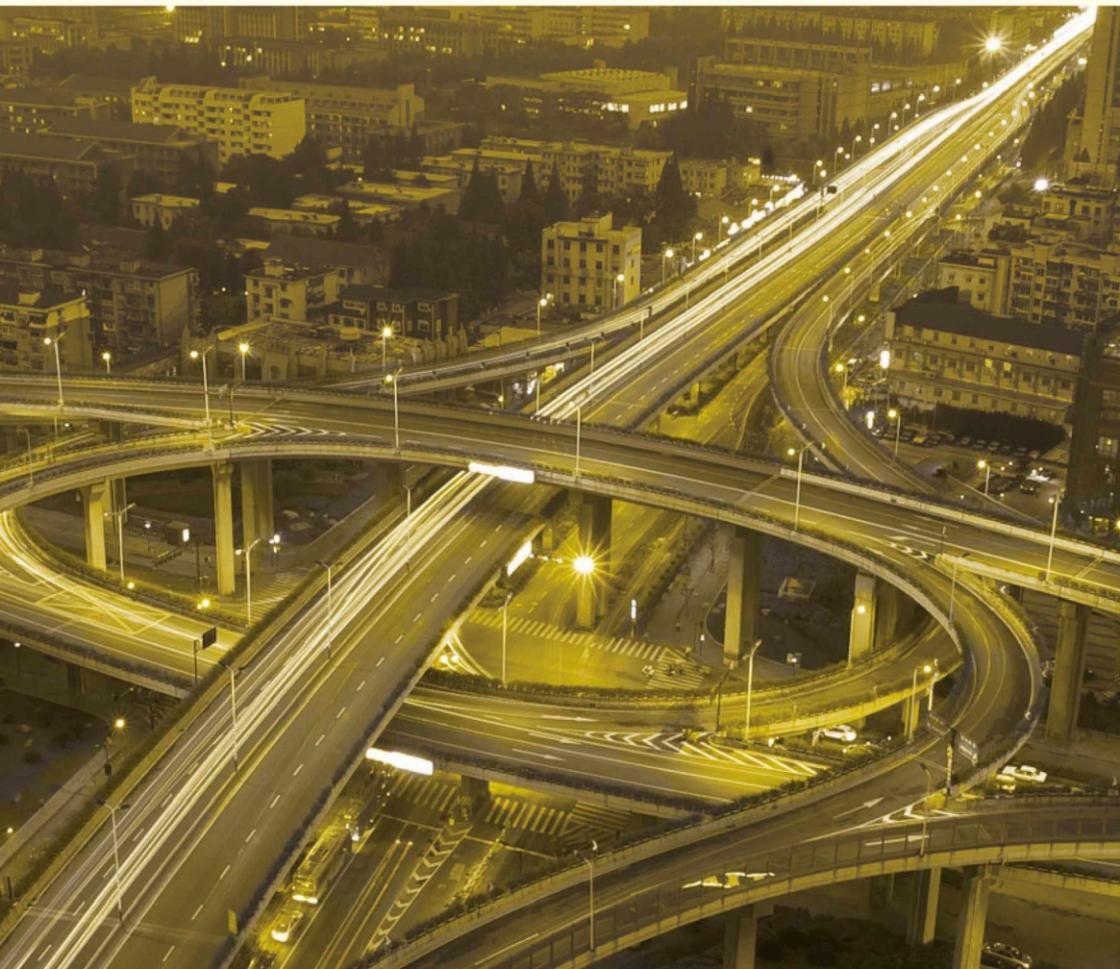


ISSN 2328-1391

# International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies  
VOLUME 11, NUMBER 2, 2021



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

# International Journal of Advanced Studies

Том 11, № 2  
2021

Vol. 11, No. 2  
2021

**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.

Красноярск 2021

# 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 11, № 2, 2021 / Vol. 11, No 2, 2021**

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

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2021

### Editorial Board Members

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Члены редакционной коллегии

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-7-20

УДК 519.872.6

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ЛОГИСТИКИ С ПЕРЕМЕННЫМ ТАРИФОМ

*Агапова Е.Г., Попова Т.М.*

*Логистика как наука и как сфера практических знаний вызывает в последнее время все более возрастающий интерес, так как ее деятельность многогранна. Логистика включает управление транспортом, складским хозяйством, запасами, кадрами, организацию информационных систем, коммерческую деятельность и многое другое. При этом наблюдается новизна подхода в логистике – органичная взаимосвязь, интеграция вышеперечисленных областей в единое управление материальными потоками. Транспортная логистика относится к основным разделам логистики движения ресурсов. Транспортная логистика позволяет на научной основе решать множество разнообразных задач различной сложности и масштабов.*

*В статье рассматривается математическая модель логистической задачи с переменными тарифами перевозок. Приведены численные решения математической модели симметричным алгоритмом, на основе усреднения переменных тарифов. Рассмотрены способы снижения затрат на перевозки.*

*Автоматизация информационных потоков, сопровождающих грузовые потоки, это один из наиболее существенных технических компонентов логистики. Использование методов логистики открывает новые резервы создания конкурентного преимущества той или иной фирмы на основе максимального удовлетворения запросов клиентов.*

*Цель – нахождение минимального пути методом симметричного алгоритма; исследовать эффективность расположения склада.*

**Метод или методология проведения работы:** в статье использовались методы решения транспортной задачи, элементы теории графов, элементы теории нечетких множеств.

**Результаты:** проведено исследование на эффективность расположения склада, методом симметричного алгоритма был найден минимальный путь; оценена стоимость вводимых мер.

**Область применения результатов:** полученные результаты целесообразно применять при управлении транспортными перевозками, управлении потоками ресурсов (склады).

