN: <https://elibrary.ru/QIEYXJ>
4. Volkova, E. M. (2013). Establishing interaction system between rail company and subjects of suburban passenger transport market. Unpublished doctoral dissertation abstract. St. Petersburg. 24 p. EDN: <https://elibrary.ru/ZPBBBL>
5. Novoselov, V. I. (2000). Increase in efficiency of municipal passenger transport rolling stock utilization. Unpublished doctoral dissertation abstract. Novosibirsk. 23 p.
6. Say, V. M., & Sizy, S. V. (2011). *Emergence, Functioning, and Breakdown of Organizational Networks*. Monograph. Yekaterinburg: UrG-PU. 270 p. EDN: <https://elibrary.ru/OJALRX>
7. Brusyakin, D. A., & Ponomoreva, M. S. (2015). Mutually beneficial cooperation model for carriers in intraregional passenger transport segment. *Bulletin of Orenburg State University*, (9), 137–143. EDN: <https://elibrary.ru/VHLKEL>
8. Efimova, O. Yu. (2016). Adaptive model for quality management of urban passenger transport. *Bulletin of Nizhny Novgorod University named after N. I. Lobachevsky. Series: Social Sciences*, (1), 48–54. EDN: <https://elibrary.ru/VYURMF>
9. Znamensky, D. N., & Fyodorov, M. P. (2011). Development of comprehensive model for optimization of urban transport routing network. *Scientific and Technical Newsletter. INNOVATICS SPbSPU*, (3), 154–158. EDN: <https://elibrary.ru/NXVZEN>

10. Terent'ev, A. V., Evimenko, D. B., & Karelina, M. Yu. (2017). Zoning methods as optimization methods for transport processes. *Bulletin of Civil Engineers*, (6), 291–294. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2017-14-6-291-294> EDN: <https://elibrary.ru/YPNFZF>
11. Terentyev, A., Evtiukov, S., & Karelina, M. (2017). A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, 36, 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.057> EDN: <https://elibrary.ru/DGMMMDN>
12. Moiseev, V. V., Terentiev, A. V., Stroev, V. V., & Karelina, M. Yu. (2018). Enhancement of economic efficiency of transport performance using multi-criteria estimation. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 61, 167–171. EDN: <https://elibrary.ru/WHRSRR>
13. Terentiev, A. V., Yevtukov, S. S., & Karelina, E. A. (2020). Development of zoning method for solving economic problems of optimal resource allocation to objects of various importance in context of incomplete information. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 128, 765–772. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200312.108> EDN: <https://elibrary.ru/LJQRIK>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Халтурин Роман Александрович, кандидат экономических наук
 Государственный университет управления (ГУУ)
 Рязанский пр-т, 99, г. Москва, Российская Федерация
ra_khalturin@guu.ru

Каштанов Игорь Юрьевич, аспирант
 Государственный университет управления (ГУУ)
 Рязанский пр-т, 99, г. Москва, Российская Федерация
iyu_kashtanov@guu.ru

Кутков Владимир Дмитриевич, аспирант
 Государственный университет управления (ГУУ)

*Рязанский пр-т, 99, г. Москва, Российская Федерация
KutkovVD@yandex.ru*

Акиншин Никита Сергеевич, аспирант

*Государственный университет управления (ГУУ)
Рязанский пр-т, 99, г. Москва, Российская Федерация
NikitaI4Akin@yandex.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Roman A. Khalturin, Candidate of Economic Sciences

*State University of Management (SUM)
99, Ryazansky Prospekt, Moscow, Russian Federation
ra_khalturin@guu.ru*

Igor Yu. Kashtanov, Postgraduate Student

*State University of Management (SUM)
99, Ryazansky Prospekt, Moscow, Russian Federation
iyu_kashtanov@guu.ru*

Vladimir D. Kutkov, Postgraduate Student

*State University of Management (SUM)
99, Ryazansky Prospekt, Moscow, Russian Federation
KutkovVD@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0988-1355>*

Nikita S. Akinshin, Postgraduate Student

*State University of Management (SUM)
99, Ryazansky Prospekt, Moscow, Russian Federation
NikitaI4Akin@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4229-7918>*

Поступила 05.03.2025

После рецензирования 17.03.2025

Принята 23.03.2025

Received 04.03.2025

Revised 17.03.2025

Accepted 23.03.2025

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

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОГРАММИРУЕМЫМИ ЛОГИЧЕСКИМИ
КОНТРОЛЛЕРАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ

*Ф.И. Лотфуллин, М.Р. Хамидуллин,
Г.А. Гареева*7

РАСЧЁТ СЕБЕСТОИМОСТИ
ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ НА ГОРОДСКОМ
ПАССАЖИРСКОМ НАЗЕМНОМ ТРАНСПОРТЕ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЕДИНИЧНЫХ
РАСХОДНЫХ СТАВОК

*А.В. Колин, П.В. Рыбаков, П.А. Красильников,
Л.Р. Айсина*22

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК
В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЕ

Л.С. Плещова, М.Н. Крипак, Л.А. Кияшко47

ФОРМИРОВАНИЕ НАБОРА
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО
ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Ю.А. Колебер, С.М. Мочалин65

