

ISSN 2227-930X (online)

# International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies  
VOLUME 14, NUMBER 1, 2024



# International Journal of Advanced Studies

Том 14, № 1  
2024

Vol. 14, No. 1  
2024

Transport and Information Technologies  
IJAS:T&IT

## Главный редактор

**А.В. Остроух**

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

## Editor-in-Chief

**Andrey V. Ostroukh**

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

Шеф-редактор - Максимов Я.А.

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

Корректор - Зливко С.Д.

Компьютерная верстка, дизайн - Орлов Р.В.

Технический редактор, администратор сайта - Бяков Ю.В.

Ответственный секретарь - Коробцева К.А.

# International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies

IJAS:T&IT

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

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

Том 14, № 1, 2024 / Vol. 14, No 1, 2024

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

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2024

### Editorial Board Members

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

### Члены редакционной коллегии

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-198

УДК 681.3



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

## КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, СВЯЗАННЫХ С УПРАВЛЕНИЕМ ПЕРСОНАЛОМ ОРГАНИЗАЦИИ

**Т.В. Аветисян, К.И. Львович, Э.М. Львович,  
Ю.П. Преображенский**

*При управлении организациями необходимо во многих случаях осуществлять процедуры управления персоналом. В работе предлагается использовать методологию когнитивного моделирования. Тогда могут быть выбраны наиболее эффективные управленческие решения и сценарии развития событий с использованием того, что выделяются понятия, которые качественным и количественным образом будут характеризовать складывающуюся ситуацию. Кроме того, рассматриваются оценки взаимовлияния факторов. Предлагается методика когнитивного моделирования процессов управления развитием персонала организации. В ходе ее реализации формируются когнитивные карты. Представлена структурная схема, направленная на когнитивный и имитационный динамический анализ и моделирование. Осуществление выработки по стратегиям и прогнозам того, как будет развиваться персонал организации с привлечением когнитивного подхода рассматривается в виде представленной аналитической технологии. Даются предложения по интеллектуальной советующей системе. Показаны функции, которые предназначены для решения задач, связанных с развитием персонала компании. В результатах на основе предлагаемого подхода дана иллюстрация разработанной схемы причинно-следственных связей при анализе нарушений*

*технологической дисциплины. Результаты работы могут быть полезны при моделировании и управлении работой персонала в корпоративных информационных системах.*

**Ключевые слова:** когнитивное моделирование; управление организацией; имитационный анализ; динамический анализ

**Для цитирования.** Аветисян Т.В., Львович К.И., Львович Э.М., Преображенский Ю.П. Когнитивное моделирование процессов, связанных с управлением персоналом организации // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 1. С. 7-26. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-198

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## COGNITIVE MODELING OF PROCESSES RELATED TO PERSONNEL MANAGEMENT IN AN ORGANIZATION

***T.V. Avetisyan, K.I. Lvovich, E.M. Lvovich,  
Yu.P. Preobrazhensky***

*When managing organizations, it is necessary in many cases to implement personnel management procedures. The paper proposes to use the methodology of cognitive modeling. Then the most effective management decisions and scenarios for the development of events can be selected using the fact that concepts are distinguished that will characterize the current situation in a qualitative and quantitative way. In addition, estimates of the mutual influence of factors are considered. The method of cognitive modeling of the processes of managing the development of the organization's personnel is proposed. In the course of its implementation, cognitive maps are formed. A block diagram aimed at cognitive and simulation dynamic analysis and modeling is presented. The implementation of the development of strategies and forecasts of how the personnel of the organization will develop with the involvement of a cognitive approach is considered in the form of the*



*presented analytical technology. Suggestions for an intelligent advising system are given. The functions that are designed to solve problems related to the development of the company's personnel are shown. In the results, based on the proposed approach, an illustration of the developed scheme of causal relationships in the analysis of violations of technological discipline is given. The results of the work can be useful in modeling and managing the work of personnel in corporate information systems.*

**Keywords:** *cognitive modeling; organization management; simulation analysis; dynamic analysis*

**For citation.** *Avetisyan T.V., Lvovich K.I., Lvovich E.M., Preobrazhensky Yu.P. Cognitive Modeling of Processes Related to Personnel Management in an Organization. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 7-26. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-198*

## **Введение**

При анализе современных организаций необходимо обеспечить их адекватные модели для того, чтобы проводить решение комплекса задач, которые связаны с управлением персоналом. Что можно достичь за счет подобных моделей? В руководящих звеньях модели позволяют:

- по разным видам стратегий осуществлять процессы исследования;
- по альтернативным управленческим решениям давать анализ относительно возможных последствиям;
- осуществлять прогнозы относительно возможных проблем, проводить требуемую диагностику;
- если изменяются внешние условия, то рассматривать последствия, связанные с управленческими решениями;
- в случае, когда возникает неопределенность, необходимо осуществлять выработку интуитивных навыков, направленных на принятие управленческих решений;

- давать оценку по характеристикам представителей управляющего персонала.

Когнитивное моделирование [1] может рассматриваться в виде одного из подходов с тем, чтобы решать указанные задачи. Тогда будет реализовываться структуризация, анализ и принятие управленческих решений, которые соответствуют ситуациям, являющимся сложными, быстроизменяющимися. Может быть, недостаток в количественной информации относительно наблюдаемых ситуаций.

Когнитивный подход, который связан с анализом и моделированием сложных проблемных ситуаций дает возможности для того, чтобы по внутренним структурам исследуемых ситуаций дать описание. Также анализируются разные происходящие в них процессы. Выявляется влияние со стороны внешней среды [2] и реализуемых внутри нее изменений, связанных с управлением ситуациями, с минимизацией возможностей проявления различных неблагоприятных событий.

В ходе когнитивного анализа и осуществления моделирования [3] необходимо опираться на диалоговый комплекс. Он предоставляет возможности для того, чтобы в случае, когда есть сложные и неопределенные ситуации, быстрым, комплексным и системным способом дать описание обоснование сложившейся ситуации. С точки зрения качественного уровня для такой ситуации могут быть предложены пути решения соответствующих проблем.

Цель работы состоит в разработке когнитивного подхода для моделирования деятельности организации.

### **Методика когнитивного моделирования процессов управления развитием персонала организации**

Внутри современных организаций можно наблюдать различные сложные процессы, которые необходимо анализировать, а также использование процедур, базирующихся на принятии управленческих решений [4]. Для них существуют некоторые особенности:

- многоаспектность реализуемых для них процессов, они характеризуются взаимосвязанностью;
- поэтому нет возможностей для того, чтобы вычлениить и детальным образом исследовать некоторые явления;
- не всегда есть достаточная количественная информация относительно динамики процессов. Тогда процессы должны быть проанализированы качественным способом;
- с точки зрения времени процессы характеризуются изменчивостью и др.

В некоторых случаях системы, которые размещены внутри организаций, рассматриваются в виде слабоструктурированных систем. Если по слабоструктурированной системе реализуется анализ для рассматриваемого момента времени, тогда говорят об оценке текущей ситуации. Можно для ситуации выделить десятки факторов. Они рассматриваются с точки зрения общей системы изменяющихся по времени причин и следствий. Существуют трудности по тому, чтобы для подобного многофакторного поля наблюдать и осознать логику развития событий. Есть необходимость в ответах на вопросы (иногда, весьма быстрым образом): «Что необходимо предпринимать (влиять на какие факторы), чтобы было улучшено состояние ситуации?», «Как изменится ситуация по прошествии некоторого времени, если осуществлять никаких действий?», «Какие из реализуемых мероприятий будут рассматриваться как более эффективные с точки зрения достижения поставленных целей?» и др.

Есть возможности для ответов на подобные вопросы, когда применяются компьютерные средства, направленные на познавательное (когнитивное) моделирование ситуаций [5]. В качестве исходного понятия для когнитивного моделирования сложных ситуаций можно рассматривать понятие когнитивной карты ситуации.

Рассматривается она в виде ориентированного взвешенного графа. Внутри него:

- есть соответствие вершин взаимнооднозначным образом базисным факторам ситуации, на основе которых происходит описание процессов в ситуациях. Можно осуществить верификацию по множеству первоначальным образом выбранных базисных факторов с привлечением технологии data mining. Тогда могут быть отброшены «избыточные» факторы, которые будут слабым образом связаны с «ядром», соответствующим базисным факторам;
- происходит определение непосредственных взаимосвязей среди факторов за счет того, что рассматриваются причинно-следственные цепочки. Они позволяют описать как распространяются влияния по каждому фактору к другим факторам. При моделировании мы считаем, что есть влияние факторов, которые входят в тезис «если...» цепочки «если..., то...», на факторы в следствии «то...» внутри цепочки. Степень влияния может быть или усиливающая (то есть, положительная), тормозящая (то есть, отрицательная), или с переменным знаком, что определяется дополнительными критериями.

Происходит отражение внутри когнитивной карты только существование влияний между факторами. Не существует внутри нее отражения ни детального характера по таким влияниям, ни динамики того, как изменяются влияния при изменениях ситуации. Также нет влияния со стороны временных изменений в самих факторах. Чтобы учитывать эти обстоятельства необходимо осуществлять переход к следующему уровню структуризации информации. Она отражается внутри когнитивной карты, то есть внутри когнитивной модели (рисунок 1). Для такого уровня происходит раскрытие каждой связи среди факторов когнитивной карты при помощи соответствующего уравнения. Внутри него, может быть, наличие как количественных, так и качественных переменных. Численные значения иллюстрируют количественные переменные. Каждая качественная переменная соотносится

с множеством лингвистических переменных. Они отображают разные состояния в качественной переменной. Есть соответствие каждой из лингвистической переменной некоторого числового эквивалента на основе шкалы  $[0,1]$ . Когда накапливаются знания относительно процессов, которые происходят в рассматриваемых ситуациях, можно более детальным способом осуществлять раскрытие характера связей среди факторов. В таких случаях технологии data mining могут оказывать заметную помощь.

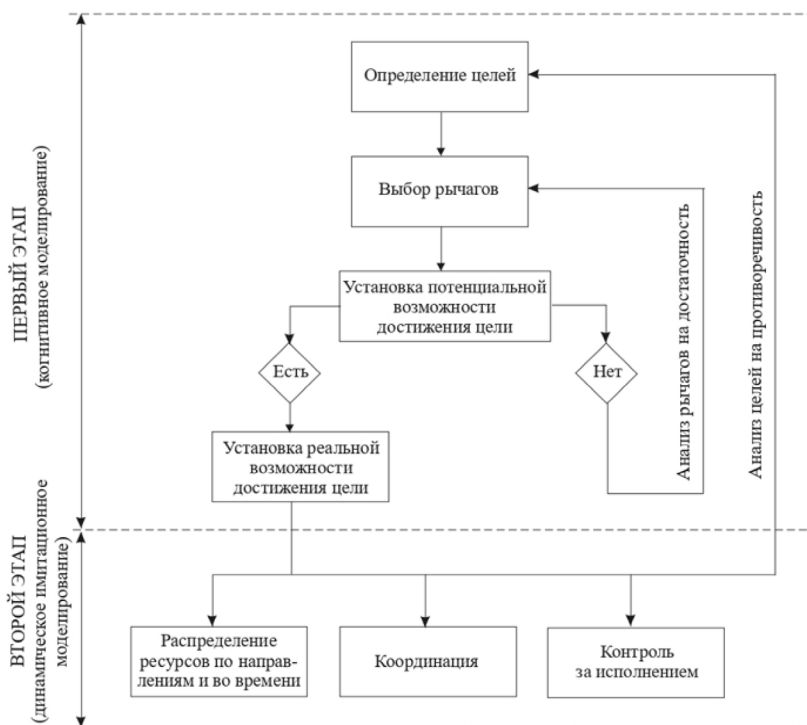


Рис. 1. Иллюстрация структурной схемы, направленной на когнитивный и имитационный динамический анализ и моделирование

Проведение выработки стратегии и прогнозов того, как будет развиваться персонал организации с привлечением когнитивного

подхода может рассматриваться в виде аналитической технологии, ее этапы приведены на рисунке 2:

- проведение анализа по существующей информации для того, чтобы были установлены качественные (причинно-следственные) взаимосвязи среди ключевых показателей некоторой ситуации [6], на основе которой реализуется деятельность компании;
- когнитивная модель развития персонала формируется на базе таких взаимосвязей;
- в зависимости от того, какие условия, проведение моделирования по различным сценариям развития персонала;
- чтобы осуществлять поддержку по принятию решений, реализация интерпретации по полученным результатам.

Тогда при моделировании на первом этапе важно, чтобы выработывалась стратегия целенаправленного развития персонала. Также должны поддерживаться прогнозы, базирующиеся на когнитивных моделях.

При таком моделировании целью является определение множества движущих сил, связанных с внешней ситуацией [7]. При этом можно исследовать те факторы, которые будут оказывать положительное или отрицательное влияние на развитие персонала.

Имитационное динамическое моделирование по ситуациям осуществляется в рамках второго этапа. В таких случаях возникают возможности для:

- формирования высокоуровневых описаний. Они позволяют уточнять и более глубоким образом понимать особенности того, как работают сложные процессы. Будут выявляться скрытые неточности и противоречия;
- осуществления имитации поведения ситуации, чтобы обнаруживать негативные эффекты. В дальнейшем их влияние может быть нивелировано;
- обеспечения разработок элементов интегрированных корпоративных приложений, которые связаны с управлением развитием персонала.

При моделировании после того, как реализуется второй этап происходит формирование программы действий для того, чтобы были достигнуты поставленные цели по развитию персонала. Относительно направлений управления, связанных с развитием и временем происходит решение вопросов по распределению ресурсов. Ту динамическую модель, которую мы формируем, можно рассматривать в виде удобного инструмента, чтобы координировать и контролировать проведение программы [8].

Проведем анализ основных этапов методики, связанной с когнитивным анализом сложных ситуаций. Она является ориентированной на задачи, в которых реализуется управления развитием персонала. Этапами в когнитивном анализе сложных ситуациях будут являться следующие:

1. Осуществление формулировки задачи и обозначение целей в исследованиях;
2. Проведение изучения процессов в компании с точки зрения того, какие были выбраны цели;
3. Реализация процедур по сбору, систематизации, анализу различной информации, которая связана с проблемой;
4. Проведение выделения ключевых признаков в изучаемых процессах и соответствующих взаимосвязей, которые будут соответствовать анализируемой ситуации;
5. Выделение условий и ограничений, которые будут соответствовать рассматриваемой ситуации;
6. Определение таких факторов, которые подвержены влиянию со стороны субъектов ситуаций [9];
7. Определения стратегий, связанных с поведением и обеспечения избегания девиантного развития ситуации.

### **Предложения по интеллектуальной советующей системе**

В организационном управления происходит повышение эффективности и качества вследствие того, что применяются автоматизированные информационные системы. Внутри них ис-



пользуются интеллектуальные компоненты системы поддержки принятия решений. Формирование в них баз данных и знаний реализуется с ориентацией на то, какая предметная область. Решаются задачи на базе подобных систем, связанные с оценки уровня профессиональной подготовки специалистов.

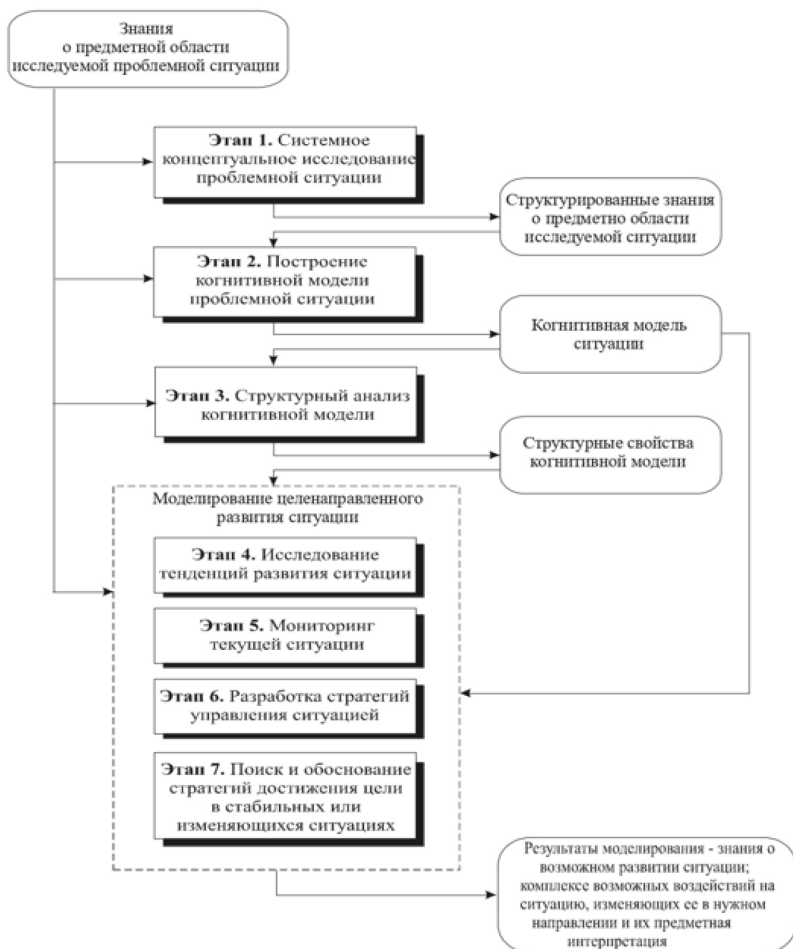


Рис. 2. Иллюстрация этапов, связанных с когнитивным и динамическим анализом

Когда функционируют такие системы, тогда получается содержательная картина относительно состояния персонала, если сравнивать с традиционными показателями. Тогда могут быть приняты более обоснованные решения.

Предлагается формирование интеллектуальной советующей системы «Управление развитием персонала».

При этом необходимо, чтобы реализовывалось несколько основных этапов, связанных с разработкой. Прежде всего, происходит формирование моделей исследуемой области. Требуется:

1. В системе проводить выделение набора характеризующих признаков.
2. Строить требуемые шкалы и классификаторы.
3. Формировать группы объектов, связанных с воздействиями.
4. Определять типовые управляющие воздействия.
5. При реализации воздействий давать описание по видам соответствующих ресурсов.
6. По документам задавать шаблоны соответствующих документов.

В создаваемой интеллектуальной советующей системе должны решаться такие важные задачи:

- по развитию персонала компании проведение процессов, связанных с моделированием и прогнозированием соответствующих ситуаций;
- по разработке рекомендаций, связанных с различными службами организаций, в том числе с учетом особенностей доведения до исполнителей соответствующих решений [10];
- по осуществлению анализа необходимых кадровых ресурсов и реализации управления ими.

Чтобы реализовать задачи, необходимо выполнение функций, которые приведены на рисунке 3:

Когда создается интеллектуальная советующая система, тогда важно обеспечение в ней понятного и простого пользовательского интерфейса с точки зрения визуализации, а также эксплуатации.

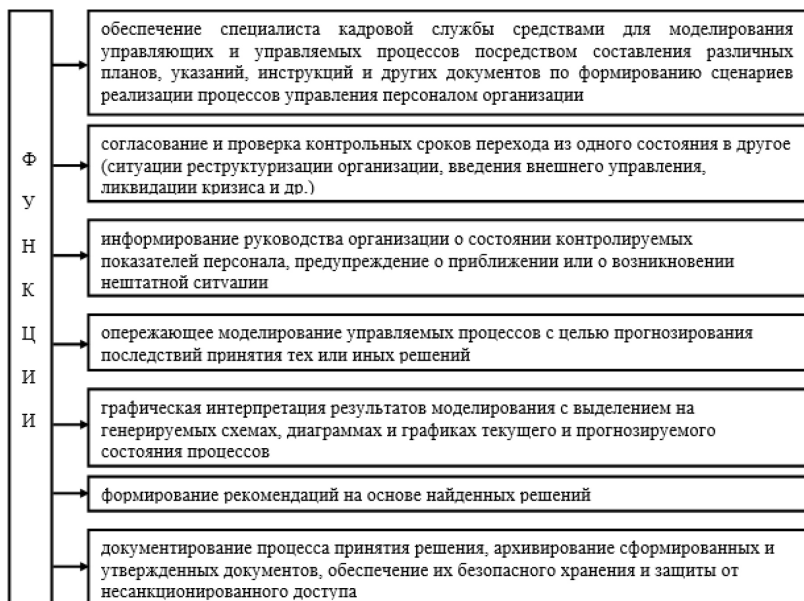


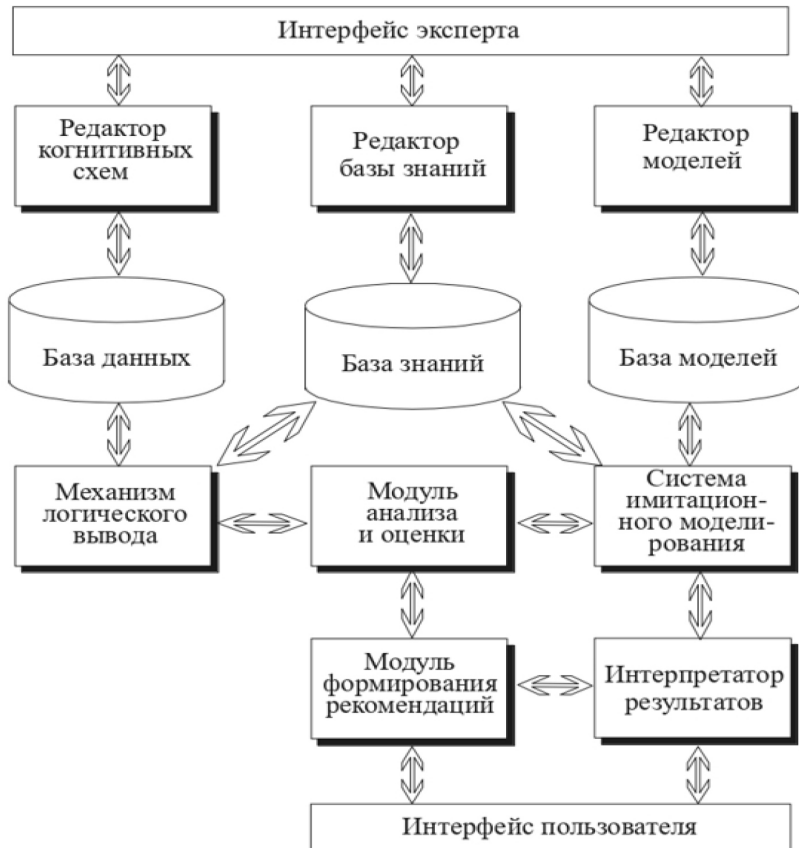
Рис. 3. Функции, необходимые для реализации задач

На рисунке 4 дана иллюстрация обобщенной схемы интегрированной советующей системы.

В ней предлагается применять три редактора. Предназначены они для того, чтобы оказывать сервис для эксперта, для пользователя, когда создаются когнитивные схемы, формируется база знаний, создаются и отлаживаются оценочные и имитационные модели.

Базу моделей рассматриваем в виде библиотеки сформированных пользователями моделей. Когда идут консультации с пользователями, тогда к ним будет организовываться доступ. За счет моделирующего модуля происходит формирование сценария, что предоставляет возможности в ходе имитации событий получать траектории моделируемых систем управления персоналом внутри пространства. Они представляются как времена реализации событий или значений параметров. Происходит их фиксация вну-

три базы знаний в системе. Тогда для системы будут поддерживаться прогнозирующие способности.



**Рис. 4.** Иллюстрация структурной схемы интеллектуальной советующей системы

Системные константы входят в базу знаний системы. Они не будут зависеть от того, какие моделируемые значения времен или параметры. Происходит контроль за счет интерпретатора результатов того, как функционируют механизмы имитационного моделирования и логического вывода с различными пользователями,

чтобы объяснять результаты работы и особенности состояния системы.

Модуль анализа и оценки позволяет рассматривать характеристики в общем объекта. Методы ситуационного моделирования обеспечивают достоверность прогноза.

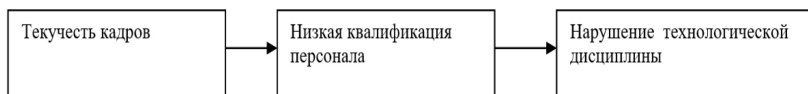
Чтобы управлять оперативным доступом различных модулей в системе, необходим модуль управления базами данных. За счет него происходит использование оптимальных методов поиска необходимой информации. Также обеспечивается требуемая защита от несанкционированного доступа.

То есть, за счет структуры предлагаемой интеллектуальной советующей системы могут быть обеспечены различные варианты решений задач, связанных с развитием персонала. Сама структура может быть модифицирована, могут быть различные версии программных продуктов, что определяется соответствующей организацией.

## Результаты

Дадим анализ по причинно-следственным связям, когда нарушается технологическая дисциплина. Если анализируются причинно-следственные связи, требуется, чтобы учитывалось заметное различие среди системного и формального понимания причинности.

Проведем рассмотрение фактора, который мешает работе производственной системы – если нарушается технологическая дисциплина. При упрощенном подходе: причина связана с высокой текучестью кадров [11], следствие связано с низкой квалификацией персонала (рис. 5).



**Рис. 5.** Иллюстрация схемы причинно-следственных связей, связанных с нарушениями технологической дисциплины

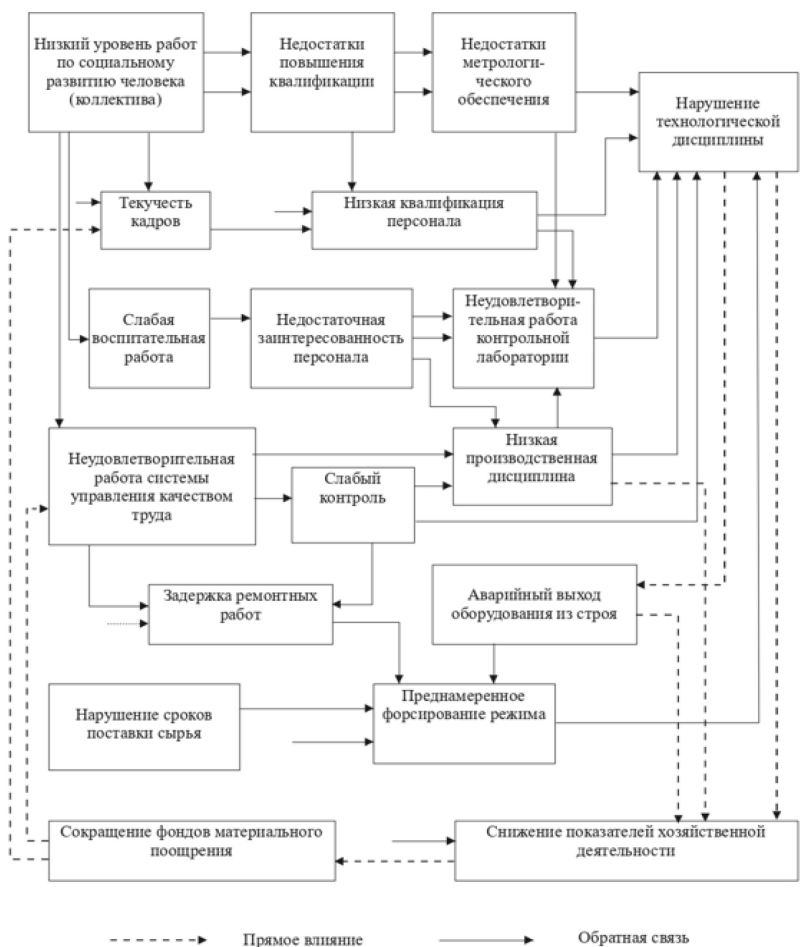


Рис. 6. Иллюстрация схемы причинно-следственных связей, при анализе нарушений технологической дисциплины

Проведем построение схемы, за счет использования приемы когнитивного моделирования.

Можно столкнуться с нарушениями технологической дисциплины вследствие того, что среди персонала низкая квалификация. Могут оказывать влияние другие причины:

- метрологическое обеспечение недостаточно;
- в системе повышения квалификации есть недостатки;
- уровень социального развития коллективов является низким;
- система управления качеством труда работает неудовлетворительным образом;
- производственная дисциплина является недостаточной, это, например, может быть связано с со слабой заинтересованностью персонала;
- оказывают влияние различные задержки вследствие аварий, ремонта и др.

На рисунке 6 показана достаточно подробная схема по нарушениям технологической дисциплины.

За счет когнитивного подхода упрощается анализ по причинно-следственным связям, когда по управляющим воздействиям осуществляется выбор и систематизация целей.

### **Заключение**

Процессы, связанные с управлением развития персонала являются многоаспектными и взаимосвязанными. Поэтому трудно вычленять и детальным образом исследовать отдельные явления. Необходимо рассматривать различные явления в целом, что требует качественного анализу подобных процессов. В работе даны предложения по методике когнитивного моделирования и реализации анализа ситуационным образом процессов, процессов, связанных с развитием персонала компании. Осуществлено формирование целостной методики, направленной на когнитивное моделирование задач управления развитием персонала. За счет нее есть возможности для того, чтобы осуществлять моделирование и оценку большей частью качественных стратегий, в ходе принятия управленческих решений.

### ***Список литературы***

1. Козлов Л.А. Когнитивное моделирование на ранних стадиях проектной деятельности: Учебное пособие. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. 246 с.

2. Власова Ю.Е., Киреев В.С. Когнитивное моделирование как метод формирования методики развития компании рынка интернета вещей // Фундаментальные исследования. 2019. № 6. С. 49-55.
3. Воронов А.А., Блинов Р.А., Смирнов А.О., Иванов П.Т., Александров А.А. Применение методов системного анализа для повышения эффективности работы транспортных предприятий // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 1 (40). С. 114-117.
4. Горелова Г.В. Исследование проблем системы образования. Когнитивное моделирование // Образовательные технологии. 2018. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-problem-sistemy-obrazovaniya-kognitivnoe-modelirovanie> (дата обращения: 05.09.2023).
5. Моисеев Д.Н., Преображенский Ю.П. Проектирование системы онлайн-записи и управление финансами для малого бизнеса // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 1 (40). С. 79-81.
6. Preobrazhenskiy Yu.P., Chuprinskaya Yu.L., Ruzhicky E. The problems of process control in computer systems // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 1 (40). С. 92-94.
7. Прохорова О.К., Могунов И.В. Человеческий капитал как источник устойчивого конкурентного преимущества организации // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 2 (41). С. 140-145.
8. Прохорова О.К., Куршин И.А., Прохорова А.Е. Методические подходы к оценке конкурентных преимуществ организации // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2022. № 2 (41). С. 146-150.
9. Соболева Ю.И., Кострова В.Н. Организация процессов управления на промышленном предприятии // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 3(18). С. 121-124.

### *References*

1. Kozlov L.A. Cognitive modeling at the early stages of project activity. Barnaul: AltGTU, 2008, 246 p.



2. Vlasova Yu.E., Kireev V.S. Cognitive modeling as a method of formation of the development methodology of the Internet of Things market company. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2019, no. 6, pp. 49-55.
3. Voronov A.A., Blinov R.A., Smirnov A.O., Ivanov P.T., Alexandrov A.A. Application of system analysis methods to improve the efficiency of transport enterprises. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies], 2022, no. 1 (40), pp. 114-117.
4. Gorelova G.V. Research of problems of the education system. Cognitive modeling. *Obrazovatel'nye tekhnologii* [Educational Technologies], 2018, no. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-problem-sistemy-obrazovaniya-kognitivnoe-modelirovanie>
5. Moiseev D.N., Preobrazhensky Y.P. Designing an online enrollment system and financial management for small business. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies], 2022, no. 1 (40), pp. 79-81.
6. Preobrazhenskiy Yu.P., Chuprinskaya Yu.L., Ruzhicky E. The problems of process control in computer systems. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies], 2022, no. 1 (40), pp. 92-94.
7. Prokhorova O.K., Mogunov I.V. Human capital as a source of sustainable competitive advantage of the organization. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies], 2022, no. 2 (41), pp. 140-145.
8. Prokhorova O.K., Kurshin I.A., Prokhorova A.E. Methodological approaches to the assessment of competitive advantages of the organization. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies], 2022, no. 2 (41), pp. 146-150.
9. Soboleva Y.I., Kostrova V.N. Organization of management processes at the industrial enterprise. *Vestnik Voronezhskogo instituta vysokikh tekhnologiy* [Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies], 2016, no. 3(18), pp. 121-124.

## **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Аветисян Татьяна Владимировна**, преподаватель колледжа, специалист проектного отдела ВИБТ

*Колледж ВИБТ; Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий*

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

**Львович Ксения Игоревна**, преподаватель, кандидат технических наук

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

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

**Львович Эмма Михайловна**, младший научный сотрудник проектного отдела, профессор, кандидат экономических наук, доцент

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

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация  
lvemma@vvt.ru*

**Преображенский Юрий Петрович**, проректор по информационным технологиям, кандидат технических наук, доцент

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

*ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация  
petrovich@vvt.ru*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Tatiana V. Avetisyan**, project specialist VIVT

*College of the Voronezh Institute of High Technologies; Voronezh Institute of High Technologies*

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

*vtatyana\_avetisyan@mail.ru*

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

**Ksenia I. Lvovich**, Teacher, Candidate of Technical Sciences

*Voronezh Institute of High Technologies*

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

*Komkovvivt@yandex.ru*

**Emma M. Lvovich**, Junior Researcher in the Design Department,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

*Voronezh Institute of High Technologies*

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

*lvemma@vivt.ru*

**Yuri P. Preobrazhensky**, Vice-Rector for Information Technology,

Candidate of Technical Sciences, Docent

*Voronezh Institute of High Technologies*

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

*petrovich@vivt.ru*

Поступила 13.11.2023

После рецензирования 30.11.2023

Принята 05.12.2023

Received 13.11.2023

Revised 30.11.2023

Accepted 05.12.2023

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-201

УДК 621.396



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ ДВУХЧАСТОТНОГО СИГНАЛА НА ДИФРАКЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ

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

*На сегодняшний день одной из важных и актуальных задач науки электродинамики является исследование характеристик рассеяния различных сложных электродинамических объектов. Среди них можно выделить полые структуры, которые входят в состав антенных систем и конструкций различных технических объектов. Их вклад в уровни электромагнитных полей в области передней полусферы может быть достаточно большим. Корректное решение проблемы рассеяния электромагнитных волн связано с использованием соответствующих методов. В работе рассматривается решение задачи на основе метода интегральных уравнений. В ходе анализа двухчастотного воздействия рассмотрено использование вейвлет-преобразования.*

**Ключевые слова:** системный анализ; рассеяние электромагнитных волн; вейвлет-анализ

**Для цитирования.** Аветисян Т.В., Львович Я.Е., Преображенский А.П. Моделирование рассеяния двухчастотного сигнала на дифракционной структуре // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 1. С. 27-37. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-201

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## MODELING OF TWO-FREQUENCY SIGNAL SCATTERING ON A DIFFRACTION STRUCTURE

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

*To date, one of the important and urgent tasks of the science of electrodynamics is to study the scattering characteristics of various*

*complex electrodynamic objects. Among them, hollow structures can be distinguished, which are part of antenna systems and structures of various technical facilities. Their contribution to the levels of electromagnetic fields in the anterior hemisphere can be quite large. The correct solution to the problem of scattering of electromagnetic wave scattering characteristics is associated with the use of appropriate methods. The paper considers the solution of the problem based on the method of integral equations. During the analysis of the two-frequency effect, the use of the wavelet transform is considered.*

**Keywords:** system analysis; electromagnetic wave scattering; wavelet analysis

**For citation.** Avetisyan T.V., Lvovich Y.E., Preobrazhensky A.P. Modeling of Two-Frequency Signal Scattering on a Diffraction Structure. *International Journal of Advanced Studies*, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 27-37. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-201

## **Введение**

На практике исследователям приходится изучать то, как происходит рассеяние электромагнитных волн (ЭМВ) для радиолокационного диапазона длин волн на разных полых структурах [1, 2]. Они есть в составе технических объектов. При этом рассматриваются или в виде элементов конструкций или как компоненты антенно-фидерных устройств [3]. Задачи при расчете характеристик рассеяния могут быть связаны с управлением электромагнитной обстановкой, а также снижением радиолокационной заметности [4, 5]. Те полые структуры, у которых размеры лежат в резонансной области, рассматриваются как наиболее сложные с точки зрения исследований. Представляет интерес с точки зрения практического применения оценить характеристики рассеяния таких компонентов при многочастотном воздействии.

## **Методика расчета на основе интегральных уравнений**

Расчет эффективной площади рассеяния (ЭПР) осуществлялся на основе метода интегральных уравнений.

На рисунке 1 представлен общий вид анализируемой электродинамической структуры.

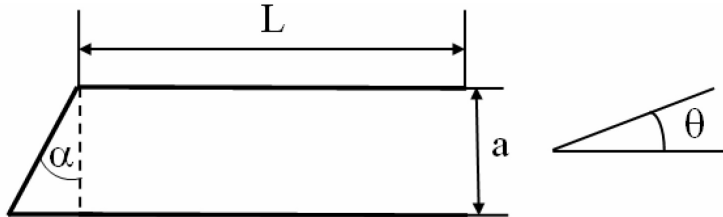


Рис. 1. Иллюстрация рассеяния электромагнитной волны на двумерной полой структуре

Каждый из размеров лежит в резонансной области. Всего в рассматриваемой структуре мы можем выделить  $F$  элементов. Структура состоит из металла (сталь), на него нанесены диэлектрические включения (показаны как заштрихованные области).

На поверхности рассматриваемой электродинамической структуры будет протекать электрический ток, который с учетом граничных условий входит в следующее интегральное уравнение [3,4]:

$$J_z(u_2) + 2 \int_{\ell} J_z(u'_2) [i\omega\epsilon G \cos(\theta - \theta_s) Z(u'_2) + \frac{Z(u'_2)}{i\omega\mu} + \frac{\partial G}{\partial u_{1p}}] d\ell =$$

$$= -2 \int_{\ell_s} (j^{es} \frac{\partial G}{\partial u_{1p}} + j^{ms} (j\omega\epsilon G \cos(\theta - \theta_s) + \frac{1}{j\omega\mu} \frac{\partial^2 G}{\partial u_2 \partial u_{2p}})) d\ell, \quad (1)$$

в этом уравнении  $H_0^2$  – функция Ханкеля второго рода с нулевым порядком [5, 6],  $G = (1/4j) H_0^2(kR)$  – функция Грина, которая соответствует двумерному случаю [7],  $\ell$  и  $\ell_s$  – контуры, по которым ведется процесс интегрирования при неизвестных и сторонних токах;  $R = \sqrt{(x_s - x')^2 + (y_s - y')^2}$  – расстояние, которое будет между точкой, в которой находится наблюдатель и точкой, которая соответствует интегрированию;  $j^{es}$  и  $j^{ms}$  – значение плотности, которая соответствует сторонним электрическим и магнитным токам;  $q$ ,  $q_s$  – угол, соответствующий приемному устройству и угол, связанный с процессами интегрирования;  $u_2$  и  $u_2$  – значе-

ние координат точки, в которой находится ток и точки, соответствующей процессу интегрирования;  $Z(u_2)$  – значение импеданса в соответствующем участке контура  $\ell$ ;  $\partial G / \partial u_{1p}, \partial G / \partial u_{2p}$  – для контура значения нормальной производной и касательной производной функции Грина;  $\partial G / \partial u_2$  – для точки, где находится ток значение нормальной производной функции Грина.

$$J_z(u_2) + 2 \int_{\ell} [J_z(u_2) [\jmath \omega \varepsilon G \cos(\theta - \theta_p) Z(u_2) + \frac{Z(u_2)}{\jmath \omega \mu} + \frac{\partial G}{\partial u_{1p}}] + \frac{1}{\jmath \omega \mu} \frac{\partial^2 G}{\partial u_2 \partial u_{2p}}] d\ell = -2\vec{n} \times \vec{H}^i, \quad (2)$$

здесь  $\vec{H}^i$  – является вектором радиоволны.

Метод моментов [4, 5] на контуре электродинамической структуры применяется для того, чтобы определить электрические токи  $J_z(r)$ . Основная идея такого подхода связана с дискретизацией контура электродинамической структуры. На базе метода моментов реализуется процесс прямого численного решения интегрального уравнения.

Рассматриваемая структура имеет как плоские поверхности, так и ребра. Контур автоматическим образом учитывается в интегральном уравнении.

Базисные и пробные функции могут выбираться с учетом различных параметров. В качестве основных критериев в ходе подобного выбора можно указать относительно простое вычисление соответствующих интегралов, а также близость функций к токам на наблюдаемых участках контуров. Анализ показал, что при расчетах для соблюдения необходимой точности достаточным будет выбор кусочно-постоянных функций в виде базисных и d-функций Дирака в виде пробных.

В ходе численного решения мы осуществляем переход от интегрального уравнения (2) к системе линейных алгебраических уравнений [4, 5]

$$[A_{pq}][J_q] = [U_p], \quad (3)$$

при этом матричные элементы по обобщенным импедансам будут вычисляться таким образом

$$A_{pq} = \int_{l_q - \frac{\Delta l}{2}}^{l_q + \frac{\Delta l}{2}} \left\{ \frac{jk}{2R} H_1^{(2)}(kR) [(x_p - x_q)^2 \cos(\theta_q) - (y_p - y_q)^2 \cos(\theta_{qm})] + \frac{\omega \varepsilon}{2} H_0^{(2)}(kR) Z(l) \right\} dl.$$

Множители разложения  $J(z)$  соответствуют вектору-столбцу  $[J_q]$ .

Вектор-столбец эквивалентных потенциалов соответствует  $U_p = -(\cos(\theta_p) \cos(\theta) + \sin(\theta_p) \sin(\theta)) \exp(jk(x_p \cos(\theta_p) + y_p \sin(\theta_p)))$ .

Может возникать сингулярность в ядре интегральных уравнений. Это будет когда совпадают координаты точек наблюдения и интегрирования, когда интегральное уравнение решается при помощи метода моментов. Тогда, если  $R \rightarrow 0$ , то двумерная функция Грина  $H_0^{(2)}(kR) \rightarrow \Delta \ell [1 - (\frac{j}{2\pi})[\gamma - 1 + \ln(\frac{k\Delta \ell}{4})]]$  [6, 7], при этом учитываем, что  $g = 0,577215664$  – это постоянная Эйлера.

После определения  $[J_m]$  мы можем найти рассеянные поля.

Для этого используется интеграл Кирхгофа. Мы опираемся на такое выражение:

$$H(\theta_r) = \exp(-jkr) \sqrt{\frac{k}{2\pi r}} \int J_z(r') \exp(jkr' \cos(\theta_r)) dr'. \quad (4)$$

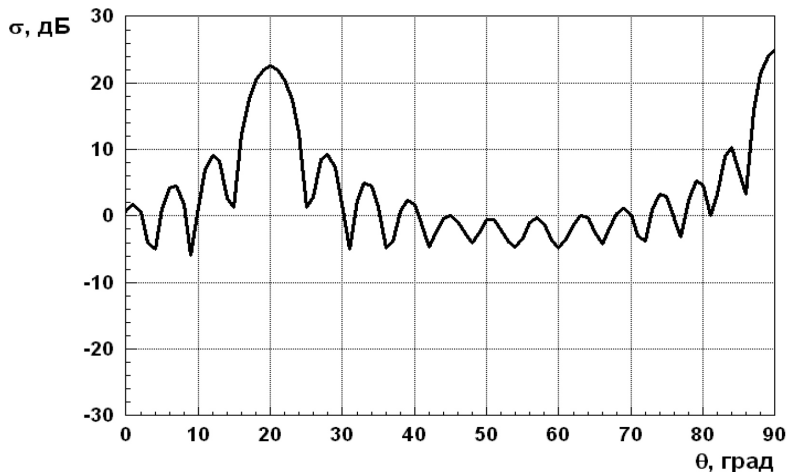


Рис. 2. Зависимость ЭПР полой структуры от угла наблюдения



В нем  $q_r$  – является углом наблюдения;  $k$  – волновое число;  $r$  – радиус-вектор точки наблюдения в дальней зоне.

Проведение расчета эффективной площади рассеяния (ЭПР) осуществляется таким образом [8]:  $\sigma_{\text{двум}} = 2\pi r |H(\theta_r)|^2$ .

На рисунке 2 приведена зависимость ЭПР от угла наблюдения для полости со следующими размерами  $a=5\lambda$ ,  $L=5\lambda$ ,  $\alpha=20^\circ$ .