**Ключевые слова:** транспортная логистика; логистика; транспортная задача; граф; взвешенный граф; симметричный алгоритм; кратчайший путь; маршрут; нечеткие множества

## MATHEMATICAL MODEL OF A LOGISTICS PROBLEM WITH A VARIABLE RATE

*Agarova E.G., Popova T.M.*

*Logistics as a science and as an area of practical knowledge has recently aroused increasing interest, since its activities are multifaceted. Logistics includes the management of transport, warehousing, inventory, human resources, the organization of information systems, commercial activities and much more. At the same time, there is a novelty of the approach in logistics - the organic interconnection, the integration of the above areas into a single management of material flows. Transport logistics refers to the main sections of the logistics of the movement of resources. Transport logistics allows you to solve many different problems of varying complexity and scale on a scientific basis.*

*The article deals with a mathematical model of a logistics problem with variable transportation tariffs. Numerical solutions of the mathematical model by a symmetric algorithm, based on the averaging of variable tariffs, are given. The ways of transportation cost reduction are considered.*

*Automation of information flows accompanying cargo flows is one of the most essential technical components of logistics. The use of methods of logistics opens up new reserves for creation of competitive advantage of this or that firm on the basis of maximum satisfaction of clients' demands.*

**Purpose.** *Finding the minimum path by the symmetric algorithm method; investigate the efficiency of the warehouse location.*

**Methodology** *in article use methods of solving the transportation problem, elements of graph theory, elements of the theory of fuzzy sets.*

**Results.** *A study was conducted on the efficiency of the location of the warehouse, the method of symmetric algorithm was found the minimum path; estimated the cost of the input measures.*

**Practical implications** *it is expedient to apply the received results in transportation management, resource flow management (warehouses).*

**Keywords:** *transport logistics; logistics; transport problem; graph; weighted graph; symmetric algorithm; shortest path; route; fuzzy sets*

Логистика – процесс планирования, выполнения и контроля эффективного с точки зрения снижения затрат потока сырья, материалов, незавершенного производства, готовой продукции, сервиса и связанной информации от точки зарождения до точки потребления (включая импорт, экспорт, внутренние и внешние перемещения) для целей полного удовлетворения требований потребителей [12]. Основная цель логистики – обеспечить наличие необходимого продукта в необходимом количестве, в необходимом состоянии, в необходимом месте, в необходимое время и по подходящей потребителю цене с минимальными для предприятия издержками.

Транспортная логистика – это направление деятельности, связанное с планированием, организацией и реализацией наиболее оптимальных схем поставок грузов разного вида потребителю от производителя, а также между партнерами [7]. Одна из задач транспортной логистики предприятия – выбор складов, в которых будет временно размещен груз по маршруту его следования. Руководство предприятия должно стремиться минимизировать его

затраты на перевозку, поэтому определение вида транспортного средства имеет такое же значение для логистики, как и определение типа транспортного средства. Создание оптимальных маршрутов транспортировки грузов должно реализоваться логистами предприятия на основании решений вышеперечисленных задач. Оптимизация предполагает выполнение следующих условий: цена, скорость и безопасность [13].

Для достижения цели минимизации издержек предприятия, как транспортных расходов, так и расходов по хранению продукции, эффективнее построить математические модели производственного процесса. В логистике широко применяются два вида математического моделирования: аналитическое, то есть построение математических формализмов на основе формулировки математических законов (в виде функциональных соотношений), связывающих объекты системы, и имитационное, позволяющий получить возможные количественные параметры путем варьирования входящих данных, при этом сам процесс перевозок не моделируется.

Имитационное моделирование функционирования участка транспортной сети рассмотрено авторами в работах [1, 2].

Задача о построении минимального маршрута по плану перевозок, на основе статистических данных и совершенствование логистической деятельности предприятия ООО «Орион ДВ» рассмотрена в работе [3].

Достаточно часто для оптимизации расходов на перевозки необходимо варьировать тарифы, учитывая все расходы, связанные с перевозками. Таким образом, для изменения тарифов мы можем рассматривать транспортную задачу с нечеткими тарифами, усреднив их, если исходная информация содержит элементы неопределенности, параметры которых являются случайными величинами с известными законами распределения, объединены в класс задач стохастического программирования [10, 15]. На практике достаточно часто возникают ситуации, когда в результате недостаточного объема выборки исходных данных получение эмпирической плотности распределения случайных параметров задачи не пред-

ставляется возможным, тогда рассматривается описание параметров задачи в терминах нечетких множеств [4-6, 8-9, 11-14, 16-20].

Рассмотрим постановку задачи перевозок в сетевой форме. Обычно она представима в виде взвешенного графа (рис 1). Здесь вершина графа определяет количество доставок груза в единицу времени в соответствующий пункт (день, неделя, месяц и т.п.), а ребро – затраты на перевозку которые могут варьироваться, представляют собой нечеткие множества. Общие затраты на перевозку определяются функцией

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \bar{C}_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

где  $\bar{C}_{ij} \geq 0$  – нечеткие множества, определяющие затраты на доставку груза из пункта ( $i$ ) в пункт ( $j$ ),  $x_{ij}$  – расстояние между соответствующими пунктами. В качестве Fuzzy-множеств можно рассматривать компактные множества с функциями принадлежности самого общего вида  $0 \leq \mu_{\bar{C}}(\bar{C}_{ij}) \leq 1$ .

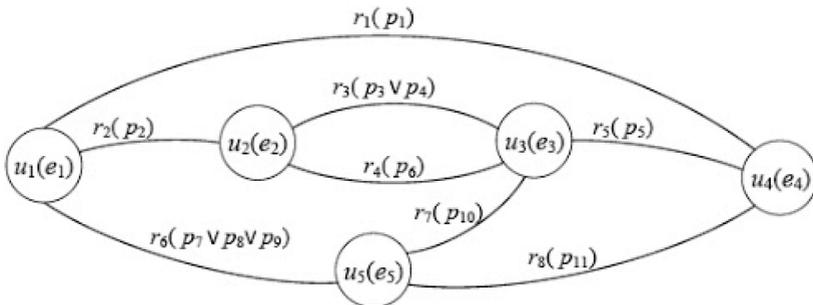


Рис. 1. Граф перевозок

Алгоритм решения транспортной задачи в такой постановке ничем не отличается от решения задачи нахождения кратчайшего пути на взвешенном графе с определенными весами и осуществляется на основе перевода нечеткого тарифа в детерминированный, при этом, расчет детерминированного эквивалента для каждого нечеткого множества коэффициента целевой функции  $\bar{C}_{ij}$  в виде  $S(\bar{C}_{ij})$  по формулам

$$S(\bar{C}) = \sum_{p=0}^P w_p L_p,$$

где  $w_p \geq 0$  – весовые коэффициенты сечений нечетких множеств, или  $L_p = 0,5(C_p^1 + C_p^2)$  – координаты средних точек соответствующих сечений нечетких множеств

$(\bar{C}, \mu_{\bar{C}}(C)) - \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_p, \dots, \alpha_p, C_0^1, C_1^1, \dots, C_p^1, \dots, C_p^1$  и  $C_0^2, C_1^2, \dots, C_p^2, \dots, C_p^2$  – соответственно координаты левых и правых крайних точек (координаты абсцисс всех этих сечений), после чего все шаги получения опорного решения ничем не отличаются от последовательности вычислений в случае детерминированных значений  $c_{ij}$ . В качестве методов решения детерминированных задач можно рассмотреть алгоритмы Дейкстры, Беллмана-Форда, динамический алгоритм Флойда – Уоршелла, прямой симметричный алгоритм.