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ
ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ
СИСТЕМ (GIS) НА ПОВЫШЕНИЕ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МОРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*А.А. Ананьева, М.Е. Степанов, А.А. Коростин,
М.С. Корнева*91

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ШАБЛОНИЗАТОРА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ <i>Г.А. Гареева, А.Г. Файзуллина, А.А. Мирсаитова, З.Ш. Азлямова, Н.Р. Закирова</i>	111
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРОБЛЕМЫ <i>А.А. Ефимов, К.С. Медведева</i>	132
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ЗАПРОСАМ ПАССАЖИРОВ ДЛЯ ТЕРРИТОРИЙ С НИЗКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ <i>С.С. Титова, А.В. Остроух</i>	151
АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ КРУПНЫХ И КРУПНЕЙШИХ ГОРОДОВ <i>А.А. Изюмский, И.Н. Котенкова, Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян</i>	168
РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ПО ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРА ЦЕНТРА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ <i>Т.В. Коновалова, А.А. Изюмский, И.С. Сенин, К.В. Тыргалов, В.С. Ивина</i>	182
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВАНИИ ИЗМЕРЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ <i>Ю.В. Буртыль, Д.В. Капский, Н.А. Филиппова, А.А. Неретин</i>	198

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОИСКА
ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ
УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ

Р.А. Халтурин, Р.О. Судоргин, Н.С. Акинъшин214

МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ, ОСНОВАННОЙ
НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-СЕТЕВОМ ПРИНЦИПЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Р.А. Халтурин, И.Ю. Кашистанов, В.Д. Кутков,
Н.С. Акинъшин*234

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ252

CONTENTS

CREATION OF PROGRAMS

FOR CONTROLLING PROGRAMMABLE

LOGIC CONTROLLERS USING UNIVERSAL

DEVELOPMENT TOOLS

F.I. Lotfullin, M.R. Khamidullin, G.A. Gareeva7

CALCULATION OF THE SELF-COST

OF TRANSPORTATION WORK ON GROUND URBAN

TRANSIT USING THE UNIT EXPENSE RATE METHOD

A.V. Kolin, P.V. Rybakov, P.A. Krasilnikov,

L.R. Aysina22

ANALYSIS PASSENGER TRANSPORTATION QUALITY

IN SEVASTOPOL

L.S. Plestzova, M.N. Kripak, L.A. Kiyashko47

FORMATION OF A SET OF INDICATORS

TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF THE FUNCTIONING

OF URBAN PUBLIC PASSENGER TRANSPORT

Yu.A. Koleber, S.M. Mochalin65

THE IMPACT OF MODERN GEOGRAPHIC INFORMATION

SYSTEMS (GIS) ON IMPROVING THE ENERGY

EFFICIENCY OF MARITIME TRANSPORTATION

A.A. Ananeva, M.E. Stepanov, O.A. Korostin,

M.S. Korneva91

DEVELOPMENT OF A TEMPLATING PROGRAM

FOR DATA MANAGEMENT AUTOMATION

G.A. Gareeva, A.G. Faizullina, A.A. Mirsaitova,

Z.Sh. Aglyamova, N.R. Zakirova 111

INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS: PROSPECTS, EFFECTIVENESS, AND CHALLENGES <i>A.A. Efimov, K.S. Medvedeva</i>	132
MATHEMATICAL MODEL OF ON-DEMAND ROUTE FORMATION FOR PUBLIC TRANSPORT BASED ON INDIVIDUAL PASSENGER REQUESTS IN LOW-DENSITY POPULATION AREA <i>S.S. Titova, A.V. Ostroukh</i>	151
ANALYSIS OF METHODS AND METHODS OF POPULARIZATION OF PASSENGER TRANSPORT AMONG THE POPULATION OF LARGE AND LARGEST CITIES <i>Izyumsky A.A., Kotenkova I.N., Konovalova T.V., Nadiryay S.L.</i>	168
DEVELOPMENT OF A WEB SERVICE TO OPTIMIZE THE WORK OF THE TRAFFIC MANAGEMENT CENTER OPERATOR <i>T.V. Konovalova, A.A. Izyumskiy, I.S. Senin, K.V. Tyrgalov, V.S. Ivina</i>	182
SELECTION OF PARAMETERS FOR THE STUDY AND ASSESSMENT OF THE TRANSPORT AND OPERATIONAL STATE OF THE ROAD <i>Yu.V. Burtyl, D.V. Kapski, N.A. Filippova, A.A. Neretin</i>	198
THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE MODEL OF SEARCH FOR OPTIMAL SOLUTIONS IN COMPLEX RESOURCE MANAGEMENT SYSTEMS <i>R.A. Khalturin, R.O. Sudorgin, N.S. Akinshin</i>	214

MODEL OF THE RESOURCE ALLOCATION SYSTEM
STRUCTURE BASED ON THE FUNCTIONAL-NETWORK
PRINCIPLE OF REPRESENTING INDICATORS

R.A. Khalturin, I.Y. Kashtanov, V.D. Kutkov,
N.S. Akinshin234

RULES FOR AUTHORS252

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 31.03.2025. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 18,66.
Свободная цена. Заказ 151/025.