### Оценка характеристик полой структуры при многочастотном воздействии

Далее рассмотрим падающую волну в виде не монохроматического, а двухчастотного воздействия

$$x(t) = A_1(t)\cos(2\pi f_1 t) + A_2(t)\cos(2\pi f_2 t) \quad (5)$$

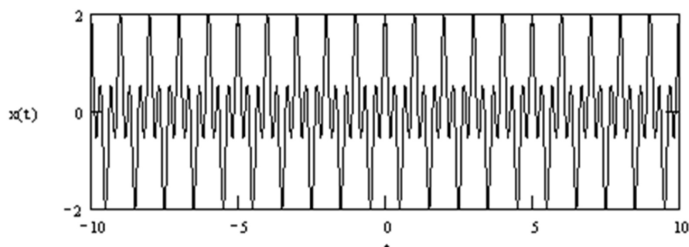


Рис. 3. Иллюстрация первого двухчастотного сигнала

Также используется сигнал, в котором два колебания оказываются разнесенными по времени.

$$y(t) = \begin{cases} A_1 \cos(2\pi f_1 t), & \text{если } t \leq t_0 \\ A_2 \cos(2\pi f_2 t), & \text{если } t > t_0 \end{cases} \quad (6).$$

На рисунке 5 приведены спектры рассматриваемых сигналов. Первый сигнал – а), второй сигнал – б).

Видно, что они являются одинаковыми, то есть, нет возможности различения таких сигналов.

Для того, чтобы при двухчастотном воздействии сигналы были различимы, предлагается использовать вейвлет-преобразование [9, 10]. В качестве вейвлета рассматриваем производную гауссова импульса  $y(x) = \exp(0.5x^2)$ .

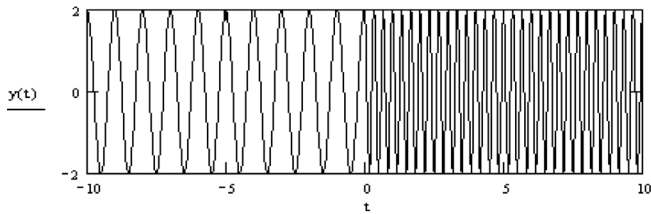


Рис. 4. Иллюстрация второго двухчастотного сигнала

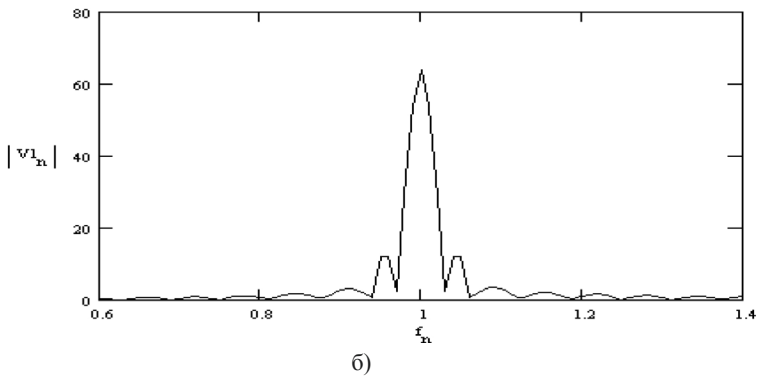
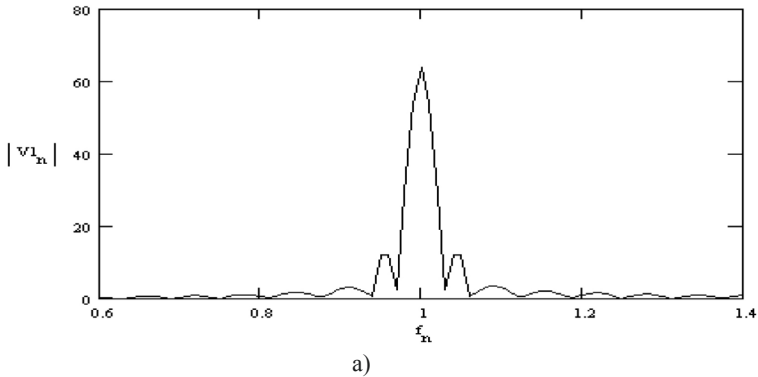


Рис. 5. Спектры падающей электромагнитной волны

Вейвлет имеет вид  $V(x) = (x^2 - 1) \exp(0.5x^2)$ .

Введем подстановку  $x = (t - b)/a$ , а также множитель  $a^{-1/2}$ , что позволит перейти от исходного вейвлета к базисному. Тогда

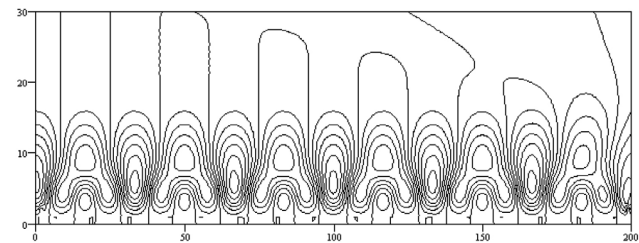
$$Vl(a, b, t) = (1 / \sqrt{a}) V(x).$$

Для вейвлета выполняются следующие ограничения:  
 $\int_{-\infty}^{\infty} |V(t)|^2 dt < \infty, \int_{-\infty}^{\infty} V(t) dt = 0.$

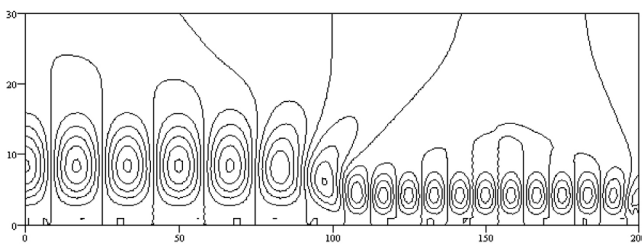
Прямое и обратное вейвлет-преобразование представляются соответствующим образом:  $C(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) V(\frac{t-b}{a}) dt$ ,  
 $x(t) = \frac{1}{K_C} \int_0^{\infty} \frac{da}{a^2 \sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} C(a,b) V(\frac{t-b}{a}) dt$ , здесь  $V(a,b,t)$  – это функция, которая описывает вейвлет,  $K_C$  – нормирующий коэффициент.

Коэффициенты прямого вейвлет-преобразования в виде изо-клин для первого случая приведены на рисунке 6 а), для второго случая приведены на рисунке 6 б).

Видны существенные различия в спектрограммах анализируемых сигналов. Четким образом прослеживаются локальные изменения, которые есть в сигналах, связанные с тем, что резким образом меняется частота.



а)



б)

**Рис. 6.** Коэффициенты прямого вейвлет-преобразования

### **Заключение**

Таким образом, в работе приведены результаты исследования двухчастотного воздействия при рассеянии электромагнитной волны на двумерной полости. Показано, что с использованием вейвлет-преобразования можно осуществлять различение сигналов. Рассмотрены спектры электромагнитных волн. Построены графики для коэффициенты прямого вейвлет-преобразования.

### ***Список литературы***

1. Кобак В. О. Радиолокационные отражатели. М.: Сов. радио, 1972. 248 с.
2. Боровиков В. А., Кинбер Б. Е. Геометрическая теория дифракции. М.: Связь, 1978. 247 с.
3. Инспекторов Э.М. Численный анализ электромагнитного возбуждения проводящих тел. Мн.: Университетское, 1987. 116 с.
4. Вычислительные методы в электродинамике / Под ред. Р. Митры. М.: Мир, 1977. 485 с.
5. Галишникова Т. Н., Ильинский А.С. Численные методы в задачах дифракции. М.: МГУ, 1987. 207 с.
6. Абрамовиц М., Стиган И. Справочник по специальным функциям. М.: Наука, 1979.
7. Васильев Е.Н. Возбуждение тел вращения. М.: Радио и связь, 1987. 270 с.
8. Ling H. RCS of waveguide cavities: a hybrid boundary-integral/modal approach // IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1990, vol. 38, no. 9, pp. 1413-1420. <https://doi.org/10.1109/8.56993>
9. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. Ижевск: РХД, 2001. 464 с.
10. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 440 с.

### ***References***

1. Kobak V. O. Radar reflectors. Moscow: Sov. radio Publ., 1972, 248 p.
2. Borovikov V.A., Kinber B.E. Geometrical Theory of Diffraction. Moscow: Svyaz Publ., 1978, 247 p.

3. Inspectorov E.M. Numerical Analysis of Electromagnetic Excitation of Conducting Bodies. Mn.: Universitetskoe Publ., 1987, 116 p.
4. Computational methods in electrodynamics / Edited by R. Mitra. M.: Mir Publ., 1977, 485 p.
5. Galishnikova T.N., Ilyinsky A.S. Numerical methods in diffraction problems. Moscow State University, 1987, 207 p.
6. Abramovitz M., Stigan I. Handbook on special functions. Moscow: Nauka Publ., 1979.
7. Vasiliev E.N. Excitation of Bodies of Rotation. M.: Radio and Communication Publ., 1987, 270 p.
8. Ling H. RCS of waveguide cavities: a hybrid boundary-integral/modal approach. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1990, vol. 38, no. 9, pp. 1413-1420. <https://doi.org/10.1109/8.56993>.
9. Dobeshi I. Ten lectures on wavelets. Izhevsk: RCD Publ., 2001, 464 p.
10. Diakonov V.P. Wavelets. From theory to practice. Moscow: SO-LON-Press Publ., 2004, 440 p.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Аветисян Татьяна Владимировна**, преподаватель колледжа, специалист проектного отдела ВИБТ

*Колледж ВИБТ; Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий*

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

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

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

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

**Преображенский Андрей Петрович**, профессор, доктор технических наук, профессор  
*Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Воронежский институт высоких технологий*  
ул. Ленина, 73а, г. Воронеж, 394043, Российская Федерация  
*Komkovvvt@yandex.ru*

#### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Tatiana V. Avetisyan**, project specialist VIVT  
*College of the Voronezh Institute of High Technologies; Voronezh Institute of High Technologies*  
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation  
*vtatyana\_avetisyan@mail.ru*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3559-6070>

**Yakov E. Lvovich**, Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor  
*Voronezh Institute of High Technologies*  
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation  
*Komkovvvt@yandex.ru*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7051-3763>

**Andrey P. Preobrazhensky**, Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor  
*Voronezh Institute of High Technologies*  
73a, Lenin Str., Voronezh, 394043, Russian Federation  
*Komkovvvt@yandex.ru*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6911-8053>

Поступила 13.11.2023

После рецензирования 30.11.2023

Принята 05.12.2023

Received 13.11.2023

Revised 30.11.2023

Accepted 05.12.2023

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-247

УДК 656.13



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

## ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ МАРШРУТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗОНЕ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ

**И.В. Бородулин, О.С. Гасилова, А.А. Мальцева**

*Проанализированы условия движения маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов. Рассмотрена аварийность, связанная с автомобильным транспортом общего пользования в Свердловской области и Екатеринбурге за три года. Исследованы остановочные пункты в центральной части города, большая часть из которых не оборудована заездным «карманом». Определена ширина проезжей части напротив исследуемых остановочных пунктов. Зафиксировано, что большая часть остановочных пунктов установлены напротив проезжей части, шириной от 11 до 20 м. 65 % из рассматриваемых остановочных пунктов не имеет заездного «кармана», что приводит к остановке общественного транспорта на полосе движения. Установлено, что при наличии заездного «кармана» автобусы создают большое число конфликтных ситуаций с транспортными средствами, движущимися в попутном направлении, что увеличивает вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий. Высокая аварийность с участием транспорта общего пользования приводит к необходимости анализа движения маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов.*

**Цель** – определение условий, влияющих на безопасность движения маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов.

**Метод или методология проведения работы:** в работе использовались статистические методы обработки натурного эксперимента.

**Результаты:** определены диапазоны изменения ширины проезжей части напротив остановочных пунктов, влияние наличия заездного «кармана» на безопасность дорожного движения.

**Область применения результатов:** полученные результаты целесообразно применять при разработке мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения в зоне остановочных пунктов.

**Ключевые слова:** остановочный пункт; ширина проезжей части; маришрутное транспортное средство; безопасность дорожного движения; дорожно-транспортное происшествие

**Для цитирования.** Бородулин И.В., Гасилова О.С., Мальцева А.А. Оценка условий движения маришрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 38-50. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-247

Original article | Operation of Road Transport

## ASSESSMENT OF THE TRAFFIC CONDITIONS OF FIXED-ROUTE VEHICLES IN THE AREA OF BUS STOPS

*I.V. Borodulin, O.S. Gasilova, A.A. Mal'tseva*

*The conditions of movement of fixed-route vehicles in the area of bus stops are analyzed. The accident rate associated with public road transport in the Sverdlovsk region and Yekaterinburg for three years is considered. Bus stops in the central part of the city have been investigated, most of which are not equipped with a check-in "pocket". The width of the roadway opposite the investigated stopping points is de-*



*terminated. It was recorded that most of the stopping points are installed opposite the roadway, with a width of 11 to 20 m. 65% of the considered stopping points do not have an entrance “pocket”, which leads to a stop of public transport in the lane. It has been established that in the presence of a check-in “pocket” buses create a large number of conflict situations with vehicles moving in the same direction, which increases the likelihood of road accidents. The high accident rate involving public transport leads to the need to analyze the movement of fixed-route vehicles in the area of stopping points.*

**Purpose** – determination of conditions affecting the safety of route vehicles in the area of stopping points.

**Methodology** statistical methods of processing a full-scale experiment were used in the work.

**Results:** the ranges of changes in the width of the carriageway opposite the stopping points, the impact of the presence of a check-in “pocket” on road safety have been determined.

**Practical implications:** It is advisable to apply the results obtained in the development of measures to ensure road safety in the area of bus stops.

**Keywords:** bus stop; width of the roadway; route vehicle; road safety; traffic accident

**For citation.** Borodulin I.V., Gasilova O.S., Mal'tseva A.A. Assessment of the Traffic Conditions of Fixed-Route Vehicles in the Area of Bus Stops. *International Journal of Advanced Studies*, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 38-50. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-247

Остановочные пункты являются местом концентрации дорожно-транспортных происшествий, так как при отъезде маршрутных транспортных средств от остановочного пункта возникают дополнительные конфликтные точки на проезжей части. Конфликты в зоне остановочных пунктов негативно отражаются на безопасности транспортного процесса, приводят к существенным потерям времени перевозчиков и пассажиров, увеличивают

расходы транспортных компаний на оказание транспортных услуг населению [1-5].

Исследования условий движений маршрутных транспортных средств проводились в Екатеринбурге на 162 остановочных пунктах, которые расположены в центральной части города.

Анализ аварийности, связанный с автомобильным транспортом общего пользования в Свердловской области и Екатеринбурге за три года показывает, что число дорожно-транспортных происшествий остается на достаточно высоком уровне (рисунок 1-3).

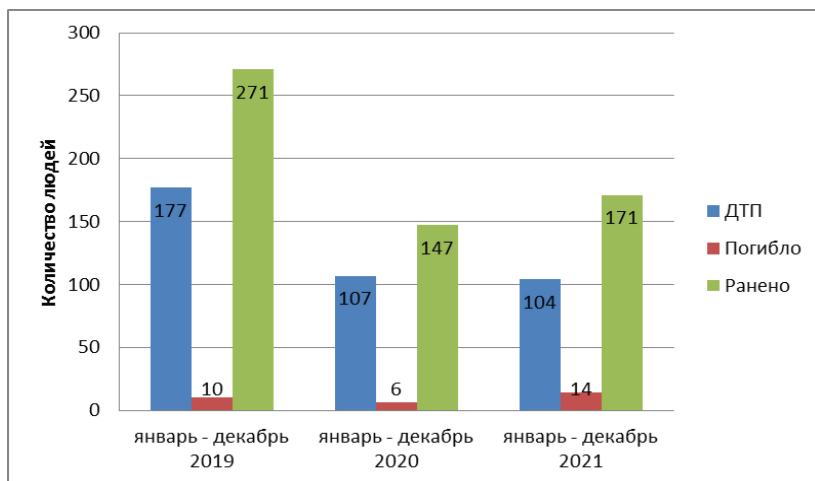
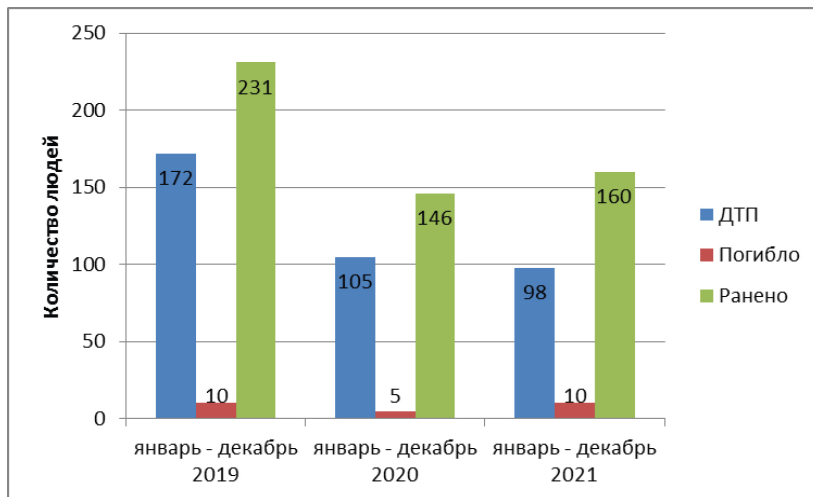


Рис. 1. ДТП с участием автомобильного транспорта общего пользования, осуществляющего автобусные перевозки

На рисунке 1 видно, что за три рассматриваемых года самым аварийным был 2019 год. В 2020 году количество ДТП с участием автомобильного транспорта общего пользования, осуществляющего автобусные перевозки, и количество погибших в ДТП снизилось примерно на 40%, количество раненых уменьшилось примерно на 46%. Количество совершенных ДТП в 2021 году незначительно снизилось по сравнению с 2020 годом, снижение

произошло на 3%. Но количество погибших и раненых в этих ДТП увеличилось на 133 и 16% соответственно.

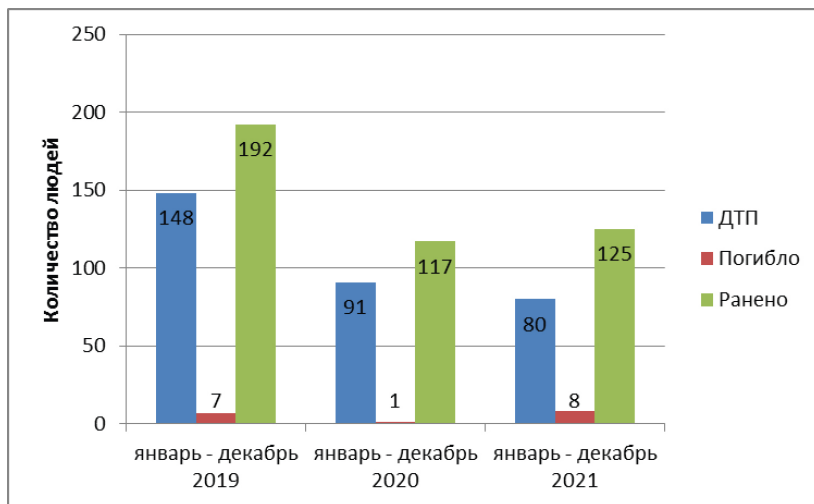


**Рис. 2.** ДТП с участием автомобильного транспорта общего пользования, осуществляющего регулярные перевозки с высадкой пассажиров на исследуемых остановочных пунктах

На рисунке 2 видно, что 2019 год был самым аварийным с максимальным количеством ДТП, в которых было ранено максимальное количество людей. Анализируя количество совершенных ДТП с участием автомобильного транспорта общего пользования, осуществляющего регулярные перевозки с высадкой пассажиров на исследуемых остановочных пунктах за 2021 год можно сделать вывод, что хоть 2021 года и был менее аварийным по сравнению с 2019 и 2020 годами, но количество раненных в этих ДТП превышает количество ДТП на 63 %, что говорит о степени опасности этих ДТП.

На рисунке 3 видно, что 2021 год был наименее аварийным за 3 исследуемых года. Количество ДТП с участием автомобильного транспорта общего пользования, осуществляющего регулярные перевозки в городском сообщении с высадкой пассажиров в лю-

бом не запрещенном ПДД месте в 2021 году снизилось на 46 % по сравнению с 2019 годом. В 2021 году количество раненых в ДТП превышает количество ДТП на 56 %, что также говорит о степени опасности этих ДТП.

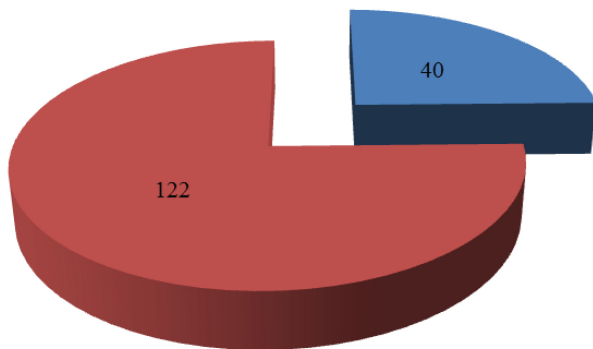


**Рис. 3.** ДТП с участием автомобильного транспорта общего пользования, осуществляющего регулярные перевозки в городском сообщении с высадкой пассажиров в любом не запрещенном ПДД месте

Исследования остановочных пунктов в центральной части Екатеринбурга показали, что 25% из них оборудованы заездным «карманом» (рисунок 4). Наличие заездного «кармана» обеспечивает безопасность пассажиров, но в тоже время может отрицательно сказаться на безопасности дорожного движения, так как при выезде из заездного «кармана» образуются конфликтные ситуации, которые могут привести к дорожно-транспортным происшествиям [6-8].

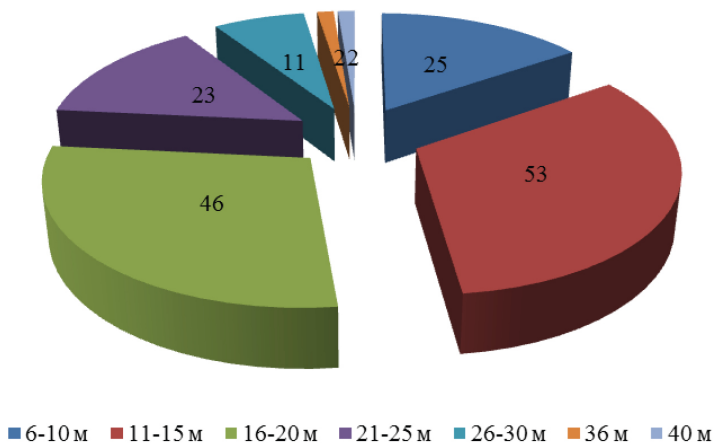
При обработке данных камер видеонаблюдения были определены геометрические параметры проезжей части напротив исследуемых остановочных пунктов, а именно ширина проезжей части (рисунок 5). 33% рассматриваемых остановочных пунктов имеют

ширину проезжей части в диапазоне от 11 до 15 м, 28 % – в диапазоне от 16 до 20 м. Проезжая часть 99 исследуемых остановочных пунктов имеет от 4 до 5 полос движения.



■ Наличие заездного "кармана" ■ Отсутствие заездного "кармана"

**Рис. 4.** Количество остановочных пунктов в зависимости от наличия заездного «кармана»

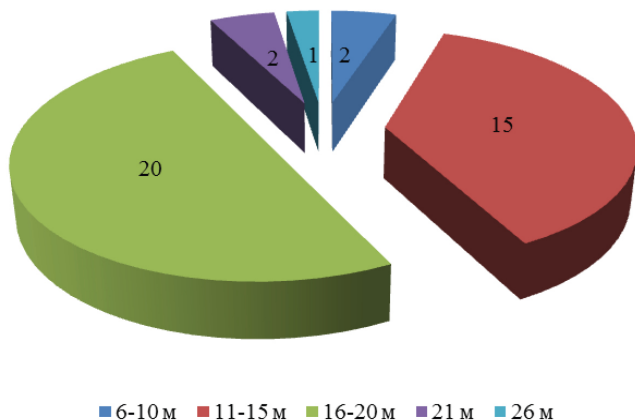


■ 6-10 м ■ 11-15 м ■ 16-20 м ■ 21-25 м ■ 26-30 м ■ 36 м ■ 40 м

**Рис. 5.** Количество остановочных пунктов в зависимости от ширины проезжей части

Анализ ширины проезжей части напротив остановочных пунктов с заездным «карманом» показал, что 50% рассматриваемых

остановочных пунктов имеют ширину проезжей части в диапазоне от 16 до 20 м, 38% – в диапазоне от 11 до 15 м (рисунок 6).



**Рис. 6.** Количество остановочных пунктов с заездным «карманом» в зависимости от ширины проезжей части

Исследования показали, что проезжая часть шириной от 11 до 20 м наблюдается у 65 % остановочных пунктов, не оборудованных заездным «карманом». При отсутствии заездных «карманов» маршрутные транспортные средства вынуждены останавливаться на полосе движения, что приводит к уменьшению количества полос движения на время остановки и к совершению маневра перестроения других транспортных средств [9-12].

При выезде с остановочного пункта с заездным «карманом» автобусы могут создавать большое число конфликтных ситуаций с транспортными средствами, движущимися в попутном направлении, что увеличивает вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Высокая аварийность с участием автомобильного транспорта общего пользования приводит к необходимости анализа движения маршрутных транспортных средств в зоне остановочных пунктов.

Мероприятия по обеспечению безопасности дорожного движения в зоне остановочных пунктов должны учитывать ус-

ловия движения маршрутных транспортных средств в их зоне [13-15].

### *Список литературы*

1. Филатова Н.А. Оценка влияния общественного транспорта на условия дорожного движения вблизи остановочных пунктов / Н. А. Филатова, Р. С. Чекотин, О. В. Алексеева // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 12.
2. Кажаяв А. А. Снижение конфликтных ситуаций на остановочных пунктах маршрутных сетей городского пассажирского транспорта : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.01 / Кажаяв Андрей Александрович. М., 2012. 19 с.
3. Зырянов В.В. Организация дорожного движения: учебное пособие / В.В. Зырянов, Н.А. Синеокая. Ростов-на-Дону: Ростовский гос. строит. ун-т, 2014. 92 с.
4. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учеб. для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Транспорт, 2001. 247 с.
5. Метсон Т.М. Организация движения / Т.М. Метсон, У.С. Смит, Ф.В. Хард; пер. с англ. Р.Л. Гончаровой и др.; под ред. А.П. Алексеева. М.: Научно-техн. изд-во Мин-ва авт. тр-та и шоссейных дорог РСФСР, 1960. 463 с.
6. Организация дорожного движения: учеб. пособие для учреждений высш. проф. образования / И.Н. Пугачев, А.Э. Горев, А.И. Солодкий, А.В. Белов; под ред. А. Э. Горева. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 240 с.
7. Маркуц В.М. Транспортные потоки автомобильных дорог : учебное пособие. М. : Инфра-Инженерия, 2018. 148 с.
8. Горев А.Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения : учебное пособие / А. Э. Горев, Е. М. Олещенко. 3-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 256 с.
9. Кобаев Е.В. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: учебное пособие. Тверь: Тверская ГСХА, 2019. 171 с.

10. Пеньшин Н.В. Организация транспортных услуг и безопасность транспортного процесса: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технология транспортных процессов». Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. 476 с.
11. Black, Alan. Urban mass transportation planning. McGraw-Hill, 1995. 411 p.
12. Edwards Jr., John D. (editor), Transportation Planning Handbook. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1992.
13. Morozov V., Iarkov S. The application of lane occupancy parameter for solving tasks of traffic management // Transportation Research Procedia. 2018. Vol. 36. P. 520-526. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.141>
14. Fernandez R. Effect of Passenger-Bus-Traffic Interactions on Bus Stop Operations / R. Fernandez, N. Tyler // Transportation Planning and Technology. 2005. Vol. 28 (4). P. 273-2920. <https://doi.org/10.1080/03081060500247747>
15. Furth P., Rahbee A. Optimal bus stop spacing through dynamic programming and geographic modeling // Transportation Research Record. 2000. Vol. 1731. P. 5-22. <https://doi.org/10.3141/1731-03>

### *References*

1. Filatova N. A., Chekotin R. S., Alekseeva O. V. Ocenka vlijanija obshhestvennogo transporta na uslovija dorozhnogo dvizhenija vblizi ostanovochnyh punktov [Assessment of the impact of public transport on traffic conditions near bus stops]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija* [Modern problems of science and education], 2014, no. 6, p. 12.
2. Kazhaev A. A. *Snizhenie konfliktnyh situacij na ostanovochnyh punktah marshrutnyh setej gorodskogo passazhirskogo transporta* [Reduction of conflict situations at stopping points of route networks of urban passenger transport]. Moscow, 2012, 19 p.
3. Zyrjanov V.V., Sineokaja N.A. *Organizacija dorozhnogo dvizhenija* [Organization of traffic]. Rostov-on-Don: Rostovskij gos. stroit. un-t, 2014, 92 p.



4. Klinkovshitejn G.I., Afanas'ev M.B. *Organizacija dorozhnogo dvizhenija* [Organization of traffic]. Moscow: Transport, 2001, 247 p.
5. Metson T.M., Smit U.S., Hard F.V. *Organizacija dvizhenija* [Organization of the movement]. Moscow: Nauchno-tehn. izd-vo Min-va avt. tr-ta i shossejnyh dorog RSFSR, 1960, 63 p.
6. Pugachev I.N., Gorev A.Je., Solodkij A.I., Belov A.V. *Organizacija dorozhnogo dvizhenija* [Traffic management]. Moscow: Izdatel'skij centr «Akademija», 2013, 240 p.
7. Markuc V.M. *Transportnye potoki avtomobil'nyh dorog* [Traffic flows of highways]. Moscow: Infra-Inzhenerija, 2018. 148 p.
8. Gorev A. Je., Oleshchenko E. M. *Organizacija avtomobil'nyh perevozok i bezopasnost' dvizhenija* [Organization of automobile transportation and traffic safety]. Moscow: Izdatel'skij centr «Akademija», 2009, 256 p.
9. Kopaev E.V. *Organizacija perevozochnyh uslug i bezopasnost' transportnogo processa* [Organization of transportation services and safety of the transport process]. Tver: Tverskaja GSHA, 2019, 171 p.
10. Pen'shin N. V. *Organizacija transportnyh uslug i bezopasnost' transportnogo processa* [Organization of transport services and safety of the transport process]. Tambov: Izd-vo FGBOU VPO «TGTU», 2014, 476 p.
11. Black, Alan. *Urban mass transportation planning*. McGraw-Hill, 1995, 411 p.
12. Edwards Jr., John D. (editor), *Transportation Planning Handbook*. Pren-tice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1992.
13. Morozov V., Iarkov S. The application of lane occupancy parameter for solving tasks of traffic management. *Transportation Research Procedia*, 2018, vol. 36, pp. 520-526. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.141>
14. Fernandez R., Tyler N. Effect of Passenger-Bus-Traffic Interactions on Bus Stop Operations. *Transportation Planning and Technology*, 2005, vol. 28 (4), pp. 273-2920. <https://doi.org/10.1080/03081060500247747>

15. Furth P., Rahbee A. Optimal bus stop spacing through dynamic programming and geographic modeling. *Transportation Research Record*, 2000, vol. 1731, pp. 5-22. <https://doi.org/10.3141/1731-03>

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Бородулин Игорь Викторович**, аспирант кафедры «Транспортные системы»  
*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»*  
*ул. Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, Свердловская область, 620100, Российская Федерация*  
*igor.borodulin2012@yandex.ru*

**Гасилова Ольга Сергеевна**, и. о. заведующего кафедрой «Транспортные системы», кандидат технических наук  
*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»*  
*ул. Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, Свердловская область, 620100, Российская Федерация*  
*gasilovaolga1983@gmail.com*

**Мальцева Анастасия Алексеевна**, студентка 2 курса магистратуры кафедры «Транспортные системы»  
*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»*  
*ул. Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, Свердловская область, 620100, Российская Федерация*  
*maltsevaana@m.usfeu.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Igor V. Borodulin**, postgraduate student of the Department of Transport Systems  
*Ural State Forestry Engineering University*

*37, Siberian tract Str., Ekaterinburg, Sverdlovsk Region, 620100,  
Russian Federation  
igor.borodulin2012@yandex.ru*

**Olga S. Gasilova**, Acting Head of the Department of Transport Systems, Candidate of Technical Sciences  
*Ural State Forestry Engineering University  
37, Siberian tract Str., Ekaterinburg, Sverdlovsk Region,  
620100, Russian Federation  
gasilovaolga1983@gmail.com  
SPIN-code: 8272-9958  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6767-2544>  
Scopus Author ID: 57223044589*

**Anastasia A. Maltseva**, 2nd year graduate student of the Department of Transport Systems  
*Ural State Forestry Engineering University  
37, Siberian tract Str., Ekaterinburg, Sverdlovsk Region,  
620100, Russian Federation  
maltsevaa@m.usfeu.ru  
SPIN-code: 5573-3669*

Поступила 10.02.2024

После рецензирования 01.03.2024

Принята 05.03.2024

Received 10.02.2024

Revised 01.03.2024

Accepted 05.03.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-251

УДК 657



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

## ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ГОРОДСКИХ ДОРОГАХ В КЕРБЕЛЕ

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

*В данной статье мы анализируем работу дорожной сети города Кербела в Ираке, который характеризуется своим религиозным и туристическим характером, и оцениваем эффективность городской уличной сети в нем, чтобы определить основные шаги, которые необходимо предпринять принять меры для повышения эффективности движения и сокращения задержек. Научная новизна данной работы заключается в том, что она является первой в своем роде, насколько нам известно, которая затрагивает проблему эффективности дорожного движения в городе Кербела в целом, поскольку плотность движения на основных транспортных осях в этом городе сильно варьируется в обычное время, и часы пик (утром и вечером). Результаты анализа показали, что некоторые сектора работают в условиях перегруженного (стабильного) дорожного движения (VO-F) в утренние и вечерние часы, и такие сектора требуют немедленных стратегий управления дорожным движением. В то время как остальные сектора работают на той же мощности или близко к ней (VO-E).*

**Цель** – проанализировать работу дорожной сети города Кербела в Ираке и оценить ее эффективность, чтобы определить основные шаги, которые необходимо предпринять для

повышения эффективности дорожного движения и сокращения задержек.

**Методы исследования.** В данной работе применялась экспериментально-аналитическая методология, при которой данные собирались, анализировались и сравнивались с соответствующими источниками информации.

**Результаты.** Категории городских дорог были определены на основе скорости свободного потока движения (ССПД), а уровень обслуживания (УО) рассчитывается для выбранных городских улиц с учетом средней скорости движения (ССД). Измерения скорости и времени в пути показали, что на улице Фатима Аль-Захра, второй части улицы Рамадан и некоторых сегментов улицы Аль-Аббас утром возникали пробки. Эти районы требуют немедленных стратегий управления дорожным движением. Вечером также наблюдались пробки на сегментах улицы Фатима Аль-Захра, части 2 улицы Аль-Искан и первом сегменте улицы Рамадан.

Снижение скорости движения привело к возникновению пробок на улицах Аль-Аббас, Аль-Искан и некоторых сегментов улицы Фатима Аль-Захра. Низкие значения FFS указывают на то, что на этих сегментах средняя скорость движения низкая даже при небольшом потоке.

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

**Ключевые слова:** скорость свободного движения; средняя скорость движения; уровень обслуживания; руководство по пропускной способности шоссе

**Для цитирования.** Алкхудхир Х.С., Аль-Джамиль Х.А.И., Коноплев В.Н. Исследования эффективности дорожного движения на городских дорогах в Кербеле // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 1. С. 51-68. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-251

## INVESTIGATION OF TRAFFIC EFFICIENCY ON KARBALA ROADS

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

*In this article, we analyze the operation of the road network of the city of Karbala in Iraq, which is characterized by its religious and tourist character, and evaluate the effectiveness of the urban street network in it in order to identify the main steps that need to be taken to take measures to improve traffic efficiency and reduce delays. The scientific novelty of this work lies in the fact that it is the first of its kind, as far as we know, which addresses the problem of traffic efficiency in the city of Karbala as a whole, since the traffic density on the main transport axes in this city varies greatly during normal times and peak hours (morning and evening). The results of the analysis showed that some sectors operate in conditions of congested (stable) traffic (LOS F) in the morning and evening hours, and such sectors require immediate traffic management strategies. While the rest of the sectors are operating at or close to the same capacity (LOSE).*

**Purpose** – *Analyzed the operation of the Karbala city road network in Iraq and evaluate its effectiveness to identify the main steps that need to be taken to improve traffic efficiency and reduce delays.*

**Methodology.** *In this work, an experimental analytical methodology was used, in which data were collected, analyzed and compared with relevant information sources.*

**Results.** *The categories of urban roads were determined based on the speed of free movement (FFS), and the level of service (LOS) is calculated for selected urban streets taking into account the average speed of traffic (ATS). Measurements of speed and travel time showed that traffic jams occurred on Fatima Al-Zahra Street, the second part of Ramadan Street and some sections of Al-Abbas Street in the morning.*

*These areas require immediate traffic management strategies. In the evening, traffic jams were also observed on sections of Fatima Al-Zahra Street, part 2 of Al-Iskan Street and the first section of Ramadan Street. The decrease in traffic speed led to traffic jams on Al-Abbas, Al-Iskan Streets and some sections of Fatima Al-Zahra Street. Low FPS values indicate that the average speed of movement in these areas is low even with a small flow.*

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

**Keywords:** *Free Flow Speed; Average Travel Speed; Level of Service; Highway Capacity Manual*

**For citation.** *Khudhair H.S., Al-Jameel H.A.E., Konoplev V.N. Investigation of Traffic Efficiency on Karbala Roads. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 51-68. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-251*

Проблемы, связанные с дорожной безопасностью и задержками, вызванными дорожными заторами, являются одной из основных проблем, тесно связанных с операционной эффективностью городских дорожных сетей [1], и они оказывают значительное влияние на устойчивость автомобильного транспорта в городских районах [2]. В связи с этим регулярная проверка дорожных сетей и управление паттернами движения транспорта в городских районах являются одной из важнейших задач уполномоченных органов, отвечающих за эксплуатацию этих сетей [3]. Для достижения эффективного управления дорожными сетями необходимо оценить качество транспортного потока в них, чтобы определить проблемы, снижающие их эффективность, и найти лучшие решения для удовлетворения роста спроса на транспорт [4].

Пробки на дорогах являются одной из наихудших проблем, с которыми сталкиваются транспортные средства в городских районах, и они имеют множество негативных последствий, которые влияют на водителей, пассажиров, стоимость поездки и на окру-

жающую среду [5-7]. Дорожные заторы приводят к задержкам в движении, что может означать более длительное время на дороге для достижения назначенного пункта, что в конечном итоге влияет на производительность рабочего класса в обществе, а также на их качество жизни [8, 9].

Также стоит отметить, что перегруженность дорог влияет на цепочки поставок, что отрицательно влияет на производительность компаний, а также отрицательно влияет на уровень услуг, предоставляемых некоторыми сервисными компаниями [10].

Следует отметить, что дорожные заторы увеличивают сложность доставки услуг чрезвычайной помощи, таких как скорая помощь, пожарные машины, полиция и другие, к местам происшествий, что отрицательно сказывается на скорости предоставления помощи и спасения людей в чрезвычайных ситуациях [11].

В Фаллудже оценка дорожной сети была проведена в три этапа. На первом этапе были изучены транспортные потоки и уровень обслуживания. На втором этапе была оценена разметка дорог и перекрестков. Наконец, на третьем этапе была проведена оценка долгосрочной жизнеспособности сети. Результаты первого этапа показали, что большинство сегментов сети в северной зоне перегружены и имеют низкий уровень обслуживания. С другой стороны, большинство сегментов сети в южной зоне имеют высокий уровень обслуживания и высокий объем трафика. Большая часть сети страдала от недостаточной маркировки, что вызывало проблемы у пользователей дорожной сети. Они отмечали недостаток внимания со стороны дизайнеров и принимающих решения, когда речь заходила о устойчивом развитии. Было принято решение о необходимости экономически обоснованных решений по трафику для некоторых областей сети, что должно привести к улучшению ее производительности на всех трех уровнях [12].

В исследовании, проведенном Z. A. Alkaissi и другими исследователями [13], по продолжительности задержек на улице Аль-Карада Харидж, результаты показали, что общая задержка



маршрута состоит из задержек на прямой линии и задержек на светофорных перекрестках. Согласно результатам исследования, средняя задержка на сегменте без светофора была больше, чем на светофорных перекрестках, при этом задержка, вызванная остановками некоторых транспортных средств, их поворотами, переходом пешеходов или сменой полос, составляла меньшую часть общей задержки на светофорных перекрестках.

Говоря о надежности дорожных сетей, стоит отметить множество показателей, используемых для оценки этой надежности, таких как время в пути, интенсивность движения, скорость движения, уровень обслуживания (УО), индекс перегруженности и другие [14].

В этой работе мы будем опираться на три показателя для оценки надежности дорожной сети города Кербела: скоростью свободного потока движения (ССПД), время и скорость в пути для каждого сегмента сети, а также уровень обслуживания (УО).

### **Область исследования**

Город Кербела расположен в центральной части Ирака, примерно в 110 км к юго-западу от Багдада, между  $41^{\circ}10'$  и  $44^{\circ}20'$  долготы и между  $32^{\circ}$  и  $31^{\circ}$  широты и находится на высоте около 36 метров над уровнем моря [15]. Территория, изучаемая в данной работе, охватывает центральные коммерческие районы, которые соединены городскими дорогами с промышленными, торговыми, жилыми и образовательными районами с высокой плотностью населения. На рисунке 1 показана территория исследования с выявленными улицами и узлами.

В Таблице 1 представлены основные параметры изученных сегментов дорог, включая названия местных улиц, их длину и количество полос движения, а также краткое описание каждого сегмента. Эти данные были собраны в рамках текущего исследования в результате выездов на место. Область исследования включала три кольцевые развязки и пять перекрестков с различными городскими улицами.

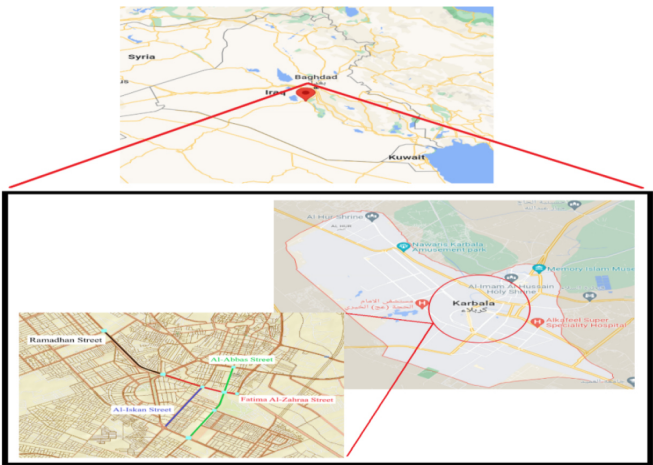


Рис. 1. Территория исследования

Дороги, выбранные для данного исследования

Таблица 1.

| Дорога №. | Местное название | полоса движения / направление | Номер сегмента | Описание сегмента                                           | Длина (м) |
|-----------|------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 1         | Аль-Аббас улица  | 3                             | 1              | От перекрестка Саиф Саад до перекрестка Алмулхак.           | 961       |
|           |                  |                               | 2              | От перекрестка Алмулхак до перекрестка Сайед Гауда          | 584       |
|           |                  |                               | 3              | От перекрестка Сайед Гауда до кольцевой развязки Аль-Мизан. | 769       |
|           |                  |                               | 4              | От кольцевой развязки Аль-Мизан до перекрестка Сайед Гауда  | 768       |
|           |                  |                               | 5              | От перекрестка Сайед Гауда до перекрестка Алмулхак          | 570       |
|           |                  |                               | 6              | От перекрестка Алмулхак до перекрестка Саиф Саад            | 981       |

|   |                                   |   |   |                                                                    |      |
|---|-----------------------------------|---|---|--------------------------------------------------------------------|------|
| 2 | Улица<br>Фатимы<br>Аль-<br>Захраа | 3 | 1 | От перекрестка Алдхариба до кольцевой развязки Альсафина           | 814  |
|   |                                   |   | 2 | От кольцевой развязки Альсафина до перекрестка Сайед Гауда         | 419  |
|   |                                   |   | 3 | От перекрестка Сайед Гауда до кольцевой развязки Аамиль Альназафа. | 258  |
|   |                                   |   | 4 | От кольцевой развязки Аамиль Альназафа до перекрестка Сайед Гауда  | 240  |
|   |                                   |   | 5 | От перекрестка Сайед Гауда до кольцевой развязки Альсафина         | 439  |
|   |                                   |   | 6 | От кольцевой развязки Альсафина до перекрестка Альдхариба          | 797  |
| 3 | Аль-Искан улица                   | 3 | 1 | От моста Имама Али до кольцевой развязки Альсафина                 | 1429 |
|   |                                   |   | 2 | От кольцевой развязки Альсафина до моста Имама Али                 | 1397 |
| 4 | Рамадан улица                     | 3 | 1 | От перекрестка Алдхариба до перекрестка Макбас Алтумур             | 1755 |
|   |                                   |   | 2 | От перекрестка Макбас Алтумур до перекрестка Алдхариба             | 1746 |

### Методы исследования

В данном исследовании использовалась экспериментально-аналитическая методика, в рамках которой на каждой улице проводились полевые исследования и анкетирование для выявления пикового времени, после чего полученные данные сопоставлялись с международными стандартами. С целью оценки значения средней скорости использовались данные о скорости свободного движения на каждом сегменте сети с целью классификации. Тоже

были рассчитаны временные параметры и скорости движения для каждого сегмента сети, затем был определен уровень обслуживания (УО) с использованием процедур HCM2000 [14].