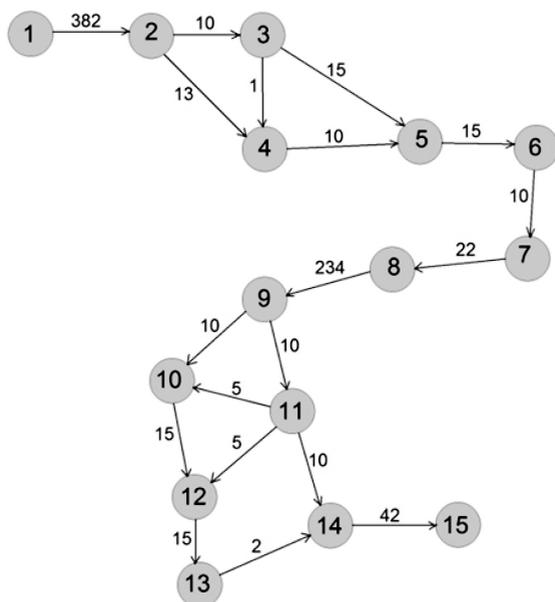


Рис. 1. Схема перевозок по маршруту «город X – город B»

Для исследования рассмотрим ежедневный маршрут «Город X- город B» развоза товаров со склада (вершина 1) по 14 торговым точкам

(вершины 2-15), схема представлена на рисунке 1. Пусть в каждый пункт осуществляется завоз не более одного раза, оценив затраты на перевозки на каждом участке пути в зависимости от стоимости топлива, затрат на оплату водителя, состояния дорог. Если завоз не осуществляется, то вершина может быть исключена (то есть с нулевым весом), при этом не теряется так как может находиться на пути следования транспорта. В этом случае не учитывается время на остановку в данном пункте, что сказывается уменьшении общих затрат.

Найдем кратчайший обход всех торговых точек, методом симметричного алгоритма [5], усреднив все нечеткие тарифы для каждого участка пути. Между всеми маршрутами стоимость кратчайшего пути составит 771 руб. и схема маршрута между всеми вершинами показана на рисунке 2.

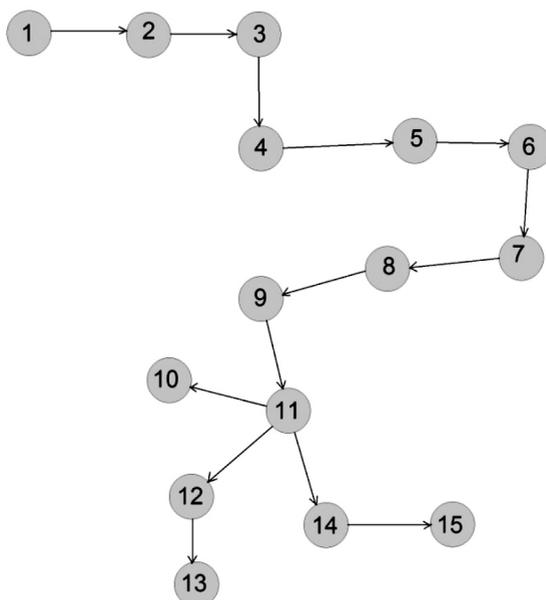


Рис. 2. Схема маршрута между всеми вершинами

Так как склад расположен достаточно далеко от первого пункта сбыта (вершина 2), то предприятие решило арендовать дополни-

тельный склад. Можно рассмотреть, как задачу о размещении [11]. Для начала определим, в каком населенном пункте эффективно можно расположить этот склад.

Все 14 торговых точек сосредоточены в 4 населенных пунктах. На рисунке 3 отображена схема их расположения и расстояния между ними.

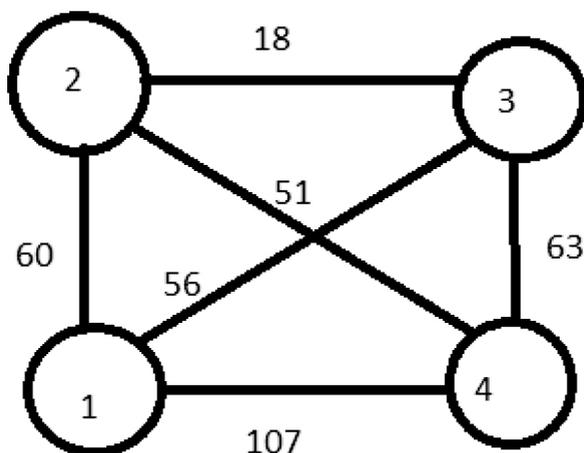


Рис. 3. Схема расположения городов

Используя таблицу грузооборота для каждого из пунктов (табл. 1). Расположение склада определяется по минимальному суммарному грузообороту.

Таблица 1.

Расчет данных грузооборота

Населенный пункт	Объем поставок, шт.	Расстояние между городами, км				Грузооборот, шт.			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	30	0	60	56	107	0	180	168	3210
2	60	60	0	18	51	3600	0	1080	3060
3	10	56	18	0	63	560	180	0	630
4	60	107	51	63	0	6420	3060	3780	0
Итого:						10580	3420	5028	6900

По таблице 1 видно, что склад нам надо расположить во втором городе. Учитывая необходимые характеристики помещения под склад в данном пункте, арендная плана составила 6400 рублей в месяц. Построим новый маршрут доставки (рис. 4а) с учетом нового места хранения. Минимальная стоимость доставки между пунктами 1-15 составляет 365 рублей, а между всеми пунктами стоимость составит 430 рублей, кратчайший путь показан на рисунке 4б. Вычислим разницу между данным нам маршрутом и новым  $771 - 430 = 341$  рублей. Экономия составляет 341 рубль в день, следовательно, аренда дополнительного склада окупается при соответствующем маршруте не менее 19 дней развоза продукции, так как маршрут ежедневный, то это существенная экономия на перевозках.