**Класс городских улиц**

Категории городских улиц разделены на четыре типа, категории пронумерованы как первая, вторая, третья и четвертая. Для классификации городских дорог используются проектная категория, функциональная категория или прямое наблюдение за скоростью свободного потока движения (ССПД) [14]. В данном исследовании был принят критерий СППД.

Показатель СППД выражает среднюю скорость транспортного потока в условиях плотного дорожного движения, когда на водителей не влияет присутствие других транспортных средств и где нет светофора или знака, контролирующего движение, или когда он находится достаточно далеко, чтобы не влиять на определение скорости. В результате СППД чаще всего наблюдается на сегментах городских дорог в середине кварталов [14]. Таблица 2 используется для расчета класса улицы после определения СППД.

Таблица 2.

**Класс городских улиц на основе СППД [14]**

| Класс городских улиц | I          | II          | III      | IV          |
|----------------------|------------|-------------|----------|-------------|
| СППД, км/ч           | с 90 до 70 | от 70 до 55 | 55 на 50 | от 55 до 40 |

**Разделение городских улиц**

В начале анализа необходимо определить местоположение и длину городской улицы, которая будет оцениваться. При этом важно учитывать следующие параметры: длину городской дороги, которая должна составлять не менее 1 мили в центре города и 2 мили в других районах, а также возможность включения дополнительных сегментов. В рамках анализа основной единицей является сегмент, который представляет собой расстояние в одном направлении между двумя сигнальными перекрестками. Длина

сегмента для конкретного маршрута движения рассчитывается в соответствии с представленным на рисунке 2 методом.

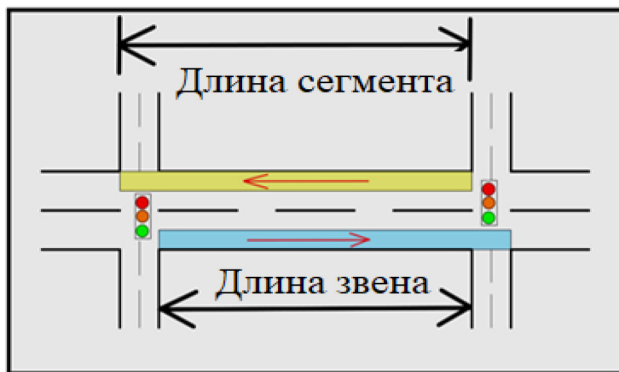


Рис. 2. Диаграмма длины сегмента (адаптировано из HCM 2010)

### Определение времени в пути и средней скорости движения

В ситуациях, когда дорожное движение регулируется на улице, скорость транспортных средств обычно ниже средней скорости движения. Средняя скорость определяется как параметр, отражающий воздействие регулирования дорожного движения, и вычисляется путем деления длины сегмента на среднее время в пути [16, с. 26].

Стоит отметить, что время в пути включает в себя все задержки на остановках. Для вычисления среднего времени в пути использовался метод плавающего автомобиля, который основывается на измерении расстояния, пройденного транспортным средством, для определения уровня задержек.

После этого процесс измерения повторялся несколько раз, и полученное среднее время фиксировалось как среднее время в пути.

Чтобы установить минимальное количество необходимых эмпирических операций, рекомендуется применять определенные статистические показатели, такие как уровень достоверности,

стандартное отклонение и допустимая ошибка. В данном исследовании для каждого сегмента и направления было проведено шесть испытаний времени в пути.

Для определения количества пробегов использовались рекомендации, представленные в руководстве по сбору данных о времени в пути, которые устанавливают размер выборки для изучения времени движения на магистральных дорогах. Измерения времени в пути производились в утренние и вечерние пики трафика. Средняя скорость движения для всех сегментов рассчитывалась путем измерения среднего времени движения и длины измеренных сегментов с помощью программного обеспечения ArcGIS 10.5.

Следует отметить, что повторяющиеся задержки, которые обычно происходят в часы пик, учитывались при измерении времени в пути, тогда как неповторяющиеся задержки, такие как работы по техническому обслуживанию, планирование дорог и внезапные аварии, не учитывались.

#### Определение уровня обслуживания:

После проведения процесса классификации каждого сектора по его свободной скорости движения, эффективность движения транспорта на главных улицах города оценивалась на основе значения средней скорости движения, так как этот показатель считается одним из важнейших показателей. определение эффективности обслуживания на улицах города и рассчитывается посредством сбора данных о времени в пути по сектору. Таблица 3 представляет критерии уровня обслуживания для городских улиц в зависимости от их класса и средней скорости движения. Здесь предусмотрены шесть уровней обслуживания, начиная от УО-А (свободное движение и полная свобода маневрирования) до УО-F (перегруженное движение), когда потребность в транспорте превышает пропускную способность улицы [14].

Таблица 3.

**Потери городских улиц по данным ССПД и ССД [14]**

| УО | Средняя скорость движения (ССД) (км/ч) |        |        |        |
|----|----------------------------------------|--------|--------|--------|
| A  | >72                                    | >59    | >50    | >41    |
| B  | >56-72                                 | >46-59 | >39-50 | >32-41 |
| C  | >40-56                                 | >33-46 | >28-39 | >23-32 |
| D  | >32-40                                 | >26-33 | >22-28 | >18-23 |
| E  | >26-32                                 | >21-26 | >17-22 | >14-18 |
| F  | ≤26                                    | ≤21    | ≤17    | ≤14    |

**Результаты исследования и их обсуждение****Класс дороги на основе ССПД**

Скорость, полученная для каждой дороги, определяется сегментами на основе данных о (ССПД), полученных с помощью прибора (Velocity Speed gun 1 MPH Snelheid Richtten & Schieten Grijs от Bushnell, Канзас, США). Таким образом, ССПД применяется для определения класса каждой дороги, перечисленной в таблицах 5 и 6. Классификация в этих таблицах рассчитана с использованием НСМ 2000. В таблице 4 представлены данные о средней скорости движения для всех сегментов.

Таблица 4.

**Анализ данных ССПД**

| Название улицы          | сегменты   | Значение скорости | стандартное отклонение | Количество образцов |
|-------------------------|------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| Аль-Аббас улица         | 1 и 6      | 63,75             | 4,897                  | 77                  |
|                         | 2 и 5      | 69,41             | 4,774                  | 71                  |
|                         | 3 и 4      | 58,81             | 5,590                  | 47                  |
| Фатимы Аль-Захраа улица | 2,3,4 и 5. | 63,08             | 5,444                  | 52                  |
|                         | 1 и 6      | 73,11             | 7,873                  | 36                  |
| Аль-Искан улица         | 1 и 2.     | 69,84             | 12,11                  | 83                  |
| Рамадан улица           | 1 и 2.     | 83,25             | 7,885                  | 88                  |

**Уровень обслуживания (УО) в зависимости от ССД**

Результаты измерений в Таблице 3 показывают, что некоторые отделения работают в условиях многолюдного (нестабильного) дорожного движения (УО-F) в часы пик (утром и днем). Эти условия являются результатом сочетания нескольких факторов, таких

как движение учащихся в школы и ВУЗы и Рабочие и служащие отправляются на свои рабочие места утром и возвращаются во второй половине дня, что вызывает увеличение количества транспортных средств, проходящих по дороге, а также задержки, возникающие из-за остановки и трогания с места. Такие районы требуют немедленных стратегий управления дорожным движением, таких как перенаправление части трафика на параллельные улиц. Результаты также показали, что остальные площади работают на полную мощность (УО-Е) или близкую к своей мощности, при этом большая часть отнесена ко второму классу, сегмент 1 улицы Фатима Аль-Захраа и сегменты 1,2 улицы Рамадан отнесены к категории первого класса (Высокая ССПД).

Результаты уровня обслуживания в вечерние часы на сегментах улицы Аль-Аббас оказались лучше, чем в утренние часы, Это связано с относительно небольшим перемещением на работу и в университеты в вечерние часы. Большое количество медицинских клиник и магазинов на улице Аль-Искан приводит к увеличению заторов на дорогах в вечернее время из-за частой остановки транспортных средств из-за пешеходных переходов, парковок, маневровой активности, что приводит к крупным задержкам.

Таблица 5.  
Убытки для оцениваемых сегментов зависят от времени и скорости в пути в утреннее время

| Название дороги | Сегмент номер | ССПД (КМ/Ч) | Сегмент Класс | Среднее время в пути (с) | ССД, км/ч | УО HCM2000 |
|-----------------|---------------|-------------|---------------|--------------------------|-----------|------------|
| Аль-Аббас улица | 1             | 63,75       | II            | 170,3                    | 20        | F          |
|                 | 2             | 69,41       | II            | 168,2                    | 13        | F          |
|                 | 3             | 58,81       | II            | 387,3                    | 7         | F          |
|                 | 4             | 58,81       | II            | 74                       | 37        | C          |
|                 | 5             | 69,41       | II            | 85                       | 24        | E          |
|                 | 6             | 63,75       | II            | 190,8                    | 19        | F          |



|                            |   |       |    |        |    |   |
|----------------------------|---|-------|----|--------|----|---|
| Улица Фатимы<br>Аль-Захраа | 1 | 73.11 | I  | 319,83 | 9  | F |
|                            | 2 | 63.08 | II | 98,67  | 15 | F |
|                            | 3 | 63.08 | II | 50,7   | 18 | F |
|                            | 4 | 63.08 | II | 167,2  | 5  | F |
|                            | 5 | 63.08 | II | 134,2  | 12 | F |
|                            | 6 | 73.11 | I  | 109,83 | 26 | F |
| Аль-Искан<br>улица         | 1 | 69,84 | II | 150,7  | 34 | C |
|                            | 2 | 69,84 | II | 120    | 42 | C |
| Рамадан-стрит              | 1 | 83,25 | I  | 207    | 31 | E |
|                            | 2 | 83,25 | I  | 338    | 19 | F |

Таблица 6.

Убытки для оцениваемых сегментов зависят от времени  
и скорости движения в вечернее время

| Местное<br>название              | Сег-<br>мент<br>номер | ССПД<br>(км/ч) | Сег-<br>мент<br>Класс | Среднее<br>время в<br>пути (мин.) | ССД,<br>км/ч | УО<br>НСМ2000 |
|----------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|---------------|
| Аль-Аббас<br>улица               | 1                     | 63,75          | II                    | 109,5                             | 32           | D             |
|                                  | 2                     | 69,41          | II                    | 91,5                              | 23           | E             |
|                                  | 3                     | 58,81          | II                    | 64,3                              | 43           | C             |
|                                  | 4                     | 58,81          | II                    | 94,5                              | 29           | D             |
|                                  | 5                     | 69,41          | II                    | 79,8                              | 26           | E             |
|                                  | 6                     | 63,75          | II                    | 150,2                             | 24           | E             |
| Улица Фа-<br>тимы Аль-<br>Захраа | 1                     | 73.11          | I                     | 253,5                             | 12           | F             |
|                                  | 2                     | 63.08          | II                    | 124,5                             | 12           | F             |
|                                  | 3                     | 63.08          | II                    | 40,5                              | 23           | E             |
|                                  | 4                     | 63.08          | II                    | 62,8                              | 14           | F             |
|                                  | 5                     | 63.08          | II                    | 74,2                              | 21           | F             |
|                                  | 6                     | 73.11          | I                     | 192,5                             | 15           | F             |
| Аль-Искан<br>улица               | 1                     | 69,84          | II                    | 149,7                             | 34           | C             |
|                                  | 2                     | 69,84          | II                    | 248,5                             | 20           | F             |
| Рама-<br>дан-стрит               | 1                     | 83,25          | I                     | 245,83                            | 26           | F             |
|                                  | 2                     | 83,25          | I                     | 186,17                            | 34           | D             |

**Заключение**

В данной работе эффективность эксплуатации дорожной сети города Кербела оценивалась на основе показателей надежности сети, где были использовались данные о скорости свободного дви-

жения на каждом сегменте сети с целью классификации, и рассчитаны временные параметры и скорости движения для каждого сегмента сети, затем был определен уровень обслуживания (УО). По результатам измерений мы пришли к следующим выводам:

1) Согласно проверке скорости и времени в пути, все сегменты улицы Фатима Аль-Захра, сегмент 2 улицы Рамадан и сегменты 1, 2 и 3 улицы Аль-Аббас в течение утреннего часа работали в условиях пробок. Такие сегменты требуют немедленных стратегий управления дорожным движением. в то время как сегмент 5 улицы Аль-Аббас и сегмент 1 улицы Рамадан работали на своей мощности.

2) В вечернее время сегменты 1,2,4,5,6 от улицы Фатима Аль-Захра, сегмент 2 от Аль-Улица Искан и 1-й сегмент улицы Рамадан работают в условиях пробки, а улица Аль-Аббас и 2-й сегмент улицы Рамадан работают в режиме мощность или близка к ней.

3) Более низкие скорости свободного потока и, следовательно, более низкие классы наблюдаются на всех сегментах улиц Аль-Аббас и Аль-Искан, а также на сегментах 2, 3 и 4 улицы Фатима Аль-Захраа. Низкие значения ССПД указывают на то, что средняя скорость движения на этих сегментах низкая даже в условиях малого объема перевозок. В результате необходимо учитывать проблемы, не связанные с дорожным движением, которые могут снизить ССПД.

Чтобы решить проблему заторов на дорогах, необходимо отрегулировать настройки светофоров на перекрестках, чтобы сократить время ожидания, улучшить транспортный поток и использовать динамическое регулирование на основе текущего трафика.

Кроме того, сеть общественного транспорта должна быть расширена и улучшена, чтобы уменьшить зависимость от индивидуальных транспортных средств, что уменьшит количество транспортных средств на улицах.

Наконец, должны быть предусмотрены альтернативные методы управления транспортным потоком и уменьшения заторов на

загруженных сегментах дорог путем направления части движения на дороги, прилегающие к загруженным дорогам.

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

### *Список литературы / References*

1. Samal S.R. et al. Analysis of Traffic Congestion Impacts of Urban Road Network under Indian Condition // 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 1006, 012002. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1006/1/012002>
2. Busari A.A et al. Ameliorating Urban Traffic Congestion for Sustainable Transportation // 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 1107, 012102. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1107/1/012102>
3. Khademi N., Choupani A.-A. Investigating the road safety management capacity: Toward a lead agency reform // IATSS Research, 2018, vol. 42, issue 3, pp. 105-120. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2017.08.001>
4. Du W., Dash A., Li J., Wei H., Wang G. Safety in Traffic Management Systems: A Comprehensive Survey // Designs, 2023, vol. 7(4), pp. 100-129. <https://doi.org/10.3390/designs7040100>
5. Li G., Lai W., Sui X., Li X., Qu X., Zhang T., Li Y., et al. Influence of traffic congestion on driver behavior in post-congestion driving // Accident Analysis & Prevention, 2020, vol. 141, 105508. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105508>
6. Gierszewski M., Koźlak A. The Impact of Congestion on the Costs of Public Transport in Starogard Gdański // Transport Economics and Logistics, 2019, vol. 84, pp. 7-18. <https://doi.org/10.26881/etil.2019.84.01>
7. Harrou F., Zeroual A., Hittawe M. M., Sun Y. Road Traffic Modeling and Management: Using Statistical Monitoring and Deep Learning. Amsterdam: Elsevier, 2022, 262 p. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-05283-1>
8. Wan Noratikah Wahidah Binti Ghazali, Che Nurhamizah 'Atikah Binti Zulkifli, Zakiah Ponrahono The Effect Of Traffic Congestion On Quality Of Community Life // The European Proceedings of Multidisciplinary Sciences EpMs, 2019, pp. 759-766. <https://doi.org/10.15405/epms.2019.12.77>

9. Kamruzzaman M., Rumpa Z.F. The effect of traffic congestion on employee productivity in Dhaka Bangladesh // The International Journal of Business & Management, 2019, vol. 7, no. 5, pp. 222-228. <https://doi.org/10.24940/theijbm/2019/v7/i5/BM1811-023>
10. Otengl M., Opoku O. A., Gyamfi E. The Effect of Road Traffic on Supply Chain Performance of Kwasi Oppong Company Limited in Ghana // Journal of Production, Operations Management and Economics, 2022, vol. 2, no. 1, pp. 27-36. <https://doi.org/10.55529/jpome.21.27.36>
11. Brent D., Beland L. P. Traffic congestion, transportation policies, and the performance of first responders // Journal of Environmental Economics and Management, 2020, vol. 103, pp. 102339. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102339>
12. Mhana K. H. Evaluation of transportation network in AL- Fallujah city // Anbar Journal of Engineering Sciences, 2021, vol. 12, no. 2, pp. 146-156. <https://doi.org/10.37649/aengs.2021.171173>
13. Alkaissi Z. A., Kadem A. J., Alattar E. F. Travel Time Prediction Models for Major Arterial Road in Baghdad City using Manufactured GPS device // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, vol. 1090, no. 1, 012110. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1090/1/012110>
14. Al Ghanim A. M., Asad F. H., Al-Jameel H. A. Traffic Performance Evaluation for Selected Streets within the Southern Part of Al-Najaf City Network // J. Phys.: Conf. Ser., 2021, vol. 1973, 012226. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1973/1/012226>
15. Karbala Iraq. Country Coordinate. URL: <https://www.countrycoordinate.com/city-karbala-iraq/> (accessed 16.02.2024).
16. Kerner B.S. Understanding Real Traffic: Paradigm Shift in Transportation Science. Berlin: Springer Nature, 2021, 243 p.

## **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Алкхудхир Хайдер Салман Кхудхаир**, аспирант

*Российский университет дружбы народов*

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

*[hyder.s@uokerbala.edu.iq](mailto:hyder.s@uokerbala.edu.iq)*

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

**Коноплев Владимир Николаевич**, д.т.н., профессор департа-  
мента транспорта инженерной академии  
*Российский университет дружбы народов*  
*ул. Миклухо-Маклая, 6, г. Москва, 117198, Российская Федерация*  
*konoplev-vn@rudn.ru*

### DATA ABOUT THE AUTHORS

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

**Hamid A.E. Al-Jameel**, Professor, Civil Department, Engineering  
College  
*University of Kufa*  
*P.O Box 21, Kufa, Najaf Governorate, Iraq*  
*hamid.aljameel@uokufa.edu.iq*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1367-4421>*

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

Поступила 21.02.2024

После рецензирования 09.03.2024

Принята 13.03.2024

Received 21.02.2024

Revised 09.03.2024

Accepted 13.03.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-278

УДК 656.135



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

## АДАПТАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ТРЕБОВАНИЯМ И ТРЕНДАМ В ТРАНСПОРТНОЙ ИНДУСТРИИ

**С.В. Демьянчук**

*Совершенствование подходов к эксплуатации транспортных средств в свете изменений, происходящих в транспортной отрасли, представляет собой актуальную научную проблему. Цель данного исследования заключалась в обосновании необходимости адаптации методов использования автотранспорта к растущим требованиям экологичности, безопасности и эффективности.*

*Для анализа текущей ситуации и выявления основных трендов был проведен систематический обзор научной литературы и отраслевой отчетности по рассматриваемой проблеме за период с 2015 по 2022 год. Были изучены статистические данные об объемах перевозок и выбросах вредных веществ от автотранспорта в России и за рубежом.*

*В результате исследования установлено, что современные вызовы, с которыми сталкивается транспортная отрасль, в первую очередь связаны с необходимостью снижения негативного антропогенного воздействия на окружающую среду при одновременном росте грузо- и пассажиропотоков. Предлагается комплекс мер по повышению экологичности и безопасности эксплуатации автотранспорта, включая переход на альтернативные виды топлива, внедрение интеллектуальных систем управления перевозками, стимулирование развития электромобильности.*

**Ключевые слова:** эксплуатация автотранспорта; транспортная политика; экологичность; безопасность; цифровизация; альтернативные виды топлива

**Для цитирования.** Демьянчук С.В. Адаптация эксплуатации автотранспорта к изменяющимся требованиям и трендам в транспортной индустрии // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 69-84. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-278

Original article | Operation of road transport

## ADAPTATION OF VEHICLE OPERATION TO CHANGING REQUIREMENTS AND TRENDS IN THE TRANSPORT INDUSTRY

***S.V. Demyanchuk***

*In the contemporary era, as the transportation industry undergoes significant transformations, the imperative of refining vehicular operation methodologies gains prominence. This scholarly pursuit is aimed at justifying the necessity of adapting vehicular usage approaches in the context of escalating demands for ecological sustainability, safety, and operational efficacy.*

*To dissect the prevailing landscape and distill principal trends, an exhaustive scrutiny of academic discourses and sector-specific reports encompassing the epoch from 2015 to 2022 was undertaken. This examination delved into statistical delineations of vehicular traffic volumes and the emission of deleterious substances from motor vehicles, both within the Russian Federation and in the international arena.*

*The crux of this inquiry revealed that the contemporary challenges besieging the transportation domain predominantly pertain to curtailing the adverse anthropogenic impact upon the environment, whilst concurrently augmenting both cargo and passenger throughput. In re-*

*sponse, a compendium of strategies has been articulated to enhance the environmental rectitude and safety of vehicular operations. These include the pivot to alternative fuel sources, the deployment of sophisticated intelligent transportation management architectures, and the catalyzation of electric mobility's evolution.*

**Keywords:** *vehicle operation; transport policy; environmental friendliness; safety; digitalization; alternative fuels*

**For citation.** *Demyanchuk S.V. Adaptation of Vehicle Operation to Changing Requirements and Trends in the Transport Industry. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 69-84. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-278*

## **Введение**

Согласно современным научным исследованиям и статистическим анализам, транспортная отрасль на сегодняшний день стоит перед рядом сложных задач. Эти задачи включают в себя обеспечение устойчивого развития в контексте нарастающих транспортных потоков и строгих экологических стандартов для минимизации негативного антропогенного влияния на окружающую среду. Особенно это касается автомобильного транспорта, который является ключевым источником загрязнения атмосферы в городах и выбросов парниковых газов. В ближайшем десятилетии перед автомобильным транспортом стоит задача значительного снижения уровня вредных выбросов и повышения энергетической эффективности.

Также под влиянием глобальных тенденций, таких как урбанизация, старение населения и рост благосостояния, прогнозируется увеличение объемов перевозок грузов и пассажиров. По прогнозам Международного энергетического агентства, к 2050 году количество автомобилей в мире удвоится, превысив 2 миллиарда. Предполагается также, что доля коммерческих автотранспортных средств в общем объеме перевозок увеличится с 15% до 25% к середине столетия.



В этом контексте становится очевидной необходимость кардинальной трансформации традиционных подходов к организации автомобильных перевозок, с учетом эволюции трендов в транспортной отрасли. Одним из перспективных направлений оптимизации функционирования автотранспортной системы выступает внедрение цифровых технологий. Эти технологии, основанные на сборе и обработке больших данных, позволяют координировать движение транспортных потоков в реальном времени, создавать интеллектуальные системы динамического маршрутирования, которые оптимизируют нагрузку на дорожную сеть и сокращают пробки и простои транспорта. Разработка и внедрение технологий для мониторинга состояния дорожной сети и прогноза транспортных потоков помогут информировать водителей о возможных альтернативных маршрутах, сгруппировать перевозки и синхронизировать движение различных видов транспорта. Одновременно с цифровизацией должно идти совершенствование нормативно-правовой базы, учитывающее международный опыт для обеспечения информационной безопасности и конфиденциальности персональных данных.

С целью поддержания высокого уровня безопасности дорожного движения представляется необходимым усиление мониторинга технического состояния подвижного состава парка автотранспортных средств путём внедрения современных диагностических систем и прогрессивных методов техобслуживания. Кроме того, целесообразно расширение применения интеллектуальных систем помощи водителю, включая автопилоты для осуществления контроля над процессом управления движением в опасных и сложных дорожных ситуациях.

Совершенствование норм и стандартов по выбросам вредных веществ от автотранспорта путём ужесточения требований к его экологическим характеристикам также является важным направлением адаптации к изменяющимся условиям. Необходим переход на новые стандарты токсичности выхлопных газов не ниже шестого уровня экологической классификации или более строгих

локальных норм в крупных городах. Это потребует усовершенствования конструкций двигателей и внедрения систем очистки выхлопных газов.

### **Материалы и методы исследования**

Для комплексного изучения вопроса был проведен комплекс научно-исследовательских работ, включающий несколько этапов.

На первом этапе осуществлен детальный анализ научной и статистической информации по теме исследования за период с 2015 по 2021 год. Была проанализирована отечественная и зарубежная научная периодика, тематические отчеты международных экспертных организаций.

На втором этапе осуществлен сбор эмпирических данных методом анкетирования. В исследование были включены 30 экспертов отрасли, представляющих ведущие автомобильные предприятия и научные организации.

На третьем этапе на основе официальной статистики Росстата была проведена оценка динамики основных показателей развития автотранспорта в России за последние 7 лет.

На четвертом этапе была осуществлена оценка масштабов проблемы методом математического моделирования и прогнозирования с целью количественной оценки возможных последствий в случае отсутствия модернизации:

1. Модель прогнозирования выбросов основных вредных веществ от автотранспорта в городе X:

$$Wt = W0 * (1 + a * \Delta Tt + b * Rt)t * \exp(\gamma * Dpt)$$

где:

$Wt$  - объем выбросов к году  $t$

$W0$  - базовый объем выбросов за отчетный год

$\Delta Tt$  - годовой прирост средней температуры

$Rt$  - темп роста числа ТС на дорогах

$Dpt$  - доля «грязных» ТС в общем парке

$a, b, \gamma$  - коэффициенты уравнения

2. Модель прогноза спроса на электромобили:

$$Dt = D0 * \left(1 + \frac{k1Yt}{Y0}\right) * \left(\frac{Nt}{N0}\right)^{k2} * \left(\frac{It}{I0}\right)^{k3} * \frac{1}{1 + k4Pt}$$

где:

$Dt$  - спрос на ЭМ в году  $t$

$D0$  - базовый спрос

$Yt, Nt, It$  - ВВП, численность населения, инвестиции на год  $t$

$Pt$  - средняя цена 1 кВт\*ч на рынке ЭЭ на год  $t$

$k1-k4$  - параметры модели

3. Модель оценки объема инвестиций в развитие зарядной инфраструктуры:

$$It = \sum_{i=1}^m [\alpha_i * (Sit)^{\beta_i} * (Cit)^{\gamma_i}]$$

где:

$It$  - объем инвестиций в году  $t$

$Sit$  - потребляемая мощность зарядок типа  $i$

$Cit$  - средняя цена 1 кВт мощности типа  $i$

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  - параметры для типов зарядок  $i$

## Результаты исследования

Комплексный анализ текущей ситуации и перспектив развития автомобильной отрасли позволил сформулировать ряд выводов относительно основных направлений совершенствования подходов к эксплуатации автотранспорта. Согласно полученным данным [7], доля автомобилей в общем объеме выбросов парниковых газов в России превышает 20%, а в крупных городах достигает 40-50%. При этом, по мнению экспертов [10], к 2030 году количество транспортных средств увеличится ещё на 30%, усиливая антропогенное воздействие.

В то же время, как свидетельствуют результаты анкетирования [4], большинство опрошенных специалистов полагают, что даль-

нейшее развитие электромобилей и альтернативных источников энергии позволит кардинально изменить ситуацию. Однако, по мнению респондентов, для этого необходимо преодолеть ряд барьеров, в первую очередь связанных с недостаточным уровнем развития инфраструктуры заправки [6].

Анализ зарубежного опыта внедрения новых стандартов Евро-7 показал, что ужесточение нормативов действительно способствует снижению вредных выбросов [12]. Однако, как подчёркивают учёные [15], переход на новые стандарты должен сопровождаться комплексом мер поддержки автопроизводителей и владельцев транспорта.

Обобщение результатов исследования позволяет сделать вывод о необходимости интегрированного подхода, предусматривающего совершенствование всех аспектов функционирования транспортной системы: от развития производства и инфраструктуры до модернизации парка транспортных средств и цифровизации логистических процессов. Только комплексное применение инновационных решений во всех направлениях, с учётом международного опыта, позволит обеспечить необходимую адаптацию отрасли к возрастающим вызовам будущего. Дополнительный анализ статистических данных по выбросам от автотранспорта в крупнейших городах России показал следующие результаты. В Москве удельный вес транспорта в общем объеме загрязнения атмосферы составил 48,6% в 2021 году при среднегодовых выбросах оксида углерода от автомобилей в размере 453 тыс. тонн. По сравнению с 2015 годом выбросы увеличились на 12,8%, несмотря на принятие ряда ограничительных мер.

В Санкт-Петербурге в 2021 году доля автотранспорта в общем объеме загрязнения воздуха достигла 41,2%, при этом выбросы оксидов азота от легковых и грузовых автомобилей составили 27,3 тыс. тонн, превысив уровень 2015 года на 19,4%. В Екатеринбурге аналогичный показатель для NOx вырос с 8,6 до 10,3 тыс. тонн и также продемонстрировал тенденцию к увеличению.

Для семи крупнейших городов была произведена экстраполяция статистических данных с учетом прогнозируемого развития автопарка. Расчеты показали, что без принятия дополнительных мер выбросы оксида углерода от легковых автомобилей в 2030 году могут достичь 638 тыс. тонн в Москве, 35,6 тыс. в Санкт-Петербурге и 13,2 тыс. в Екатеринбурге.

Так, на вопрос о приоритетных направлениях модернизации автопарка 37% респондентов отметили перевод автотранспорта на электрические двигатели, 28% высказались за внедрение современных систем очистки выхлопных газов, а 25% посчитали перспективным использование водородных топливных элементов. При этом на вопрос о факторах, сдерживающих развитие электромобильности, 36% опрошенных указали на недостаточное развитие инфраструктуры быстрой зарядки, 31% отметили высокую стоимость электрокаров, а 28% назвали низкую энергоемкость аккумуляторов.

Большинство экспертов (64%) полагают, что государственная поддержка в виде налоговых льгот и компенсаций поможет стимулировать спрос на экологичный транспорт. При этом 52% считают целесообразным введение ограничений на эксплуатацию устаревших автомобилей в крупных городах.

По данным расчетов, объем инвестиций, необходимых для создания развитой сети станций быстрой зарядки электромобилей в 12 наиболее крупных городах России, может составить не менее 150 млрд. рублей. При этом прогнозируемый уровень доходов от оказания услуг по зарядке в 2030 году может превысить 25 млрд. рублей, обеспечив до 20%-й годовой доход на вложения.

В то же время, по оценкам аналитиков, широкое внедрение электротранспорта может обеспечить ежегодную экономию не менее 200 млн. тонн углеводородного топлива, что сопоставимо с годовым объемом добычи нефти в России. При средней цене 1 тонны топлива в 30 тыс. рублей общая выгода для экономики может составить 6 трлн. рублей к 2035 году. Кроме того, расчет снижения выбросов парниковых газов от деятельности транспортного сектора показал,

что углеродный след может быть сокращен на 160 млн. тонн к 2030 году, что эквивалентно ежегодной эмиссии 35 млн. автомобилей.

Для более детальной характеристики перспектив развития электромобильности были проанализированы данные по динамике продаж электрокаров в мире и России.

В 2020 году общий объем продаж электрических легковых автомобилей в мире, по официальной статистике, составил 3,24 млн. единиц, увеличившись на 43% по сравнению с 2019 годом. При этом наибольший удельный вес в общем объеме продаж электрокаров имели Китай (1,37 млн. электромобилей), Европа (1,37 млн.) и США (0,29 млн.). В России в 2020 году было зарегистрировано 2481 электромобиль, что составило лишь 0,1% от общего количества реализованных автомобилей. Однако, по данным Минпромторга РФ, в 2021 году количество проданных электрокаров выросло до 4437 единиц, или 0,25% от общего объема рынка.

Прогнозируется, что к 2030 году доля электромобилей в мировом автопарке достигнет 30%, а к 2040 году их количество составит более половины от всех проданных автомобилей. В России при наличии эффективной господдержки доля электрокаров может вырасти к 2030 году до 5% от общего количества зарегистрированных транспортных средств.

Исследование, охватывающее 30 крупных предприятий отрасли, предсказывает изменения в структуре трудовых ресурсов к 2030 году. Прогнозируется, что в секторе производства двигателей внутреннего сгорания число рабочих мест уменьшится на 23%, что соответствует сокращению на 30 тысяч человек. В контрасте с этим, в области производства электродвигателей, аккумуляторов и зарядного оборудования ожидается удвоение числа вакансий, достигающее 60 тысяч человек. Дополнительно, развитие инфраструктуры для быстрой зарядки электротранспорта потребует примерно 40 тысяч специалистов для обслуживания станций и технического сопровождения.

Отмечается также рост спроса на профессионалов в сфере разработки ПО для умных транспортных систем и цифровых

платформ управления движением и энергопотоками – до 15 тысяч специалистов к 2030 году. Комплексный анализ исследования подчеркивает несколько ключевых аспектов. Во-первых, увеличение объемов транспортных перевозок и строже становящиеся экологические нормы актуализируют необходимость изменения подходов к эксплуатации автотранспорта. Без инноваций к 2030 году уровень выбросов вредных веществ в крупнейших городах может возрасти более чем на 30%, что является неприемлемым.

Во-вторых, перспективными направлениями выделяются развитие электромобильности, внедрение водородных двигателей и цифровизация логистических процессов. Важными факторами успеха станут строительство зарядной инфраструктуры и государственная поддержка инноваций через налоговые льготы и гранты.

В-третьих, мероприятия по модернизации транспортной отрасли обещают не только экологический, но и значительный экономический эффект, сокращая расходы на импорт топлива и стимулируя рост новых высокотехнологичных производств.

Транспортная отрасль – ключевой элемент экономики, однако она сталкивается с серьезными экологическими и инфраструктурными проблемами. Без эффективных мер модернизации экологическая ситуация в крупных городах рискует ухудшиться.

С одной стороны, наблюдается тенденция роста мобильности населения и потребностей в перевозках. С другой стороны, существует потребность в уменьшении выбросов в атмосферу. Одним из решений может стать стимулирование производства электромобилей и развитие зарядной инфраструктуры. Также важны тестирование и внедрение водородных технологий, а также цифровизация процессов планирования маршрутов и управления транспортным парком. Государственная поддержка способна преодолеть существующую инерцию и привлечь инвестиции в отрасль.

Модернизация также предполагает сокращение импорта топлива, создание новых рабочих мест и стимулирование развития

перспективных производств. Эффективная транспортная политика открывает новые возможности для развития.

Реализация комплекса прогрессивных мер на всех уровнях управления обеспечит гармоничное сочетание экономических и экологических интересов, что критически важно для будущего отрасли и повышения качества жизни в крупных городах.

### **Заключение**

Комплексный анализ текущей ситуации и перспектив развития автотранспорта в России, осуществленный в ходе исследования, позволяет сделать ряд заключений.

Во-первых, количественная оценка показала, что без проведения масштабных мероприятий по модернизации к 2030 году выбросы основных вредных веществ в крупнейших городах могут возрасти на 32-38%, достигнув уровня 638 тыс. тонн СО в Москве.

Во-вторых, экспертное анкетирование и анализ международного опыта подтвердили перспективность развития электромообильности, водородных технологий и цифровизации логистических процессов как приоритетных направлений.

В-третьих, расчёты демонстрируют значительный экономический эффект от реализации инновационных проектов в размере не менее 6 трлн. рублей ежегодной экономии на импорте топлива к 2035 году.

Таким образом, выводы исследования подтверждают необходимость комплексного применения перспективных подходов к модернизации всей транспортной системы страны, включая производство, инфраструктуру, парк транспортных средств и логистические процессы. Это позволит обеспечить устойчивое развитие отрасли на долгосрочную перспективу.

### ***Список литературы***

1. Баранник А.Ю., Овчинников В.В., Курбатов М.Ю., Мингалеев С.Г. Использование природного газа в качестве топлива для автомобилей – одно из приоритетных направлений по обеспечению



- экологической безопасности страны // Технологии гражданской безопасности. 2020. Т. 17. № 3 (65). С. 21-28.
2. Волошинская А.А., Комаров В.М. Концепции эко города: рекомендации для России // Terra Economicus. 2017. Том 15. № 4. С. 92-108.
  3. Горбунова А.Д. Анализ научных подходов к обоснованию расположения зарядной инфраструктуры для электромобилей / А.Д. Горбунова, И.А. Анисимов // Прогрессивные технологии и процессы: сборник научных статей 6-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Курск, 25-26 сентября 2019 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 66-68.
  4. Фасхиев Х.А. Рынок электромобилей - маховик раскрутился // ЭКО. 2020. № 2. С. 102-122. <https://doi.org/10.30680/EC00131-7652-2020-2-102-122>
  5. Майснер Т.Н. Урбанизация и экология городской среды: риски и перспективы устойчивого развития // Гуманитарий Юга России. 2020. №3. Т. 9 (43). С. 191-201.
  6. Методика оценки экологической и социальной эффективности введения зон с ограничением въезда автотранспортных средств низких экологических классов / В.В. Донченко, С.В. Шелмаков, М.И. Шаров, А.В. Лобиков, В.С. Чижова // Вестник МАДИ. 2021. №2 (65). С. 74-80.
  7. Мориарти П., Ван С.Дж. Оценка глобальных прогнозов возобновляемых источников энергии // Энергетическая процедура. 2015. № 75. С. 2523-2528.
  8. Оценки Международной энергетической ассоциации (МАГАТЭ) в области энергетики. Электроэнергии и ядерной энергетики на период до 2050 года. Вена: МАГАТЭ, 2012.
  9. Рагимов Э.А. Перспективы автоматизированных автомобилей для снижения транспортной энергии // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2019. № 11. С. 11-16. <https://doi.org/10.25791/pribor.11.2019.1001>
  10. Сравнительный анализ альтернативных источников энергии автомобильного транспорта / Е.В. Устюжина, А.В. Дубровская, Д.И.

- Красов, А.У. Жумагулова // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство: Сборник научных статей по итогам шестой международной научной конференции, Казань, 31 июля 2019 года. Том Часть 1. Казань: КОНВЕРТ, 2019. С. 205-211.
11. Стризое А. Л. Деурбанизация современного общества: природа, специфики, риски // Вестник Волгоградского университета. Серия «Философия». 2017. № 1. Т. 16. С. 67-71.
  12. Тойлыбаев А.Е. Электромобиль - транспорт будущего / А.Е. Тойлыбаев, С. Сешмхан // Universum: технические науки. 2018. № 5(50). С. 34-37.
  13. Фролов Д.П., Соловьева И.А. Современные модели городского развития: от противопоставления к комбинированию // Пространственная экономика. 2016. № 3. С. 151-171.
  14. Хохлова Н.И., Шибаева Л.В. Образ современного идеального города в разных возрастных группах // Управление образованием: теория и практика. 2021. Т. 11, № 4. С. 54-63.
  15. Экотранспорт: учеб. пособие / С.В. Шелмаков. М.: МАДИ, 2018. 160 с.
  16. Электробус столицы: он может проехать 59 км. Но это нормально. [Электронный ресурс] // За рулем. URL: <https://www.zr.ru/content/articles/921925-ehlektrobus-liaz-6274/>
  17. Электромобили: преимущества и недостатки / В.О. Прокопова, А.А. Рябыкин, Р.О. Карпиков, Л.В. Моргунов // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2017: Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 09-10 ноября 2017 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 4. Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2017. С. 138-140.

### *References*

1. Barannik A.IU., Ovchinnikov V.V., Kurbatov M.IU., Mingaleev S.G. *Tekhnologii grazhdanskoi bezopasnosti*, 2020, vol. 17, no. 3 (65), pp. 21-28.

2. Voloshinskaia A.A., Komarov V.M. *Terra Economicus*, 2017, vol. 15, no. 4, pp. 92-108.
3. Gorbunova A.D. *Progressivnye tekhnologii i protsessy: sbornik nauchnykh statei 6-i Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Advanced technologies and processes: collection of scientific articles of the 6th All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation], Kursk, September 25-26, 2019. Kursk: South-West State University, 2019, pp. 66-68.
4. Faskhiev H.A. *EKO* [ECO], 2020, no. 2, pp. 102-122. <https://doi.org/10.30680/EC00131-7652-2020-2-102-122>
5. Maisner T. N. *Gumanitarii Iuga Rossii* [Humanities of the South of Russia], 2020, no. 3, vol. 9 (43), pp. 191-201.
6. Donchenko V.V., SHelmakov S.V., SHarov M.I., Lobikov A.V., CHizhova V.S. *Vestnik MADI* [Herald of MADI], 2021, no. 2 (65), pp. 74-80.
7. Moriarti P., Van S.Dzh. *Energeticheskai protsedura* [Energy procedure], 2015, no. 75, pp. 2523-2528.
8. *Otsenki Mezhdunarodnoi energeticheskoi assotsiatsii (MAGATE) v oblasti energetiki. Elektroenergii i iadernoi energetiki na period do 2050 goda.* [Assessments of the International Energy Association (IAEA) in the field of energy. Electricity and nuclear energy for the period up to 2050]. Vena: MAGATE, 2012.
9. Ragimov E.A. *Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika* [Devices and systems. Management, control, diagnostics], 2019, no. 11, pp. 11-16. <https://doi.org/10.25791/pribor.11.2019.1001>
10. Ustiuzhina E.V., Dubrovskai A.V., Krasov D.I., ZHumagulova A.U. *Peredovye innovatsionnye razrabotki. Perspektivy i opyt ispol'zovaniia, problemy vnedreniia v proizvodstvo: Sbornik nauchnykh statei po itogam shestoi mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, Kazan', 31 iul'ia 2019 goda* [Advanced innovative developments. Prospects and experience of use, problems of implementation in production: Collection of scientific articles based on the results of the sixth International Scientific conference, Kazan, July 31, 2019]. Volume Part 1. Kazan: Convert, 2019, pp. 205-211.

11. Strizoe A.L. *Vestnik Volgogradskogo universiteta. Seriya «Filosofia»* [Bulletin of the Volgograd University. Series “Philosophy”], 2017, vol. 16, no. 1, pp. 67-71.
12. Toilybaev A.E. *Universum: tekhnicheskie nauki* [Universum: Technical sciences], 2018, no. 5(50), pp. 34-37.
13. Frolov D.P., Solov'eva I.A. *Prostranstvennaia ekonomika* [Spatial economics], 2016, no. 3, pp. 151-171.
14. KHokhlova N.I., SHibaeva L.V. *Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika* [Education management: theory and practice] 2021, vol. 11, no. 4, pp. 54-63.
15. SHelmakov S.V. *Ekotransport* [Ecotransport]. Moscow: MADI, 2018, 160 p.
16. *Elektrobus stolitsy: on mozhet proekhat' 59 km. No eto normal'no* [Electric bus of the capital: it can travel 59 km. But that's okay.] URL: <https://www.zr.ru/content/articles/921925-ehlektrobus-liaz-6274/>
17. Prokopova V.O., Riabykin A.A., Karpikov R.O., Morgunov L.V. *Pokolenie budushchego: Vzgliad molodykh uchenykh - 2017: Sbornik nauchnykh statei 6-i Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii* [The Generation of the Future: The View of young scientists - 2017: Collection of scientific articles of the 6th International Youth Scientific Conference]. In 4 volumes, Kursk, November 09-10, 2017 / Ed. A.A. Gorokhov. Volume 4. Kursk: Universitetskaya kniga, 2017, pp. 138-140.

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

**Демьянчук Степан Вадимович**, аспирант кафедры «Транспортных систем»

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»  
ул. 2-я Красноармейская, 4, г. Санкт-Петербург, 190005,  
Российская Федерация  
[sprints.spirit@mail.ru](mailto:sprints.spirit@mail.ru)*

**DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Stepan V. Demyanchuk**, graduate student of the Department of  
“Transport Systems”

*St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engi-  
neering*

*4, 2-d Krasnoarmeiskaia Str., Saint-Petersburg, 190005, Rus-  
sian Federation*

*sprints.spirit@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7471-6068>*

Поступила 21.02.2024

После рецензирования 09.03.2024

Принята 14.03.2024

Received 21.02.2024

Revised 09.03.2024

Accepted 14.03.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-206

УДК 62-529.4



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

## РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ СЦЕН ТЕАТРОВ

*А.Н. Волков, А.В. Кочетков*

**Актуальность.** Тема статьи своевременна. Многие интересные и технически вполне реализуемые замыслы в оснащении сцены не были реализованы в театре из-за отсутствия прямых заделов и ограниченности ресурсов времени.

**Постановка проблемы.** Обобщение новейшего опыта в сфере театральной машинерии требует поднятия проблематики до уровня междисциплинарного научного направления на базе механики, мехатроники и робототехники.

**Цель исследования.** Необходимость реализации все более сложных замыслов постановщиков спектаклей в современном театре требует совершенствования демонстрационной техники, в первую очередь театральной машинерии на базе новых научных достижений и современных технических средств механизации и автоматизации.

**Методы исследования.** Специальные сценические роботы могут иметь самый различный облик, например, могут быть зооморфными или антропоморфными, но при сохранении стилистики конструктивизма могут иметь техногенный облик. Подобные роботы могут выполнять сложные движения, при этом обычно у них имеются многочисленные подвижные части с самостоятельными приводами. Для обеспечения возможностей гибкого управления движениями с ориентацией на зрительское восприятие требуется использовать микропроцессорное управление с координатой от центральных управляющих компьютеров.

**Результаты.** При постановке требований к такой технике специфической является ориентация на зрительное восприятие, что используется также в демонстрационной робототехнике. На основе научного обобщения прежнего и нового опыта создания технического оснащения театральных постановок крупных театров в работе описываются и характеризуются типовые задачи создания и проработки научной базы создания современного и перспективного оснащения театральных постановок на базе общих принципов и практических методов механики, мехатроники и робототехники.

**Ключевые слова:** робототехническое оснащение; театр; постановщик; робототехник

**Для цитирования.** Волков А.Н., Кочетков А.В. Робототехническое оснащение сцен театров // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 85-105. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-206

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## ROBOTIC EQUIPMENT OF THEATER STAGES

*Volkov A.N., Kochetkov A.V.*

**Background.** The topic of the article is timely. Many interesting and technically quite feasible ideas in equipping the stage were not implemented in the theater due to the lack of direct groundwork and limited time resources.

**Problem statement.** Generalization of the latest experience in the field of theatrical machinery requires raising the issue to the level of an interdisciplinary scientific direction based on mechanics, mechatronics and robotics.

**Purpose.** The need to implement the increasingly complex ideas of performance directors in a modern theater requires the improvement

*of demonstration equipment, primarily theatrical machinery based on new scientific achievements and modern technical means of mechanization and automation.*

**Research methods.** *Special stage robots can have a very different appearance, for example, they can be zoomorphic or anthropomorphic, but while maintaining the style of constructivism, they can have a man-made appearance. Such robots can perform complex movements, while they usually have numerous moving parts with independent drives. To provide flexible motion control capabilities with a focus on spectator perception, it is required to use microprocessor control with coordination from central control computers.*

**Results.** *When setting requirements for such a technique, the orientation towards visual perception is specific, which is also used in demonstration robotics. Based on the scientific generalization of previous and new experience in creating technical equipment for theatrical productions of large theaters, the paper describes and characterizes typical tasks of creating and working out a scientific base for creating modern and promising equipment for theatrical productions based on general principles and practical methods of mechanics, mechatronics and robotics.*

**Keywords:** *robotic equipment; theater; staging; robotics; robotics technician*

**For citation.** *Volkov A.N., Kochetkov A.V. Robotic Equipment of Theater Stages. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 85-105. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-206*

## **Введение**

Современный «большой» театр представляет собой сложнейший организм, в котором техническое обеспечение часто занимает важное место. Реализация инновационных решений средств технического оснащения и сопровождения спектаклей на сценах современных театров представляет собой сложнейший многоэтапный процесс, который начинается с планирования, проектиро-



вания и строительства зданий театров со встроенными средствами механизации сцены, а потом при реализации замыслов постановщиков на стадиях проектирования и изготовления комплектов декораций к каждой новой постановке, перемонтажа декораций и прочего оборудования перед каждым спектаклем, в перерывах между актами и картинами и даже по ходу действия. Практические работы по проектированию и изготовлению во всех этих и других близких сферах деятельности занимают театральные мастерские самых крупных театров, в которых работают высококвалифицированные специалисты. Они же обслуживают другие театры, если требуется сложное оснащение. Однако нет единого научного центра, который бы на основе обобщения опыта и наличия определенных возможностей выполнял бы сложные перспективные разработки на базе новой техники автоматизированного управления. Нет централизованного центра по обобщению опыта отдельных организаций и освоению новой техники, перспективной для оснащения сцены, в этой области необходимы серьезнее научные исследования.

Статья посвящена памяти Челпанова Игоря Борисовича Заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора Санкт-Петербургского государственного технического университета ИТМО.

### **Актуальность**

Современный этап развития театральной машинерии характеризуется как расширением совокупностей решаемых задач, так и использованием новых подходов, способов их решения и технических средств, в том числе относящихся к мехатронике и робототехнике. История развития театральной машинерии и лишь в незначительной степени состояния к середине XX века поучительна, она лишь фрагментарно освещена в монографиях авторов, как зарубежных [20-25], так и отечественных [1, 2, 17] (к сожалению вышедших давно и представивших технологию сцены до середины прошлого века).

Еще во второй половине и в XVIII веках были созданы сценические механизмы, которые позволяли быстро менять декорации и даже в определенных пределах изменять геометрию сценического пространства, представлять объемные движущиеся макеты животных и пр., поднимать и перемещать над сценой группы актеров или проваливаться в люки. Специалисты отмечают, что в XVII-XIX веках театральная машинерия была передовой во внедрении изобретении и в практическом использовании сложных механизмов. Но ранее все движения осуществлялись мускульной силой рабочих сцены, а теперь – автоматизированным электроприводом. При необходимости выполнения координированных движений многими объектами на сцене необходима высокая степень автоматизации.

При создании достаточно сложных технических объектов и средств для сцены приходится проходить весь обычный цикл от исходного замысла и технического задания, через расчет и проектирование, через последующее изготовление к монтажу и отладке к постановке, причем обычно в крайне сжатые сроки. К тому же необходимо тесное взаимодействие всего обслуживающего персонала и технических средств как в периоды монтажа и демонтажа, так и во время представлений. Известно, что многие интересные и технически вполне реализуемые замыслы в оснащении сцены не были реализованы в театре из-за отсутствия прямых заделов и ограниченности ресурсов времени. Обобщение новейшего опыта в сфере театральной машинерии требует поднятия проблематики до уровня междисциплинарного научного направления на базе механики, мехатроники и робототехники.

Специфичной является ориентация в конечном счете на зрительное восприятие, и в этом плане указанное направление может быть отнесено к пока еще научно не оформившейся, на занявшей прочные позиции области демонстрационной техники, которая помимо изобретательства требует серьезной научной проработки. Как известно, эти трудности оказались преодолимыми на путях

автоматизации проектирования, широкого применения средств механизации и автоматизации выполнения технологических и сборочных работ, достижений мехатроники, создания роботизированных комплексов различных уровней, обеспечения гибкости систем, адаптивности по отношению к техническим требованиям и условиям производства.

В существующих достаточно мощных проектно-производственных комплексах, осуществляющих техническую подготовку и техническое сопровождение театральных постановок необходимо использовать многочисленные конструктивные подходы, наработанные при создании гибких роботизированных комплексов в промышленности, начиная с построения отдельных единиц оборудования и кончая созданием единой системы. В этом смысле в настоящее время и в ближайшей перспективе можно говорить о создании гибких роботизированных комплексов для театральной сцены.

### **Основные задачи и пути их решения**

Наибольших высот техника сцены достигла в оперных театрах. Современная постановка оперы или балета, например, в столичном Большом или петербургском Мариинском театре, включает серьезнейшую техническую проработку и ее сопровождение. Ведущие отечественные постановщики, такие как Г. Ципин, В.В. Монахов, С. Пастух, К.С. Серебенников Д.Ф. Черняков, активно работающие и с зарубежными театрами, часто используют в постановках новые идеи и помогающие их реализовать достаточно сложные технические средства. Очень редко удается ограничиться решением традиционных задач и соответствующим традиционным техническим обеспечением движений (поднимание и опускание занавесов различными способами, выдвижение кулис, опускание и малые горизонтальные перемещения на штанкетах фрагментов декораций, смена задника и пр.), когда основная часть подготовительных работ к постановке спектакля

заклучалась в живописном оформлении декораций. Теперь для многих постановок требуется новое серьезное техническое оборудование, всегда стационарное, но часто подвижное. Некоторые из подобных технических средств давно освоены; это поворотные сцены или сценические площадки, люки с подъемно-опускными площадками неподвижно устанавливаемые помосты-станки, поворотные платформы и многое другое и пр.

Постановщики спектаклей и главные художники год от года представляют все большее множество идей, которые часто уникальны, усложняют требования к оснащению сцены, проявляя большую фантазию и иногда ставя задачи на границах технических возможностей. При этом необходимо соблюдать требования, сформулированные в стандартах по безопасности [19, с. 6]. Плотность заполнения сцены техническими средствами часто бывает очень высока, замыслы постановщиков требуют использования все более сложных технических решений, причем очень часто наиболее сложными являются задачи автоматизации движений различных объектов, что позволяет относить их к мехатронике.

Из большого комплекса сегодняшних и перспективных задач мехатроники сцены выделим три направления, по этим направлениям авторами данной работы принадлежит серия исследований, результаты которых, полученные преимущественно за последнее десятилетие, отражены в публикациях [5-16, 18]:

1. Глобальная механизация и автоматизация изменений материальной обстановки на сцене, в частности, управление движением декораций, синхронизация и координация с театральным действием, а в оперно-балетном театре – с музыкальным развитием, прямо представленном в партитуре. Идея заключается в том, чтобы перемещения всех объектов на сцене программируются, и соответствующие команды должны выполняться, начиная с моментов времени, первоначально определяемых постановщиком, но не привязанных к шкале времени, отклонения от которой неизбежны. Теперь это делается целой командой рабочих сцены и

операторов (единственное новшество – мобильная связь) по командам помощника режиссера по специально записанной для него программе. Но значительно более широкие возможности в первую очередь можно получить за счет оснащения сцены специальными сценическими демонстрационными роботами, приспособленными для встраивания в единые комплексы. Представляется, что это – дело обозримого будущего.

2. Построение автоматизированных систем для выполнения подготовительных крупномасштабных монтажно-демонтажных работ на сцене после очередного спектакля и при подготовке следующего, а также, если это предусмотрено, для изменения обстановки или даже структуры рабочего пространства на сцене во время действия. Часто необходимо осуществлять монтаж и перемонтаж оборудования на сцене перед представлениями и в антрактах между картинами и актами. В последние десятилетия широко используются автоматические и автоматизированные программируемые приводы, но часто механика театральной сцены не успевает за возрастающими требованиями.

При этом специфическими для сборки фрагментов декораций на сцене являются следующие трудности: эти фрагменты часто велики по размерам, их начальное расположение может быть очень неудобным для сборки; при жестких лимитах времени во время антрактов сборка часто должна осуществляться параллельно на нескольких позициях; обычно нужно исключить задевание постоянно установленных объектов, а также других собираемых фрагментов; при закреплении связанные механические системы, которые получают в процессе сборки, часто являются статически неопределимыми и поэтому, чтобы избежать поломок, нужно прямо или косвенно контролировать внутренние усилия, в частности, натяжения элементов крепления, в первую очередь тросов. Эти трудности обычно преодолеваются за счет согласованного действия высококвалифицированных, имеющих большой опыт рабочих сцены.

Однако привлечение опыта адаптивной автоматизированной сборки в машиностроении представляется перспективным при описанных операциях. Авторами предложена концепция планирования и последующей роботизации подобного рода сборочных операций, выработанная на основе некоторых аналогий с функционально сходными сборочными операциями в машиностроении. Разработанные на этой основе алгоритмы планирования последовательностей операций, а затем программ управления движениями опробованы на практике. Предварительно проработана методология проектирования реализации переменности рельефа сцены и возможно кулис. При проектировании способов трансформации сцены решается такая последовательность задач: фрагментирование, перемещение фрагментов, трансформирование самих фрагментов.

Трансформирование может осуществляться деформированием целиком упругой поверхности (или поверхности из ткани, которая может ложиться складками) или перемещением ее фрагментов (эти фрагменты могут быть или жесткими, или упругими). Фрагменты могут быть независимыми, в композициях они не стыкуются, и тогда их внешние формы могут быть произвольными. Наоборот, может быть предусмотрена стыковка фрагментов (прямой аналог операции сборки), тогда их формы должны быть взаимно согласованными, особенно в части поверхностей, по которым осуществляется стыковка. Сами по себе фрагменты могут иметь неизменяемую или изменяемую геометрию. Наиболее простыми являются такие законы управления трансформацией, при которых предусматриваются кратковременные перемещения из одних положений в другие с длительным выстоем. В противоположность этому встречаются ситуации, когда фрагменты должны двигаться или трансформироваться непрерывно в течение больших интервалов времени. Предпочтительным, но не всегда возможным является жесткое программирование. Но часто управление в этих случаях управление реализуется как си-

туационное, например, при задании общего характера сложных, возможно, квазихаотичных движения и средней скорости налагаются условия предотвращения столкновений. При разработке механики средств трансформации сцены исходным моментом является выбор базовых схем трансформирования. Такие конструкции позволяют формировать граненые объемные декорации типа стен (наклонных или вертикальных) пирамид (остроконечных или усеченных, как башни), гряд холмов и т.п.

Конструкция имеет обшивку, наружную оболочку из мягких и/или растяжимых материалов. Подобные оболочки в исходном положении могут складываться складками и компактно ложиться на гладкие поверхности или прятаться в контейнеры, а в рабочем состоянии распрямляется, приобретает большие размеры при гладкой поверхности. При сохранении единого общего пространства из наборов модулей могут формироваться стены с различными архитектурными элементами (например, колоннами, пилястрами), это дело художника. В случае необходимости могут воспроизводиться сцены разрушений; при этом целесообразно фрагментирование не по прямым или плоскостям, а по неровным линиям или поверхностям. Более простыми являются задачи получение требуемой конфигурации сценического пространства путем перемещения больших блоков. В ходе действия эти фрагменты могут двигаться согласованно, как единое целое, увеличивая или уменьшая пространство авансцены.

Такой способ использовался в постановках Большого театра в 2003 году опер Дж.Верди «Набукко» и С.Прокофьева «Война и мир». Возможны также согласованные повороты, при этом как бы изменяется точка зрения зрителей; подобный же эффект достигается при поворотной сцене. Из гладких прямоугольных блоков различных пропорций можно создавать разнообразные композиции в стиле конструктивизма. Например, можно воссоздать общий схематичный облик города небоскребов середины XX века. При росписи поверхностей можно создавать стилизованные горные пейзажи. В сочетании с подвесными (на штанкетах)

элементами, имитирующими потолочные балки можно создавать трансформируемые интерьеры залов. Однако прямоугольные фрагменты могут выполнять совсем другие функции. Они могут представлять собой малые сценические площадки, подвижные станки. Подобная техника позволяет реализовывать принцип последовательной композиции коротких эпизодов, происходящих в разных местах, быстро чередовать камерные сцены, выделяя перемещением площадок и, возможно, освещением те из них, на которых происходят действия.

При подобном функциональном назначении пропорции блоков должны быть существенно иными: они должны иметь большую ширину и глубину, они могут иметь различные габаритные размеры. Переменность обстановки на сцене создается перемещением блоков по поверхности сцены. Иной подход каждый блок на самостоятельном колесном шасси, которое при подходящем конструктивном исполнении позволяет осуществлять сложные движения и предоставлять практически неограниченные возможности задания плоских движений по планшету сцены. Это реализуется за счет того, что все колеса шасси являются независимыми друг относительно друга, причем приводные колеса имеют независимые управляемые приводы.

3. Создание сначала, быть может, простых, а затем все более сложных подвижных управляемых объектов (в частности, автономных, полностью самостоятельных или взаимодействующих с актерами специальных сценических роботов), как наиболее выразительных и привлекающих внимание зрителей фрагментов технического оснащения сцены. В техническом оснащении сцены всегда самыми сложными и ответственными были устройства, обеспечивающие подвижность объектов и/или их составных частей, особенно, а также, если требуется согласование, координация определенное их взаимодействие. Накопленный опыт часто оказывается достаточным в традиционных операциях (поднятие и опускание занавеса, задника, перемещение по рельсовому на-



польному или подвесному пути декораций, перемещение на роликах фурок с декорациями и т.п.), но, как отмечалось выше, этих средств бывает недостаточно при решении многих новых творческих задач. Специальные сценические роботы могут иметь самый различный облик, например, могут быть зооморфными или антропоморфными, но при сохранении стилистики конструктивизма могут иметь техногенный облик. Подобные роботы могут выполнять сложные движения, при этом обычно у них имеются многочисленные подвижные части с самостоятельными приводами. Для обеспечения возможностей гибкого управления движениями с ориентацией на зрительское восприятие требуется использовать микропроцессорное управление с координацией от центральных управляющих компьютеров. По этому направлению на кафедре «Автоматы» СПбГПУ выполнен ряд работ. К числу наиболее сложных разработок для Санкт-Петербургского Мариинского театра для постановки в 2010 году оперной тетралогии Рихарда Вагнера «Кольцо нибелунга» можно отнести проектирование четырех подвижных антропоморфных фигур, каждая из которых имеет условное название «Великан». Каждый такой «Великан» изображает заметно трансформированную гигантскую даже в масштабах сцены фигуру человека, они в совокупности символизируют сверхчеловеческие, но пассивные силы. Эти фигуры присутствуют на сцене одновременно с актерами, они в разных сценах занимают различное положение и принимают различные позы, но это происходит достаточно медленно. Соответствующие персонажи в либретто опер отсутствуют и созданы только фантазией постановщика. Высота стоящей фигуры «Великана» составляет около 10 м, а ширина плеч 2,5 м. Руки «Великана» имеют возможность изгибаться в локтевых суставах, голова (сменная, условно человеческая или звериная) может наклоняться вперед и поворачиваться вокруг оси шеи, ноги могут изгибаться в коленях, подвижность также имеет торс декорации, позвоночник способный плавно изгибаться в области живота.

Соответственно, декорация имеет следующие встроенные механизмы: механизм изгиба спины, механизм поворота и наклона головы, механизмы изгиба рук, механизмы изгиба ног. На сцене тело «Великана» ориентируется при помощи специальной системы подвешивания состоящей из подвесной дороги и перемещаемой по ней тельферной тележке. В качестве каркаса торса фигуры «великана» используется рамная конструкция, состоящая из нескольких подвижных секций.

Были проработаны технические решения подвижных и трансформируемых объектов для постановок некоторых опер тетралогии Рихарда Вагнера. Был эскизный проект дракона, которого в схватке побеждает Зигфрид. Проект предусматривал большое разнообразие движений нападающего дракона. Другой пример относится к постановке оперы «Лоенгрин», а именно, к сцене, в которой Лоенгрин появляется на ладье, влекомой лебедем. Для изготовления управляемого механизма шеи лебедя, которая должна грациозно изгибаться в процессе движения, было предложено использовать схему на основе упругого стержня с небольшим числом приводов с тросами. Для теоретического определения изменения формы изгиба при математическом моделировании и отработке движений на мониторе была использована теория тонких криволинейных стержней. Теория упруго деформируемых тел при больших деформациях широко применяется при отработке большого числа практических задач механики сцены.

К числу наиболее эффектных, особенно в постановках на сказочные и мифологические сюжеты относятся сцены полета над сценой. В литературных описаниях театральных постановок трех веков всегда обращалось особое внимание на такие эпизоды. Подниматься и даже летать над сценой могут большие макеты, платформы со статистами и актерами. В старом театре классицизма бог или боги спускались вертикально или по наклонной прямой с небес на землю (типовая сцена «*deux ex machine*»). Это все при использовании самой примитивной техники. Подобные

движения использовались и используются также во время празднеств. Некоторое расширение возможностей предоставляет использование маятниковых движений или вращение над сценой по кругу или эллипсу. Но современные технические средства допускают при использовании системы тросов осуществление в полете гораздо более сложных движений. Но более привлекательным представляется управляемый полет над сценой более сложный, чем построенный на маятниковых колебаниях. Подобный полет часто хорошо смотрится на фоне задника с создаваемым мощными проекционными средствами изображением убегающего вглубь пейзажем. При этом достаточно просто создается впечатление стремительности полета. Управляемые движения реализуются при координированных программных изменениях длин тросов подвесов. Результатам теоретического исследования возможностей и проработке принципиальных решений механики полета над сценой посвящены работы [4, 14].

Еще одна группа задач механики сцены – это эффектная имитация сцен разрушений и катастроф. Зрелищные крупномасштабные сцены разрушений и катастроф (часто финальные) в спектаклях больших оперно-балетных театров всегда производили и производят большое впечатление на зрителей. К их числу относится, например, заключительная сцена обрушения храма бога Дагона в постановке оперы Сен-Санса «Самсон и Далила». Если бы технология имитации катастроф в театрах была освоена, подобные эпизоды можно было бы с успехом вставить в ряд других спектаклей классиков оперной сцены на эпические, сказочные и мифологические сюжеты. Колоссальный опыт кинематографа или телефильмов подобных эпизодов использовать невозможно, поскольку подобные сцены на экране основаны преимущественно на технике комбинированных съемок. Однако в XVIII-XIX веках эффектности сцен разрушения в театре уделялось значительное внимание, на них тратились большие средства, но о них сохранились только словесные описания.

Авторами проработана общая идеология имитации катастроф и на основе результатов математического моделирования разрушения различных строительных конструкций решен ряд конкретных задач [15, 16]. Эпизоды разрушения зданий, сооружений и транспортных средств могут строиться по двум путям. Первый путь предполагает распадение конструкций на большие фрагменты; такое типично для разрушения каменных зданий и сооружений. При проектировании конструкций объектов, которые будут как бы разрушаться, разваливаться на фрагменты на глазах зрителей, в первую очередь необходимо осуществить их фрагментирование с тем, чтобы эти части падали, двигались при обрушении зрительно достаточно правдоподобно. Такой путь использован в последней постановке балета «Корсар». Второй путь предполагает видимую большую деформацию конструкций в целом, что бывает в большинстве случаев при катастрофах с транспортными средствами. Представляется, что на втором пути нужно использовать складные конструкции.

Авторами проработан системный подход к решению описанной комплексной задачи, при котором на основе принятой расчетной схемы определяются наиболее опасные сечения в этих сечениях и предусматривается разъединение на фрагмент. После разъединения на фрагменты необходимо математическим моделированием определить законы их движения в соответствии с законами механики; в завершение процесса падения необходимо проработать живописную композицию развалин и обеспечить приход всех фрагментов в установленные положения. Подробно рассмотрена механическая задача о падении вертикальной колонны, как целиком, так и по фрагментам. При распадении на фрагменты описываются способы получения таких законов движения в пространстве, которые соответствуют законам динамики свободного падения и выглядят достаточно правдоподобно. Осуществлены предварительные проработки по таким задачам, как обрушивание стен и башен (например, крепостных), арок мостов

и сводов зданий с выпадением отдельных фрагментов. На основе использования теории подобия проработан прием искусственного растягивания процессов разрушения во времени, что позволяет правдоподобно воспроизводить сцены катастроф очень больших, сильно удаленных объектов.

### **Выводы**

Техническое оснащение сцен театров развивалось и совершенствовалось многие десятилетия. Современные технические средства (управляемые программируемые приводы, развитая сенсорика, устройства автоматического управления, новые типы механизмов) открывают новые, значительно более широкие возможности. Представляется, что для реализации этих возможностей на основе анализа типовых задач и отдельных удачных решений и обобщения истории театральной машинерии при привлечении новых средств механизации и автоматизации на основе системного подхода можно выйти на новые уровни зрелищности театральных постановок.

### ***Список литературы***

1. Базанов В.В. Сцена, техника, спектакль. Л.: Искусство, 1963.
2. Базанов В.В. Техника и технология сцены. Л.: Искусство, 1976.
3. Будько И.А., Волков А.Н., Челпанов И.Б. Задачи механики сценических роботов // Теория механизмов и машин. 2010. Т. 8. № 1 (15).
4. Будько И.А., Волков А.Н., Челпанов И.Б. Задачи механики змееподобных роботов // Научно-технические ведомости СПбПУ. 2011. № 3(130). С. 91-97.
5. Волков А.Н., Соколов В.А. Проблемы проектирования демонстрационных роботов // Материалы III Всероссийской научно-технической конференции «Фундаментальные исследования в технических университетах». СПб, 1999.
6. Волков А.Н. Мехатроника театральной сцены // Материалы первой Всероссийской научно-технической конференции с между-

- народным участием «Мехатроника, автоматизация, управление» - 2004. Владимир, 2004.
7. Волков А.Н., Смородов П.В. Задачи механики современного театра // Сборник докладов IV Международного конгресса «Машиностроительные технологии '04», Т. 5. Варна, Болгария, 2004. С. 99-100.
  8. Волков А.Н. Новые технологии в постановке современных спектаклей // Научные исследования и инновационная деятельность: Материалы науч.-практ. конф. СПб.: изд-во СПбГПУ, 2006.
  9. Волков А.Н. Проектно-конструкторское обеспечение спектаклей современного театра // Конструктор-машиностроитель. 2005. № 6.
  10. Волков А.Н. Механика сцены современного театра // IX Всероссийский съезд по теоретической и прикладной механике. Аннотации докладов, т. 1. Нижний Новгород: изд-во НГУ им. Н.И.Лобачевского, 2006.
  11. Волков А.Н., Смородов П.В. Демонстрационные роботы на сцене театра: фигуры великанов в тетралогии Р.Вагнера «Кольцо нибелунга» // Теория Механизмов и Машин. 2005. № 1. С. 70.
  12. Волков А.Н., Смородов П.В. Демонстрационные роботы на сцене театра: фигуры великанов в тетралогии Р.Вагнера «Кольцо нибелунга» // Теория Механизмов и Машин. 2005. № 1. С. 71-76.
  13. Волков А.Н., Смородов П.В., Челпанов И.Б. Демонстрационные роботы на сцене театра: фигуры великанов в тетралогии Вагнера «Кольцо Нибелунга» // Теория механизмов и машин. 2004. № 3.
  14. Волков А.Н., Ситкин Д.С. Задачи динамики управляемого полета над сценой в современных театральных постановках // Научно-технические ведомости СПбГТУ. 2006. № 5-1(47). С. 218-222.
  15. Волков А.Н. Имитация сцен разрушений и катастроф на сцене современного театра // Научные исследования и инновационная деятельность: Материалы науч.- практ. конф. СПб.: изд. СПбГПУ, 2006.
  16. Волков А.Н., Челпанов И.Б. Механика имитации сцен разрушений и катастроф на сцене театра // Проблемы механики современных машин: Материалы III международной конференции. Улан-Удэ: ВСГТУ, 2006.

17. Заявлин Г.А. Постановочная часть театра. М.: Искусство, 1953.
18. Никифоров С.О., Челпанов И.Б., Знаменский И.С., Соколов В.А., Мандаров Э.Б. Демонстрационные роботы: цели создания, разновидности и задачи механики. // Материалы международной конференции «Проблемы механики современных машин». Улан-Удэ, 2000.
19. Оборудование механическое театрально-зрелищных предприятий. Термины и определения. Отраслевой стандарт. ОСТ 43-38-82.
20. Arnold R.L. Scene Technology. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1994.
21. Gillette A. S., Gillette J. M. Stage Scenery, It's Construction and Rigging, 3rd edition. New York: Harper and Row, 1981.
22. Gillette, J. M. Theatrical Design and Production, 4th edition. Palo Alto, CA: Mayfield Publishing Company, 2000.
23. Mielziner J. Designing for the Theatre. New York: Bramhall House, 1965.
24. Payne D. R. The Scenographic Imagination. Carbondale IL: Southern Illinois University Press, 1993.
25. Sporre D. J., Robert C. B. Scene Design in the Theatre. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.

### *References*

1. Bazanov V.V. *Stage, technique, performance*. L.: Art, 1963.
2. Bazanov V.V. *Technique and technology of the stage*. L.: Art, 1976.
3. Budko I.A., Volkov A.N., Chelpanov I.B. Tasks of the stage robots mechanics. *Teoriya mekhanizmov i mashin* [Theory of mechanisms and machines], 2010, vol. 8, no. 1 (15).
4. Budko I.A., Volkov A.N., Chelpanov I.B. Problems of mechanics of snake-like robots. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbPU* [Scientific and Technical Vedomosti SPbPU], 2011, no. 3(130), pp. 91-97.
5. Volkov A.N., Sokolov V.A. Problems of designing demonstration robots. *Proceedings of the III All-Russian Scientific and Technical Conference "Fundamental Research in Technical Universities"*. SPb, 1999.
6. Volkov A.N. Mechatronics of a theatrical stage. *Proceedings of the first All-Russian scientific and technical conference with international participation "Mechatronics, automation, control" - 2004*. Vladimir, 2004.

7. Volkov A.N., Smorodov P.V. Problems of mechanics of a modern theater. *Collection of reports of the IV International Congress "Machine Building Technologies '04"*, Vol. 5. Varna, Bulgaria, 2004, pp. 99-100.
8. Volkov A.N. New technologies in the staging of modern performances. *Scientific research and innovation activity: Proceedings of the scientific-practical conf.* SPb.: SPbSPU Publ., 2006.
9. Volkov A.N. Design and construction support of the modern theater performances. *Konstruktor-mashinostroitel*, 2005, no. 6.
10. Volkov A.N. Mechanics of the stage of a modern theater. *IX All-Russian Congress on Theoretical and Applied Mechanics. Abstracts of Reports*, vol. 1. Nizhny Novgorod: Lobachevsky NSU Publ., 2006.
11. Volkov A.N., Smorodov P.V. Demonstration robots on the theater stage: the figures of giants in R. Wagner's tetralogy "The Ring of the Nibelung" (in Russian). *Teoriya Mekhanizmov i Mashin* [Theory of Mechanisms and Machines], 2005, no. 1, p. 70.
12. Volkov A.N., Smorodov P.V. Demonstration robots on the theater stage: the figures of giants in R. Wagner's tetralogy "The Ring of the Nibelung" (in Russian). *Teoriya Mekhanizmov i Mashin* [Theory of Mechanisms and Machines], 2005, no. 1, pp. 71-76.
13. Volkov A.N., Smorodov P.V., Chelpanov I.B. Demonstration robots on the theater stage: figures of giants in Wagner's tetralogy "The Ring of Nibelung". *Teoriya Mekhanizmov i Mashin* [Theory of Mechanisms and Machines], 2004, no. 3.
14. Volkov A.N., Sitkin D.S. Problems of the controlled flight dynamics over the stage in the modern theatrical productions. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGTU*, 2006, no. 5-1(47), pp. 218-222.
15. Volkov A.N. Imitation of scenes of destruction and catastrophes on the stage of modern theater. *Scientific research and innovation activity: Proceedings of the scientific and practical conf.* SPb.: SPbSPU, 2006.
16. Volkov A.N., Chelpanov I.B. Mechanics of imitation of destruction and catastrophe scenes on the stage of a theater. *Problems of mechanics of modern machines: Proceedings of the III International Conference*. Ulan-Ude: VSGTU, 2006.



17. Zayavlin G.A. *Staging part of the theater*. Moscow: Art Publ., 1953.
18. Nikiforov S.O., Chelpanov I.B., Znamensky I.S., Sokolov V.A., Mandarov E.B. Demonstration robots: goals of creation, varieties and problems of mechanics. *Materials of the International Conference "Problems of Mechanics of Modern Machines"*. Ulan-Ude, 2000.
19. Mechanical equipment of theater and entertainment enterprises. Terms and definitions. Industry standard. OST 43-38-82.
20. Arnold R.L. *Scene Technology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1994.
21. Gillette A. S., Gillette J. M. *Stage Scenery, It's Construction and Rigging*, 3rd edition. New York: Harper and Row, 1981.
22. Gillette, J. M. *Theatrical Design and Production*, 4th edition. Palo Alto, CA: Mayfield Publishing Company, 2000.
23. Mielziner J. *Designing for the Theater*. New York: Bramhall House, 1965.
24. Payne D. R. *The Scenographic Imagination*. Carbondale IL: Southern Illinois University Press, 1993.
25. Sporre D. J., Robert C. B. *Scene Design in the Theater*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**Волков Андрей Николаевич**, доктор технических наук, профессор  
*федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»*  
ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Российская Федерация  
*volkov-and-1@yandex.ru*

**Кочетков Андрей Викторович**, доктор технических наук, профессор  
*Пермский национальный исследовательский политехнический университет*  
пр. Комсомольский, 29, г. Пермь, 614990, Российская Федерация  
*Soni.81@mail.ru*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Andrey N. Volkov**, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

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

*volkov-and-1@yandex.ru*

**Andrey V. Kochetkov**, Doctor of Technical Sciences, Professor

*Perm National Research Polytechnic University*

*29, Komsomolsky Ave., Perm, 614990, Russian Federation*

*Soni.81@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6523-6095>*

*Scopus Author ID: 56252046200*

Поступила 13.02.2024

После рецензирования 27.02.2024

Принята 05.03.2024

Received 13.02.2024

Revised 27.02.2024

Accepted 05.03.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-246  
УДК 656.021



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

## СНИЖЕНИЕ ЗАТОРОВ НА ОСТАНОВОЧНОМ ПУНКТЕ ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ГРУПП АВТОБУСОВ В ГОРОДЕ ЧЕЛЯБИНСКЕ

*Ю.И. Аверьянов, Х.М.А. Асфур*

*Одной из основных проблем заторных процессов на остановочных пунктах (ОП), является то, что увеличение количества автобусов и маршрутов приводит к нарушению организации их прохождения через ОП. Плохая организация прохождения автобусами ОП может привести к тому, что в часы пик очереди автобусов могут растянуться на сотни метров. Формирования автобусов в группу может снизить заторные процессы на ОП и повысить их пропускную способность, как результат одновременного заезда и выезда автобусов с него. С целью проверки высказанной гипотезы были проведены экспериментальные и теоретические исследования процесса прохождения автобусов через ОП «пл. Революции» на пр. Ленина г. Челябинска. В процессе проведенных исследований было установлено, что при использовании 3 автобусов в группе время обслуживания пассажиров на ОП будет снижена в пределах от 52-56%. Данный факт позволяет утверждать, что движение автобусов в группе через ОП повысит его пропускную способность, примерно на 50% и снизит вероятность заторных процессов на нем.*

**Цель** – снижение заторов на остановочном пункте путем формирования групп автобусов.

**Метод и методология проведения работы.** В статье использовались методы наблюдения и сравнения, а также методы анализа.

**Результаты.** Получены диаграммы основных данных экспериментальных исследований и теоретические зависимости времени нахождения 3 автобусов в группе и 3 автобусов, прибывших один за другим, на ОП «пл. Революции» от номеров маршрутов в утреннее и вечернее время.

**Область применения результатов.** Полученные результаты целесообразно применять при организации движения автобусов через остановочный пункт, путем формирования автобусов в группы.

**Ключевые слова:** заторный процесс; формирование групп автобусов; остановочный пункт; количество остановочных мест; время обслуживания пассажиров; пропускная способность

**Для цитирования.** Аверьянов Ю.И., Асфур Х.М.А. Снижение заторов на остановочном пункте путем формирования групп автобусов в городе Челябинске // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 106-120. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-246

Original article | Operation of Road Transport

## REDUCING THE CONGESTION AT A BUS STOP BY FORMING GROUPS OF BUSES IN CHELYABINSK CITY

***Yu.I. Averyanov, H.M.A. Asfoor***

*The one of the main problems of congestion processes at bus stopping points (SP) is that an increase in the number of buses and routes leads to a disruption in the organization of their passage through the SP. The poor organization of bus passage through the SP can lead to the fact that during peak hours, the buses queue can stretch for hundreds of meters. The forming buses into a group can reduce the congestions at the SP and increase their throughput, as a result of the simultane-*

ous arrival and departure of buses from the SPs. In order to check the stated hypothesis, experimental and theoretical studies were carried out on the process of passing buses through the SP "Revolution Sq." on Lenin Ave., Chelyabinsk city, Russia. In this article was found that, when using three buses in one group, the passenger service time at the SP will be reduced in the range of (52-56) %. This result can lead to assert that the buses movement in a group through the SP will increase its capacity by approximately 50% and reducing the possibility of congestion at bus stopping points.

**Purpose.** Reducing the congestion at the bus stopping points by forming groups of buses.

**Methodology.** In the article the observation and comparison methods are used as the analysis methods.

**Results.** The most informative parameters showing some aspects of carrying out the analysis of export operations are received.

**Practical implications.** The diagrams of the main data of experimental studies and theoretical dependences of the dwell time that spent by three buses in one group and three buses arriving one by one at SP "Revolution Sq." are got from the route numbers in the morning and evening.

**Keywords:** congestion process; formation buses group; bus stopping point; berths; passenger service time; throughput of bus stopping point

**For citation.** Averyanov Yu.I., Asfoor H.M.A. Reducing the Congestion at a Bus Stop by Forming Groups of Buses in Chelyabinsk City. *International Journal of Advanced Studies*, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 106-120. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-246

## **Введение**

Основным фактором роста и развития страны является транспортная система. В крупнейших городах России и развивающихся стран в связи с возрастающими темпами роста автомобилизации возникла серьезная проблема в транспортной системе [1]. Существует множество путей и способов повышения интенсивности потока автобусов на маршрутах путем создания отдельных полос,

двойных полос, нескольких посадочных площадок на остановочных пунктах (ОП) или использование адаптивных светофоров [2]. Одним из способов улучшения работы ОП является движение автобусов через ОП в составе группы с наименьшими возможными интервалами между ними в этой группе [3]. Для улучшения пропускной способности ОП предлагается информировать пассажиров о местах остановки автобусов, используя мониторы или карты указателей, напечатанные на ОП [4]. Работа автобусов в группе является одним из эффективных способов увеличения как пропускной способности автобусной полосы, с высокой интенсивностью потока, так и ОП [9 и 10]. Известно, что пропускная способность системы общественного транспорта (автобусов) состоит из физических компонентов, изображенных на рис. 1 [11].



**Рис. 1.** Эскиз физических элементов системы общественного транспорта [11]

Формирования групп автобусов может повысить их пропускную способность за счет снижения заторных процессов на ОП, как результат одновременного заезда и выезда автобусов с него.

Известно также, что площадка ОП может считаться занятой в любой момент, если автобус, который хочет расположиться на этой площадке, не может выполнить надлежащий маневр. Таким образом, автобус «использует» площадку ОП с того момента, когда его приближение не позволит другим автобусам сделать то же самое, до момента, когда он покинет зону, чтобы другой автобус мог приблизиться [13].

Сформированная группа автобусов может работать как «метро», в значительной степени благодаря возможности сократить общее время остановки до 40 секунд или меньше на ОП. Обычно му автобусному сообщению часто требуется более 60 секунд для

остановки, хотя конкретное время будет зависеть от количества пассажиров и других факторов, например пиковых периодов, связанных с дополнительным временем, необходимым для посадки и высадки большого количества пассажиров. [5 и 14].

Согласно Szász et al (1978), [6 и 8], на автобусной полосе без светофоров один автобус может проезжать заданную точку каждые 3,5 с, что означает пропускную способность 1030 авто/ч. При наличии светофоров вышеуказанная пропускная способность должна быть уменьшена на отношение эффективного зеленого цикла к времени цикла нисходящего светофора. Например, если время зеленого света равно 50% времени цикла, можно получить пропускную способность 515 автобусов в час, что выше, чем нормальный поток автобусов практически на любом участке дорожной полосы.

Однако фактически критическими точками автобусных полос являются промежуточные ОП. Например, если четыре пассажира садятся в каждый автобус со скоростью 3 с/пасс, и каждый автобус занимает 12 с, входя в автобус, открывая и закрывая двери, и покидая автобусную остановку, то максимальная пропускная способность, равная 150 авто/ч [6].

Процесс формирования групп автобусов можно рассмотреть, например, как автобусы относятся к одной из трех групп (А, В и С) (рис. 2).

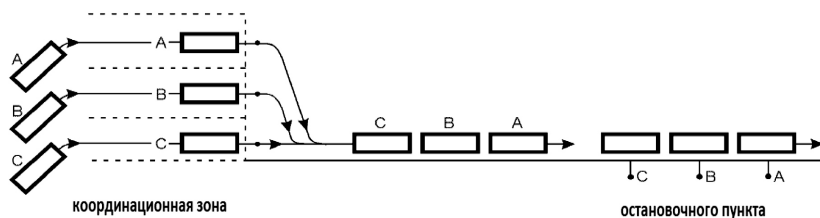


Рис. 2. Операции автобусного конвоя [7]

При таком формировании групп автобусы прибывают в координационную зону в случайном порядке и выстраиваются в предпочтительной последовательности, но не в строгие группы. Этот

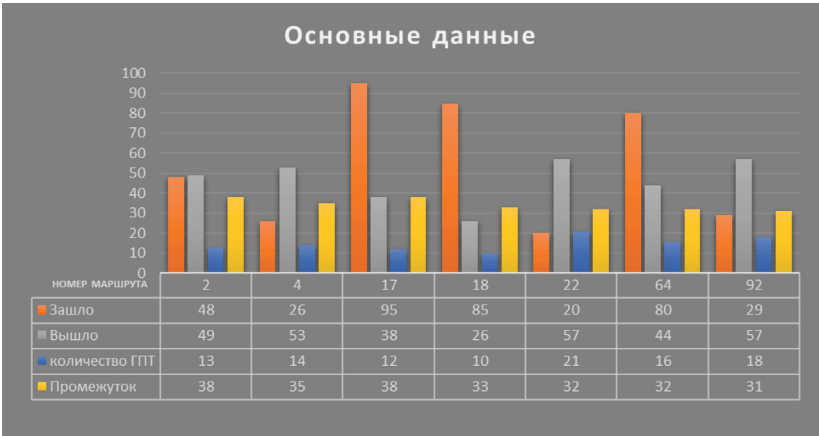
способ может повысить курсовую скорость автобусов при высоком уровне пассажирского спроса [15].

На основании проведенных аналитических исследований можно выдвинуть гипотезу о том, что формирование автобусов в отдельную группу повысит пропускную способность ОП.

С целью проверки высказанной гипотезы были проведены экспериментальные исследования процесса прохождения автобусов через ОП «пл. Революции» на пр. Ленина г. Челябинска. В процессе экспериментальных исследований учитывалось: количество маршрутов; количество автобусов на маршруте; количество выходящих и входящих пассажиров и время нахождения автобуса на ОП.

Экспериментальные исследования процесса прохождения автобусов через ОП проводились по два часа в утреннее и вечернее время в период высокой интенсивности пассажиропотока.

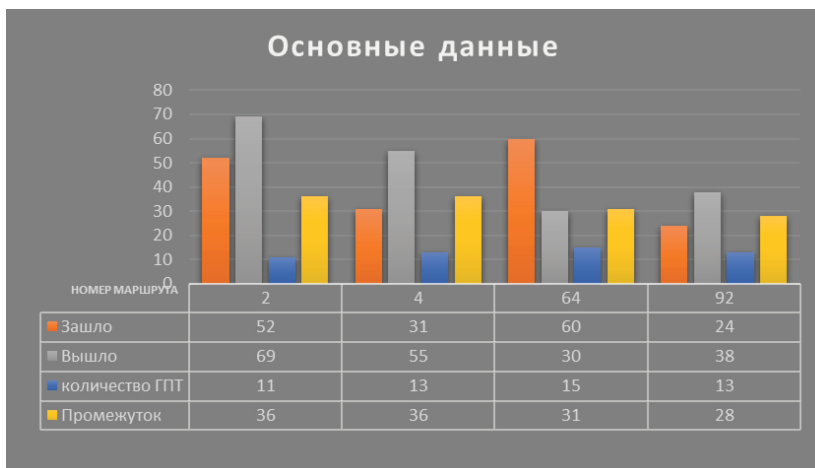
Результаты экспериментальных исследований процесса прохождения автобусов через ОП на маршрутах №2, №4, №17, №18, №22, №64 и №92 на ОП «пл. Революции» утром 12.07.2023 представлены из рис. 3.



**Рис. 3.** Диаграмма основных данных экспериментальных исследований остановочного пункта «Площадь Революции» в утреннее время 12.07.2023



Результаты экспериментальных исследований процесса прохождения автобусов через ОП на маршрутах №2, №4, №64 и №92 на ОП «пл. Революции» вечером 12.07.2023 представлены из рис. 4.



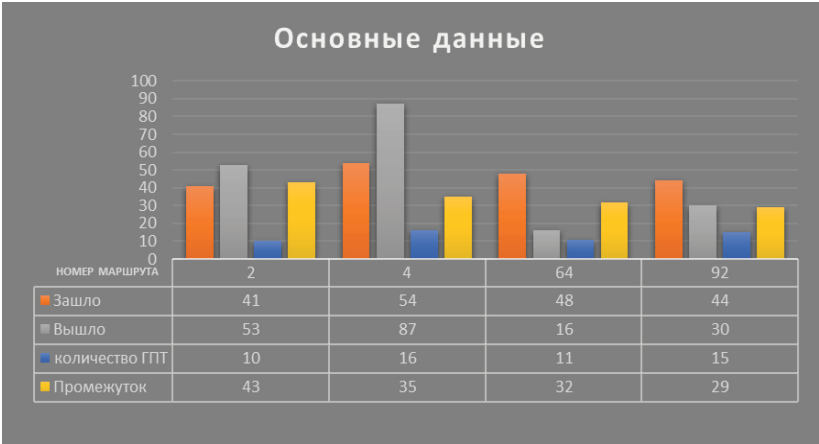
**Рис. 4.** Диаграмма основных данных экспериментальных исследований остановочного пункта «Площадь Революции» в вечернее время 12.07.2023



**Рис. 5.** Диаграмма основных данных экспериментальных исследований остановочного пункта «Площадь Революции» в утреннее время 13.07.2023

Результаты проведенных экспериментальных исследований на маршрутах №2, №4, №17, №18, №22, №64, №92 на остановочном пункте «Площадь Революции» утром 13.07.2023 представлены из рис. 5.