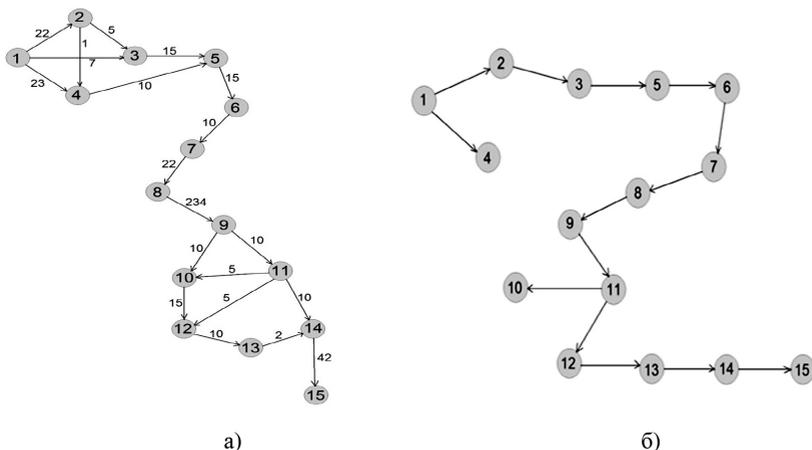


Рис. 4. Маршрут, с арендованным складом

Таким образом, для реализации первого мероприятия оптимизации было проведено исследование на эффективность расположения склада, так же методом симметричного алгоритма был найден минимальный путь. Оценена стоимость вводимых мер.

Использование методов логистики открывает новые резервы создания конкурентного преимущества той или иной фирмы на

основе максимального удовлетворения запросов клиентов. Государство и бизнес одинаково заинтересованы в развитии и качественном росте логистических систем.

### *Список литературы*

1. Агапова Е.Г., Попова Т.М. Имитационная модель участка транспортной сети // International Journal of Advanced Studies. 2020. Т. 10, № 4. С. 139-144
2. Агапова Е.Г., Попова Т.М. Разработка имитационной модели участка транспортной сети в GPSS STUDIO // International Journal of Advanced Studies. 2020. Т. 10, № 4. С. 145-151.
3. Голик Т.В., Попова Т.М. Моделирование логистических задач // ТОГУ-старт: фундаментальные и прикладные исследования молодых Материалы научно-практической конференции. Хабаровск, 2020. С. 60-64.
4. Зак Ю. А. Fuzzy – регрессионные модели прогнозирования затрат времени и стоимости грузовых автомобильных перевозок // Логистика сегодня. 2015. № 3. С. 162-172.
5. Зак Ю. А. Критерии и методы сравнения нечетких множеств // Системные исследования и информационные технологии. 2013. № 3. С. 58-68.
6. Зак Ю. А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy – технологии. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 352 с.
7. Лукинский В.С., Бережной В.И., Бережная Е.В. и др. Логистика автомобильного транспорта: Учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2004. 368 с.
8. Вардомацкая Е.Ю., Шарстнев В.Л., Алексеева Я.А. Оптимизация маршрута с использованием теории графов в пакетах прикладных программ // Экономика. 2016. №1(30). С. 130-139.
9. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой информации. М.: Наука, 1981. 264 с.
10. Пигнастый О. М. Статистическая теория производственных систем. Х.: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2007. 387 с.

11. Раскин Л.Г., Серая О.В. Метод решения нечетких задач математического программирования // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2016. Т.5, № 4(83). С. 23-28.
12. Тихомирова А.Н., Сидоренко Е.В. Математические модели и методы в логистике: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 320 с.
13. Тюхтина А.А. Математические модели логистики. Транспортная задача: Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. 66 с.
14. Форд М. Решение транспортной задачи. Сб. «Методы и алгоритмы решения транспортной задачи». – М.: Госстатиздат, 1963. 72 с.
15. Юдин Д. Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. Задачи и методы стохастического программирования. М.: Сов. радио, 1974. 392 с.
16. Bellman R.E., Zadeh L.A. Decision-Making in a Fuzzy Environment // Management Science. 1970. Vol. 17, no. 4. P. B141–B164.
17. Grabara J., Kolcun M., Kot S. The role of information systems in transport logistics // International Journal of Education and Research. 2014. Vol. 2, no. 2. P. 1-8.
18. Lun Y. H. V. et al. Research in shipping and transport logistics // International Journal of Shipping and Transport Logistics. 2011. Vol. 3, № 1. P. 1-5.
19. Szmidt E., Kacprzyk E. Distances between intuitionistic fuzzy sets // Fuzzy Sets and Systems. 2000. Vol. 114, Issue 3. P. 505–518. [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(98\)00244-9](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(98)00244-9)
20. Yang M.-S., Lin T.-S. Fuzzy least-squares linear regression analysis for fuzzy input–output data // Fuzzy Sets and Systems. 2002. Vol. 126, Issue 3. P. 389-399. [https://doi.org/10.1016/s0165-114\(01\)00066-5](https://doi.org/10.1016/s0165-114(01)00066-5)

### *References*

1. Agapova E.G., Popova T.M. Imitatsionnaya model' uchastka transportnoy seti [Simulation model of a section of the transport network]. *International Journal of Advanced Studies*, 2020, vol. 10, no. 4, pp. 139-144.

2. Agapova E.G., Popova T.M. Razrabotka imitatsionnoy modeli uchastka trans-portnoy seti v GPSS STUDIO [Development of a simulation model of a section of the transport network in GPSS STUDIO]. *International Journal of Advanced Studies*, 2020, vol. 10, no. 4, pp. 145-151.
3. Golik T.V., Popova T.M. Modelirovanie logisticheskikh zadach [Modeling logistics tasks]. *TOGU-start: fundamental'nye i prikladnye issledovaniya molodykh Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [TOGU-start: fundamental and applied research of young people Materials of the scientific-practical conference]. Khabarovsk, 2020, pp. 60-64.
4. Zak Yu.A. Fuzzy – regressionnyye modeli prognozirovaniya zatrat vremeni i stoimosti gruzovykh avtomobil'nykh perevozok [Fuzzy - regression models for forecasting the time and cost of freight road transport]. *Logistika segodnya*, 2015, no. 3, pp. 162-172.
5. Zak Yu. A. Kriterii i metody sravneniya nechetkikh mnozhestv [Criteria and methods for comparing fuzzy sets]. *Sistemnye issledovaniya i informatsionnye tekhnologii*, 2013, no. 3, pp. 58-68.
6. Zak Yu. A. *Prinyatie resheniy v usloviyakh nechetkikh i razmytykh daniykh: Fuzzy – tekhnologii* [Making decisions in the face of fuzzy and blurry data: Fuzzy - technologies]. Moscow: Knizhnyy dom «LIBRO-KOM» Publ., 2013, 352 p.
7. Lukinskiy V.S., Berezhnoy V.I., Berezhnaya E.V. i dr. *Logistika avtomobil'nogo transporta* [Logistica of road transport]. Moscow, 2004, 368 p.
8. Vardomatskaya E.Yu., Sharstnev V.L., Aleekseeva Ya.A. Optimizatsiya marshruta s ispol'zovaniem teorii grafov v paketakh prikladnykh programm [Route optimization using graph theory in application packages]. *Ekonomika*, 2016, no. 1(30), pp. 130-139.
9. Orlovskiy S.A. *Problemy prinyatiya resheniy pri nechetkoy informatsii* [Decision-making problems with fuzzy information]. Moscow: Nauka, 1981, 264 p.
10. Pignastyy O.M. *Stokhasticheskaya teoriya proizvodstvennykh system* [Statistical theory of production systems]. Kharkov, 2007, 387 p.

11. Raskin L.G., Seraya O.V. Metod resheniya nechetkikh zadach matematicheskogo programmirovaniya [Method for solving fuzzy problems of mathematical programming]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal perezodovykh tekhnologiy*, 2016, no. 4(83), Vol. 5, pp. 23-28.
12. Tikhomirova A.N., Sidorenko E.V. *Matematicheskie modeli i metody v logistike* [Mathematical models and methods in logistics]. Moscow, 2010, 320 p.
13. Tyukhtina A.A. *Matematicheskie modeli logistiki. Transportnaya zadacha* [Mathematical models of logistics. Transport task]. Nizhny Novgorod, 2016, 66 p.
14. Ford M. Reshenie transportnoy zadachi [Solution of the transport problem]. *Metody i algoritmy resheniya transportnoy zadachi* [Methods and algorithms for solving the transport problem]. Moscow: Gosstatizdat, 1963, 72 p.
15. Yudin D. B. *Matematicheskie metody upravleniya v usloviyakh nepolnoy in-formatsii. Zadachi i metody stokhasticheskogo programmirovaniya* [Mathematical methods of control under conditions of incomplete information. Problems and methods of stochastic programming]. Moscow: Sov. radio, 1974, 392 p.
16. Bellman, R. E., and L. A. Zadeh. Decision-Making in a Fuzzy Environment. *Management Science*, 1970, vol. 17, no. 4, pp. B141–B164.
17. Grabara J., Kolcun M., Kot S. The role of information systems in transport logistics. *International Journal of Education and Research*, 2014, vol. 2, no. 2, pp. 1-8.
18. Lun Y. H. V. et al. Research in shipping and transport logistics. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 2011, vol. 3, no. 1, pp. 1-5.
19. Szmidt E., Kacprzyk E. Distances between intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, Vol. 114, no. 3, pp. 505–518. [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(98\)00244-9](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(98)00244-9)
20. Yang M.-S., Lin T.-S. Fuzzy least-squares linear regression analysis for fuzzy input–output data. *Fuzzy Sets and Systems*, 2002, vol. 126, no. 3, pp. 389–399. [https://doi.org/10.1016/s0165-114\(01\)00066-5](https://doi.org/10.1016/s0165-114(01)00066-5)

**ДАНИЕЕ ОБ АВТОРАХ**

**Агапова Елена Григорьевна**, кандидат физико-математических наук, доцент  
*Тихоокеанский государственный университет*  
ул. Тихоокеанская, 136, г. Хабаровск, 680035, Российская Федерация  
000614@pnu.edu.ru

**Попова Татьяна Михайловна**, кандидат физико-математических наук, доцент  
*Тихоокеанский государственный университет*  
ул. Тихоокеанская, 136, г. Хабаровск, 680035, Российская Федерация  
000511@pnu.edu.ru

**DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Elena G. Agapova**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
*Pacific National University*  
136, Tikhookeanskaya Str., Khabarovsk, 680035, Russian Federation  
000614@pnu.edu.ru  
ORCID: 0000-0002-2824-6294

**Tatyana M. Popova**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
*Pacific National University*  
136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680035, Russian Federation  
000511@pnu.edu.ru  
ORCID: 0000-0003-4759-9500

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-21-35

УДК 656.029.4

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

*Титова С.С., Макурина В.М.,  
Карпова А.И., Смольянинов А.В.*

*Международные транспортные коридоры играют ведущую роль в формировании интегрированного глобального рынка транспортных услуг. Целью данной работы является изучение состояния международных транспортных коридоров (далее – МТК) на территории Российской Федерации. Рассмотрено понятие и специфика транспортных договоров. В данной работе затронуты основы создания и функционирования международных транспортных коридоров на территории России. Актуальность обусловлена глобализацией мировой экономики, требующей новых подходов к обеспечению межгосударственных экономических и культурных связей. При этом ведущая роль отводится формируемой системе международных транспортных коридоров (МТК). Произведен детальный анализ нормативно-правовых источников в области государственного контроля логистической деятельности, в частности Соглашений о международных транспортных коридорах. Уделяется внимание перспективам создания и функционирования МТК на территории РФ. Проведенный обзор показывает актуальность создания и функционирования международных транспортных коридоров на территории Российской Федерации, без которых в долгосрочной перспективе не удастся обеспечить необходимый для региональных транспортных коридоров уровень конкурентоспособности.*

**Ключевые слова:** транспортный коридор; научные основы; транспортные коридоры

## SCIENTIFIC BASIS OF CREATION AND OPERATION OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS IN RUSSIA

*Titova S.S., Makurina V.M.,  
Karpova A.I., Smol'yaninov A.V.*

*International transport corridors play a leading role in the formation of an integrated global market for transport services. The purpose of this work is to study the state of international transport corridors (hereinafter - MTK) on the territory of the Russian Federation. The concept and specifics of transport contracts are considered. In this paper, the basics of the creation and functioning of international transport corridors on the territory of Russia are touched upon. The relevance is due to the globalization of the world economy, which requires new approaches to ensuring interstate economic and cultural ties. At the same time, the leading role is assigned to the emerging system of international transport corridors (MTK). A detailed analysis of regulatory and legal sources in the field of state control of logistics activities, in particular Agreements on international transport corridors, is made. Attention is paid to the prospects for the creation and operation of the MTK on the territory of the Russian Federation. The review shows the relevance of the creation and operation of international transport corridors on the territory of the Russian Federation, without which in the long term it will not be possible to ensure the necessary level of competitiveness for regional transport corridors.*

**Keywords:** *transport corridor; scientific foundations; transport corridors*

Международные транспортные коридоры (далее – МТК) проходят по территориям, находящимся в ведении различных стран, которые могут осуществлять организацию их управления и развития как совместно, так и по отдельности (на своих участках).

МТК управляется на основе международного договора – соглашения, подписанного всеми странами-участниками, которые официально обеспечивают для товаров и грузов друг друга таможенные льготы и налоговые преференции, в связи с чем международный коридор становится более конкурентоспособным по сравнению с другими международными трассами [1].

Для стабильного функционирования и взаимодействия государств, через территорию которых проходят коридоры, должен существовать единый механизм правового регулирования. Однако свою роль играют национальные интересы, вызывающие определенные противоречия между государствами: стремление к региональному лидерству, разрыв в уровнях экономического и социального развития, разные темпы модернизации и т.д.