Результаты проведенных экспериментальных исследований на маршрутах №2, №4, №64, №92 на остановочном пункте «Площадь Революции» вечером 13.07.2023 представлены из рис. 6.



**Рис. 6.** Диаграмма основных данных экспериментальных исследований остановочного пункта «Площадь Революции» в вечернее время 13.07.2023

С учетом полученных исходных данных экспериментальных исследований (рис. 4, 5 и 6) определим теоретическое время обслуживания пассажиров на ОП при условии движения автобусов в группе.

С этой целью выполним теоретические исследования процесса прохождения ОП автобусами, сформированными в отдельную группу. Известно, что при движении автобуса через ОП, когда посадка и высадка происходит практически одновременно через все двери, время обслуживания может быть определено из уравнения (1), [12]:

$$T_{\text{обсл}} = T_{\text{п}} + p_{\text{вх}} \cdot t_{\text{вх}} + p_{\text{вых}} \cdot t_{\text{вых}} \quad (1)$$

где  $T_{\text{обсл}}$  – время обслуживания автобусов на ОП, с;  $T_{\text{п}}$  – время простоя (задержки) автобусов, с;  $p_{\text{вх}}$ ,  $p_{\text{вых}}$  – количество пассажи-

ров соответственно входящих и выходящих из автобусов, чел.;  $t_{\text{вх}}$ ,  $t_{\text{вых}}$  – среднее время соответственно посадки и высадки на одного пассажира, с;

Если посадка пассажиров в автобус производится через одни двери, а высадка через другие, то время обслуживания автобуса может быть определено из уравнения (2):

$$T_{\text{обсл}} = T_{\text{п}} + \text{Max}(p_{\text{вх}} \cdot t_{\text{вх}}, p_{\text{вых}} \cdot t_{\text{вых}}) \quad (2)$$

Известно также, что время обслуживания состоит из трех отдельных составляющих: времени посадки, времени высадки и времени простоя. Время посадки и высадки может происходить одновременно, как в один автобус, так и в несколько автобусов, при их движении группой.

При этом время простоя одного автобуса без очереди на ОП зависит от его длины и может быть определено по уравнению (3):

$$T_{\text{п}} = 13 + L_{\text{авто}} \cdot 0.25 \quad (3)$$

где:  $T_{\text{п}}$  – время простоя автобуса на ОП, сек;  $L_{\text{авто}}$  – длина автобуса, м.

В случае заторных ситуаций на ОП время простоя для группы автобусов может быть опрделено по уравнению (4):

$$T_{\text{п гр авто}} = 13 + L_{\text{авто}} \cdot 0.25 + (2 + 0.17 \cdot L_{\text{авто}}) \cdot (N - 1) \quad (4)$$

где:  $T_{\text{п гр авто}}$  – время простоя автобусов в группе, сек;  $L_{\text{авто}}$  – длина каждого автобуса в группе (средняя длина автобусов в группе), м;  $N$  – количество автобусов в группе, ед.

Если посадка и высадка пассажиров осуществляется одновременно в несколько автобусов, сформированных в группу, то время их обслуживания может быть определено из уравнения (5):

$$T_{\text{обсл } N \text{ мест}} = T_{\text{п}} + \frac{3}{N+2} \cdot \sum_{i=1}^N T_i \quad (5)$$

где:  $T_{\text{обсл } N \text{ мест}}$  – среднее время обслуживания автобусов в группе на ОП с  $N$  местами (уравнение будет содержать  $2^N$  членов);  $N$  – количество автобуса в группе;  $T_{\text{п}}$  – время простоя (задается уравнением 4);  $T_i$  – переменное время обслуживания для  $i$ -го места на ОП, рассчитанное отдельно (задается уравнением 2 без учета  $T_{\text{п}}$ ).

Используя исходные данные (табл. 1), полученные в процессе экспериментальных исследований на маршруте №2 за два дня в утрен-

нее и вечернее время 12.07.2023 и 13.07.2023 года на ОП «пл. Революции» г. Челябинск, выполним расчеты времени обслуживания пассажиров для одного автобуса, на примере микроавтобуса. Приняв его длину 7 метров и средние значения данных из табл. 1 и используя уравнение 3 получим, что время простоя автобуса составит  $T_n = 14.75$  сек., а используя уравнение 2, определим время обслуживания пассажиров, которое составит  $T_{\text{обсл}} = 14,75 + (53/11) \cdot 3 = 29$  сек.

Таблица 1.

**Исходные данные, полученные в процессе экспериментальных исследований на маршруте №2**

| Номер Маршрута №2 |           |       |                      |                                     |
|-------------------|-----------|-------|----------------------|-------------------------------------|
| Дата исследования | Пассажиры |       | Количество автобусов | Время входа и выхода автобуса (сек) |
|                   | Вышло     | Зашло |                      |                                     |
| 12.07 утром       | 49        | 48    | 13                   | 38                                  |
| 12.07 вечером     | 69        | 52    | 11                   | 36                                  |
| 13.07 утром       | 41        | 48    | 10                   | 35                                  |
| 13.07 вечером     | 53        | 41    | 10                   | 43                                  |
| Средние           | 53        | 47    | 11                   | 38                                  |

Если к расчетной величине времени обслуживания пассажиров добавить 5 секунд на открытие и закрытие дверей, и вход-выход с ОП 5 секунд, тогда расчетное время входа и выхода автобуса с ОП составит  $T_{\text{вх. вых}} = 29 + 5 + 5 = 39$  сек., что совпадает с исходными данными табл. 1.

В случае использования автобусов в группе, например 3-х автобусов, можно рассчитать время их простоя на ОП с учетом уравнения 4:

$$T_n = 14,75 + (2 + 0,17 \cdot 7) \cdot (3 - 1) = 21,2 \text{ сек}$$

Используя уравнение 5 рассчитаем время обслуживания пассажиров на ОП для трех автобусов в группе:

$$T_{\text{обсл}} = 21,2 + (3/5) \cdot (29 - 14,75) \cdot 3 = 46,85 \text{ сек}$$

Приведенный теоретический расчет времени обслуживания пассажиров на ОП одного автобуса, с учетом исходных данных табл. 1, показал, что это время равно 29 сек, а расчет того же вре-

мени по уравнение 5 для трех автобусов в группе составило 46,85 сек, как показано на рис. 7.

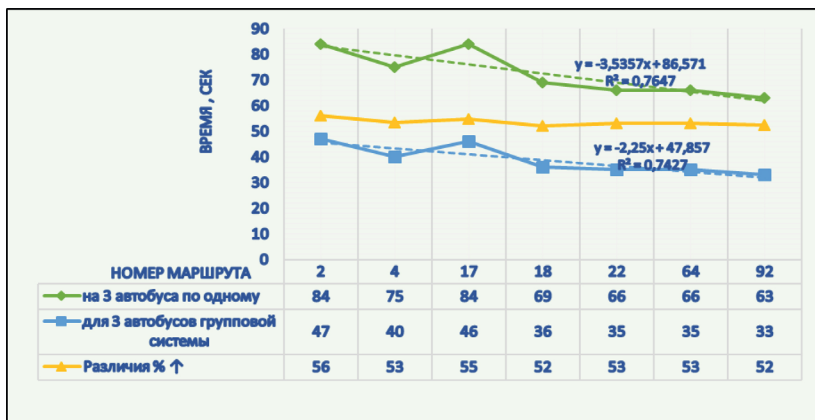
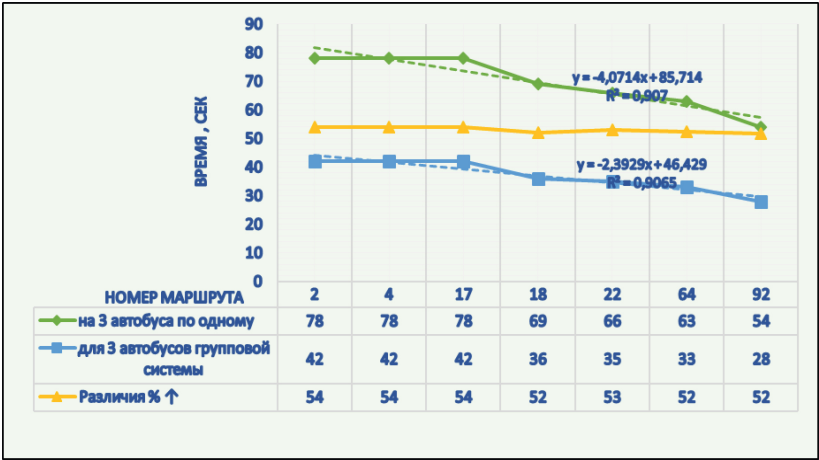


Рис. 7. Зависимости времени нахождения 3 автобусов в группе и 3 автобусов, прибывши один за другим, на ОП «пл. Революции» от номеров маршрутов в утреннее время 12.07.2023 г.

Если сравнить теоретические расчеты, времени обслуживания пассажиров на ОП для 3 автобусов в группе, равное 46,85 сек, и для 3 автобусов, прибывающих один за другим, равное  $29 \cdot 3 = 84$  сек то можно утверждать, что второе время превышает первое примерно на 55,8%.

Результаты экспериментальных и теоретических исследований времени обслуживания пассажиров на ОП с учетом автобусов, которые относятся к микроавтобусам и средним автобусам, на маршрутах №2, №4, №17, №18, №22, №64 и №92, с высокой интенсивностью и пассажиропотоком, показали, что времена обслуживания пассажиров на ОП для 3 автобусов в группе ниже, чем для 3 автобусов, прибывшими один за другим, в пределах от 52% до 56% рис. 7.

На рис. 8 показаны зависимости времени нахождения 3 автобусов в группе и 3 автобусов, прибывающих один за другим, на ОП «пл. Революции» от номеров маршрутов в вечернее время 12.07.2023 г.



**Рис. 8.** Зависимости времени нахождения 3 автобусов в группе и 3 автобусов, прибывши один за другим, на ОП «пл. Революции» от номеров маршрутов в вечернее время 12.07.2023 г.

Из рис.7 и 8 зависимостей времени нахождения 3 автобусов в группе и 3 автобусов, прибывающих один за другим, от номеров маршрутов, как в утреннее, так и вечернее время 12.07.2023 г. видно, что при использовании 3 автобусов в группе время обслуживания пассажиров на ОП будет снижена в пределах от 52-56%.

Данный установленный факт позволяет утверждать, что движение автобусов в группе через ОП повысит его пропускную способность, примерно на 50% и снизит вероятность заторных процессов на нем.

***Список литературы / References***

1. Averyanov Y.I., Asfoor H.M.A, Golenyaev N.S. Influence of the Speed of Motion of Public Motor Transport and the Time of the Green Signal of the Light Traffic on the Formation of Their Transport Flow. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 666, no. 4, p. 042085. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/4/042085>

2. Freeman J. Technical Memorandum—Transit Signal Priority Implementation on International Drive: TSP Evaluation Summary Draft. Kittelson and Associates. Inc. 2013.
3. Fernandez R., Planzer R. On the capacity of bus transit systems. *Transport reviews*, 2002, vol. 22(3), pp. 267-293. <https://doi.org/10.1080/01441640110106328>
4. Romea G., Estrada M. Analysis of an autonomous driving modular bus system. *Transportation Research Procedia*, 2021, vol. 58, pp. 181-188. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.025>
5. Аверьянов Ю.И. Теоретическое обоснование скоростного режима общественного автотранспорта для безостановочного проезда регулируемого перекрестка / Ю. И. Аверьянов, Х. М. А. Асфур, Н. С. Голеняев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2021. Т. 15, № 1. С. 182-188. <https://doi.org/10.14529/em210119> [Averyanov Yu.I., Asfoor H.M.A., Golenyaev N.S. Theoretical Rationale of the Speed Mode of Public Transport for Non-stop Passage at a Signal-Controlled Crossing. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2021, vol. 15, no. 1, pp. 182-188. <https://doi.org/10.14529/em210119>]
6. Szasz P.Á., de Carvalho Montans L., Ferreira E. O. COMONOR: ordained bus convoy (No. 9). Companhia de Engenharia de Tráfego. 1978.
7. Meirelles A. A review of bus priority systems in Brazil: from bus lanes to busway transit. *Smart Urban Transport Conference, 2000, Brisbane, Queensland, Australia*, 2000.
8. Asfoor H.M.A., Averyanov Y.I. Bus Stop Points for Urban Passenger Transport and the Factors That Influence Their Capacity. *2021 International Conference on Advance of Sustainable Engineering and its Application (ICASEA)*. IEEE, 2021, pp. 137-140. <https://doi.org/10.1109/ICASEA53739.2021.9733084>
9. Gibson J., Fernández R. Recomendaciones para el diseño de paraderos de buses de alta capacidad. *Apuntes de ingeniería*, 1995, vol. 18(1), pp. 35-50.

10. Jacques K.S., Levinson H.S. Operational analysis of bus lanes on arterials. Report 26. Transportation Research Board, 1997. [https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp\\_rpt\\_26-a.pdf](https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_26-a.pdf)
11. Daganzo C.F. Structure of competitive transit networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2010, vol. 44(4), pp. 434-446. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.11.001>
12. Highway capacity manual. Washington, DC, 2000. [https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/highway\\_capacity\\_manual.pdf](https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/highway_capacity_manual.pdf)
13. Germani E., Szasz P.A. COMONOR-A bus convoy system. *30th IEEE Vehicular Technology Conference*, 1980, vol. 30, pp. 413-417. <https://doi.org/10.1109/VTC.1980.1622844>
14. Çalıřkanelli S. P., Cořkun Atasever F., Tanyel S. Start-up lost time and its effect on signalized intersections in Turkey. *Promet – Traffic & Transportation*, 2017, vol. 29, no. 3, pp. 321-329. <https://doi.org/10.7307/ptt.v29i3.2214>
15. Asfoor H.M.A., Averyanov Y.I., Golenyaev N.S. Improving the Bus Stops Capacity Depending on Capacity of Bus Lane and Regulated Intersection Capacity. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2023, vol. 1232, no. 1, p. 012050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1232/1/012050>

### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Аверьянов Юрий Иванович**, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», доктор технических наук  
*Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)*  
*пр. Ленина, 76, г. Челябинск, Челябинская область, 454080, Российская Федерация*  
*aver541710@mail.ru*

**Асфур Хасананин Мухи Асфур**, соискатель кафедры «Автомобильный транспорт»  
*Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)*



*пр. Ленина, 76, г. Челябинск, Челябинская область, 454080,  
Российская Федерация  
iraqieng2003@yahoo.com*

## **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Yuri I. Averyanov**, Professor of the Department of Life safety, Doctor of Technical Sciences

*South Ural State University*

*76, Lenin Ave., Chelyabinsk, Chelyabinsk Region, 454080, Russian Federation*

*aver541710@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5934-4436>*

*Scopus Author ID: 57202610487*

**Asfoor Hasanain Muhi Asfoor**, Department Applicant in the Department of Automobile Transport

*South Ural State University*

*76, Lenin Ave., Chelyabinsk, Chelyabinsk Region, 454080, Russian Federation*

*iraqieng2003@yahoo.com*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3448-101X>*

*Scopus Author ID: 57222469510*

Поступила 13.02.2024

После рецензирования 01.03.2024

Принята 07.03.2024

Received 13.02.2024

Revised 01.03.2024

Accepted 07.03.2024

DOI: 62-21

УДК 10.12731/2227-930X-2024-14-1-249



Научная статья | Эксплуатация автомобильного транспорта

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПАССИВНОЙ И АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

**П.А. Киба, М.Р. Киба**

*В статье рассматривается актуальность использования композитных материалов биологического и синтетического происхождения в элементах пассивной и активной безопасности автомобиля. Тема безопасности дорожного движения по-прежнему актуальна, т.к. автомобилей с каждым годом становится все больше и больше. Характеристики безопасности транспортных средств должны улучшаться, а экологические загрязнения снижаться. Для достижения этих целей были предложены различные подходы использования композитных материалов в элементах кузова автомобиля. Помимо характеристик безопасности, композитные материалы также уменьшают вес автомобиля. Такое транспортное средство быстрее набирает скорость и потребляет меньше топлива, меньше загрязняя окружающую среду. На примере автомобиля Porsche рассмотрены запчасти, сделанные полностью и с добавлением углепластика. Приведено резюме дальнейшего использования технологии в стране и мире.*

**Цель** – показать важность использования композитных материалов в элементах активной и пассивной безопасности автомобиля.

**Метод и методология проведения работы.** Теоретический анализ и обобщение научно-технической литературы в контексте

*сте исследований перспективности использования композитных материалов в автомобилестроении.*

**Результаты.** По проведенному исследованию и практическому опыту приведены примеры, в каких областях автомобилестроения можно применять композитные материалы.

**Область применения результатов.** Результаты можно использовать при проектировании и разработке элементов пассивной и активной безопасности.

**Ключевые слова:** композитные материалы; активная безопасность; пассивная безопасность; автомобилестроение; легковые автомобили; электромобили

**Для цитирования.** Киба П.А., Киба М.Р. Использование композитных материалов в пассивной и активной безопасности автомобиля // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 1. С. 121-135. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-249

Original article | Operation of Road Transport

## THE USE OF COMPOSITE MATERIALS IN PASSIVE AND ACTIVE SAFETY OF AUTOMOBILE

**P.A. Kiba, M.R. Kiba**

*The article deals with the relevance of using composite materials of biological and synthetic origin in the elements of passive and active safety of the car. The topic of road safety is still topical, as cars are becoming more and more every year. The safety characteristics of vehicles should improve and environmental pollution should be reduced. To achieve these goals, various approaches of using composite materials in car body elements have been proposed. In addition to safety features, composite materials also reduce the weight of the vehicle. Such a vehicle picks up speed faster and consumes less fuel, reducing environmental pollution. Using the example of a Porsche car, parts made*

*entirely and with carbon fiber are examined. A summary of the further use of the technology in the country and the world is given.*

*The **purpose** is to show the importance of using composite materials in active and passive safety elements of the car.*

***Method and methodology of the work.** Theoretical analysis and generalization of scientific and technical literature in the context of research into the prospectivity of the use of composite materials in the automotive industry.*

***Results.** According to the conducted research and practical experience examples are given in which areas of automobile construction composite materials can be used.*

***Scope of application of the results.** The results can be used in the design and development of passive and active safety elements.*

***Keywords:** composite materials; active safety; passive safety; automotive industry; passenger cars; electric vehicles*

***For citation.** Kiba P.A., Kiba M.R. The Use of Composite Materials in Passive and Active Safety of Automobile. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 121-135. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-249*

### **Постановка задачи**

Тема безопасности дорожного движения – актуальная в нашей стране. По статистике, за 2023 год произошло порядка 117048 ДТП с пострадавшими [10]. Регулярно проводятся мероприятия по улучшению дорожной инфраструктуры, качеству дорожного покрытия, работе с населением (начиная с детского сада, человеку подробно рассказывают правила дорожного движения, в школе проводят викторины и т.д.). Однако проводимой работы недостаточно – главным источником опасности на дороге был и остается автомобиль. Над улучшением параметров безопасности автомобилей ежегодно работают ведущие производители. В первую очередь эти работы направлены на улучшение безопасной эксплуатации конструкции кузова автомобиля.

### **Проводимые исследования**

Существенным прорывом в улучшении характеристик безопасности автомобиля было внедрение в конструкционные особенности элементов активной и пассивной безопасности. В частности, внедрение в серийное производство ABS, подушек безопасности, систем электронной курсовой устойчивости, активного круиз контроля, парктроники, системы ночного видения и т.д [7].

Учитывая будущие перспективы машиностроения, первостепенное внимание уделяется не только мощности двигателя, но и конструкционной безопасности автомобиля, а также экологичности использования. Пассивная безопасность важна не менее, чем активная, зачастую она применима в моменте, когда ДТП уже произошло. К элементам пассивной безопасности автотранспорта можно отнести:

- ремни безопасности;
- надувные подушки безопасности;
- сминаемые или мягкие элементы интерьера автосалона;
- складывающаяся рулевая колонка;
- травмобезопасный pedalный узел;
- энергопоглощающие элементы передней и задней частей кузова автомобиля, сминающиеся при ударе;
- активные подголовники сидений, защищающие от серьезных травм шеи при ударе
- автомобиля сзади;
- безопасные стёкла — закалённые, которые при разрушении рассыпаются на множество неострых осколков и триплекс;
- дуги безопасности, усиленные передние стойки крыши и верхняя рамка ветрового стекла в родстерах и кабриолетах;
- поперечные брусья в дверях и т.п.;
- защита от проникновения двигателя и других агрегатов в салон (увод их под днище).

Жесткость — является одним из первичных показателей при эксплуатации автомобиля. При проведении моделирования бо-

кового удара автомобиля были исследованы моменты, позволяющие увеличить жесткость автомобиля для увеличения прочности кузова и поглощающих свойств балки [2]. В этом случае предлагается улучшить пассивную безопасность автомобиля путем установки дополнительных балок в конструкцию автомобиля. Наличие балки позволит уменьшить деформацию при ударе, однако снизит маневренность автомобиля и увеличит вес [9]. Помимо автомобилей массового рынка тема безопасности волнует конструкторов гоночных авто. Увеличивать вес гоночных автомобилей за счет установки дополнительных упрочняющих элементов нецелесообразно. Жесткости кузова уделяют внимание из-за того, что во время эксплуатации материалы из углепластика обладают высокими значениями крутильной жесткости. Именно поэтому стоит рассмотреть актуальность применения композитных материалов в устройстве пассивной безопасности автомобиля. При увеличении этого параметра улучшаются характеристики эргономичности автомобиля.

Учеными [11] было доказано, что использование композитов на основе натуральных пластин, имеющих структуру сэндвич-панелей поможет улучшить показатели пассивной безопасности салона автомобиля. Например, композиты с экстрактом льна Харакеке могут удерживать продольное растяжение до 3,98 ГПа. Или, например, в исследовании [12] сказано о перспективности использования композитов на основе льна для разработке элементов кузова для электромобилей. Данный вид композитов не только меньше вредит окружающей среде, но достаточно облегчает вес автомобиля, что имеет значение для автомобилей с электрическим двигателем. При этом также предлагается [13] использовать композитные материалы в ремонте автомобилей, а также для защиты автомобильного кузова [14], уменьшать вес автомобилей за счет использования композитов, увеличивая прочностные характеристики элементов кузова (в том числе и пассивной безопасности) [15].

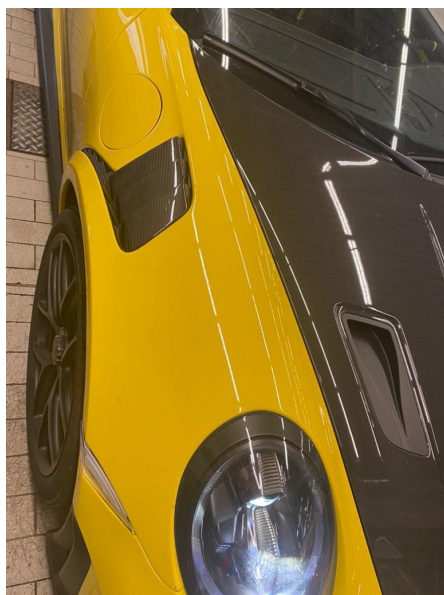
Композитный материал (композит, КМ) – неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, сильно отличающихся как химическими, так и физическими свойствами, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу (или связующее), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов [10]. При этом исследование трибологических и физико-технических свойств композитов было выяснено, что важными факторами являются полимерная матрица, дисперсия, пористость, адгезионные свойства. При этом при применении композитов на натуральной основе вес изделий ниже, ударопрочность выше, вклад для экологии выше, чем при использовании композитов на синтетической основе [8].

Композитные материалы являются перспективным направлением в машиностроении и активно используются в науке. Исследованиями ученых доказано [3, 5], что применение композитных материалов имеет актуальность и перспективность не только в проектировании деталей, но и в восстановлении узлов деталей машин. При этом важными условиями являются показатели, благодаря которым производится улучшение: термостойкость, износостойкость, долговечность. Напрямую это зависит от состава композита (долей массовых частей), способом его нанесения, количеством вещества, распространением дисперсных частиц в композите, параметра режущего инструмента, температурой запекания, а также прозрачностью получившегося композита, что вызывает интерес к этой теме в разрезе эксплуатации автотранспорта. Далее в качестве примера будет рассмотрен автомобиль Porsche GT2 RS.

В автомобиле Porsche GT2 RS композитные материалы используются в качестве улучшения характеристик пассивной безопасности с точки зрения увеличения жесткости кузова без значительного увеличения веса.

Углепластик является распространенным в автомобилестроении композитным материалом, благодаря которому увеличива-

ются качественные характеристики автомобиля. Благодаря применению этого материала, прочностные характеристики которого превышают во много раз высокопрочную сталь, автомобиль хоть и возрастает в цене, но и приобретает уникальные свойства. Автомобили, имеющие в своем составе углепластиковые запчасти, имеют характерные преимущества в скорости и безопасности. Однако стоит отметить существенный недостаток – это высокая стоимость таких автомобилей. В частности изменения в конструкционных частях автомобиля наглядно видны на рисунках:



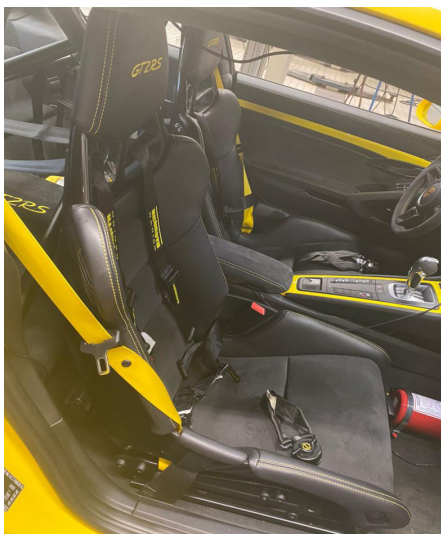
**Рис. 1.** Углепластиковое крыло с углепластиковым воздухозаборником (облегченным)

На рисунках видны принципиальные изменения в устройстве кузовных частей автомобиля. В частности: углепластиковые крылья, полиуретановый капот, корпус интеркулера из углепластика. Необходимо доказать целесообразность использования подобных материалов и их влияние на пассивную безопасность автомобиля.





**Рис. 2.** Углепластиковые бампер и капот



**Рис. 3.** Облегченные углепластиковые сидения



**Рис. 4.** Бампер из полиуретана изнутри



**Рис. 5.** Корпус интеркулера из углепластика.

Бампер является одной из важнейших деталей в автомобиле, которая напрямую влияет на безопасность участников движения. В частности, благодаря применению углепластика или полиуретана в создании бамперов решаются две проблемы:

1. бампер из полиуретана является гибким, что позволяет увеличить надежность автомобиля. Помимо хороших свойств жесткости композиты позволяют уменьшить вероятность воспламеняемости;

2. использование легких композитных материалов (полиуретан, углепластик) позволяют снизить вес автомобиля, что влияет на его скорость (важный аспект для гоночного автомобиля) и вес. Эти характеристики напрямую влияют на расход топлива, что связано не только с улучшением характеристик безопасности, но еще и экологичности использования автомобиля.

По ранее проведенному исследованию [1] можно заключить, что композиты, имеющие полимерную матрицу, а также малый диаметр частиц (например, нано-) в 5 раз прочнее стали по соотношению к весу. Исполнение бампера с применением композитного материала позволяет повысить его поглощающую способность. Помимо спортивных автомобилей композитные бампера устанавливают и на массовые модели.

Углепластиковые детали кузова (на примере указанного автомобиля) снижают вероятность серьезной деформации при аварии, облегчают вес автомобиля и снижают расход топлива.

Композиты, включающие натуральные составляющие обладают высоким потенциалом возобновляемости, экологичности помимо заметных улучшающих механических свойств запчасти. Основной из новых целей ведущих компаний является массовая разработка композитных материалов из возобновляемых источников [4].

## **Выводы**

Однако нельзя утверждать, что автомобили из композитов скоро станут массово производиться. Любая технология должна адаптироваться на рынке. На данный момент композиты внедряют в детали кузова, улучшая тем самым характеристики активной

и пассивной безопасности, проводятся множественные эксперименты, характеризующие зависимость композита от матрицы. В первую очередь от состава (массовой доли частей полимеров), диаметра частиц, материала, с которым происходит взаимодействие, каким образом происходит нанесение композита и др. При этом в будущем вполне возможно полное производство автомобиля из композитов, этому способствует 2 тренда:

1. нарастающая популярность электромобилей;
2. увеличение внимания общества к экологии [7].

### *Список литературы*

1. Lee R., Rizaeva Yu., Psarev D., Kiba M., Bykonya A., Sukhareva T. Elastomeric nanocomposite for recovery of worn-out basic parts of agricultural machinery // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 845. 012126. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012126>
2. Vaduka Akshitha Sumahi, S.P. Jani, Sudhakar Uppalapati. Impact study of a car bumper by using carbon fiber reinforced polyetherimid and S-glass/ epoxy compo // Materials Today: Proceedings. 2023. Vol. 92, Part 1. P. 364-370. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.177>
3. Li R., Psarev D., Kiba M. Promising Nanocomposite Based on Elastomer F-40 for Repairing Base Members of Machines // Polymer Science, Series D. 2019. Vol. 12. P. 128-132. <https://doi.org/10.1134/S1995421219020114>
4. Султанов М.В., Семькина А.С., Загородний Н.А. Исследование влияния жесткости каркаса безопасности на пассивную безопасность гоночных автомобилей // Прогрессивные технологии и процессы: Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2018. С. 240-243.
5. Евдонин Е.С., Гурьянов М.В. Активная и пассивная безопасность автомобиля как основная мера повышения безопасности дорожного движения // Труды НАМИ. 2010. № 244. С. 36-51.
6. Сулегин Д.А., Зузов В.Н. Исследование влияния усиливающих элементов двери автомобиля на пассивную безопасность при боковом ударе // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2021. № 1 (132). С. 86-97. [https://doi.org/10.46960/1816-210X\\_2021\\_1\\_86](https://doi.org/10.46960/1816-210X_2021_1_86)

7. Казмирчук К. Композиты в автомобильной промышленности: обзор передового опыта с выставки JEC World 2019 // Композитный мир. 2019. № 2(83). С. 60-68.
8. Madhusmita Sahu, Amar Patnaik, Yugal Kishor Sharma, Ashutosh Dalai. Physico-mechanical and tribological behaviour of natural fiber reinforced polymer composites: A short review // Materials Today: Proceedings. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.822>
9. Rosalía Guerra Tornero, Composite materials are more present today than ever before in cars // Reinforced Plastics. 2015. Vol. 59, Issue 3. P. 131. <https://doi.org/10.1016/j.repl.2015.01.004>
10. Полная статистика ДТП по России по месяцам в 2023 году. <https://rusdtp.ru/stat-dtp/>
11. Katrin Greta Hoffmann, Katharina Haag, Jörg Müssig. Biomimetic approaches towards lightweight composite structures for car interior parts // Materials & Design. 2021. Vol. 212, 110281. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110281>
12. Nicholas Fantuzzi, Michele Baccocchi, David Benedetti, Jacopo Agnelli. The use of sustainable composites for the manufacturing of electric cars // Composites Part C: Open Access. 2021. Vol. 4, 100096. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100096>
13. Артамонов И.А. Совершенствование технологических процессов ремонта машин с использованием дисперснонаполненных полимеров // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: Материалы международной научно-практической конференции, Белгород, 15–17 октября 2020 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. С. 30-65.
14. Титков А.А. Применение композитных материалов для повышения пассивной безопасности кузовных частей автомобилей / А. А. Титков, Д. Г. Зенин, Н. Г. Сысенко // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2020): сборник статей XII Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры технологии материалов и транспорта,

Курск, 23 октября 2020 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 352-354.

15. Письменный Р.А. Разработка новых материалов с улучшенными свойствами для производства автомобилей // Символ науки: международный научный журнал. 2023. № 7-2. С. 19-20.

### References

1. Lee R., Rizaeva Yu., Psarev D., Kiba M., Bykonya A., Sukhareva T. Elastomeric nanocomposite for recovery of worn-out basic parts of agricultural machinery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 845, 012126. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012126>
2. Vaduka Akshitha Sumahi, S.P. Jani, Sudhakar Uppalapati. Impact study of a car bumper by using carbon fiber reinforced polyetherimide and S-glass/ epoxy compo. *Materials Today: Proceedings*, 2023, vol. 92, part 1, pp. 364-370. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.177>
3. Li R., Psarev D., Kiba M. Promising Nanocomposite Based on Elastomer F-40 for Repairing Base Members of Machines. *Polymer Science, Series D.*, 2019, vol. 12, pp. 128-132. <https://doi.org/10.1134/S1995421219020114>
4. Sultanov M.V., Semykina A.S., Zagorodniy N.A. Investigation of the influence of safety frame rigidity on passive safety of racing cars. *Progressive technologies and processes: Collection of scientific articles of the 5th All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation*, 2018, pp. 240-243.
5. Evdonin E.S., Guryanov M.V. Active and passive safety of the car as the main measure to increase the road traffic safety. *Proceedings of NAMI*, 2010, no. 244, pp. 36-51.
6. Sulegin D.A., Zuzov V.N. Research of the influence of the reinforcing elements of the car door on the passive safety in a side impact, *Proceedings of R.E. Alekseev NSTU*, 2021, no. 1 (132), pp. 86-97. [https://doi.org/10.46960/1816-210X\\_2021\\_1\\_86](https://doi.org/10.46960/1816-210X_2021_1_86)
7. Kazmirschuk K. Composites in the automotive industry: a review of best practices from JEC World 2019. *Kompozitnyy mir* [Composite World], 2019, no. 2(83), pp. 60-68.

8. Madhusmita Sahu, Amar Patnaik, Yugal Kishor Sharma, Ashutosh Dalai. Physico-mechanical and tribological behavior of natural fiber reinforced polymer composites: A short review. *Materials Today: Proceedings*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.822>
9. Rosalia Guerra Tornero, Composite materials are more present today than ever before in cars. *Reinforced Plastics*, 2015, vol. 59, no. 3, p. 131. <https://doi.org/10.1016/j.repl.2015.01.004>
10. Full statistics of road accidents in Russia by month in 2023. <https://rusdtp.ru/stat-dtp/>
11. Katrin Greta Hoffmann, Katharina Haag, Jörg Müssig. Biomimetic approaches towards lightweight composite structures for car interior parts. *Materials & Design*, 2021, vol. 212, 110281. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.110281>
12. Nicholas Fantuzzi, Michele Baccocchi, David Benedetti, Jacopo Agnelli. The use of sustainable composites for the manufacturing of electric cars. *Composites Part C: Open Access*, 2021, vol. 4, 100096. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100096>
13. Artamonov I.A. Improvement of technological processes of machine repair with the use of dispersion-filled polymers. *Energy-resource-saving technologies and equipment in the road and construction industries: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Belgorod, October 15-17, 2020*. Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2020, pp. 30-65.
14. Titkov, A.A. Application of composite materials to improve the passive safety of car body parts / A.A. Titkov, D.G. Zenin, N.G. Sysenko. *Modern automotive materials and technologies (SAMIT - 2020): collection of articles of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 25th anniversary of the Department of Materials Technology and Transport, Kursk, October 23, 2020*. Kursk: South-West State University, 2020, pp. 352-354.
15. Pismenny R.A. Development of new materials with improved properties for automotive production // *Symbol of Science: International Scientific Journal*. 2023. № 7-2. C. 19-20.

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Киба Петр Алексеевич**, магистрант кафедры Технической эксплуатации транспортных средств

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

*ул. 2-я Красноармейская, 4, г. Санкт-Петербург, 190005,*

*Российская Федерация*

*pitonio76@yandex.ru*

**Киба Мария Романовна**, ассистент кафедры Информационных систем и вычислительной техники, кандидат технических наук

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II*

*Васильевский остров, 21, г. Санкт-Петербург, 199106,*

*Российская Федерация*

*damsel\_91@mail.ru*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Petr A. Kiba**, Master's student of the Department of Technical Operation of Vehicles

*St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*

*4, 2nd Krasnoarmeyskaya Str., St. Petersburg, 190005, Russian*

*Federation*

*pitonio76@yandex.ru*

**Maria R. Kiba**, Assistant of the Department of Information Systems and Computer Engineering, PhD

*Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University*

*21, Vasilievsky Island, St. Petersburg, 199106, Russian Federation*

*damsel\_91@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9999-8146>*

Поступила 12.02.2024

После рецензирования 01.03.2024

Принята 04.03.2024

Received 12.02.2024

Revised 01.03.2024

Accepted 04.03.2024



DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-273

УДК 656.1



Научная статья | Управление процессами перевозок

## РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА В ОБЛАСТИ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

**Ю.А. Колебер, С.М. Мочалин**

*Развитие понятийного аппарата в области оценки организации городских пассажирских перевозок позволяет формировать объективные оценочные механизмы для дальнейшего улучшения работы городского пассажирского транспорта общего пользования. На сегодняшний день при наличии ряда проблем в области транспортного обслуживания населения крупных и крупнейших городов задача формирования обоснованной системы оценивания организации городских пассажирских перевозок становится наиболее актуальной. Однако для такой оценки разные авторы применяют разные категории: «результативность», «эффективность», «качество». Отсутствуют работы, которые бы позволили определить наиболее подходящую категорию применительно к функционированию городского пассажирского транспорта общего пользования. В статье проведено исследование указанных категорий, представлен их сравнительный анализ и рассмотрены возможности их использования для оценки работы рассматриваемой системы.*

**Цель** – выбор категории оценивания организации городских пассажирских перевозок.

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

**Результаты.** Определена сущность каждой из таких категорий, как «результативность», «эффективность», «качество» при-

менительно к оценке организации городских пассажирских перевозок. Определены как взаимосвязи между категориями, так и их существенные различия. Обоснован выбор категории оценивания организации городских пассажирских перевозок.

**Область применения результатов.** Полученными результатами могут руководствоваться ученые и специалисты, занимающиеся вопросами оценки организации городских пассажирских перевозок.

**Выводы.** Рекомендуются при выборе категории для оценивания организации городских пассажирских перевозок отражать ту ее сущность, которая определена в данной статье.

**Ключевые слова:** результативность; эффективность; качество; городские пассажирские перевозки; оценка

**Для цитирования.** Колебер Ю.А., Мочалин С.М. Развитие понятийного аппарата в области оценки организации городских пассажирских перевозок // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 136-155. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-273

Original article | Transportation process management

## DEVELOPMENT OF THE CONCEPTUAL FRAMEWORK IN THE FIELD OF ASSESSMENT OF THE ORGANIZATION OF URBAN PASSENGER TRANSPORTATION

*Yu.A. Koleber, S.M. Mochalin*

*The development of the conceptual apparatus in the field of assessing the organization of urban passenger transportation allows us to form objective evaluation mechanisms for further improvement of the work of urban public passenger transport. Today in the presence of a number of problems in the field of transport services for the population of large and largest cities the task of forming a sound assessment system for the organization of urban passenger transportation becomes the most urgent. However for such an assessment different authors use different categories: “effectiveness”, “efficiency”, and “quality”.*

*There are no works that would allow us to determine the most appropriate category in relation to the functioning of urban public passenger transport. The article conducts a study of these categories, presents their comparative analysis and considers the possibilities of their use to evaluate the operation of the system in question.*

**Purpose.** *The main objective of the article is to select a category for evaluating the organization of urban passenger transportation.*

**Methodology.** *The method of analysis and the method of systematization of data were used in carrying out the research.*

**Results.** *The essence of each of such categories as “effectiveness”, “efficiency” and “quality” in relation to the assessment of the organization of urban passenger transportation is determined. The interrelationships between the categories and their significant differences are determined. The choice of the category of assessment of the organization of urban passenger transportation is justified.*

**The scope of the results.** *The results obtained can be guided by scientists and specialists involved in the assessment of the organization of urban passenger transportation.*

**Conclusions.** *It is recommended when choosing a category for evaluating the organization of urban passenger transportation to reflect its essence, which is defined in this article.*

**Keywords:** *effectiveness; efficiency; quality; urban passenger transportation; assessment*

**For citation.** *Koleber Yu.A., Mochalin S.M. Development of the Conceptual Framework in the Field of Assessment of the Organization of Urban Passenger Transportation. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 136-155. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-273*

## **Введение**

В современных условиях развития транспортных систем крупных городов возникает острая необходимость формирования оценочных механизмов применительно к организации их дея-

тельности. Это связано, главным образом, с накопившимися в рассматриваемых системах с течением времени проблем, таких как несоответствие существующих транспортных сетей запросам на транспортные услуги в связи с быстрым ростом городского населения, низкая провозная возможность маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования, рост количества личных автомобилей в пользовании горожан и, как следствие, транспортные заторы, ухудшение экологии города [2, 7]. Для устранения этих проблем требуется формировать действенные механизмы управления, которые должны быть основаны на максимально достоверной системе оценивания показателей работы системы городских пассажирских перевозок. Специфика этой системы требует учета множества факторов в процессе оценки ее функционирования. Авторы работ по оценке функционирования системы городских пассажирских перевозок применяют, как правило, такие категории, как «результативность», «эффективность», «качество». Однако на сегодняшний день отсутствуют достаточные исследования по выбору категории оценивания такой сложной системы. Данное положение обосновывает актуальность настоящего исследования для цели построения достаточно обоснованной и содержательной системы оценивания городских пассажирских перевозок.

### **Материалы и методы**

Прежде чем сравнивать понятия «результативность», «эффективность», «качество» применительно к оценке организации городских пассажирских перевозок, необходимо изучить специфику этих понятий согласно официальному документу. Таким документом является стандарт ISO серии 9000:2000 [4], поскольку он динамичен в развитии и объединяет опыт специалистов разных стран. Главное назначение данного стандарта – систематизация нормативных требований и концептуальных понятий, унификация прогрессивных подходов в производственной деятельности хозяйственных систем.

Согласно стандарту ISO серии 9000:2000 «результативность (effectiveness) – это степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов» [4, с. 17]; «эффективность (efficiency) – это связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами» [4, с. 17]; «качество (quality) – это степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям» [4, с. 14].

Несмотря на то, что рассматриваемые понятия утверждены стандартом, не ясно достаточно точно, как они оцениваются. В результате возникает путаница между понятиями, многие авторы для оценки деятельности хозяйствующих субъектов предлагают применять одно понятие, однако в процессе раскрывают сущность другого понятия. Или автор понимает и использует под каждым из понятий свой смысл, определяемый имеющимся багажом знаний и требованиями оцениваемой среды [3]. В итоге зачастую возникает «подмена» понятий.

Для более полного анализа сущности понятий «результативность», «эффективность», «качество» необходимо изучить опыт ученых в развитии указанных понятий.

Большую роль в развитии понятия «качество» сыграли такие ученые, как Э.В. Минько, М.Л. Кричевский, А.И. Момот, Л. Гэлловей, Г.С. Рахутин. Чаще всего авторы раскрывают содержание понятия «качество» как набор определенных показателей без увязки их в один системообразующий компонент, который необходимо максимизировать. Кроме того для разных систем применяются свои показатели качества, и их унификация представляется достаточно трудоемкой и слабо обоснованной с научной точки зрения процедурой.

Большую роль в становлении теории экономической эффективности сыграли такие ученые, как У. Пети, Ф. Кенэ, А. Смит А., К. Маркс, Т. Питерс, Р. Уотермен, Дж. Харрингтон. Однако эти ученые рассматривали этот термин в значении результативности и использовали его для оценки тех или иных правительственных или частных мер в зависимости от того, способствовали те или нет оживле-

нию экономической жизни. Впервые предпринял попытку оценить эффективность капитала Д. Риккардо, а понятие «эффективность» он уже рассматривал не как результативность, а как отношение результата к затраченным ресурсам. Таким образом, понятие «эффективность» приобрело статус экономической категории [5].

Критерий экономической эффективности заключается в следующем положении: общество в своем развитии должно стремиться к увеличению выпуска продукции, максимизации результатов хозяйственной деятельности при минимальных затратах всех видов ресурсов (человеческих, финансовых, информационных, материальных, природных). Это и есть суть эффективности. Однако в настоящее время продолжается путаница между понятиями «эффективность» и «результативность».

Свой вклад в развитие понятия «результативность» внесли отечественные и зарубежные ученые А.К. Семенов, В.И. Набоков, И.В. Бондаренко, Т. Питерс, Дж. Харрингтон, А. Файоль, П. Друкер, Г. Эмерсон, Дж. Л. Гибсон, Д. Риккардо, Дж. Окланд, Ф. Тейлор, Г. Форд, Ч. Барнард, М. Портер и др. Анализ предложенных ими подходов к рассмотрению понятия «результативность» дает основание определять его как степень выполнения определенной цели, задания, долга, обещания, плана.

Согласно источнику [6] понятие «результативность» появилось раньше понятия «эффективность» и уже в XVI веке было достаточно широко применялось учеными. Об этом же свидетельствуют вышеизложенные положения о том, что ученые с появлением понятия «эффективность» использовали его в качестве результативности. В то же время согласно источнику [9] изначально наиболее распространенным было понятие «эффективность», а понятие «результативность» возникло как самостоятельное направление только во второй половине XX века. Такого рода путаница в трактовках и хронологии рассматриваемых понятий возникла по следующим причинам:

- разное видение сущности понятий среди ученых;

- отсутствие четких требований к формированию количественных характеристик рассматриваемых понятий;
- большая схожесть рассматриваемых понятий между собой: оба понятия представляют являются оценочными механизмами качественного состояния объекта (процесса), выражающими количественные результаты некоего процесса;
- рассматриваемые понятия имеют английское происхождение и очень схожее звучание на английском языке: результативность – *effectiveness*, эффективность – *efficiency*.

Для наиболее точного выявления отличительных признаков рассматриваемых понятий был произведен анализ источников [1, 3, 5, 6, 9]. Результаты данного анализа представлены в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о том, что рассматриваемые понятия абсолютно не тождественны между собой, однако могут иметь некие пересечения относительно отдельных показателей, т.е. взаимозависимы и взаимодополняемы.

Различия рассматриваемых понятий следующие.

1. Если определение понятия «эффективность» достаточно конкретное и даже содержит в себе формулу для расчета, то формулы расчета результативности и качества, четко не определены.

2. Эффективность – это достижение экономических результатов, поскольку итоговый расчет имеет денежное выражение. Результативность – это максимально возможное выполнение плановых показателей, и в результате можно получить степень отклонения факта от плана. Качество же характеризует, насколько свойства объекта (процесса) соответствуют заявленным требованиям.

3. Любые виды затраченных на получение результата ресурсов, как правило переводят в денежный эквивалент, поэтому эффективность в отличие от результативности и качества нельзя использовать для оценки результатов, не связанных с получением экономического эффекта.

4. Эффективность, скорее, является не результатом достижения цели, а ее обоснованием.

Таблица 1.

Специфика понятий «результативность», «эффективность», «качество»

| Понятие          | Определение                                                                                                                                                                        | Автор                                                                                                                | Формула для расчета                                                   |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Результативность | Определенный показатель некого процесса, показатель того, что в конце процесса получается нечто, заранее запланированное                                                           | П. Друкер                                                                                                            | Отношение фактического результата к плану                             |
|                  | Отношение результата деятельности предприятия к его целям                                                                                                                          | А.К. Семенов, В.И. Набоков                                                                                           |                                                                       |
|                  | Соотношение полученных последствий и введенных факторов                                                                                                                            | З.А. Коваль                                                                                                          |                                                                       |
| Эффективность    | Соотношение результата или эффекта производства к затратам общественного труда                                                                                                     | А. Бугуцкий, П.Т. Саблук, Ю.Н. Новиков, М.М. Караман                                                                 | Отношение результата к затраченным в процессе его достижения ресурсам |
|                  | Результат (эффект) с точки зрения оптимального использования ресурсов – материальных, финансовых, трудовых                                                                         | П.Ф. Друкер, О.Л. Устенко, И.А. Маркина, А.Д. Шеремет, Р.С. Сайфулин                                                 |                                                                       |
|                  | Внутренняя экономичность, которая измеряет наилучшее использование ресурсов                                                                                                        | М.Х. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури                                                                                  |                                                                       |
|                  | Отношение эффекта, результата к расходам, которые обеспечили этот результат                                                                                                        | М.В. Ячменева, З.П. Румянцева, В.Д. Шапиро, И.И. Мазур, С.В. Мочерный Н.Г. Ольдерогге, Т.А. Сидницина, Б.З. Мильнер, |                                                                       |
|                  | Отношение результата к определенному виду затрат                                                                                                                                   | Д. Рикардо                                                                                                           |                                                                       |
| Качество         | 6 вариантов: 1) абстрактное; 2) соответствие ожиданиям покупателей; 3) соответствие спецификациям; 4) отсутствие ошибок; 5) ценность за деньги; 6) превышение ожиданий покупателя. | Л. Гэлловей                                                                                                          | Отношение результата к предъявленному на входе требованиям            |
|                  | Информация о свойствах объекта                                                                                                                                                     | А. Колмагоров                                                                                                        |                                                                       |



## Результаты

Система городских пассажирских перевозок – это сложная стохастическая система, имеющая как экономическую направленность, так и социальную составляющую. Экономический аспект функционирования рассматриваемой системы заключается в увеличении производительности труда, развитии экономики города и региона, социальный аспект выражается в предоставлении городского населению возможности совершать поездки в черте города, в том числе и по льготным тарифам. Не все цели участников системы городских пассажирских перевозок совпадают между собой. Так перевозчик стремится к максимизации прибыли, в то время как пассажир заинтересован в снижении тарифов.

Проблемы функционирования рассматриваемой системы требуют формирования достаточных оценочных механизмов, позволяющих формировать своевременные рычаги управления и корректирующие мероприятия. Наглядно значимость оценки функционирования системы городских пассажирских перевозок отражена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Значимость оценки функционирования системы городских пассажирских перевозок

В то же время большая экономическая и социальная значимость системы, а также ее масштаб затрудняют решение задачи оценки ее функционирования. Разные авторы по-разному формируют оценочные механизмы для системы городских пассажирских перевозок.

Использование понятий «результативность», «эффективность», «качество» применительно к системе городских пассажирских перевозок рассматривается в работах [9, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 22, 23]. В одних работах [16, 17, 18] производится оценка

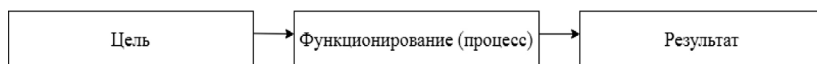
качества системы, в других работах [12, 15, 22] рассматривается эффективность системы, в третьих [9, 13, 23] – ее результативность. Все эти работы внесли большой вклад в развитие научных положений в области оценки функционирования системы городских пассажирских перевозок. Однако при этом многие авторы используют одно понятие, подразумевая под ним другое, или же формируют некий набор достаточных, на их взгляд, показателей оценки качества обслуживания пассажиров. Так в работах [8, 15] авторы объединяют понятия «эффективность» и «результативность», определяя, что в подходе к оценке эффективности должна быть заложена составляющая результативности. С точки зрения автора работы [17] понятие «результативность» входит в набор показателей качества транспортного обслуживания населения. Так или иначе, авторы в своих работах рассматривают некий набор показателей, влияющих на уровень транспортного обслуживания населения города, зачастую не учитывая увязку всех оценочных показателей в единый интегральный компонент.

Современные авторы используют также для оценки функционирования системы городских пассажирских перевозок такие понятия, как «надежность» [14], доступность [20, 21] и «привлекательность» [10, 19]. Эти понятия возникли одновременно с возрастанием необходимости пересматривать существующие технологии обслуживания пассажиров и совершенствовать показатели качества, их интересующие. Однако стоит отметить, что в указанных работах надежность, доступность и привлекательность напрямую определяются качеством транспортных услуг. Так согласно [14] надежность – это один из наиболее значимых показателей качества услуг городского пассажирского транспорта общего пользования. Под ней подразумевается отсутствие срывов и опозданий рейсов, перевозка «точно в срок». В работах [20, 21] авторы измеряют транспортную доступность для пассажира расстоянием перевозок или временем в пути, которые также входят в систему оценки качества. С точки зрения автора [10] повышение

привлекательности услуг городского пассажирского транспорта общего пользования напрямую зависит от методов оценки и повышения качества транспортного обслуживания населения.

### Обсуждение результатов

Для устранения путаницы в процессе оценивания системы необходимо определить цель ее функционирования. Наглядно сущность функционирования системы городских пассажирских перевозок отражена на рисунке 2.



**Рис. 2.** Сущность функционирования системы городских пассажирских перевозок

Согласно рисунку 2 на выходе получают результат, который, безусловно, для данной системы выражен не только экономическими показателями. Деятельность системы городских пассажирских перевозок направлена не только на извлечение прибыли, но и на достижение социально значимых показателей и выполнение определенных плановых заданий. Результат – это то, что можно измерить понятием «результативность». В работе [11, с. 103] дословно говорится: «процесс предоставления перевозок характеризуется результатом, качество которого оценивают пассажиры и перевозчики...». Совместить понятия «результативность» и «эффективность» применительно к рассматриваемой системе можно с помощью формулы (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n R_i \rightarrow \min; \\ \sum_{j=1}^m P_j \rightarrow \max \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где  $R_i$  – ресурс, необходимый для выполнения плана;

$P_j$  – плановый показатель.

$n$  – количество ресурсов, необходимых для выполнения плана.

$m$  – количество плановых показателей.

Таким образом, система городских пассажирских перевозок в силу своей специфики должна функционировать не только с пользой для себя, но и с пользой для потребителей транспортных услуг. Назовем это явление эффектом взаимовыгодного совместного функционирования участников в системе, несмотря на их разнонаправленные цели.

В таблице 2 представлены цели каждого из основных участников функционирования системы городских пассажирских перевозок.

Таблица 2.

**Приоритетные цели участников системы городских пассажирских перевозок и их оценочные категории**

| Участник системы   | Цель                                                      | Оценочная категория |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|
| Заказчик перевозок | Выполнение плановых показателей                           | Результативность    |
| Перевозчик         | Получение прибыли/снижение затрат                         | Эффективность       |
| Пассажир           | Улучшение показателей качества транспортного обслуживания | Качество            |

Данные таблицы 2 дают ясное представление об использовании понятий «результативность», «эффективность», «качество» для каждого отдельно взятого участника рассматриваемой системы. Однако встает вопрос выбора оценочного механизма для всей системы в целом, то есть проблема формирования интегрального оценочного показателя. В данном случае следует привести следующие рассуждения. Если эффективность, измеряющую степень достижения экономических результатов, и показатели качества, отражающие степень соответствия характеристик заявленным требованиям, сделать плановыми значениями, то они станут частью системы оценки результативности. Результативность определяет соотношение факт-план, но ни в одном источнике не указано, какие должны быть эти плановые показатели. У каждого хозяйствующего субъекта свой набор таких показателей, и система городских пассажирских перевозок не является исключением.

Таким образом, решается проблема разграничения исследуемых понятий. В ключе данного рассуждения эти понятия интегрируются в одно понятие – результативность, но то же время соблюдается условие: они не взаимозаменяют друг друга. В итоге результативность является наиболее емким, системообразующим показателем, определяющим степень реализации поставленных планов и достижения намеченных целей.

Формы измерения результативности в данном случае могут выражаться несколькими способами:

- фиксация: выполнен или не выполнен план;
- доля выполненных пунктов плана в общем количестве пунктов плана;
- доля выполненных пунктов плана в общем количестве пунктов плана с применением весовых коэффициентов.

Когда определена цель системы, необходимо разрабатывать достаточно полный набор показателей оценки ее результативности с учетом поставленной цели и специфики системы. Формирование оценочных показателей для системы городских пассажирских перевозок – предмет отдельного исследования.

### **Заключение**

Проведенное исследование относительно применения понятий «результативность», «эффективность», «качество» к оценке организации городских пассажирских перевозок позволило сделать следующие выводы:

1. Понятия «результативность», «эффективность», «качество» часто путают или заменяют одно другим.
2. Рассматриваемые понятия не тождественны, следовательно, заменять одно понятие другим в процессе формирования рычагов оценивания не допустимо.
3. Система городских пассажирских перевозок специфична: одни из ее участников ставят своей главной целью получение прибыли, цели других участников социально направлены.

4. Указанная специфика рассматриваемой системы требует формирования интегральной оценки, включающей множество показателей.
5. Среди понятий «результативность», «эффективность», «качество» для оценки функционирования системы городских пассажирских перевозок следует выбрать «результативность» как наиболее емкую категорию, способную учесть все цели всех участников системы и включить в себя оценку эффективности и оценку качества отдельных процессов для отдельных участников системы.

Представленные результаты делают актуальными исследования по формированию методики интегральной оценки результативности системы городских пассажирских перевозок.

### *Список литературы*

1. Анализ работ в области формирования показателей оценки результативности функционирования системы городского общественного пассажирского транспорта (на примере города Омска) / Каспер М.Е. // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Материалы II Международной научно-практической конференции. Омск, 2017. С. 142-148.
2. Анализ транспортных проблем крупных и крупнейших городов / Коновалова Т.В., Сенин И.С., Надирян С.Л., Котенкова И.Н. // International Journal of Advanced Studies. 2022. Т. 12. № 4. С. 126-136. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-126-136>
3. Горчакова Е.Н., Поклонский Ф.Е. Качество, результативность, эффективность, квалиитивность: терминологические аспекты // Экономика промышленности. 2009. № 1 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-rezultativnost-effektivnost-kvalitivnost-terminologicheskie-aspekty> (дата обращения: 23.01.2024).
4. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ, 2018. 48 с.

5. Демченко А.А., Момот А.И. О сущности понятий «эффективность» и «результативность» в экономике // Экономический вестник Донбасса. 2013. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-suschnosti-ponyatiy-effektivnost-i-rezultativnost-v-ekonomike> (дата обращения: 23.01.2024).
6. Ключев А.В. Сущность, отношения и возможности совместного использования понятий «результативность» и «эффективность» // Вестник УрФУ. 2017. Т. 16. № 4. С. 532-555. <https://doi.org/10.15826/Vestnik.2017.16.4.026>
7. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Сенин И.С. Микромобильность как элемент системы городского транспорта // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13. № 1. С. 27-40. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-27-40>
8. Лизогуб Р.П. Оценка эффективности качества регулярных перевозок в системе управления городским пассажирским транспортом // Сборник научных работ серии «Экономика». 2021. № 21. С. 134-143. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4892501>
9. Мочалин С.М., Каспер М.Е. Формирование расчетных показателей для оценки результативности функционирования системы городского общественного пассажирского транспорта // Вестник СибАДИ. 2017. № 6 (58). С. 37-47.
10. Нестеренко Д.Х. Методика повышения привлекательности городских пассажирских автомобильных перевозок на основе управления структурой транспортных потоков: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Оренбург, 2021. 19 с.
11. Новожилов В.В. Проблемы соизмерения затрат и результатов при оптимальном планировании. М.: Экономика, 1967. 376 с.
12. Оленина Е.А. Совершенствование методов экономической оценки качества и эффективности пассажирских перевозок: Дис. ... канд. экон. наук. М., 2001. 167 с.
13. О необходимости и возможности комплексной оценки результативности транспортного процесса / Мочалин С.М., Маремуха А.В. // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный

- комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Материалы VII Международной научно-практической конференции, приуроченной к проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий. Омск, 2022. С. 221-224.
14. Полтавская Ю.О. Оценка надежности функционирования городского общественного пассажирского транспорта с использованием геоинформационных систем: Дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2017. 120 с.
  15. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов: учеб. пособ. для вузов с грифом Министерства образования РФ / Э.А. Сафронов. 2-е изд., дополненное. М.: АСВ, 2007. 272 с.
  16. Славина Ю.А. Научно-практические методы оценки качества обслуживания населения городским наземным пассажирским транспортом: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2015. 18 с.
  17. Спирин И.В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М., 2007. 38 с.
  18. Якунина Н.В. Методология повышения качества перевозок пассажиров общественным автомобильным транспортом: Автореф. дис. ... д-ра. техн. наук. Оренбург, 2013. 32 с.
  19. Bhaduri E., Goswami A., Moeckel R. How sustainable is the growth of mass transit system in developing countries – an Indian perspective // *Transportation Research Procedia*. Vol. 48. P. 2706-2724. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.244>
  20. Glock JP., Gerlach Ju. Berlin Pankow: a 15-min city for everyone? A case study combining accessibility, traffic noise, air pollution, and socio-structural data // *Eur. Transp. Res. Rev.* 2023. Vol. 15, 7. <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00577-2>
  21. Mocanu T., Joshi J., Winkler C. A data-driven analysis of the potential of public transport for German commuters using accessibility indicators // *Eur. Transp. Res. Rev.* 2021. Vol. 13, 54. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00507-0>



22. Putra Adris A. Transportation system performance analysis urban area public transport // International Refereed Journal of Engineering and science. 2013. Vol. 2 (6). P. 01-15.
23. Raoniar R., Rao M., Senathipathi V. Public Transport Performance Evaluation Techniques - A Review. 2015. 3. URL: [https://www.researchgate.net/publication/305992592\\_Public\\_Transport\\_Performance\\_Evaluation\\_Techniques\\_-\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/305992592_Public_Transport_Performance_Evaluation_Techniques_-_A_Review) (дата обращения: 24.01.2024).

### *References*

1. Kasper M.E. *Analiz rabot v oblasti formirovaniya pokazatelej ocenki rezul'tativnosti funkcionirovaniya sistemy` gorodskogo obshhestvennogo passazhirskogo transporta (na primere goroda Omska). Arxitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj kompleksty`: problemy`, perspektivy`, innovacii. Materialy` II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Analysis of works in the field of formation of indicators for assessing the effectiveness of the functioning of the urban passenger transport system (using the example of the city of Omsk). Architectural, construction and road transport complexes: problems, prospects, innovation. Materials of the II International scientific and practical conference]. Omsk, 2017, pp. 142-148.
2. Konovalova T.V., Senin I.S., Nadiryan S.L., Kotenkova I.N. *International Journal of Advanced Studies*, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 126-136. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-126-136>
3. Gorchakova E.N., Poklonskij F.E. *Industrial economics*, 2009, no. 1 (44). <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-rezultativnost-effektivnost-kvalitativnost-terminologicheskie-aspekty> (accessed January 23, 2024).
4. *GOST R ISO 9000-2015. Sistemy` menedzhmenta kachestva. Osnovny`e polozheniya i slovar`* [Quality management systems. Fundamentals and Vocabulary]. Moscow: Standartinform, 2018, 48 p.
5. Demchenko A.A., Momot A.I. *Economic Bulletin Donbass*, 2013, no. 3. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-suschnosti-ponyatiy-effektivnost-i-rezultativnost-v-ekonomike> (accessed January 23, 2024).

6. Klyuev A.V. Bulletin UrFU, 2017, vol. 16, no. 4, pp. 532-555. <https://doi.org/10.15826/Vestnik.2017.16.4.02>
7. Konovalova T.V., Kotenkova I.N., Senin I.S. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 27-40. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2022-12-4-27-40>
8. Lizogub R.P. *Sbornik nauchny'x rabot serii «E'konomika»*, 2021, no. 21, pp. 134-143. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4892501>
9. Mochalin S.M., Kasper M.E. *Bulletin SibADI*, 2017, no. 6 (58), pp. 37-47.
10. Nesterenko D.X. *Metodika povы'sheniya privlekatel'nosti gorodskix passazhirskix avtomobil'ny'x perezovozok na osnove upravleniya strukturoj transportny'x potokov* [Methodology for increasing the attractiveness of urban passenger road transport based on managing the structure of traffic flows]. Orenburg, 2021, 19 p.
11. Novozhilov V.V. *Problemy'soizmereniya zatrat i rezul'tatov pri optimal'nom planirovanii* [Problems of comparing costs and results with optimal planning]. Moscow: E'konomika, 1967, 376 p.
12. Olenina E.A. *Sovershenstvovanie metodov e'konomicheskoy ocenki kachestva i e'ffektivnosti passazhirskix perezovozok* [Modern methods of economic assessment of the quality and efficiency of passenger transportation]. Moscow, 2001, 167 p.
13. Mochalin S.M., Maremuxa A.V. *O neobxodimosti i vozmozhnosti kompleksnoj ocenki rezul'tativnosti transportnogo processa. Arxitekturno-stroitel'ny'j i dorozhno-transportny'j komplekсы: problemy, perspektivy, innovacii. Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, priurochennoj k provedeniyu v Rossijskoj Federacii Desyatiletiya nauki i texnologij* [On the need and possibility of a comprehensive assessment of the effectiveness of the transport process. Architectural, construction and road transport complexes: problems, prospects, innovations. Materials of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the Decade of Science and Technology in the Russian Federation]. Omsk, 2022, pp. 221-224.
14. Poltavskaya Yu.O. *Ocenka nadezhnosti funkcionirovaniya gorodskogo obshhestvennogo passazhirskogo transporta s ispol'zovaniem*

- geoinformacionny`x system* [Assessing the reliability of the functioning of urban public passenger transport using geographic information systems]. Irkutsk, 2017, 120 p.
15. Safronov E.A. *Transportny`e sistemy` gorodov i regionov* [Transport systems of cities and regions]. Moscow: ASV, 2007, 272 p.
  16. Slavina Yu.A. *Nauchno-prakticheskie metody` ocenki kachestva obsluzhivaniya naseleniya gorodskim nazemny`m passazhirskim transportom* [Scientific and practical methods for assessing the quality of public service by urban ground passenger transport]. Volgograd, 2015, 18 p.
  17. Spirin I.V. *Nauchny`e osnovy` kompleksnoj restrukturalizacii gorodskogo avtobusnogo transporta* [Scientific basis for the comprehensive restructuring of urban road transport]. Moscow, 2007, 38 p.
  18. Yakunina N.V. *Metodologiya povy`sheniya kachestva perevozok passazhirov obshchestvenny`m avtomobil`ny`m transportom* [Methodology for improving the quality of passenger transportation by public road transport]. Orenburg, 2013, 32 p.
  19. Bhaduri E., Goswami A., Moeckel R. *Transportation Research Procedia*, 2020, vol. 48, pp. 2706-2724. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.244>
  20. Glock J.P., Gerlach Ju. *Eur. Transp. Res. Rev.*, 2023, vol. 15, 7. <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00577-2>
  21. Mocanu T., Joshi J., Winkler C. *Eur. Transp. Res. Rev.*, 2021, vol. 13, 54. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00507-0>
  22. Putra Adris A. *International Refereed Journal of Engineering and science*, 2013, no. 2 (6), pp. 1-15.
  23. Raoniar R., Rao M., Senathipathi V. Public Transport Performance Evaluation Techniques. A Review, 2015. 3. [https://www.researchgate.net/publication/305992592\\_Public\\_Transport\\_Performance\\_Evaluation\\_Techniques\\_-A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/305992592_Public_Transport_Performance_Evaluation_Techniques_-A_Review) (accessed January 23, 2024).

## 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 уни-  
верситет  
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, Logis-  
tics 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, Lo-  
gistics 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 28.02.2024  
После рецензирования 10.03.2024  
Принята 14.03.2024

Received 28.02.2024  
Revised 10.03.2024  
Accepted 14.03.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-275

УДК 004.4'232



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

## ПРИМЕНЕНИЕ WEB-СЕРВИСОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

*Л.Н. Низамова, А.Г. Исавнин*

*Одной из важных отраслей в экономике является металлургическая отрасль, которая снабжает сырьем и полуфабрикатами другие стратегически важные отрасли. Вопрос контроля качества в данном направлении весьма актуален. Поскольку от качества металла зависит качество последующей продукции, продукция, которая должна выдерживать все прописанные правилами и нормами нагрузки, а также обеспечить безопасную эксплуатацию на протяжении многих лет. Соответственно вся продукция металлургической отрасли подлежит обязательной сертификации. Сертификат качества является официальным документом и подтверждает заявленные характеристика металла. Вся информация из сертификата качества должна записываться в информационную систему таким образом, чтобы была возможность отследить каждую конкретную партию металла с заявленными по сертификату характеристиками от закупки до выпуска готовой продукции. В статье рассматриваются новые возможности использования web-сервисов для обмена информации по сертификатам качества между контрагентами с различными информационными системами. Суть данного инновационного метода заключается в том, чтобы поставщик металла передавал данные по сертификату качества вместе с электронной печатной формой, а покупатель принимал эти данные и записывал в интеграционную шину с использованием web-сервисов для последующей передачи в необходимые информационные систе-*

мы. Таким образом, будет исключен риск возникновения ошибок, которые присутствуют при ручном вводе, будет сокращено время на ввод и обработку информации, для обеспечения полноценной работы технического контроля в организации.

**Цель** – оптимизация процесса материально-технического обеспечения металлом предприятия машиностроительной отрасли.

**Метод и методология проведения работы:** в статье использовались обследование, анализ, сравнение, моделирование.

**Результаты:** новый метод передачи информации по сертификатам качества с использованием web-сервисов, позволяющий избежать ошибок при ручном вводе, а также оптимизировать процесс регистрации поступления.

**Область применения результатов:** полученные результаты целесообразно применять предприятиям машиностроительной отрасли, осуществляющим закупку металлопроката.

**Ключевые слова:** web-сервис; материально-техническое обеспечение; металлопрокат; сертификат качества

**Для цитирования.** Низамова Л.Н., Исавнин А.Г. Применение web-сервисов для оптимизации процесса материально-технического обеспечения в машиностроительной отрасли // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 156-167. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-275

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## THE USE OF WEB SERVICES TO OPTIMIZE THE LOGISTICS PROCESS IN THE ENGINEERING INDUSTRY

*L.N. Nizamova, A.G. Isavnin*

*One of the important sectors in the economy is the metallurgical industry, which supplies raw materials and semi-finished products to other strategically important industries. The issue of quality control in this area*

*is very relevant. Since the quality of the metal depends on the quality of subsequent products, products that must withstand all prescribed loads and regulations, as well as ensure safe operation for many years. Accordingly, all products of the metallurgical industry are subject to mandatory certification. The quality certificate is an official document and confirms the declared characteristics of the metal. All information from the quality certificate should be recorded in the information system in such a way that it is possible to track each specific batch of metal with the characteristics declared according to the certificate from purchase to release of finished products. The article discusses new possibilities of using web services for the exchange of information on quality certificates between contractors with various information systems. The essence of this innovative method is that the metal supplier transmits the data according to the quality certificate together with the electronic printed form, and the buyer accepts this data and writes it to the integration bus using web services for subsequent transmission to the necessary information systems. Thus, the risk of errors that are present during manual input will be eliminated, the time for entering and processing information will be reduced to ensure the full operation of technical control in the organization.*

**Purpose.** Optimization of the process of material and technical support by metal rolling for enterprises of the machine-building industry.

**Methodology:** the article used survey, analysis, comparison, modeling.

**Results:** a new method of transmitting information on quality certificates using web services, which allows you to avoid errors during manual entry, as well as optimize the registration process of admission.

**Practical implications** it is advisable to apply the obtained results for enterprises of the machine-building industry engaged in the purchase of rolled metal.

**Keywords:** web service; material and technical support; metal products; quality certificate

**For citation.** Nizamova L.N., Isavnin A.G. The Use of Web Services to Optimize the Logistics Process in the Engineering Industry. *International Journal of Advanced Studies*, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 156-167. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-275

## **Введение**

Металлургическая промышленность – важная отрасль в экономике, которая обеспечивает сырьем и полуфабрикатами многие другие стратегически-важные отрасли. Контроль производства, качество произведённой продукции в данной отрасли играет важную роль. В связи с этим данная продукция необходима к сертификации.

Сертификат качества является официальным документом и подтверждает заявленные характеристика металла. Указанные показатели определяются после проведения необходимых проверок и испытаний. Значимость сертификатов качества в металлургической промышленности заключается, прежде всего, в обеспечении безопасности и надежности использования металлургической продукции.

Соответственно, при продаже металла продавец обязан приложить сертификат качества на реализуемую партию в качестве сопроводительного документа. Помимо транспортных данных в сертификате указаны: номер партии, плавки металла, марка, размер, количество металла, качественные характеристики, химический состав, результаты испытаний.

Закупая металл, используемый в машиностроительном предприятии, информацию по каждой закупленной партии обязательно необходимо вводить в учетную информационную систему. Таким образом, появляется возможность отследить данную партию со всей информацией по ней от момента закупки до выпуска готовой продукции.

Автоматизация в части получения печатной формы сертификата и данных по нему – актуальна, поскольку сокращает время на ввод и обработку информации, благодаря исключению ручного ввода, исключается риск возникновения ошибок.

## **Цель исследования**

Оптимизация процесса материально-технического обеспечения в части автоматизации оперативного получения информации по сертификатам качества на металл, металлопрокат и записи в информационную систему покупателя.



## **Материалы и методы**

В статье использованы общенаучные методы анализа и синтеза, обследования и обобщения. Разработка рекомендаций осуществлялась в соответствии с процессным подходом к управлению. Информационной базой исследования послужила собранная автором информация по организации материально-технического обеспечения предприятий-потребителей металлопроката.

## **Результаты**

Металлургические комбинаты в своих учетных системах на момент отгрузки металла поставщику имеют всю информацию по сертификату качества с соответствующей печатной формой на партию.

Инновационным решением в данной отрасли стало использование web-сервиса для передачи информации по сертификатам, а также последующая запись данных в интеграционную шину.

Как правило, для информационного обмена используется технология, базирующаяся на сервис-ориентированной архитектуре. Архитектура SOA позволяет взаимодействовать потребителям и поставщикам информации в формате предоставления сервисов, с формально документированным и публично доступным интерфейсом, основанным на открытых стандартах. Такой подход позволяет снизить затраты на сопровождение, модификацию существующих и создание новых автоматизированных бизнес-процессов.

Программное обеспечение, построенное по технологии SOA (service-oriented architecture), можно гибко встроить в существующие системы по обработке входящей информации. Например, на основе предоставляемого XML-файла с информацией о сертификате качества, можно сгенерировать текстовый файл со структурой, необходимой для импорта в информационные системы покупателей.

Доступ к сервису осуществляется по предоставленному логину и паролю. Для получения данных об отгрузке товарной продукции можно использовать следующие операции web-сервиса:



Таблица 1.

**Состав данных для передачи**

| Описание                                                       | Наименование  | Тип         |
|----------------------------------------------------------------|---------------|-------------|
| Номер сертификата                                              | docNum        | xs:string   |
| Дата выписки сертификата                                       | dateDoc       | xs:dateTime |
| Строки сертификата                                             | docLines      | Узел XML    |
| Ссылка для загрузки подписанного PDF документа для сертификата | signedPdfUrl  | xs:string   |
| Номер строки                                                   | lineNum       | xs:integer  |
| Код продукции                                                  | codeProd      | xs:string   |
| Номер плавки                                                   | meltNum       | xs:string   |
| Наименование продукции                                         | nameProd      | xs:string   |
| Номер партии                                                   | partNum       | xs:string   |
| Количество                                                     | quantitySheet | xs:integer  |

Скаченные по ссылке XML-образы сертификатов должны сохраняться в информационной системе покупателя. Для работы сотрудникам отдела технического контроля (ОТК) необходима печатная форма электронного сертификата.

Таблица 2.

**Возвращаемое значение GetFileDoc**

| Описание                                                                                                                                                          | Наименование | Тип        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
| Base64-строка сжатой zip печатной pdf формы документа в случае Command = GETPRINTFORM либо Base64-строка сжатой zip файла xml документа в случае Command = GETDOC | FileDoc      | xs:string  |
| Номер плавки                                                                                                                                                      | meltNum      | xs:string  |
| Номер партии плавки                                                                                                                                               | partNum      | xs:string  |
| Номер вагону                                                                                                                                                      | transpNum    | xs:integer |

Выше описана схема работы web-сервиса по передачи информации по сертификатам качества со стороны поставщика. Покупателю в данном случае необходим web-сервис для получения данных и загрузки их в свою учетную систему с использованием операции «GetData». Метод предназначен для получения печатной формы документа. Определён формат для идентификатора

документа в системе покупателя (КодПоставщика\_НомерСертификата\_ДатаСертификата), команды:

- «GETDOC» – получение xml документа
- «GETPRINTFORM» – получение печатной формы документа
- «CERTIFICATE» – получение данных о сертификатах качества

Возвращаемые значения (таблица 2):

Пример запроса GETDOC на рисунке 2.

**Пример запроса:**

```
<soap:Header/>
<soap:Body>
  <exc:GetData>
    <exc:BusId>123456789023234567890345678923456731</exc:BusId>
    <exc:Command>GETDOC</exc:Command>
  </exc:GetData>
</soap:Body>
</soap:Envelope>
```

Рис. 2. Пример запроса GETDOC

Пример запроса GETPRINTFORM на рисунке 3.

**Пример запроса:**

```
<soap:Header/>
<soap:Body>
  <exc:GetData>
    <exc:BusId>4d045ffc-dca9-433f-8c62-eb9b29fc8d14</exc:BusId>
    <exc:Command>GETPRINTFORM</exc:Command>
  </exc:GetData>
</soap:Body>
</soap:Envelope>
```

Рис. 3. Пример запроса GETPRINTFOR

Пример запроса CERTIFICATE на рисунке 4.

**Пример запроса:**

```
<soap:Header/>
<soap:Body>
  <exc:GetData>
    <exc:BusId>398_53702_20210907</exc:BusId>
    <exc:Command>CERTIFICATE</exc:Command>
  </exc:GetData>
</soap:Body>
</soap:Envelope>
```

Рис. 4. Пример и результат запроса CERTIFICATE

Разработанный метод представляют собой новую информационную разработку в системе материально-технического обеспечения машиностроительных предприятий, позволяющую повысить эффективность бизнес-процесса.

### **Заключение**

Разработанный новый метод получения печатной формы сертификата качества, а также необходимых данных по покупаемой партии металла, которые можно автоматически записать в используемую учетную систему исключая ошибки ввода. Применение в данном случае технологии web-сервиса позволяет коммуницировать между уникальными информационными системами различных организаций с минимальными затратами с возможностью запрашивать и получать необходимую информацию точно в срок. Что позволяет повысить эффективность бизнес-процесса по обеспечению металлом, металлопрокатом предприятия, а также улучшить процесс взаимодействия с поставщиками.

### ***Список литературы***

1. Анисимов В.И. Методы построения схемотехнических систем автоматизированного проектирования с использованием сервис-ориентированного подхода на базе протокола WebSocket / В. И. Анисимов, В. Н. Гридин, С. А. Васильев // Системы и средства информатики. 2016. Т. 26, № 2. С. 136-146. <https://doi.org/10.14357/08696527160209>
2. Воронова О.В. Формирование архитектуры данных сетевых компаний FMCG-ритейла на основе моделирования основных бизнес-процессов (на примере бизнес-процесса «закупка») / О. В. Воронова, И. В. Ильин, О. Ю. Ильяшенко // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2019. № 6(120). С. 105-115.
3. Мирзоева С.А. Организация материально-технического обеспечения на машиностроительных предприятиях // Региональные проблемы преобразования экономики. 2010. №4 (26). С. 120-125.
4. Никитин С. Оперативный контроль химического состава металлов и сплавов - гарантия качества выпускаемой продукции // Территория Нефтегаз. 2010. № 2. С. 28-29.
5. Низамова Л.Н., Исаев А.Г., Фролова О.Н. Меры по совершенствованию систем материально-технического обеспечения металлопродукции на машиностроительных предприятиях // Наука Красноярья. 2023. Том 12, № 4. С. 7-18. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2023-12-4-7-18>
6. Плещенко В.И. Развитие концепции совместной экономики и направления трансформации закупочной деятельности производственных компаний // Логистика сегодня. 2023. № 1. С. 20-25. <https://doi.org/10.36627/2500-1302-2023-1-1-20-25>
7. Серрано, Н. Сервисы, архитектура и унаследованные системы / Н. Серрано, Х. Эрнандес, Г. Галлардо // Открытые системы. СУБД. 2014. № 8. С. 20-22.

### ***References***

1. Anisimov V.I. Methods of building schematic systems of computer-aided design using a service-oriented approach based on the WebSocket protocol / V. I. Anisimov, V. N. Gridin, S. A. Vasiliev. *Sistemy*

- i sredstva informatiki* [Systems and Means of Informatics], 2016, vol. 26, no. 2, pp. 136-146. <https://doi.org/10.14357/08696527160209>
2. Voronova O. V. Formation of data architecture of FMCG-retail network companies on the basis of modeling the main business processes (by the example of the business process “purchase”) / O. V. Voronova, I. V. Ilyin, O. Yu. Ilyashenko. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*, 2019, no. 6(120), pp. 105-115.
  3. Mirzoeva S.A. Organization of material and technical support at machine-building enterprises. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki* [Regional problems of economic transformation], 2010, no. 4 (26), pp. 120-125.
  4. Nikitin S. Operational control of the chemical composition of metals and alloys - a guarantee of the quality of products. *Territoriya Neftegaz* [Territory Neftegaz], 2010, no. 2, pp. 28-29.
  5. Nizamova L.N., Isavnin A.G., Frolova O.N. Measures to improve the systems of material and technical support of metal-roll at machine-building enterprises. *Krasnoyarsk Science: Economic Journal*, 2023, vol. 12, no. 4, pp. 7-18. <https://doi.org/10.12731/2070-7568-2023-12-4-7-18>
  6. Pleshchenko V.I. Development of the concept of joint economy and directions of transformation of procurement activities of manufacturing companies. *Logistika segodnya* [Logistics today], 2023, no. 1, pp. 20-25. <https://doi.org/10.36627/2500-1302-2023-1-1-20-25>
  7. Serrano N. Services, architecture and legacy systems / N. Serrano, J. Hernantes, G. Gallardo. *Otkrytye sistemy. SUBD* [Open Systems. DBMS], 2014, no. 8, pp. 20-22.

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Низамова Лилия Наильевна**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет  
ул. Кремлёвская, 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация  
[Garnetti@yandex.ru](mailto:Garnetti@yandex.ru)*

**Исавнин Алексей Геннадьевич**, доктор физико-математических наук, профессор  
*Казанский (Приволжский) федеральный университет*  
*ул. Кремлёвская, 18, г. Казань, 420008, Российская Федерация*  
*isavnin@mail.ru*

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

**Lilia N. Nizamova**  
*Kazan Federal University*  
*18, Kremlevskaya Str., Kazan, 420008, Russian Federation*  
*Garnetti@yandex.ru*

**Alexey G. Isavnin**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor  
*Kazan Federal University*  
*18, Kremlevskaya Str., Kazan, 420008, Russian Federation*  
*isavnin@mail.ru*

Поступила 28.02.2024  
После рецензирования 10.03.2024  
Принята 14.03.2024

Received 28.02.2024  
Revised 10.03.2024  
Accepted 14.03.2024



**DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-276**  
**УДК 004.8**



Научная статья |

Системный анализ, управление и обработка информации

## **МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКЕ БОЛЕЗНЕЙ АГРОКУЛЬТУР И ПОДБОРУ РЕКОМЕНДАЦИЙ ИХ ЛЕЧЕНИЯ**

**Ю.В. Торкунова, Д.Э. Иванов**

*Целью исследования была мобильная разработка на основе технологий компьютерного зрения и парсинга сайтов, позволяющая автоматизировать процесс диагностики болезней агрокультур и выдачи рекомендаций по лечению. В статье рассмотрены методы распознавания болезней растений с помощью компьютерного зрения, описаны принципы работы сверточных нейронных сетей, выбрана наиболее подходящая модель машинного обучения, основанная на точности, скорости и эффективности модели в условиях ограниченных ресурсов мобильного устройства, описан инструментарий: библиотеки и фреймворки, использованные для разработки. Представлена развернутая архитектура работы приложения, а так же продемонстрированы результаты работы разработанного программного обеспечения. Новым вкладом в развитие данной тематики является экспериментальное обоснование выбора модели нейронной сети на основе анализа ее результативности на подготовленном датасете, а так же внедрение автоматического поиска рекомендаций по определенной болезни агрокультуры. В дальнейшем в данное мобильное приложение планируется переход на мультиплатформенность и расширение функционала.*

**Ключевые слова:** компьютерное зрение; автоматизированное распознавание болезней растений; сверточные нейронные сети; мобильное приложение

**Для цитирования.** Торкунова Ю.В., Иванов Д.Э. Мобильное приложение по автоматизированной диагностике болезней агрокультур и подбору рекомендаций их лечения // *International Journal of Advanced Studies*. 2024. Т. 14, № 1. С. 168-183. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-276

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## **A MOBILE APPLICATION FOR THE AUTOMATED DIAGNOSIS OF DISEASES OF AGRICULTURAL CROPS AND THE SELECTION OF RECOMMENDATIONS FOR THEIR TREATMENT**

***J.V. Torkunova, D.Je. Ivanov***

*The aim of the study was a mobile development based on computer vision technologies and site parsing, which allows automating the process of diagnosing diseases of agricultural crops and issuing recommendations for treatment. The article discusses methods for recognizing plant diseases using computer vision, describes the principles of convolutional neural networks, selects the most appropriate machine learning model based on the accuracy, speed and efficiency of the model in conditions of limited resources of a mobile device, describes the tools: libraries and frameworks used for development. The detailed architecture of the application is presented, as well as the results of the developed software are demonstrated. A new contribution to the development of this topic is the experimental substantiation of the choice of a neural network model based on the analysis of its effectiveness on a prepared dataset, as well as the introduction of an automatic search for recommendations for a certain disease of*

*agriculture. In the future, it is planned to introduce a voice assistant into this mobile application.*

**Keywords:** *computer vision; automated recognition of plant diseases; convolutional neural networks; mobile application*

**For citation.** *Torkunova J.V., Ivanov D.Je. A Mobile Application for the Automated Diagnosis of Diseases of Agricultural Crops and the Selection of Recommendations for Their Treatment. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 168-183. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-276*

## **Введение**

Современным специалистам сельского хозяйства, начинающим фермерам, а так же просто любителям садоводства и огородничества бывает зачастую сложно быстро определить болезни агрокультуры, а так же подобрать быстро и своевременно способы и пути лечения, особенно будучи на природе, когда под рукой нет компьютерной техники. Поэтому разработка мобильного приложения для распознавания болезней растений и автоматизированная выдача рекомендаций по лечению является актуальной и востребованной, поскольку поможет своевременно принимать меры по защите культур [2].

Основными признаками болезни растений являются пятна на листьях, увядание, деформации, а также изменения в цвете и форме растений. Важным элементом является также понимание причин возникновения заболеваний, будь то инфекционные агенты (вирусы, бактерии, грибки) или абиотические факторы (например, недостаток питательных веществ, вредные погодные условия).

## **Материалы и методы**

Методы компьютерного зрения основанные на применении нейронных сетей достаточно активно внедряются в различные сферы деятельности человека [1, 9]. С развитием технологий, особенно в области компьютерного зрения и машинного обучения, появились новые методы распознавания и классификации

заболеваний растений. Эти методы позволяют автоматизировать процесс диагностики и делают его более точным и эффективным.

Ниже приведены некоторые из наиболее перспективных подходов в этой области:

1. Использование изображений листьев для диагностики. Применение компьютерного зрения и цифровой обработки изображений для анализа фотографий листьев. Алгоритмы могут распознавать пятна, деформации, изменения цвета и другие визуальные признаки болезней.
2. Машинные методы обучения. Классификация изображений с помощью машинного обучения и глубокого обучения для определения конкретных заболеваний. Методы могут включать использование сверточных нейронных сетей (CNN) для анализа текстурных и цветовых особенностей листьев.
3. Анализ спектральных данных. Применение машинного обучения к спектральным данным для идентификации специфических шаблонов, связанных с определенными заболеваниями [12].

Сверточные сети достаточно широко применяются в интеллектуальном анализе изображений [4, 8] Для решения задачи распознавания болезней растений на изображениях существует множество различные архитектуры глубоких сверточных нейронных сетей, каждая из которых обладает уникальными характеристиками и преимуществами, делающими их подходящими для анализа данных. Среди них можно выделить несколько ключевых архитектур CNN, которые мы разберем и обоснуем почему они эффективны для задачи распознавания болезней растений, такие как MobileNetV2, GoogleNet (InceptionV3) и EfficientNetB0.

В текущей работе за основу датасета было принято решение использовать PlantVillage.

Набор данных представляет открытую, доступную и обширную коллекцию изображений листьев растений размером 256x256 пикселей, предназначенная для поддержки исследований и разработок

в области агротехнологий, особенно для диагностики болезней растений. Этот датасет содержит тысячи изображений листьев, классифицированных по различным видам растений и типам заболеваний, включая как здоровые, так и пораженные образцы.

Перед обучением нейронной сети, помимо подготовки датасета, необходимо выполнить несколько важных этапов. Эти этапы помогают улучшить качество обучения и обеспечить более надежную проверку эффективности модели (рисунок 1).



**Рис. 1.** Рабочий процесс обучения модели

Для решения задачи распознавания болезней растений на изображениях существует множество различные архитектуры глубоких сверточных нейронных сетей, каждая из которых обладает уникальными характеристиками и преимуществами, делающими их подходящими для анализа данных. Среди них можно выделить несколько ключевых архитектур CNN, которые мы разберем и обобщим почему они эффективны для задачи распознавания болез-

ней растений, такие как MobileNetV2, GoogleNet (InceptionV3) и EfficientNetB0. Для каждого набора данных (обучающего, валидационного и тестового) был подготовлен свой ImageDataGenerator. Это позволяет точно настроить процесс аугментации для каждого типа данных, учитывая, например, что для тестового набора данных часто не применяются некоторые виды аугментации, чтобы сохранить исходное качество изображений для корректной оценки модели. Модели были протестированы на подготовленных данных, результаты тестирования показали более высокую точность модели EfficientNet0 (0,98) по сравнению с GoogleNet (0,94) и MobileNet (0,95), что обусловило выбор EfficientNet0.