Участникам МТК, в том числе транспортной отрасли Российской Федерации, необходимо найти взаимоприемлемые точки соприкосновения.

Например, Соглашение о создании МТК «Север – Юг» было подписано во время второй Евроазиатской конференции по транспорту в Санкт-Петербурге [2]. Его приоритетными направлениями являются минимизация стоимости транзитных перевозок и времени, упрощение ряда нормативно-правовой документации, касающейся транзитных перевозок пассажиров и товаров через соответствующие территории в соответствии с принятыми международными соглашениями и стандартами.

Согласно ст. 4 вышеуказанного Соглашения, каждая страна предоставляет другим странам право международного транзита пассажиров, товаров и транспортных средств через свою территорию. Статья 5 устанавливает, что «стороны не облагают товары, находящиеся в режиме транзита на территории их стран, таможенными платежами, за исключением сборов за таможенное оформление, хранение и иные подобного рода услуги».

Согласно Основному многостороннему Соглашению о международном транспорте по развитию коридора «Европа-Кавказ-Азия» (ТРАСЕКА), подписанном в 1998 г. на Саммите в

Баку, для создания единой правовой базы развития международных перевозок стороны должны стремиться к унификации законодательства, основываясь на концепциях, содержащихся в Соглашении [3].

Основное направление деятельности программы ТРАСЕКА – развитие транспортного коридора из Европы в страны Центральной Азии через Чёрное море, Кавказ и Каспийское море. С технологической точки зрения программа ориентируется на перевозку груза по единому для всего маршрута транспортному документу при использовании различных видов транспорта. Предполагается, что реализация программы будет способствовать интеграции между Европейским союзом и странами-партнёрами программы, более эффективному распределению ресурсов между странами Запада и Востока, улучшит инвестиционный климат в странах, по которым будет проходить транспортный коридор, положительно отразится на их научном и культурном развитии [4].

На данный момент в ведении стран-участниц ТРАСЕКА находятся обширные транспортные сети международного значения, пропускная способность которых достаточно велика.

Поэтому для развития транзитных перевозок странам данного Соглашения не нужно создавать новые внутренние коридоры или дополнительные транспортные переходы в сопредельные страны. Немаловажно, что коридор «Европа-Кавказ-Азия» является долговременной стабилизирующей единицей, которая может даже смягчать противоречия, возникающие между странами-участниками, заинтересованными в развитии ТРАСЕКА.

Стоит отметить, что формирование российских участков МТК является веским аргументом в пользу принятия мер государственной поддержки национальных операторов внешнеторговых мультимодальных перевозок. Совершенствуя контроль и управление движением транспортных средств, сопровождая внедрение систем электронного документооборота, развиваются системы навигации и телематики.

Таблица 1.

**Сравнение статей Соглашений о международных  
транспортных коридорах**

Соглашение	«Север – Юг»	«ТРАСЕКА»
Страны-участницы	Россия, Азербайджан, Иран, Индия, Белоруссия, Казахстан, Оман, Таджикистан, Армения, Сирия, Болгария, Киргизия, Турция, Украина	Азербайджан, Армения, Болгария, Грузия, Казахстан, Кыргызстан, Молдова, Румыния, Таджикистан, Туркменистан, Турция, Узбекистан, Украина
Цели	– повышение эффективности транспортных связей для организации грузо- и пассажиропотоков по коридору; – поддержка в доступе на международный рынок услуг различных видов транспорта стран-участниц; – гармонизация транспортной политики	– развитие экономических отношений, и транспортного сообщения в регионах Европы, Черного моря, Кавказа, Каспийского моря и Азии; – увеличение объемов международных пассажиро- и грузоперевозок; – стремление к гармонизации законодательства
Объект регулирования	Международные перевозки пассажиров и товаров через территории государств-сторон, выполняемые различными видами транспорта или в их комбинации по маршрутам	Отношения между транспортными организациями, операторами мультимодальной перевозки и другими при выполнении мультимодальных перевозок грузов
Финансовый аспект	Налоги, сборы и другие платежи не будут взиматься (кроме оплаты расходов за транспортные услуги, связанные с перевозкой)	Налоги, сборы и другие платежи не будут взиматься (кроме оплаты расходов за транспортные, таможенные услуги)
Безопасность	Стороны стремятся к обеспечению безопасности движения транспортных средств, сохранности товаров и окружающей среды (по международным стандартам)	Стороны принимают соответствующие меры, обеспечивающие безопасность движения, а также охрану окружающей среды при международных перевозках
Разрешение споров	Решаются Координационным советом, если не могут быть решены путем переговоров	Решаются Межправительственной Комиссией любой из причастных сторон, если не могут быть решены путем переговоров
Депозитарий	Исламская Республика Иран	Азербайджанская Республика
Значение для РФ	Основное преимущество заключается в сокращении в два и более раза расстояния перевозок	Прямой конкуренции с коридором «Север – Юг» нет. Речь можно вести не о конкуренции, а о сотрудничестве между транспортными структурами

В Российской Федерации деятельность международных перевозок осуществляется с помощью ряда государственных структур (рисунок 1).



**Рис. 1.** Контрольно-надзорная деятельность при перевозках по международным транспортным коридорам РФ

При пересечении государственной границы этими органами осуществляются следующие виды государственного контроля: пограничный, иммиграционный, санитарно-карантинный, транспортный контроль и надзор, таможенный контроль, ветеринарный надзор, карантинный и фитосанитарный контроль.

Научная и законодательная основа государственного контроля логистической деятельности — Постановление Правительства № 482 «Об утверждении Правил установления, открытия, функционирования (эксплуатации), реконструкции и закрытия пунктов пропуска через государственную границу Российской Федерации» [5].

Исходя из анализа данных нормативно-правовых источников, можно выделить пять основных направлений государственного контроля:

- 1) порядок выдачи российских разрешений иностранным перевозчикам на международную перевозку своего товара;
- 2) обеспечение российских перевозчиков подобными иностранными разрешениями;
- 3) допуск российских перевозчиков на международный рынок;
- 4) контроль соблюдения российского законодательства и международных договоров этими перевозчиками;

5) контроль соблюдения правил пропуска транспортных средств через границу РФ.

В настоящее время в надзорной деятельности МТК наблюдается недостаточный уровень административного взаимодействия, в связи с чем возрастает количество требований к производителям и поставщикам продукции, а также дублируются контрольно-надзорные мероприятия, что может быть использовано недобросовестными участниками рынка в целях уклонения от контроля и надзора.

Сравнительный анализ статей Соглашений, представленный в таблице 1, показал, что большая часть вопросов, затронутая в них, является схожей. Страны заинтересованы в равном доступе всех видов транспорта на международный рынок услуг, а также в создании равных условий конкурентной борьбы между отдельными видами транспорта. И, безусловно, в обоих Соглашениях важную роль играет гармонизация транспортной политики и правового регулирования. Исходя из текущего состояния осуществления контрольно-надзорной деятельности в РФ, правовая политика должна осуществляться по следующим направлениям:

- обеспечение гармонизации федерального законодательства с НПА других участников международных отношений;
- предупреждение и пресечение недобросовестной конкуренции в сфере технического регулирования;
- участие в создании единой системы аккредитации и установлении административной ответственности для должностных лиц.

Большое научное значение имеет, например, транспортный коридор с Абхазией, для изучения природы, рекреационного потенциала, этнических особенностей и т.д.

Ни с чем несравнимые по красоте природы и рекреационным характеристикам Западный Кавказ и Абхазия традиционно столетиями привлекали к себе внимание людей. В центре горной гряды Западного Кавказа и в Абхазии расположились заповедные зоны Кавказского биосферного заповедника и Сочинского национального парка. А вокруг них, как бы ожерельем, находятся курортные регионы, города и районы.

С южной части хребта, на черноморском побережье России сегодня выросла целая цепь таких городов–курортов, как Сочи, Туапсе, Геленджик, Новороссийск, Анапа, а в Абхазии – Сухум, Гагра, Пицунда и т.д.

Со стороны северного склона Эльбруса к нему прилегают курортно-туристические районы Адыгейской республики, Краснодарского края, Карачаево-Черкесской республики. К ним примыкают курортно-бальнеологические города и районы Ставропольского края и Кабардино-Балкарии. Туризм в современном мире стремительно выходит в лидирующую группу отраслей мировой экономики.

Основа туризма – транспорт. Огромные потоки автомобилей, железнодорожных составов, кораблей и самолетов сегодня непрерывно несут по транспортным коридорам сотни миллионов пассажиров и грузы, среди которых все более нарастает доля туристов и грузопотоков их обслуживающих. Эти потоки постоянно устремлены на морские, бальнеологические, горные курорты, в культурные и исторические места, на деловые конгрессы и ярмарки, фестивали и спортивные форумы и т.д.

Именно транспорт несет на себе увеличивающееся количество людей и грузов, причем все чаще и больше именно туда, где еще остается чистая экологическая среда, нетронутая природа, где безопасно, хороший климат и недорогой сервис, интересная и полезная для здоровья национальная кухня.

Поэтому в XXI веке, веке индустрии туризма, туристско-рекреационный потенциал Кавказа способен превратить данный регион в крупнейший мировой курортно-бальнеологический туристический центр. Этот потенциал имеет место быть только благодаря тому, что горные массивы не дают современным видам дорог и транспорта войти на территории парков и заповедников. Но все это может весьма быстро измениться, если автомобильные и железные дороги и их дублёры начнут проникать вглубь горных территорий по долинам горных рек и перевалам. Такие дороги, очень грубо вторгаясь в природу Кавказа, будут нести невосполнимое разрушение экосистемы. [6]

В связи с этим возникает необходимость обратить особое внимание на предостерегающий опыт транспортного и туристического освоения, например, европейских Альп, результатом которого в 80–90-е годы были экстренные и весьма дорогостоящие меры всех приальпийских государств по оздоровлению и спасению своих горных территорий.

При этом под воздействием стремительно развивающегося туризма все настойчивее звучит идея пробивки автотранспортных коридоров через Западный Кавказский хребет в районе северо-западной части Эльбруса – в Абхазию и Большой Сочи напрямую. Многочисленных авторов этих идей не смущает, что эти автотранспортные коридоры будут пролегать по заповедным землям, экология которых, при нынешних транспортных технологиях, просто не допускает самой возможности этих проектов из-за их разрушительно-го характера для экосистем, по которым намечен проброс автотрасс.

Все это указывает на то, что туристический потенциал можно сохранить только в том случае, если во главу угла будет поставлена экосистема Западного Кавказа, а технологии транспортных коммуникаций будут экологически чистыми. Только в этом случае мы способны выходить на режим устойчивого развития перспективных туристских территорий Западного Кавказа. Основным фактором, способным обеспечить, как развитие данного региона, так и сохранность его экосистемы, является правильно выбранная стратегия развития всей транспортной системы Западного Кавказа. Она должна быть органически встроенной, безусловно, максимально экологически дружественной. В противном случае экологии этой части планеты будет нанесён непоправимый ущерб. Поэтому для принятия решений строительства международного транспортного коридора в XXI веке, нужен более широкий, комплексный и системный подход, учитывающий чрезвычайно большой диапазон экономических, технических, технологических, социальных, политических и экологических факторов.

Следовательно, процесс глобальной интеграции между субъектами федерации РФ СКФО и Абхазии требует обоснованного международного договора, комплексного и инновационного подхода к транспортной политике – «новая архитектура транспортной

политики XXI века в зоне Западно-Кавказского и Абхазского биосферного заповедника, а также Сочинского национального парка». Эта стратегия является системой «связности» территории разных субъектов РФ в регионе СКФО и Абхазии, что является гарантом экономической стабильности на Кавказе на длительный срок. Цель такого проекта – разработка экологически чистых транспортных средств перемещения пассажиров и грузопотоков через хребет Западного Кавказа из СКФО в Абхазию.

То есть, речь идет о создании сети современных эстакадных дорог типа грузопассажирских трубопроводных и грузовых скоростных канатных дорог вдоль берега моря и одновременно с созданием непосредственного транспортного сообщения всех районов и городов Абхазии с Красной Поляной, с обеспечением суточной доступности туда и обратно от аэропорта Минеральных Вод до Красной Поляны через Абхазию.

Такие транспортные системы могут решить неразрешимую задачу: как пройти там, где нельзя пройти, не дотрагиваясь до земли, без шума, не пугая птиц и зверей. Пройти, учитывая нарастающее давление со стороны мирового туристического потока, привлекая его ресурсы для укрепления, а не разрушения уникальной экосистемы Западного Кавказа. Таким образом, совершенствование транспортных и рекреационных услуг обуславливает возможность ускорения формирования и развития качественной инфраструктуры рекреационного рынка, что предполагает увеличение потока рекреантов, а значит, и финансовых потоков в бюджеты различных уровней.