Для написания серверной части и обучения модели был использован язык программирования Python. Для клиентской части – язык Kotlin.

Проанализировав потребительские предпочтения в сфере предметной области – распознавание болезней растений мы сделали выбор в пользу платформы: Android. Соответственно среда разработки – Android Studio

Обучение модели проводилось в интерактивной среде разработки Jupyter Notebook, которая позволяет создавать и выполнять код в виде блокнотов, объединяя код, текст и результаты его выполнения в формате удобном для анализа и представления [5].

Для разработки платформы использовались библиотека TensorFlow, Kotlin Coroutines, фреймворки FastAPI, Jetpack Compose и Koin

TensorFlow – мощная библиотека для машинного обучения, разработанная Google, часто используется в сочетании с Keras, высокоуровневым API, который облегчает создание и обучение моделей глубокого обучения. TensorFlow предлагает лучшие возможности для масштабирования и развертывания моделей. Он поддерживает различные платформы и устройства, включая мобильные [14].

FastAPI – это фреймворк для создания лаконичных и довольно быстрых HTTP API-серверов со встроенными валидацией, сериализацией и асинхронностью. Основной особенностью FastAPI является-

ся его способность автоматически создавать документацию для API, что значительно облегчает процесс разработки и тестирования.

Jetpack Compose – современный фреймворк от компании Google для разработки пользовательского интерфейса. Он преобразует подход к разработке UI, предлагая декларативный стиль программирования, который значительно отличается от традиционного императивного подхода с использованием XML. В Compose мы описываем, что должен отображать интерфейс, вместо того чтобы указывать последовательность действий для его построения. Тесно интегрированная с Kotlin, Jetpack Compose использует все преимущества этого языка, включая лямбды, расширения и корутины, улучшая тем самым возможности программирования и поддержку реактивных паттернов [10].

Kotlin Coroutines – это библиотека, входящая в состав Kotlin Standard Library, предоставляющая возможности для асинхронного программирования. Основной их особенностью является возможность писать асинхронный код, который выглядит как синхронный, что значительно упрощает понимание и поддержку кода. Также эта библиотека находит широкое применение в разработке мобильных приложений на платформе Android, где она используется для управления сетевыми запросами, взаимодействием с базами данных и выполнением длительных задач без блокирования пользовательского интерфейса [11].

Koin, разработанный специально для Kotlin, представляет собой легковесный фреймворк для внедрения зависимостей, который облегчает управление зависимостями в Kotlin-приложениях [7]. Его ключевая особенность – предоставление простого и интуитивно понятного подхода к внедрению зависимостей, что делает его доступным даже для разработчиков, не имеющих глубоких знаний в этой области [3].

В совокупности, использование этих библиотек в Kotlin-проектах не только повышает качество и читаемость кода, но и обеспечивает более гладкий переход к мультиплатформенной разработке, благодаря их мультиплатформенной поддержке и способности унифицировать подходы к разработке на различных платформах.

Результаты

Для полного понимания функциональности разработанного мобильного приложения, предназначенного для распознавания болезней растений, составим диаграмму взаимодействия системы [6, 15]. Эта диаграмма будет отражать взаимосвязи между разными аспектами приложения и их влиянием на общую эффективность. Она поможет визуализировать поток данных и последовательность шагов, начиная от момента выбора изображения пользователем и заканчивая получением результатов анализа и рекомендаций по уходу за растением (рисунок 2).

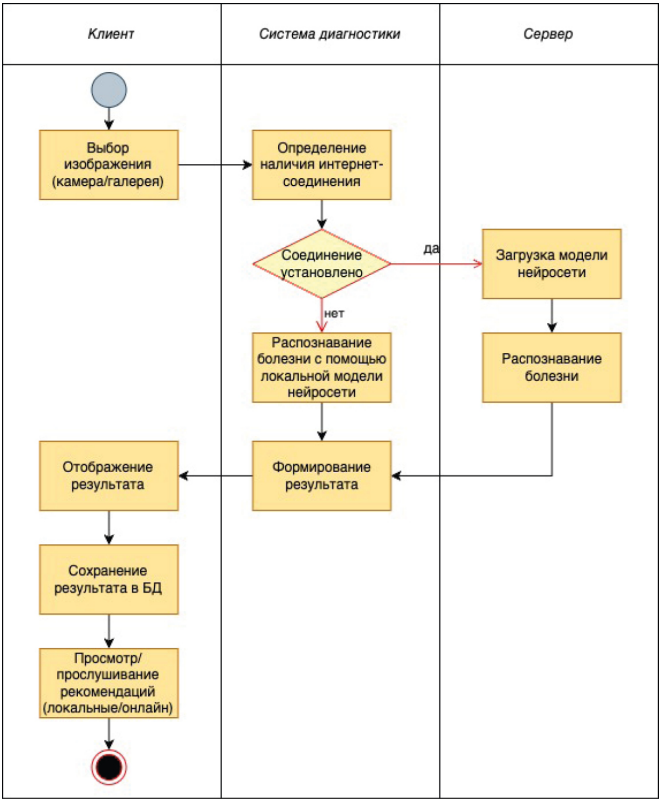
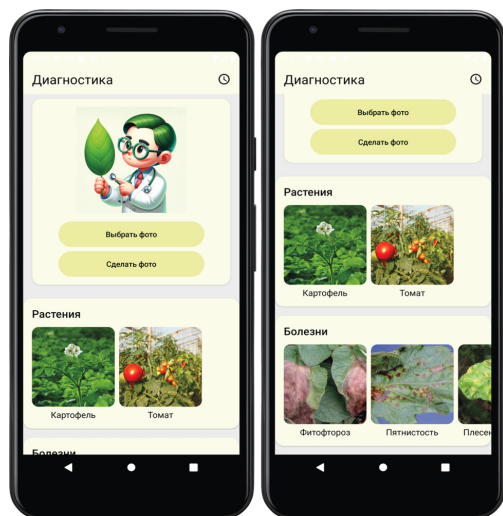


Рис. 2. Диаграмма взаимодействия системы диагностики болезней растений



Работа приложения начинается с главного экрана, где пользователь может выбрать изображение растения, используя камеру своего устройства или выбрав фотографию из галереи. Чтобы обеспечить пользователю максимально информативный и удобный опыт использования, на главном экране мобильного приложения для распознавания болезней растений отображается список всех растений и болезней, которые поддерживаются системой. Это предоставляет возможность заранее ознакомиться с областью применения приложения и убедиться в его пригодности для конкретных потребностей пользователя (Рисунок 3).



**Рис. 3.** Главный экран приложения

После этого происходит процесс диагностики: в зависимости от наличия интернет-соединения и работоспособности сервера изображение либо отправляется на сервер для анализа с использованием модели нейросети, либо обрабатывается локально с помощью встроенной модели tflite. Затем результаты диагностики отображаются на экране пользователя и сохраняются в базе данных.

После обработки изображения приложение отображает результаты диагностики, предоставляя пользователю не только информацию о возможной болезни, но и сохраняя эти данные в базе данных для последующего просмотра на отдельном экране (рисунок 4).

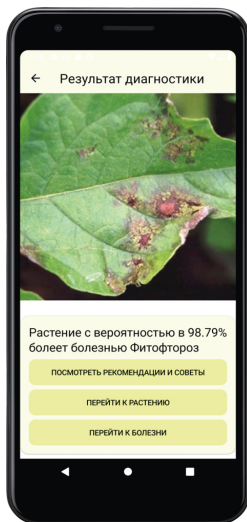


Рис. 4. Экран результата диагностики

При нажатии на кнопку «Посмотреть рекомендации и советы» пользователь может просмотреть рекомендации по лечению и уходу за растением, доступные как в онлайн, так и в офлайн режиме. Кроме того, приложение предлагает функцию прослушивания этих рекомендаций для удобства пользователя. (рисунок 5).

Таким образом, нами была разработана и успешно реализована система мобильного приложения для распознавания болезней растений – надёжный и удобный в использовании инструмент, позволяющий диагностировать заболевания растений, используя технологии машинного обучения и обработки изображений.

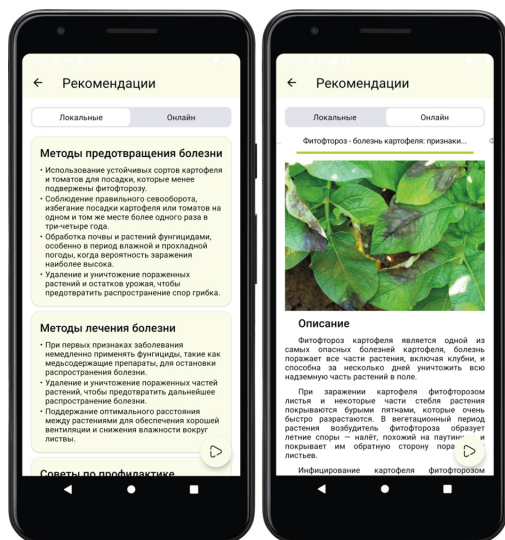


Рис. 5. Экран выдачи рекомендаций

Основной функционал приложения включает в себя выбор изображения растения, диагностику болезни с помощью модели, развернутой на сервере, или оффлайн tflite модели, отображение результатов, сохранение данных в базу данных, просмотр рекомендаций по уходу (как локально, так и онлайн) и прослушивание этих рекомендаций. Также реализована функция просмотра списка всех поддерживаемых системой растений и болезней.

### Обсуждение результатов

Результаты, достигнутые в ходе разработки, подтверждают эффективность выбранных методов и технологий. Приложение успешно справляется с задачей распознавания болезней растений и может быть использовано широким кругом пользователей, включая агрономов, фермеров и любителей садоводства. Возможность работы как в онлайн, так и в офлайн режиме делает приложение универсальным и доступным в любых условиях.

## **Заключение**

В дальнейшем планируется уделить особое внимание обучению и оптимизации алгоритмов, чтобы повысить их эффективность в распознавании не только общераспространенных, но и более сложных, редких заболеваний растений. Помимо этого, планируется внедрить дополнительные функции и возможности, которые значительно расширят функциональность и удобство использования приложения.

Важным шагом станет создание интегрированного календаря для садоводов и фермеров, который позволит планировать и контролировать основные мероприятия, такие как полив, сбор урожая, окучивание и другие важные работы. Этот инструмент планируется адаптировать под индивидуальные нужды пользователя и специфику выращиваемых им растений, что сделает уход за растениями более организованным и эффективным.

Также в будущем планируется сотрудничество с компаниями, которые производят удобрения, семена и средства защиты растений. Благодаря этому пользователи будут получать свежую информацию о новинках и эффективных продуктах, а также смогут воспользоваться особыми предложениями и скидками. Это сотрудничество сделает наше приложение не только более полезным, но и выгодным для тех, кто им пользуется.

Дополнительно, учитывая выбранный нами стек технологий, планируется переход на мультиплатформенность. Это позволит нам охватить более широкий рынок устройств, предоставляя доступ к приложению для пользователей различных операционных систем. Такой шаг значительно расширит аудиторию и сделает приложение доступным для большего числа садоводов и фермеров.

## ***Список литературы***

1. Аветисян Т. В., Львович Я. Е., Преображенский А. П. Разработка подсистемы распознавания сигналов сложной формы // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 1. С. 102-114. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-102-114>

2. Доктрина продовольственной безопасности. URL://www.scrf.gov.ru/security/economic/document108/ (дата обращения 01.02.2024)
3. Документация Koin. URL://insert-koin.io/ (дата обращения 01.02.2024).
4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Горячая линия. Телеком. 2019. 448 с.
5. Jupyter Notebook. URL://jupyter.org/ (дата обращения 21.02.2024).
6. Проектирование информационных систем: учебник и практикум для вузов/ Чистов Д.В., Мельников П.П. , Золотарюк А.В., Ничепорук Н.Б.; под общей редакцией Чистова Д.В. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2024. 293 с.
7. Скин Дж., Гринхол Д. Kotlin. Программирование для профессионалов. СПб.: Питер, 2023. 464 с.
8. Торкунова Ю.В., Коростелева Д.М., Кривоногова А.Е. Формирование цифровых навыков в электронной информационно-образовательной среде с использованием нейросетевых технологий // Современное педагогическое образование. 2020. №5. С. 107-110.
9. Торкунова Ю.В., Милованов Д.В. Оптимизация нейронных сетей: методы и их сравнение на примере интеллектуального анализа текста // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 4. С. 142-158. <https://doi.org/10.12731/2227-930X2023-13-4-142-158>
10. Castillo J. Jetpack Compose internals / J. Castillo. Leanpub, 2021. 121 с.
11. Moskała M. Kotlin Coroutines: Deep Dive (Kotlin for Developers) / M. Moskała. 2022.
12. Nguyen C., Sagan V., Maimaitiyiming M., Maimaitijiang M., Bhadra S., Kwasniewski M.T. Early detection of plant viral disease using hyperspectral imaging and deep learning // Sensors. 2021. Vol. 21, № 3. 742 с.
13. Пятаева А., Мерко М., Жуковская В., Пинчук, И. Елисеева М. Распознавание рукописной подписи с применением нейронных сетей // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 3. С. 130-148. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-3-130-148>
14. TensorFlow Overview. URL: <https://www.tensorflow.org/overview> (дата обращения 03.02.2024)

15. What is a Swimlane Diagram. URL: <https://www.lucidchart.com/pages/tutorial/swimlane-diagram> (дата обращения 03.02.2024)

### *References*

1. Avetisjan T.V., L'vovich Ja.E., Preobrazhenskij A.P. Razrabotka pod-sistemy raspoznavaniya signalov slozhnoj formy [Development of a sub-system for recognizing complex-shaped signals]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 102-114. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-1-102-114>
2. The doctrine of food security. URL: <http://www.scrf.gov.ru/security/economic/document108/> (accessed February 01, 2024)
3. Documentation Koin. URL: <http://insert-koin.io/> (accessed February 01, 2024).
4. Osovskij S. *Nejronnye seti dlja obrabotki informacii* [Neural networks for information processing]. M., 2019, 448 p.
5. Jupyter Notebook. URL: <http://jupyter.org/> (accessed February 21, 2024)
6. *Proektirovanie informacionnyh sistem: uchebnik i praktikum dlja vuzov* [Information Systems design: textbook and workshop for universities] / D.V.Chistov, P.P.Mel'nikov, A.V.Zolotarjuk, N.B. Nicheporuk; ed. D.V.Chistov. Moscow: Jurajt Publ., 2024, 293 p.
7. Skin Dzh., Grinhol D. *Kotlin. Programmirovaniye dlja professionalov* [Kotlin. Programming for professionals]. SPb.: Piter, 2023, 464 p.
8. Torkunova Ju.V., Korosteleva D.M., Krivonogova A.E. Formirovanie cifrovyyh navykov v jelektronnoj informacionno-obrazovatel'noj srede s ispol'zovaniem nejrosetevyyh tehnologij [Formation of digital skills in an electronic information and educational environment using neural network technologies]. *Sovremennoye pedagogicheskoe obrazovanie*, 2020, no. 5, pp.107-110.
9. Torkunova Ju.V., Milovanov D.V. Optimizacija nejronnyh setej: metody i ih sravnenie na primere intellektual'nogo analiza teksta [Optimization of neural networks: methods and their comparison on the example of text mining]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 4, pp. 142-158. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-4-142-158>

10. Castillo J. Jetpack Compose internals. Leanpub, 2021, 121 p.
11. Moskala M. Kotlin Coroutines: Deep Dive (Kotlin for Developers). 2022.
12. Nguyen C., Sagan V., Maimaitiyiming M., Maimaitijiang M., Bhadra S., Kwasniewski M.T. Early detection of plant viral disease using hyperspectral imaging and deep learning. *Sensors*, 2021, vol. 21, no. 3, 742 p.
13. Pyataeva A., Merko M., Zhukovskaya V., Pinchuk I., Eliseeva M. Raspoznavanie rukopisnoj podpisi s primeneniem nejronnyh setej [Handwritten signature recognition using neural networks]. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 3, pp. 130-148. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2023-13-3-130-148>
14. TensorFlow Overview URL: [//www.tensorflow.org/overview](https://www.tensorflow.org/overview). (accessed February 3, 2024)
15. What is a Swimlane Diagram. URL: <https://www.lucidchart.com/pages/tutorial/swimlane-diagram> (accessed February 3, 2024)

## **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Торкунова Юлия Владимировна**, профессор кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», доктор педагогических наук

*Казанский государственный энергетический университет;  
Сочинский государственный университет*

*ул. Красносельская, 51, г. Казань, Республика Татарстан, 420066, Российская Федерация; ул. Пластунская, 94, г. Сочи, Краснодарский край, 354000, Российская Федерация  
torkynova@mail.ru*

**Иванов Дмитрий Эдуардович**, магистр

*Казанский государственный энергетический университет  
ул. Красносельская, 51, г. Казань, Республика Татарстан, 420066, Российская Федерация  
alwayswannafly070400@mail.ru*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Julia V. Torkunova**, Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Doctor of Pedagogical Sciences

*Kazan State Power Engineering University; Sochi State University*

*51, Krasnoselskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420066, Russian Federation; 94, Plastunskaya Str., Sochi, Krasnodar region, 354000, Russian Federation*

*torkynova@mail.ru*

*SPIN-code: 7422-4238*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7642-6663>*

**Dmitrij Je. Ivanov**, Magister

*Kazan State Power Engineering University*

*51, Krasnoselskaya Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420066, Russian Federation*

*alwayswannafly070400@mail.ru*

Поступила 28.02.2024

После рецензирования 12.03.2024

Принята 17.03.2024

Received 28.02.2024

Revised 12.03.2024

Accepted 17.03.2024



DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-277

УДК 004.67



Научная статья | Системный анализ, управление и обработка информации

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ТРУДОВОГО УЧАСТИЯ ОПЕРАТОРОВ ЛИНИЙ, СТАНКОВ И УСТАНОВОК СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ «ІС:ПРЕДПРИЯТИЕ»

*А.И. Чикина, И.И. Ишмурадова*

*Целью исследования является совершенствование системы оплаты труда операторов автоматических линий, станков и установок путем применения коэффициента трудового участия, что обеспечит принятие оптимальных управленческих решений по учету расчетов с персоналом по оплате труда и достижение стратегических целей организации. В статье предложены возможности решения рассматриваемой проблемы на примере совершенствования системы начисления премий персоналу производственного предприятия, рекомендовано использовать формулы, позволяющие оценить производительность труда отдельно взятого сотрудника, выполнена программная реализация в системе «ІС:Предприятие». Разработанное программное решение позволяет автоматизировать процесс расчета премий операторов линий, станков и установок с учетом объема выработки каждого сотрудника. Предложенный алгоритм расчета коэффициента трудового участия предполагается развивать в дальнейших исследованиях для более точной оценки вклада труда работника, например, путем учета брака и оценки качества изготовленной продукции.*

**Цель** – разработка алгоритма расчета коэффициента трудового участия операторов линий, станков и установок с использованием системы «ІС:Предприятие».

**Метод и методология проведения работы.** В статье использовались методы формализации и конкретизации формул, исполь-

зуемых при расчете коэффициента трудового участия, а также методы разработки на платформе «1С:Предприятие».

**Результаты.** Выполнена программная реализация расчета премии операторов линий, станков и установок с учетом коэффициента трудового участия.

**Область применения результатов.** Полученные результаты целесообразно применять производственным предприятиям, в штате которых работают операторы автоматических или полуавтоматических линий, станков и установок.

**Ключевые слова:** коэффициент трудового участия; премия; индивидуальный вклад; оценка труда

**Для цитирования.** Чикина А.И., Ишмурадова И.И. Алгоритм расчета коэффициента трудового участия операторов линий, станков и установок средствами системы «1С:Предприятие» // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 184-195. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-277

Original article | System Analysis, Management and Information Processing

## ALGORITHM FOR CALCULATING THE COEFFICIENT OF LABOR PARTICIPATION OF OPERATORS OF LINES, MACHINES AND PLANTS USING THE 1C:ENTERPRISE SYSTEM

*A.I. Chikina, I.I. Ishmuradova*

*The purpose of the study was to improve the remuneration system for operators of automatic lines, machines and plants by using the labor participation rate, which will allow making optimal management decisions on accounting for payroll settlements with staff and the achieving of strategic goals of the organization. The article suggests the ways to solve the problem using the example of improving the system of awarding bonuses to the staff of a manufacturing enterprise, it is recommended to use formulas that allow*

*evaluating the productivity of an individual employee. Software implementation in the IC:Enterprise system is performed. The developed software solution allows you to automate the process of calculating bonuses for operators of lines, machines and plants, taking into account the amount of work each employee does. The proposed algorithm for calculating the labor participation coefficient is supposed to be developed in further studies to more accurately assess the contribution of an employee's labor; for example, by taking into account defects and evaluating the quality of manufactured products.*

**Purpose.** *Development of an algorithm for calculating the coefficient of labor participation of operators of lines, machines and plants using the IC:Enterprise system.*

**Methodology:** *in article methods for formalizing and specifying formulas used in calculating the labor participation rate, and also development methods on the IC:Enterprise platform were used.*

**Results.** *The software implementation of calculating the premiums of operators of lines, machines and plants taking into account the labor participation coefficient is performed.*

**Practical implications** *it is expedient to apply the received results the manufacturing enterprises staffed by operators of automatic or semi-automatic lines, machines and plants.*

**Keywords:** *labor participation rate; work-bonus; personal contribution; work evaluation*

**For citation.** *Chikina A.I., Ishmuradova I.I. Algorithm for Calculating the Coefficient of Labor Participation of Operators of Lines, Machines and Plants Using the IC:Enterprise System. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 184-195. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-277*

## **Введение**

Коэффициент трудового участия (КТУ) – один из ключевых показателей, характеризующий суммарный вклад работника в общие результаты труда коллектива. КТУ применяется для создания эффективной системы оплаты труда.

В качестве объекта исследования рассмотрено предприятие по производству кабельно-жгутовой продукции для грузового, пассажирского авто и электротранспорта, а в качестве предмета – система начисления премиальных выплат операторам автоматических линий, станков и установок.

### Материалы и методы

Для расчета коэффициента трудового участия операторов линий, станков и установок были введены и описаны формулы, отражающие количественную и суммовую оценку индивидуально-го вклада работника в результат производства.

В производстве кабельно-жгутовой продукции мера трудового участия оператора автоматических и полуавтоматических линий зависит от длины и количества изготовленного им провода.

Под определением партия провода следует понимать группу проводов определенной длины, изготовленных сотрудником за смену. Например, провода длиной до 1 метра будут составлять одну партию, длиной от 1 до 5 метров – другую партию и т. д.

В предлагаемом методе расчета коэффициента трудового участия премия сотрудника будет складываться по формуле:

$$КТУ(t) = \sum_{k=0}^n (K \cdot P)_k, \quad (1)$$

где КТУ(t) – размер премии конкретного сотрудника за месяц;

$n$  – количество партий проводов, изготовленных конкретным сотрудником за месяц;

$K$  – количество проводов в одной партии провода;

$P$  – расценка провода для конкретной партии провода, значение которой определяется по таблице 1 в соответствии с длиной и количеством проводов в одной партии.

Например, партия из 5 проводов длиной до 5 метров и партия из 9 проводов длиной до 10 метров повлияют на премию сотрудника следующим образом:

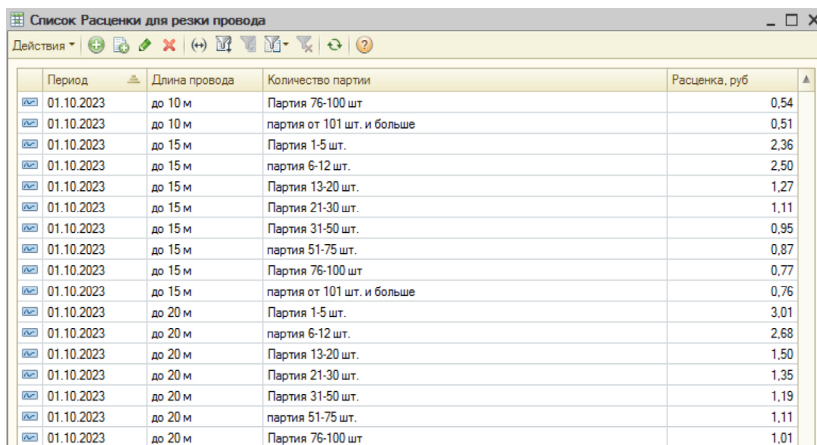
$$КТУ(t) = (K \cdot P)_1 + (K \cdot P)_2 = 5 \cdot 2,08 + 9 \cdot 1,96$$

Таблица 1.

## Расценки для резки провода

| Длина,<br>в ме-<br>трах | Кол-во<br>1-5 шт.  | Кол-во<br>6-12<br>шт. | Кол-во<br>13-20<br>шт. | Кол-во<br>21-30<br>шт. | Кол-во<br>31-50<br>шт. | Кол-во<br>51-75<br>шт. | Кол-во<br>76-100<br>шт. | Кол-во от<br>101 шт. и<br>больше |
|-------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------------|
|                         | Расцен-<br>ка, руб | Расцен-<br>ка, руб    | Расцен-<br>ка, руб     | Расцен-<br>ка, руб     | Расцен-<br>ка, руб     | Расцен-<br>ка, руб     | Расцен-<br>ка, руб      | Расценка,<br>руб                 |
| до 1 м                  | 2,1                | 1,25                  | 0,67                   | 0,54                   | 0,39                   | 0,33                   | 0,21                    | 0,19                             |
| до 5 м                  | 2,08               | 1,59                  | 0,74                   | 0,61                   | 0,47                   | 0,41                   | 0,29                    | 0,27                             |
| до 10 м                 | 2,28               | 1,96                  | 0,98                   | 0,85                   | 0,71                   | 0,64                   | 0,54                    | 0,51                             |
| до 15 м                 | 2,36               | 2,5                   | 1,27                   | 1,11                   | 0,95                   | 0,87                   | 0,77                    | 0,76                             |
| до 20 м                 | 3,01               | 2,68                  | 1,5                    | 1,35                   | 1,19                   | 1,11                   | 1,01                    | 0,99                             |

Для программной реализации задачи расчета премии операторов линий, станков и установок с учетом коэффициента трудового участия использовались методы разработки на платформе «1С:Предприятие». Выполнена доработка типовой конфигурации «1С:Управление производственным предприятием».



| Период     | Длина провода | Количество партии          | Расценка, руб |
|------------|---------------|----------------------------|---------------|
| 01.10.2023 | до 10 м       | Партия 76-100 шт           | 0,54          |
| 01.10.2023 | до 10 м       | партия от 101 шт. и больше | 0,51          |
| 01.10.2023 | до 15 м       | Партия 1-5 шт.             | 2,36          |
| 01.10.2023 | до 15 м       | партия 6-12 шт.            | 2,50          |
| 01.10.2023 | до 15 м       | Партия 13-20 шт.           | 1,27          |
| 01.10.2023 | до 15 м       | Партия 21-30 шт.           | 1,11          |
| 01.10.2023 | до 15 м       | Партия 31-50 шт.           | 0,95          |
| 01.10.2023 | до 15 м       | партия 51-75 шт.           | 0,87          |
| 01.10.2023 | до 15 м       | Партия 76-100 шт           | 0,77          |
| 01.10.2023 | до 15 м       | партия от 101 шт. и больше | 0,76          |
| 01.10.2023 | до 20 м       | Партия 1-5 шт.             | 3,01          |
| 01.10.2023 | до 20 м       | партия 6-12 шт.            | 2,68          |
| 01.10.2023 | до 20 м       | Партия 13-20 шт.           | 1,50          |
| 01.10.2023 | до 20 м       | Партия 21-30 шт.           | 1,35          |
| 01.10.2023 | до 20 м       | Партия 31-50 шт.           | 1,19          |
| 01.10.2023 | до 20 м       | партия 51-75 шт.           | 1,11          |
| 01.10.2023 | до 20 м       | Партия 76-100 шт           | 1,01          |

Рис. 1. Регистр сведений «Расценки для резки провода»

Для хранения значений расценок провода был разработан периодический регистр сведений «Расценки для резки провода». Поскольку расценки не являются постоянными величинами и мо-

гут со временем меняться, регистр позволяет задавать значения расценок в разрезе даты, длины и количества провода.

Изготовив партию провода, оператор ставит отметку о выполнении в документе «Наряд-здание». Сумма КТУ сотрудника на партию изготовленного им провода автоматически заполняется в документе в зависимости от длины и количества провода в партии. В документе «Наряд-здание» длина провода указывается в миллиметрах.

Номер:  от:

Организация:

Подразделение:

| N | Отметка                             | Сотрудник               | В.  | П. | Б.                       | Количество | Номер жгута   | Маркир. | Вид провода | № п/п | Сек. | Цвет | Длина    | Река провода |
|---|-------------------------------------|-------------------------|-----|----|--------------------------|------------|---------------|---------|-------------|-------|------|------|----------|--------------|
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> | Мальцев Егор Русланович | 1.. |    | <input type="checkbox"/> | 70.00      | 43253-3724648 | Черный  | ПВАМ        | 150В  | 0.75 | ГК   | 2 620.00 | 28.70        |
| 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | Исаков Артем Филиппович | 1.. |    | <input type="checkbox"/> | 70.00      | 43253-3724648 | Черный  | ПВАМ        | 151А  | 0.75 | Ж    | 3 280.00 | 28.70        |

Рис. 2. Документ «Наряд-здание»

В конце месяца производится создание документа «Расчет КТУ», в котором автоматически рассчитываются премии сотрудников на основании документов «Наряд-здание», созданных в течение текущего месяца.

Расчет КТУ: Расчет КТУ 000001968 от 05.02.2024 17:04:57

Действия

Номер:  ☐ Участок ТПЖ ☒ Заготовительный участок

Дата:  Участок:

Период:  Ответственный:

Сводная ☒ По дням ☐ Полная ☐ Таблицы участок Заготовительный

Расчитать КТУ

| N | Ответственный               | Клеймо качества, % (до2..) | Выполнение обязанностей бригадира, % (до2..) | Премияльные в.. |
|---|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|-----------------|
| 1 | Мальцев Егор Русланович     |                            |                                              | 2 075.46        |
| 2 | Исаков Артем Филиппович     |                            |                                              | 19 120.68       |
| 3 | Павлов Савва Маркович       |                            |                                              | 76 276.16       |
| 4 | Шаповалов Иван Арсентьевич  |                            |                                              | 60 935.95       |
| 5 | Марков Андрей Александрович |                            |                                              | 3 781.60        |
| 6 | Копылов Илья Ильич          |                            |                                              | 50 847.90       |
| 7 | Панов Евгений Матвеевич     |                            |                                              | 23 782.73       |
| 8 | Кузнецов Сергей Степанович  |                            |                                              | 32 636.36       |
| 9 | Молчанов Александр Иванович |                            |                                              | 26 622.59       |
|   |                             |                            |                                              | 404 365.54      |

Рис. 3. Документ «Расчет КТУ»

## Результаты

Разработанное программное решение позволяет рассчитывать премии сотрудников в зависимости от объема выполненных ими работ. Предложенное решение позволяет:

- хранить и изменять значения расценок для каждого типа партии провода в регистре сведений «Расценки для резки провода»;
- рассчитывать сумму КТУ сотрудника на каждую изготовленную им партию провода в документе «Наряд-задание»;
- автоматизировать расчет ежемесячных премий сотрудников.

Предложенную систему расчета коэффициента трудового участия можно усовершенствовать путем введения прохождения контроля изготовленных образцов контролером отдела технического контроля, ведения учета браков, добавления коэффициента качества в формулу расчета КТУ.

## Заключение

В результате проведенного исследования возможности совершенствования системы оплаты труда операторов линий, станков и установок было предложено введение коэффициента трудового участия, позволяющего дать суммовую оценку индивидуального вклада сотрудника в результат производства. Для программной реализации разработанных формул была осуществлена доработка типового программного решения «1С:Управление производственным предприятием». Полученные результаты целесообразно применять в производственных предприятиях для расчета премий сотрудникам, меру трудового участия которых можно оценить в количественном выражении. В рассматриваемом примере показана зависимость размера премии оператора автоматических линий и установок от количества и длины нарезанного им провода. Были предложены рекомендации по совершенствованию предложенной системы расчета КТУ. Применение КТУ окажет положительное влияние на производственные процессы, увеличит мотивацию персонала, позволит сократить браки в про-

изводстве, увеличит объемы производства, а предложенный программный продукт позволит автоматизировать процесс расчета премий сотрудникам по результатам их работы.

### *Список литературы*

1. Аксенов П.В. Оптимизация выплат заработной платы – конкурентное преимущество компании. Схема оптимизации выплаты заработной платы административно-хозяйственному персоналу предприятия путем внедрения в расчет коэффициента трудового участия (КТУ) // Московское научное обозрение. Москва, 2011. № 1(5). С. 02-05.
2. Дадян Э.Г. Разработка бизнес-приложений на платформе «1С:Предприятие»: учебное пособие. Москва, 2024. 305 с.
3. Захаров А.В., Козлов А.И. Внедрение в фонд оплаты труда, отдельно взятого подразделения Компании, Коэффициента трудового участия // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 21. С. 643-648.
4. Лузенина Е.В., Высоцкая А.В. Разработка модуля системы мотивации сотрудников с учетом коэффициента трудового участия // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. Комсомольск-на-Амуре. 2017. С. 700-704.
5. Лукманова Ф.Ф. Применение коэффициента трудового участия в оплате труда // Новый университет. Серия: Экономика и право. 2012. № 6. С. 53-55.
6. Минина А.Ю. Использование коэффициента трудового участия в сельскохозяйственном кооперативе // Современная экономика России: проблемы и перспективы развития: сборник научных трудов Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Махачкала, 2018. С. 114-122.
7. Полякова И.А., Воронина А.В., Охотников А.В. Механизм использования коэффициента трудового участия для мотивации персонала сферы торговли // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2018. № 2(93). С. 17-19.



8. Полякова И.А. Оценка персонала в условиях экономической нестабильности // Вестник Северо-Кавказского гуманитарного института. 2016. № 1. С. 150-154.
9. Сорокина О.Г. Исследование эволюции подходов к компетентностному управлению в условиях формирования экономики знаний // Вестник Северо-Кавказского гуманитарного института. 2016. № 1. С. 163-170.
10. Чикина А.И., Ишмурадова И.И. Возможности системы «1С:Предприятие» как средства реализации бизнес-процессов // Ермаковские чтения в Набережных Челнах. Культурно-историческая и социально-экономическая динамика регионов: вызовы и возможности: сборник докладов III Международной научно-практической конференции. Казань, 2023. С. 445-448.
11. Aarosan S., Fallick B., Figura A., Pingle J., Washer W. The Recent Decline in the Labor Force Participation Rate and Its Implications for Potential Labor Supply // Brookings Papers on Economic Activity. 2006. №1. P. 69-154.
12. Fedoskin V.V., Bakulina G.N., Pikushina M.Yu., Polyakov M.V. Improvement of Methods for Analysis of Wage when Using Digital Technologies // Digital Technologies in Agriculture of the Russian Federation and the World Community. Stavopol, 2022. P. 040012.
13. Meloni W.P., Stirati A. The decoupling between labour compensation and productivity in high-income countries: Why is the nexus broken? // British Journal of Industrial Relations, 2022. P. 425-463.
14. Mura L., Gontkovicova B., Spisakova E.D., Hajduova Z. Position of employee benefits in remuneration structure // Transformations in Business and Economics, 2019. P. 156-173.
15. Shlepneva T.O., Maizel I.V. Methodological recommendations for the analysis of the wage fund at the enterprise // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Baikal Investment and Construction Forum “Spatial Restructuring of territories” Irkutsk, 2021. P. 012175.

### **References**

1. Aksenov P.V. *Moskovskoe nauchnoe obozrenie* [Moscow Scientific Review], 2011, no. 1(5), pp. 02-05.
2. Dadyan E.G. *Razrabotka biznes-prilozheniy na platforme "1S:Predpriyatie": uchebnoe posobie* [Development of business application on the 1S:Enterprise platform: schoolbook]. Moscow, 2024, 305 p.
3. Zakharov A.V., Kozlov A.I. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie* [Innovation. Science. Education], 2020, no. 21, pp. 643-648.
4. Luzenina E.V., Vysotskaya A.V. *Nauchno-tehnicheskoe tvorchestvo aspirantov i studentov: materialy 47-y nauchno-tehnicheskoy konferentsii studentov i aspirantov* [Scientific and technical creativity of graduate students and students: materials of the 47th scientific and technical conference of students and graduate students]. Komsomolsk-on-Amur, 2017, pp. 700-704.
5. Lukmanova F.F. *Novyy universitet. Seriya: Ekonomika i pravo* [New University. Series: Economics and law], 2012, no. 6, pp. 53-55.
6. Minina A.Yu. *Sovremennaya ekonomika Rossii: problemy i perspektivy razvitiya: sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern Russian economy: problems and development prospects: collection of scientific papers of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference]. Makhachkala, 2018, pp. 114-122.
7. Polyakova I.A., Voronina A.V., Okhotnikov A.V. *Nauka i obrazovanie: khozyaystvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie* [Science and education: farming and economics; entrepreneurship; law and management], 2018, no. 2(93), pp. 17-19.
8. Polyakova I.A. *Vestnik Severo-Kavkazskogo gumanitarnogo instituta* [Bulletin of the North Caucasus Humanitarian Institute], 2016, no. 1, pp. 150-154.
9. Sorokina O.G. *Vestnik Severo-Kavkazskogo gumanitarnogo instituta* [Bulletin of the North Caucasus Humanitarian Institute], 2016, no. 1, pp. 163-170.
10. Chikina A.I., Ishmuradova I.I. *Ermakovskie chteniya v Naberezhnykh Chelnakh. Kul'turno-istoricheskaya i sotsial'no-ekonomicheskaya dina-*

- mika regionov: vyzovy i vozmozhnosti: sbornik dokladov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Ermakov readings in Naberezhnye Chelny. Cultural-historical and socio-economic dynamics of regions: challenges and opportunities: collection of reports of the III International Scientific and Practical Conference]. Kazan, 2023, pp. 445-448.
11. Aarosan S., Fallick B., Figura A., Pingle J., Washer W. The Recent Decline in the Labor Force Participation Rate and Its Implications for Potential Labor Supply. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2006, no. 1, pp. 69-154.
  12. Fedoskin V.V., Bakulina G.N., Pikushina M.Yu., Polyakov M.V. Improvement of Methods for Analysis of Wage when Using Digital Technologies. *Digital Technologies in Agriculture of the Russian Federation and the World Community*. Stavopol, 2022, p. 040012.
  13. Meloni W.P., Stirati A. The decoupling between labour compensation and productivity in high-income countries: Why is the nexus broken? *British Journal of Industrial Relations*, 2022, pp. 425-463.
  14. Mura L., Gontkovicova B., Spisakova E.D., Hajduova Z. Position of employee benefits in remuneration structure. *Transformations in Business and Economics*, 2019, pp. 156-173.
  15. Shlepneva T.O., Maizel I.V. Methodological recommendations for the analysis of the wage fund at the enterprise. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Baikal Investment and Construction Forum "Spatial Restructuring of territories"*. Irkutsk, 2021, p. 012175.

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Чикина Айзиля Ильясовна**, магистрант кафедры «Бизнес-информатика и математические методы в экономике»  
*Набережночелнинский институт Казанского федерального университета*  
*пр-кт. Мира, 68/19, г. Набережные Челны, Республика Татарстан, 423810, Российская Федерация*  
*chikina\_ayzilya@mail.ru*

**Ишмурадова Изид Илдаровна**, доцент кафедры «Бизнес-информатика и математические методы в экономике», кандидат экономических наук

*Набережночелнинский институт Казанского федерального университета*

*пр-кт. Мира, 68/19, г. Набережные Челны, Республика Татарстан, 423810, Российская Федерация*

*izida-89@mail.ru*

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

**Ayzilya I. Chikina**, master's student «Business Informatics and Mathematical Methods in Economics»

*Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University*

*68/19, Mira Str., Naberezhnye Chelny, Tatarstan, 423810, Russia*

*chikina\_ayzilya@mail.ru*

**Izida I. Ishmuradova**, Associate Professor « Business Informatics and Mathematical Methods in Economics», Candidate of Economic Sciences

*Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University*

*68/19, Mira Str., Naberezhnye Chelny, Tatarstan, 423810, Russia*

*izida-89@mail.ru*

Поступила 28.02.2024

После рецензирования 10.03.2024

Принята 14.03.2024

Received 28.02.2024

Revised 10.03.2024

Accepted 14.03.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-289

УДК 004.896



Научные обзоры

## ПРОБЛЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

***К.М. Рыбаков, Р.М. Хамитов***

*Отбраковка металлопродукции является важным этапом производственного процесса, направленным на обеспечение лучшего качества конечного продукта.*

*Традиционные методы отбраковки, основанные на визуальном контроле или использовании простых автоматизированных систем, имеют свои ограничения и недостатки, такие как низкая скорость и точность классификации дефектов.*

*В работе рассматривается возможность применения различных методов машинного обучения для классификации дефектов в металлических изделиях. Проводится сравнительный анализ данных алгоритмов, а также их эффективности с целью определения наиболее подходящего подхода к автоматической отбраковке металлопродукции.*

***Ключевые слова:*** машинное обучение; нейронные сети; дефектоскопия; метод опорных векторов; металлообработка

***Для цитирования.*** Рыбаков К.М., Хамитов Р.М. Проблемы поверхностной дефектоскопии металлов с использованием машинного обучения и пути их решения // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 196-204. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-289

Scientific Reviews

## PROBLEMS OF SURFACE DEFECTOSCOPY OF METALS USING MACHINE LEARNING AND WAYS FOR THEIR SOLUTIONS

**K.M. Rybakov, R.M. Khamitov**

*Rejection of metal products is an important stage of the production process aimed at ensuring the best quality of the final product.*

*Traditional rejection methods, based on visual inspection or the use of simple automated systems, have their limitations and disadvantages, such as low speed and accuracy of defect classification.*

*The paper examines the possibility of using various machine learning methods to classify defects in metal products. A comparative analysis of these algorithms, as well as their effectiveness, is carried out in order to determine the most suitable approach to the automatic rejection of metal products.*

**Keywords:** machine learning; neural networks; flaw detection; support vector machine; metalworking

**For citation.** Rybakov K.M., Khamitov R.M. Problems of Surface Defectoscopy of Metals using Machine Learning and Ways for Their Solutions. *International Journal of Advanced Studies*, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 196-204. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-289

### Введение

Традиционные методы отбраковки металлопродукции, такие как визуальный контроль и простые автоматизированные системы, имеют ограничения в точности и скорости отбраковки. Визуальный контроль требует участия оператора, что может привести к утомлению и снижению эффективности, а также подвержен человеческим ошибкам. Автоматизированные системы, в свою очередь, часто не способны обнаруживать сложные или неоче-

видные дефекты [2]. Системы автоматической отбраковки, основанные на методах машинного обучения позволяют обрабатывать большие объемы данных и автоматически выявлять дефекты на металлических изделиях с высокой точностью и скоростью. Такие системы используют различные типы датчиков и камер для сбора информации о поверхности продукции и алгоритмы машинного обучения для анализа полученных данных и классификации дефектов [3].

### **Материалы и методы исследования**

В работе используются результаты зарубежных и отечественных научных исследований. Автором применяются теоретические методы исследования, связанные с поиском и анализом информации для выявления связей и получения уникальных выводов.

### **Результаты и обсуждение**

Ключевыми характеристиками работы систем автоматической отбраковки металлопродукции являются скорость и адекватность выявляемых дефектов. При этом, следует учитывать, что если распознать хороший продукт как бракованный, вернуть его в логистическую цепочку после повторной проверки несложно, однако если пропустить брак на реализацию, последуют серьезные финансовые и репутационные потери предприятия [4].

#### *Описание используемых алгоритмов машинного обучения*

Для решения задачи автоматической отбраковки металлопродукции применяются различные алгоритмы машинного обучения. В рамках данной работы рассматриваются следующие подходы:

- Метод опорных векторов (Support Vector Machines, SVM)
- Сверточные нейронные сети с SVM
- SIFT с SVM

#### *Метод опорных векторов (SVM):*

SVM – это алгоритм обучения с учителем, который используется как для задач классификации, так и для регрессии. SVM

имеет большое преимущество в задачах классификации, так как проводится процесс взвешивания, который максимизирует границу разделения между ближайшими точками в этом пространстве данных, определяющем различные классы.

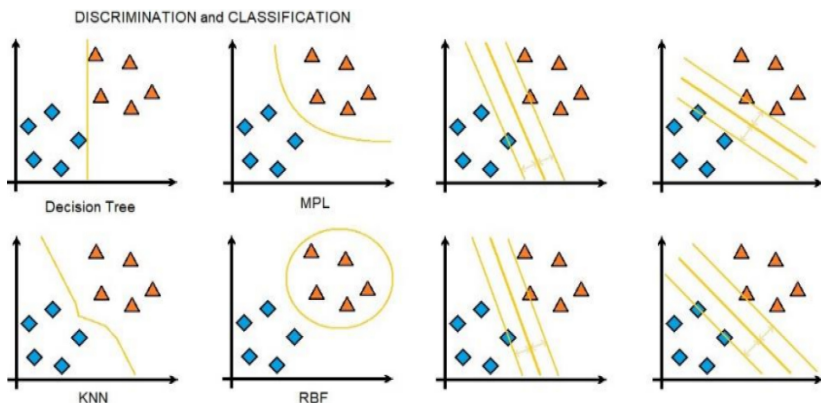


Рис. 1. Пример разделения на классы с SVM (справа) и без

Однако у данного подхода есть и свои минусы - алгоритм SVM хорошо работает в случаях где нужно однозначно сказать есть дефект или нет, в то время как определить какой именно это дефект уже затруднительно. То есть забраковать изделия используя только этот алгоритм можно, однако получить более детальную информацию не получится. Например, в имеющихся исследованиях [5] авторам удалось добиться поразительной точности в классификации – 99.78%.

#### *Сверточные нейронные сети с SVM*

На следующем уровне дефектоскопии стоят сверточные нейронные сети в комбинации с SVM.

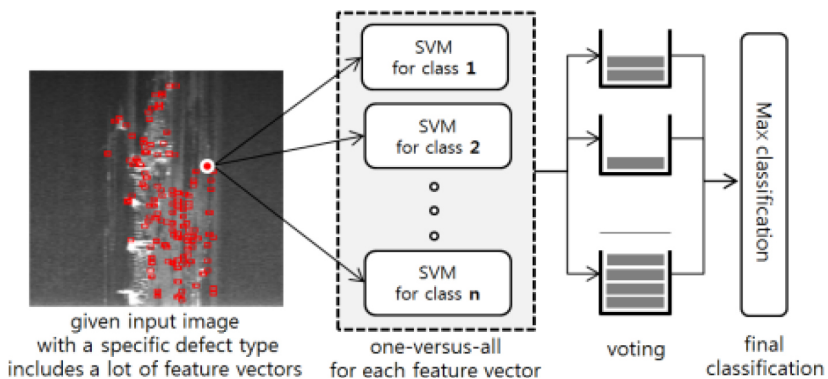
CNN – это глубокие нейронные сети, специально разработанные для обработки изображений. В CNN с SVM, последний, как правило используется для поиска фрагментов, потенциально содержащих дефект. То есть, изображение разбивается на несколько секций, каждая секция прогоняется через SVM, затем те секции,



в которых потенциально есть дефект прогоняются через нейронную сеть для точной идентификации типа дефекта. Такой подход использовался в некоторых исследованиях [6], который позволил достигнуть точности в 99.3%, но уже с точным определением типа дефекта.

### *SIFT с SVM*

SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) – это алгоритм компьютерного зрения, который используется для обнаружения и описания ключевых точек в изображениях. Подход с комбинацией SIFT и SVM с использованием стратегии голосования представляет любопытные данные. В исследовании исследованиях коллег [7] была предложена следующая архитектура сети:



**Рис. 2.** Архитектура сети SIFT с SVM с использованием стратегии голосования

Выше в статье мы упомянули, что SVM по сути является классификатором двух классов. В задачах дефектоскопии как правило это классы “дефект” и “норма”. Здесь же предложено использование SIFT для генерации множества векторов признаков одного изображения. Поскольку SVM выдает вероятность принадлежности к конкретному классу, далее следует система голосования, в которой “побеждает” класс дефекта с наибольшим выходом из SVM.

Данная архитектура хорошо зарекомендовала себя для классификации различных дефектов. Ниже представлены результаты классификаций:

| DFBL         | DFLS         | LSBL         | LSS          | DFBL            | DFLS            | LSBL            | LSS             |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|              | 70.59        | 81.75        | 71.72        | 4               | 13              | 17              | 6               |
| 92.11        | 67.92        | 81.75        | 70.29        | 2               | 4               | 8               | 17              |
|              |              |              |              | 6               | 17              | 25              | 23              |
| <b>94.74</b> | 79.25        | 83.21        | 70.29        | <b>100% (2)</b> | <b>100% (4)</b> | <b>100% (8)</b> | <b>82% (14)</b> |
| 93.42        | <b>79.25</b> | <b>86.86</b> | <b>72.28</b> |                 |                 |                 |                 |

**Рис. 3.** Классификация дефектов с использованием алгоритма SVM

**Рис. 4.** Классификация дефектов с использованием SVM и системы голосования

Мы можем заметить, что использование голосования значительно увеличило точность предсказания дефектов. Стоит также отметить, что здесь не были рассмотрены случаи с отсутствием дефектов, что, однако, предоставляет дополнительное пространство для собственных доработок такой архитектуры нейронной сети.

**Заключение**

Внедрение алгоритмов машинного обучения в процесс дефектоскопии металлов может значительно улучшить качество конечного продукта, снизить затраты на производство и повысить конкурентоспособность предприятий. Однако, для достижения оптимальных результатов необходимо тщательно выбирать и настраивать алгоритмы, учитывая специфику задачи и доступные данные. Комбинация SIFT и SVM с использованием стратегии голосования показала высокую точность классификации дефектов, что делает ее перспективным подходом для автоматической отбраковки металлопродукции.

**Список литературы**

1. Алексеев И.П. Перспективы применения капсульных нейронных сетей в распознавании объектов на изображениях / И. П. Алексеев, Т. В. Лаптева // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. 2022. № 1. С. 50-53.

2. Шорина Т.В. Распознавание визуальных образов средствами языка программирования Python / Т. В. Шорина, Р. М. Хамитов // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 639-641.
3. Салтанаева Е.А. Построение систем распознавания образов на основе искусственного интеллекта / Е. А. Салтанаева, С. М. Куценко // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 376-378.
4. Фахрутдинов Р.Р., Хамитов Р.М. Исследование методов распознавания дефектов на изображении для объектов топливно-энергетического комплекса // Сборник научных статей VIII международной научной конференции. Казань, 2021. С. 126-129.
5. Krzysztof Lalik, Mateusz Kozek, Paweł Gut, Marek Iwaniec, Grzegorz Pawłowski. June 22, 2022 SVM Algorithm for Industrial Defect Detection and Classification. URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2022/04/mateconf\\_mms2020\\_04004/mateconf\\_mms2020\\_04004.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2022/04/mateconf_mms2020_04004/mateconf_mms2020_04004.html) (дата обращения: 15.02.2023).
6. Shuai Wang, Xiaojun Xia, Lanqing Ye, Binbin Yang. Automatic Detection and Classification of Steel Surface Defect Using Deep Convolutional. February 26, 2021. URL: Neural Networks <https://www.mdpi.com/2075-4701/11/3/388> (дата обращения: 18.02.2023).
7. Suvdaa B., Ahn J., Ko J. Steel surface defects detection and classification using SIFT and voting strategy. April 2, 2012. URL: [https://www.researchgate.net/publication/293134660\\_Steel\\_surface\\_defects\\_detection\\_and\\_classification\\_using\\_SIFT\\_and\\_voting\\_strategy](https://www.researchgate.net/publication/293134660_Steel_surface_defects_detection_and_classification_using_SIFT_and_voting_strategy) (дата обр.: 14.02.2023).

### *References*

1. Alekseev I.P., Lapteva T.V. Prospects of application of capsule neural networks in object recognition on images. *KIP i avtomatika: obsluzhivanie i remont*, 2022, no. 1, pp. 50-53.
2. Shorina T.V., Khamitov R.M. Visual image recognition by means of the Python programming language. *Nauchno-tekhnichestkiy vestnik Povolzh'ya*, 2023, no. 12, pp. 639-641.
3. Saltanaeva E.A., Kutsenko S.M. Construction of pattern recognition systems based on artificial intelligence. *Nauchno-tekhnichestkiy vestnik Povolzh'ya*, 2023, no. 12, pp. 376-378.

4. Fakhrutdinov R.R., Khamitov R.M. Research of methods of defects recognition on the image for objects of fuel and energy complex. *Collection of scientific articles of the VIII International Scientific Conference*. Kazan, 2021, pp. 126-129.
5. Krzysztof Lalik, Mateusz Kozek, Paweł Gut, Marek Iwaniec, Grzegorz Pawłowski. June 22, 2022 SVM Algorithm for Industrial Defect Detection and Classification. URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2022/04/mateconf\\_mms2020\\_04004/mateconf\\_mms2020\\_04004.html](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2022/04/mateconf_mms2020_04004/mateconf_mms2020_04004.html) (accessed 15.02.2023).
6. Shuai Wang, Xiaojun Xia, Lanqing Ye, Binbin Yang. Automatic Detection and Classification of Steel Surface Defect Using Deep Convolutional. February 26, 2021. URL: Neural Networks <https://www.mdpi.com/2075-4701/11/3/388> (accessed February 18, 2023).
7. Suvdaa B., Ahn J., Ko J. Steel surface defects detection and classification using SIFT and voting strategy. April 2, 2012. URL: [https://www.researchgate.net/publication/293134660\\_Steel\\_surface\\_defects\\_detection\\_and\\_classification\\_using\\_SIFT\\_and\\_voting\\_strategy](https://www.researchgate.net/publication/293134660_Steel_surface_defects_detection_and_classification_using_SIFT_and_voting_strategy) (accessed 14.02.2023).

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Рыбаков Кирилл Михайлович**, студент 2-го курса магистратуры кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы»

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

*ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Федерация*

*[kotya.ribak@mail.ru](mailto:kotya.ribak@mail.ru)*

**Хамитов Ренат Минзашарифович**, доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», кандидат технических наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

*ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Феде-  
рация  
hamitov@gmail.com*

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

**Kirill M. Rybakov**, 2nd year master's student of the Department of  
Information Technologies and Intelligent Systems  
*Kazan State Power Engineering University  
51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation  
kotya.ribak@mail.ru  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3781-5259>*

**Renat M. Khamitov**, Associate Professor of the Department of In-  
formation Technologies and Intelligent Systems, Candidate of  
Technical Sciences  
*Kazan State Power Engineering University  
51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation  
hamitov@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9949-4404>*

Поступила 28.02.2024

После рецензирования 10.03.2024

Принята 14.03.2024

Received 28.02.2024

Revised 10.03.2024

Accepted 14.03.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-290

УДК 004.85



Научные обзоры

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ АКТИВНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

*В.Д. Новиков, Р.М. Хамитов*

*В данной статье рассматривается прогнозирование потребительской активности, а в частности прогнозирование энергопотребления домохозяйств с использованием машинного обучения. Прогнозирование энергопотребления домохозяйств с использованием машинного обучения – это тема, которая затрагивает различные аспекты эффективного и экологичного использования электроэнергии. В статье рассматриваются различные методы и модели машинного обучения, которые могут быть применены для решения задачи прогнозирования.*

*В отдельную категорию выделено рассмотрение модели нейронных сетей такой как LSTM, дается ее описание, процесс обучения и использования, а также даны преимущества и недостатки данной модели. После чего на подготовленном датасете производится обучение модели для прогнозирования энергопотребления.*

**Ключевые слова:** потребление энергии; обработка данных; машинное обучение; прогнозирование; нейронные сети; глубокое обучение

**Для цитирования.** Новиков В.Д., Хамитов Р.М. Прогнозирование потребительской активности с использованием методов машинного обучения // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 205-214. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-290

## FORECASTING CONSUMER ACTIVITY USING MACHINE LEARNING METHODS

*V.D. Novikov, R.M. Khamitov*

*This article discusses forecasting consumer activity, and in particular forecasting household energy consumption using machine learning. Forecasting household energy consumption using machine learning is a topic that addresses various aspects of efficient and environmentally friendly use of electricity.*

*The article discusses various machine learning methods and models that can be applied to solve the forecasting problem. The consideration of a neural network model such as LSTM is highlighted in a separate category, its description, the learning and use process are given, as well as the advantages and disadvantages of this model are given. After that, a model is trained on the prepared dataset to predict energy consumption.*

**Keywords:** *energy consumption; data processing; machine learning; forecasting; neural networks; deep learning*

**For citation.** *Novikov V.D., Khamitov R.M. Forecasting Consumer Activity using Machine Learning Methods. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 205-214. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-290*

### Введение

Энергопотребление домохозяйств является важным фактором, влияющим на баланс спроса и предложения на рынке электроэнергии. Точный и своевременный прогноз энергопотребления позволяет энергетическим компаниям оптимизировать свою работу, снизить затраты и уменьшить выбросы парниковых газов. Кроме того, прогнозирование энергопотребления может помочь

потребителям контролировать свой энергетический бюджет и повысить энергоэффективность.

Однако прогнозирование энергопотребления домохозяйств представляет собой сложную задачу, так как оно зависит от множества факторов, таких как погодные условия, сезонность, день недели, время суток, поведение и предпочтения потребителей, тип и состояние оборудования и т.д. [1]. Традиционные статистические методы, такие как авторегрессия, скользящее среднее или экспоненциальное сглаживание, могут не учитывать все эти факторы или требовать большого количества данных и времени для настройки и обновления моделей.

В последнее время все больше исследователей и практиков применяют методы машинного обучения для прогнозирования энергопотребления домохозяйств. Методы машинного обучения способны анализировать большие и сложные наборы данных, выявлять скрытые закономерности и зависимости, адаптироваться к изменяющимся условиям и обеспечивать высокую точность и надежность прогнозов [2].

### **Материалы и методы исследования**

В работе используются результаты зарубежных и отечественных научных исследований. Авторами применяются теоретические методы исследования, связанные с поиском и анализом информации для выявления связей и получения уникальных выводов.

### **Результаты и обсуждение**

Прежде всего стоит определить какие методы машинного обучения существуют, после чего можно перейти к деталям реализации.

Среди наиболее популярных и эффективных методов машинного обучения для прогнозирования энергопотребления домохозяйств можно выделить следующие:

1. Регрессионные модели. Регрессионные модели строят функциональную зависимость между энергопотреблением и одним



или несколькими объясняющими переменными, такими как температура, влажность, освещенность, давление и т.д. Регрессионные модели могут быть линейными или нелинейными, одно- или многомерными, статическими или динамическими [3]. Регрессионные модели обладают простотой, интерпретируемостью и низкой вычислительной сложностью, но могут быть чувствительны к выбросам, мультиколлинеарности и нелинейности данных.

2. Модели искусственных нейронных сетей. Модели искусственных нейронных сетей (ИНС) состоят из множества связанных узлов, называемых нейронами, которые имитируют работу биологического мозга [4]. ИНС способны аппроксимировать любую сложную нелинейную функцию, обучаясь на данных с помощью алгоритмов оптимизации, таких как градиентный спуск, обратное распространение ошибки или генетические алгоритмы. ИНС обладают высокой точностью, гибкостью и адаптивностью, но могут быть сложными, непрозрачными и требовательными к ресурсам.

3. Модели машинного обучения с учителем. Модели машинного обучения с учителем (МОСУ) используют размеченные данные, то есть данные, в которых известны как входные, так и выходные значения, для обучения алгоритма, который может предсказывать выходные значения для новых входных данных. МОСУ могут быть классификационными или регрессионными, в зависимости от типа выходной переменной. МОСУ обладают хорошей обобщающей способностью, масштабируемостью и разнообразием, но могут быть подвержены переобучению, недообучению и шуму данных [5].

4. Модели машинного обучения без учителя. Модели машинного обучения без учителя (МОБУ) используют неразмеченные данные, то есть данные, в которых известны только входные значения, для обнаружения скрытых структур, закономерностей или групп в данных. МОБУ могут быть кластеризационными, понижающими размерность, ассоциативными или аномальными, в зависимости от цели анализа [6]. МОБУ обладают способностью к самоорганизации, обнаружению новых знаний и обработке

больших объемов данных, но могут быть неустойчивыми, неоднозначными и сложными для интерпретации.

### *Прогнозирование потребления электрической энергии*

Для исследования прогнозирования энергопотребления домохозяйств был выбран датасет, в котором определялась величина потребления электрической энергии домохозяйствами за периоды с 2015 года по 2021 года. Учет потребления ввелся ежечасно, что позволяет более точно спрогнозировать конечный уровень энергопотребления.

Исследование было выполнено на языке программирования Python, использовалась версия языка программирования Python, такая как Python 3.12.0. В качестве среды программирования использовалась Jupyter Notebook.

Помимо прочего были использованы библиотеки Numpy и Pandas для вычислений и проведения манипуляций с данными. Matplotlib и Seaborn для визуализации данных. Scikit-learn для предобработки данных. Keras для обучения модели.

В начале исследования был проведен анализ исходного датасета. Данные потребления по месяцам представлены на рис. 1.

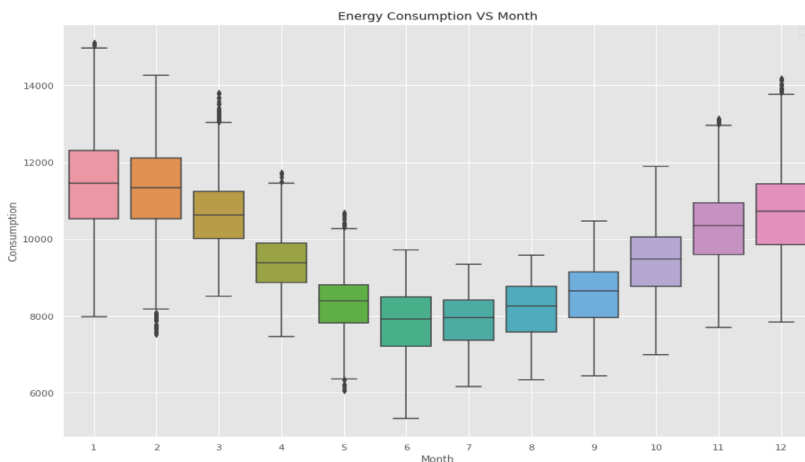


Рис. 1. Помесячное потребление электроэнергии

По месячному графику потребления электроэнергии, можно сделать вывод, что меньше всего потребление электроэнергии приходится на летние месяцы, это связано с тем, что люди меньше используют нагревательные приборы, которые они используют в зимние месяцы, как видно на графике, энергопотребление в зимний период существенно выше.

Следующим этапом была предобработка данных для машинного обучения.

Для прогнозирования потребления электроэнергии по дням, данные были обработаны встроенной функцией в Pandas, которая имеет название функция повторное выборки, а сам процесс называется передискретизация. Данная процедура позволила изменить частоту данных с почасовой на ежедневную.

Для модели LSTM необходимо привести исходные данные в диапазоне от 0 до 1, чтобы соответствовать масштабу слоя LSTM. Для этой цели была использована библиотека MinMaxScaler, которая позволяет нормализовать исходные данные. Таким образом используя данную библиотеку, данные были приведены к диапазону от 0 до 1.



**Рис. 2.** Прогнозирование энергопотребления с использованием тестовой выборки

Далее датасет был разделен на обучающую и тестовую выборку, было использовано соотношение 80:20. Обучение модели LSTM производилось с использованием обучающего набора и тестового набора для тестирования результатов в процессе обучения.

В результате при прогнозировании потребления электроэнергии были получены следующие значения, которые были представлены в виде графика на рис. 2.

По графику видно, что прогнозируемое значение энергопотребления почти не отличается от реального значение, средняя точность по результатам исследования составила 93,8 %, что позволяет говорить о точности обучения модели прогнозирования.

### **Заключение**

В результате проведенного исследования была разработана модель машинного обучения, которая основана на рекуррентной нейронной сети LTSM. Точность прогнозирования энергопотребления в процессе исследования составила 93,8%, что позволяет классифицировать полученные прогнозы энергопотребления как достоверные и считать полученную модель адекватной экспериментальным данным.

Помимо прочего, были выделены следующие выводы.

Во-первых, задача прогнозирования энергопотребления является актуальной для всех сфер сообщества, как для научного, с целью исследования применяемых методов прогнозирования, так и для компаний, позволяющая компаниям значительно сократить издержки по затратам на электроэнергию и внедрению различных видов энергосберегающих систем.

Во-вторых, прогнозирование энергопотребление довольно специфично и должно рассматриваться отдельно, учитывая различные факторы и анализа в зависимости от применяемое области, таким образом прогнозирование энергопотребления для предприятий будет отличаться от прогнозирования энергопотребления домохозяйств.

### ***Список литературы***

1. Васильев Г.В., Бердоносков В.Д. Методика по эффективному применению гибридных моделей нейронных сетей для прогнозирования энергопотребления // *Электротехнические системы и комплексы*. 2022. №4 (57). С. 88-95.
2. Моргоева А.Д., Моргоев И.Д. Прогнозирование потребления электрической энергии промышленным предприятием с помощью методов машинного обучения // *Известия ТПУ*. 2022. №7. С. 115-125.
3. Горбунова Е.Б. Нейросетевой подход к прогнозированию потребления энергоресурсов в городской среде // *Инженерный вестник Дона*. 2018. №4 (51). <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5303>
4. Полуянович Н.К., Дубяго М.Н. Оценка воздействующих факторов и прогнозирование электропотребления в региональной энергосистеме с учетом режима ее эксплуатации // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2022. №2 (226). С. 31-46.
5. Ляндау Ю.В., Темирбулатов А.У. Обзор применения технологий искусственного интеллекта в электроэнергетической отрасли // *Инновации и инвестиции*. 2023. №8. С. 304-309.
6. Nurfaizi A., Hasanuddin M. Ticket Prediction using LSTM on a GLPI System // *International Journal of Open Information Technologies*. 2023. №7. <http://injoit.org/index.php/j1/article/view/1567>

### ***References***

1. Vasiliev G.V., Berdonosov V.D. Methodology for the effective application of the hybrid neural network models for the energy consumption forecasting (in Russian). *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы* [Electrotechnical systems and complexes], 2022, no. 4 (57), pp. 88-95.
2. Morgoeva A.D., Morgoev I.D. Forecasting of the electric energy consumption by the industrial enterprise by means of the machine learning methods. *Izvestiya TPU*, 2022, no. 7, pp. 115-125.

3. Gorbunova E.B. Neural network approach to forecasting energy resources consumption in urban environment. *Inzhenerny vestnik Dona*, 2018, no. 4 (51). <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5303>
4. Poluyanovich, N.K.; Dubyago, M.N. Estimation of the influencing factors and forecasting of the power consumption in the regional power system taking into account the mode of its operation. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*, 2022, no. 2 (226), pp. 31-46.
5. Lyandau Yu.V., Temirbulatov A.U. Review of the application of artificial intelligence technologies in the electric power industry. *Innovatsii i investitsii* [Innovations and Investments], 2023, no. 8, pp. 304-309.
6. Nurfaizi A., Hasanuddin M. Ticket Prediction using LSTM on a GLPI System. *International Journal of Open Information Technologies*, 2023, no. 7. <http://injoit.org/index.php/j1/article/view/1567>

### ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Новиков Вадим Денисович**, студент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы»

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

*ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Федерация*

*[novikovschool@gmail.com](mailto:novikovschool@gmail.com)*

**Хамитов Ренат Минзашарифович**, доцент кафедры «Информационные технологии и интеллектуальные системы», кандидат технических наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»*

*ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Федерация*

*[hamitov@gmail.com](mailto:hamitov@gmail.com)*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Vadim D. Novikov**, student of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems

*Kazan State Power Engineering University*

*51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation*

*novikovschool@gmail.com*

*ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8034-8956>*

**Renat M. Khamitov**, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Intelligent Systems, Candidate of Technical Sciences

*Kazan State Power Engineering University*

*51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation*

*hamitov@gmail.com*

*SPIN-code: 7401-9166*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9949-4404>*

*Scopus Author ID: 57222149321*

Поступила 28.02.2024

После рецензирования 10.03.2024

Принята 15.03.2024

Received 28.02.2024

Revised 10.03.2024

Accepted 15.03.2024

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-291

УДК 625.7



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

## РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УЧАСТКА ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА КАЗАНЬ

*М.А. Гнездицкий, О.Ю. Силкина, Р.С. Зарипова*

*В статье рассмотрен процесс разработки имитационной модели участка дорожной сети города Казань с целью повышения безопасности дорожного движения. Для этого был проведен выбор инструментов моделирования и изучена загруженность дорог города Казань.*

**Ключевые слова:** транспорт; имитационное моделирование; безопасность дорожного движения; модель, автомобиль

**Для цитирования.** Гнездицкий М.А., Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. Разработка имитационной модели участка дорожной сети города Казань // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 1. С. 215-XX. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-291

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

## DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF THE ROAD NETWORK SECTION OF THE CITY OF KAZAN

*M.A. Gnezditskiy, O.Y. Silkina, R.S. Zaripova*

*The article considers the process of developing a simulation model of the road network section of the city of Kazan in order to improve road safety. The choice of modelling tools is carried out and the load of Kazan city roads is studied.*



**Keywords:** *transport; simulation modelling; road safety; model; car*

**For citation.** *Gnezditskiy M.A., Silkina O.Y., Zaripova R.S. Development of Simulation Model of the Road Network Section of the City of Kazan. International Journal of Advanced Studies, 2024, vol. 14, no. 1, pp. 215-XX. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-1-291*

## **Введение**

В рамках данного исследования проводится разработка упрощённой имитационной модели, которую планируется усложнить с целью максимального её соответствия реальному участку дорожной сети. Целью исследования является изучение существующих инструментов имитационного моделирования, проведение анализа загруженности дорог города Казань и разработке имитационной модели одного из загруженных участков дорожной сети. Рассматриваемые проблемы связаны с обеспечением безопасности дорожного движения [1]. Новизна заключается в разработке имитационной модели участка дорожной сети. Достигнутый уровень результатов заключается в разработке имитационной модели участка дорожной сети города Казань.

## **Результаты исследования**

В результате сравнительного анализа в качестве инструмента моделирования выбрана отечественная программная среда AnyLogic, гибкость которой позволяет визуализировать взаимодействие сложных и разнородных систем на любом требуемом уровне абстракции. AnyLogic включает в себя набор примитивов и библиотечных объектов для эффективного моделирования логистики, бизнес-процессов, персонала, финансов, потребительского рынка, окружающей инфраструктуры в их естественном взаимодействии. Объектно-ориентированный подход в AnyLogic делает более лёгким интерактивное поэтапное создание сложных систем [2].

В разрабатываемой имитационной модели используется 3 типа агентов: Car – автомобили, Tram – трамвай, People – пешеход. До-

рожная сеть представляет трёхсторонний перекрёсток, включающий 2 пересекающиеся автомобильные проезжие части, трамвайные пути и 3 наземных пешеходных перехода, а также пешеходные, дорожные и трамвайные светофоры.

Диаграмма процесса включает в себя следующие типы блоков: *carSource*, *selectOutput*, *carMoveTo*, *trafficLight*, *carDispose*. На данный момент из модели исключены агенты *Tram* и *People*. Таким образом, с помощью данной модели демонстрируется только движение автомобилей на данном трёхстороннем перекрёстке. Дорожная сеть разработанной модели представлена на рис. 1. Она состоит из 3 дорог и перекрёстка. Диаграмма процесса представлена на рис. 2.

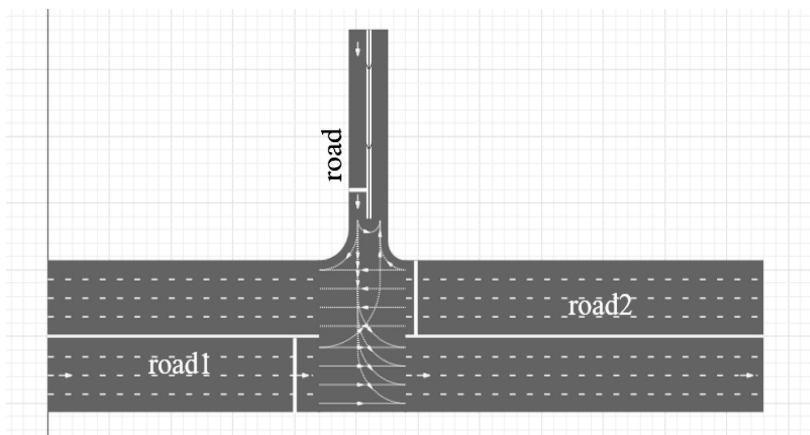


Рис. 1. Дорожная сеть разработанной модели

Блоки *carSource*, *carSource1* и *carSource2* – это блоки, создающие автомобили и перемещающие их в указанное место дорожной сети. *carSource* создаёт автомобили на дороге *road*, *carSource1* – *road1*, *carSource2* – *road2*. Характеристики данных блоков создаются путём задания свойств. Например, свойства блока *carSource* представлены на рис. 3. Аналогичным образом задаются свойства *carSource1* и *carSource2*.

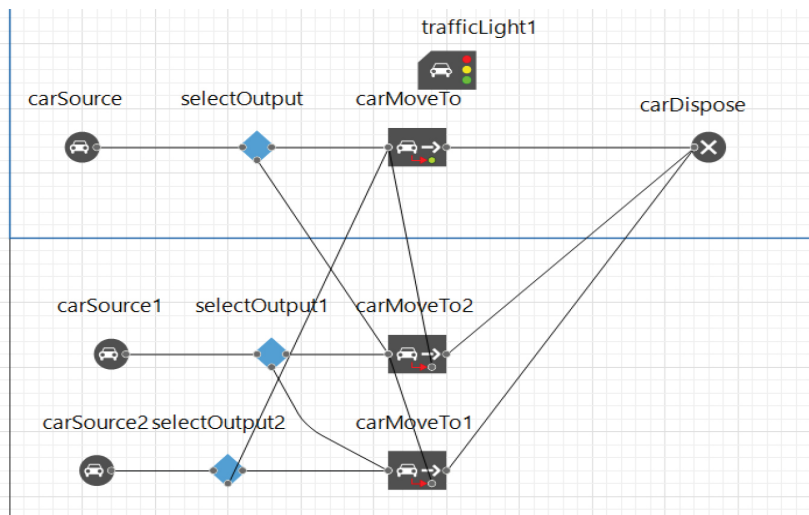


Рис. 2. Диаграмма процесса

carSource - CarSource

Имя:

carSource

☒ Отображать имя

☐ Исключить

Прибывают согласно:

Интенсивности

Интенсивность прибытия:

1000

в час

Считать параметры агентов из БД:

☐

Ограниченное кол-во прибытий:

☐

Появляется:

☒ на дороге

☐ на парковке

Дорога:

road

Помещается на полосу:

☒ основного движения

☐ встречного движения

Случайная полоса:

☒

Автомобиль

Новый автомобиль :

Car

Рис. 3. Свойства carSource

Блоки selectOutput, selectOutput1 и selectOutput2 – блоки, направляющие входящие агенты на один из двух выходящих портов. С помощью данных блоков с выбранной долей вероятности происходит выбор маршрута автомобиля. Так, блок selectOutput направляет автомобили с дороги road на road1 или road2. Аналогично selectOutput1 направляет автомобили с дороги road1 на road или road2 и selectOutput2 – с дороги road2 на road или road1.

Блок trafficLight – блок, моделирующий светофор, управляющий движением автомобилей на перекрёстке. С помощью него производится регулировка светофоров. Его свойства представлены на рис. 4 (stopLine – стоп-линия road, stopLine1 – стоп-линия road1, stopLine2 – стоп-линия road2).

trafficLight1 - Traffic Light

Имя: trafficLight1

☒ Отображать имя

☐ Исключить

Задаёт режим работы для:

☐ Стоп-линий перекрёстка

☐ Соединителей полос перекрёстка

☒ Заданных стоп-линий

Фазы:

| Длительности, сек: | 15 | 10 |  |
|--------------------|----|----|--|
| Стоп-линии:        |    |    |  |
| stopLine           |    |    |  |
| stopLine1          |    |    |  |
| stopLine2          |    |    |  |

Рис. 4. Свойства trafficLight

Блоки carMoveTo, carMoveTo1, carMoveTo2 – блоки, управляющие движением автомобилей. carMoveTo направляет автомобили на road1, carMoveTo1 направляет автомобили на road, carMoveTo2

направляет автомобили на road2. Свойства carMoveTo представлены на рис. 5. Блок carDispose – блок для удаления автомобилей из модели.

Рис. 5. Свойства carMoveTo

Таким образом, построена упрощённая имитационная модель участка дорожной сети города Казань (рис. 6).

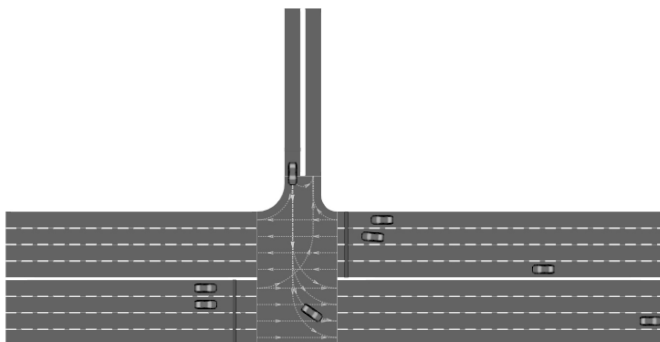


Рис. 6. Полученная имитационная модель

С помощью данной модели могут быть смоделированы различные дорожные ситуации с целью анализа организации дорожного движения на участке. Дальнейшим направлением работы является добавление в модель пешеходных переходов и трамвайных путей, которые существуют в реальных условиях.

### ***Список литературы***

1. Гнездицкий М.А., Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. Роль имитационного моделирования в повышении безопасности дорожного движения // *International Journal of Advanced Studies*. 2023. Т. 13. № 3-2. С. 46-51.
2. Петрова Е.А., Филимонова Т.К., Овсенко Г.А. Разработка системы оптимизации маршрута движения общественного транспорта // *International Journal of Advanced Studies*. 2023. Т. 13. № 2-2. С. 63-68.

### ***References***

1. Gnezditskiy M.A., Silkina O.Yu., Zaripova R.S. Role of simulation modeling in improving road safety. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 3-2, pp. 46-51.
2. Petrova E.A., Filimonova T.K., Ovseenko G.A. Development of the system of optimization of the public transport route. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 2-2, pp. 63-68.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Гнездицкий Михаил Анатольевич**, магистрант

*Казанский государственный энергетический университет  
ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Федерация*

**Силкина Ольга Юрьевна**, студент

*Казанский государственный энергетический университет  
ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Федерация*

**Зарипова Римма Солтановна**, доцент, канд. техн. наук,  
*Казанский государственный энергетический университет*  
*ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Российская Феде-*  
*рация*  
*zarim@rambler.ru*

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

**Mikhail A. Gnezditskiy**, student  
*Kazan State Power Engineering University*  
*51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation*

**Olga Yu. Silkina**, student  
*Kazan State Power Engineering University*  
*51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation*

**Rimma S. Zaripova**, Associate Professor, Candidate of Technical  
Sciences  
*Kazan State Power Engineering University*  
*51, Krasnoselskaya Str., Kazan, 420066, Russian Federation*  
*zarim@rambler.ru*

Поступила 19.02.2024

После рецензирования 02.03.2024

Принята 14.03.2024

Received 19.02.2024

Revised 02.03.2024

Accepted 14.03.2024

## AUTHOR GUIDELINES

<http://ijournal-as.com/>

**Volume of the manuscript:** 7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7-10.

**Margins all margins** – 20 mm each

**Main text font** Times New Roman

**Main text size** 14 pt

**Line spacing** 1.5 interval

**First line indent** 1,25 cm

**Text align** justify

**Automatic hyphenation** turned on

**Page numbering** turned off

**Formulas** in formula processor MS Equation 3.0

**Figures** in the text

**References to a formula** (1)

### Article structure requirements

**TITLE** (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

**Abstract** (in English)

**Keywords:** separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

**1. Introduction.**

**2. Objective.**

**3. Materials and methods.**

**4. Results of the research and Discussion.**

**5. Conclusion.**

**6. Conflict of interest information.**

**7. Sponsorship information.**

**8. Acknowledgments.**



## References

References text type should be Chicago Manual of Style

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Surname, first name (and patronymic) in full**, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

*E-mail address*

*SPIN-code in SCIENCE INDEX:*

*ORCID:*

*ResearcherID:*

*Scopus Author ID:*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

<http://ijournal-as.com/>

**Объем статей:** 7-12 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-9. Рукописи большего объема принимаются по специальному решению Редколлегии.

**Поля** все поля – по 20 мм.

**Шрифт основного текста** Times New Roman

**Размер шрифта основного текста** 14 пт

**Межстрочный интервал** полуторный

**Отступ первой строки абзаца** 1,25 см

**Выравнивание текста** по ширине

**Автоматическая расстановка переносов** включена

**Нумерация страниц** не ведется

**Формулы** в редакторе формул MS Equation 3.0

**Рисунки** по тексту

**Ссылки на формулу** (1)

**Обязательная структура статьи**

**УДК**

**ЗАГЛАВИЕ** (на русском языке)

**Автор(ы):** фамилия и инициалы (на русском языке)

**Аннотация** (на русском языке)

**Ключевые слова:** отделяются друг от друга точкой с запятой (на русском языке)

**ЗАГЛАВИЕ** (на английском языке)

**Автор(ы):** фамилия и инициалы (на английском языке)

**Аннотация** (на английском языке)

**Ключевые слова:** отделяются другот друга точкой с запятой (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

- 1. Введение.**
- 2. Цель работы.**
- 3. Материалы и методы исследования.**
- 4. Результаты исследования и их обсуждение.**
- 5. Заключение.**
- 6. Информация о конфликте интересов.**
- 7. Информация о спонсорстве.**
- 8. Благодарности.**

#### **Список литературы**

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

#### **References**

Библиографическое описание согласно требованиям журнала

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Фамилия, имя, отчество полностью,** должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

*Электронный адрес*

*SPIN-код в SCIENCE INDEX:*

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

**Фамилия, имя, отчество полностью,** должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

*Электронный адрес*

## СОДЕРЖАНИЕ

КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ,  
СВЯЗАННЫХ С УПРАВЛЕНИЕМ ПЕРСОНАЛОМ  
ОРГАНИЗАЦИИ

*Т.В. Аветисян, К.И. Львович, Э.М. Львович,  
Ю.П. Преображенский .....7*

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЯНИЯ ДВУХЧАСТОТНОГО  
СИГНАЛА НА ДИФРАКЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ

*Т.В. Аветисян, Я.Е. Львович, А.П. Преображенский .....27*

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ  
МАРШРУТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗОНЕ  
ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ

*И.В. Бородулин, О.С. Гасилова, А.А. Мальцева .....38*

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОРОЖНОГО  
ДВИЖЕНИЯ НА ГОРОДСКИХ ДОРОГАХ В КЕРБЕЛЕ

*Х.С. Алкхудхир, Х.А.И. Аль-Джамиль, В.Н. Коноплев .....51*

АДАПТАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА  
К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ТРЕБОВАНИЯМ И ТРЕНДАМ  
В ТРАНСПОРТНОЙ ИНДУСТРИИ

*С.В. Демьянчук .....69*

РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ СЦЕН ТЕАТРОВ

*А.Н. Волков, А.В. Кочетков .....85*

СНИЖЕНИЕ ЗАТОРОВ НА ОСТАНОВОЧНОМ ПУНКТЕ  
ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ГРУПП АВТОБУСОВ  
В ГОРОДЕ ЧЕЛЯБИНСКЕ

*Ю.И. Аверьянов, Х.М.А. Асфур .....106*

|                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ<br>МАТЕРИАЛОВ В ПАССИВНОЙ И АКТИВНОЙ<br>БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ<br><i>П.А. Киба, М.Р. Киба</i> .....                                                  | 121 |
| РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА<br>В ОБЛАСТИ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ<br>ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК<br><i>Ю.А. Колебер, С.М. Мочалин</i> .....                                    | 136 |
| ПРИМЕНЕНИЕ WEB-СЕРВИСОВ —<br>ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА<br>МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ<br>В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ<br><i>Л.Н. Низамова, А.Г. Исавнин</i> .....       | 156 |
| МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ<br>ПО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКЕ<br>БОЛЕЗНЕЙ АГРОКУЛЬТУР И ПОДБОРУ<br>РЕКОМЕНДАЦИЙ ИХ ЛЕЧЕНИЯ<br><i>Ю.В. Торкунова, Д.Э. Иванов</i> .....              | 168 |
| АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ТРУДОВОГО<br>УЧАСТИЯ ОПЕРАТОРОВ ЛИНИЙ, СТАНКОВ<br>И УСТАНОВОК СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ<br>«1С:ПРЕДПРИЯТИЕ»<br><i>А.И. Чикина, И.И. Ишмурадова</i> ..... | 184 |
| ПРОБЛЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОЙ<br>ДЕФЕКТОСКОПИИ МЕТАЛЛОВ<br>С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ<br>И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ<br><i>К.М. Рыбаков, Р.М. Хамитов</i> .....                         | 196 |

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ АКТИВНОСТИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО  
ОБУЧЕНИЯ**

***В.Д. Новиков, Р.М. Хамитов* .....205**

**РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УЧАСТКА  
ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА КАЗАНЬ**

***М.А. Гнездицкий, О.Ю. Силкина, Р.С. Зарипова* .....215**

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ .....223**

## CONTENTS

### COGNITIVE MODELING OF PROCESSES RELATED TO PERSONNEL MANAGEMENT IN AN ORGANIZATION

*T.V. Avetisyan, K.I. Lvovich, E.M. Lvovich,  
Yu.P. Preobrazhensky* .....7

### MODELING OF TWO-FREQUENCY SIGNAL SCATTERING ON A DIFFRACTION STRUCTURE

*T.V. Avetisyan, Y.E. Lvovich, A.P. Preobrazhensky* .....27

### ASSESSMENT OF THE TRAFFIC CONDITIONS OF FIXED-ROUTE VEHICLES IN THE AREA OF BUS STOPS

*I.V. Borodulin, O.S. Gasilova, A.A. Mal'tseva* .....38

### INVESTIGATION OF TRAFFIC EFFICIENCY ON KARBALA ROADS

*H.S. Khudhair, H.A.E. Al-Jameel, V.N. Konoplev* .....51

### ADAPTATION OF VEHICLE OPERATION TO CHANGING REQUIREMENTS AND TRENDS IN THE TRANSPORT INDUSTRY

*S.V. Demyanchuk* .....69

### ROBOTIC EQUIPMENT OF THEATER STAGES

*Volkov A.N., Kochetkov A.V.* .....85

### REDUCING THE CONGESTION A T A BUS STOP BY FORMING GROUPS OF BUSES IN CHELYABINSK CITY

*Yu.I. Averyanov, H.M.A. Asfoor* .....106

|                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| THE USE OF COMPOSITE MATERIALS IN PASSIVE<br>AND ACTIVE SAFETY OF AUTOMOBILE<br><i>P.A. Kiba, M.R. Kiba</i> .....                                                                                    | 121 |
| DEVELOPMENT OF THE CONCEPTUAL<br>FRAMEWORK IN THE FIELD OF ASSESSMENT<br>OF THE ORGANIZATION OF URBAN PASSENGER<br>TRANSPORTATION<br><i>Yu.A. Koleber, S.M. Mochalin</i> .....                       | 136 |
| THE USE OF WEB SERVICES<br>TO OPTIMIZE THE LOGISTICS PROCESS<br>IN THE ENGINEERING INDUSTRY<br><i>L.N. Nizamova, A.G. Isavnin</i> .....                                                              | 156 |
| A MOBILE APPLICATION<br>FOR THE AUTOMATED DIAGNOSIS<br>OF DISEASES OF AGRICULTURAL CROPS<br>AND THE SELECTION OF RECOMMENDATIONS<br>FOR THEIR TREATMENT<br><i>J.V. Torkunova, D.Je. Ivanov</i> ..... | 168 |
| ALGORITHM FOR CALCULATING<br>THE COEFFICIENT OF LABOR PARTICIPATION<br>OF OPERATORS OF LINES, MACHINES<br>AND PLANTS USING THE 1C:ENTERPRISE SYSTEM<br><i>A.I. Chikina, I.I. Ishmuradova</i> .....   | 184 |
| PROBLEMS OF SURFACE<br>DEFECTOSCOPY OF METALS USING<br>MACHINE LEARNING AND WAYS<br>FOR THEIR SOLUTIONS<br><i>K.M. Rybakov, R.M. Khamitov</i> .....                                                  | 196 |



FORECASTING CONSUMER ACTIVITY  
USING MACHINE LEARNING METHODS

***V.D. Novikov, R.M. Khamitov*** .....205

DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF THE ROAD  
NETWORK SECTION OF THE CITY OF KAZAN

***M.A. Gnezditskiy, O.Y. Silkina, R.S. Zaripova*** .....215

**RULES FOR AUTHORS** .....223

*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 29.03.2024. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 16,53.  
Свободная цена. Заказ 141/024.