Нужна была научно-обоснованная разработка транспортной системы. В этой связи поиск неординарной альтернативной транспортной системы, абсолютно обеспечивающей технологическую и экологическую безопасность, при высокоскоростном, комфортном перемещении массы туристов и малопартионных скоропортящихся грузов приобретает особую актуальность. Альтернативная транспортная система будут занимать особое место в инфраструктуре надземного транспортного комплекса любого горно-туристического региона, это принципиально. Также принципиально и то, что гибридная транспортная система будущего будет питаться альтерна-

тивными возобновляемыми источниками энергии (воздух, солнце, вакуум, аккумуляторная батарея, магнитная левитация и т.д.).

В процессе транспортировки трубопроводным способом вся система не будет зависеть от погоды, от наземного, воздушного видов транспорта. Будут отсутствовать проблемы транспортных пробок, заторов, задымленности, шума, которые присущи наземным и воздушным видам транспорта. Скорость доставки в горных местах в деловых, общественных, жилых центрах и т.д. будет в 5 раз выше, чем наземными видами транспорта.

Такой вид наземного прозрачного скоростного трубопроводного транспорта не имеющего аналога в мире, спроектирован в России. можно проложить в горной местности с любой кривизной, а также в городе между зданиями отстоящими друг от друга на расстоянии три метра, диаметр прозрачной трубы 2,5 метра.

Трассировка осуществляется на высоте от 3,5 – 12 метров, что выше основных дикорастущих деревьев в горных зонах и всех городских коммуникационных, рекламных инфраструктур. Турист при перемещении может обозреть ландшафт и панораму города. Система автоматизирована, движения происходит без водителя. Транспортные капсулы могут быть как, одноместными, так и до 18 мест. В городском режиме скорость движения составляет 60 км/ч, за городской чертой – скорость 120 км/ч с суточной производительностью 12 тыс. чел., без ожидания для посадки и высадки людей и выгрузки грузов. Уровень шума – 10 Дцб.

Грузопассажиры многофункциональные скоростные канатные дороги большой вместимости (до 80 чел.), двигаются со скоростью 45 км/ч при ветровом потоке 15 м/с без раскачивания, работают в круглосуточном режиме, а также дополнительно могут служить для подвоза и вывоза социально-значимых грузов из санаториев, домов отдыха, на локальных сетях, стыкующихся с магистральными сетями. Общая протяженность предлагаемой трассы 190 км, стоимость 1 км. – 2,9 млн. долларов. Общая провозная способность 9 тыс. чел. в сутки и 800 т. груза. Уровень шума – 20 Дцб. Такая конструкция грузопассажиры канатной дороги разработана. Анализ и обобщение

материалов по геотектоническому строению, сейсмическим, гидрогеологическим, инженерно-геологическим и гидрометеорологическим условиям района Западного Кавказа дает полное основание заявить о готовности и надежности проектных решений предлагаемых исходных материалов и конструкций для строительства комплекса

В связи с изложенным, необходимо отдельно подчеркнуть актуальность составляющей создания и функционирования международных транспортных коридоров на территории Российской Федерации, без которых в долгосрочной перспективе не удастся обеспечить необходимый для региональных транспортных коридоров уровень конкурентоспособности.

### *Список литературы*

1. Квитко К.Б. Сравнительный анализ международных транспортных систем: инфраструктура, рейтинги, транспортные коридоры // Транспортные системы и технологии. 2020. № 1. С. 15-29.
2. Соглашение о международном транспортном коридоре «Север-Юг» (Ратифицировано Федеральным законом РФ от 12.03.2002 № 24-ФЗ) // СПС Консультант Плюс. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_35820/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_35820/)
3. Основное многостороннее соглашение о международном транспорте по развитию коридора Европа-Кавказ-Азия // TRACECA. [http://www.traceca-org.org/fileadmin/fm-dam/pdfs/til\\_mla/MLA\\_Russian\\_with\\_ammendments.pdf](http://www.traceca-org.org/fileadmin/fm-dam/pdfs/til_mla/MLA_Russian_with_ammendments.pdf)
4. Об утверждении Правил установления, открытия, функционирования (эксплуатации), реконструкции и закрытия пунктов пропуска через государственную границу Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 26.06.2008 № 482 (ред. от 28.12.2019) // СЗ РФ. 2008. № 28. Ст. 3381. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78130/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78130/)
5. ТРАСЕКА // Wikipedia. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%A1%D0%95%D0%9A%D0%90>
6. Пылин А.Г. Международные транспортные коридоры на южном Кавказе и их транзитный потенциал // Геоэкономика энергетики. 2018. № 4. С. 15-20.

### *References*

1. Kvitko K.B. Sravnitel'nyy analiz mezhdunarodnykh transportnykh sistem: infrastruktura, reytingi, transportnye koridory [Comparative analysis of international transport systems: infrastructure, ratings, transport corridors]. *Transportnye sistemy i tekhnologii*, 2020, no. 1, pp. 15-29.
2. Agreement on the international transport corridor "North-South" (Ratified by the Federal Law of the Russian Federation of 12.03.2002 No. 24-FZ). *SPS Consultant Plus*. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_35820/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_35820/)
3. Basic multilateral agreement on international transport for the development of the Europe-Caucasus-Asia corridor. *TRECECA*. [http://www.traceca-org.org/fileadmin/fm-dam/pdfs/til\\_mla/MLA\\_Russian\\_with\\_ammendments.pdf](http://www.traceca-org.org/fileadmin/fm-dam/pdfs/til_mla/MLA_Russian_with_ammendments.pdf)
4. On approval of the Rules for the establishment, opening, functioning (operation), reconstruction and closure of checkpoints across the state border of the Russian Federation: Resolution of the Government of the Russian Federation of 26.06.2008 No. 482 (as amended on 28.12.2019) // SZ RF. 2008. No. 28. Art. 3381. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78130/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78130/)
5. TRASEKA. *Wikipedia*. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%A1%D0%95%D0%9A%D0%90>
6. Pylin A.G. Mezhdunarodnye transportnye koridory na yuzhnom Kavkaze i ikh tranzitnyy potentsial [International transport corridors in the South Caucasus and their transit potential]. *Geoekonomika energetiki*, 2018, no. 4, pp. 15-20.

### **ДАНИЕ ОБ АВТОРАХ**

**Титова Светлана Семеновна**, старший преподаватель кафедры «Автомобильные перевозки»  
*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)*  
*Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация*  
*du@du.madi.ru*

**Макурина Варвара Михайловна**, лаборант кафедры «Автомобильные перевозки», магистр  
*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)*  
*Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация*  
*v.makurina@madi.ru*

**Карпова Арина Игоревна**, магистр  
*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)*  
*Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация*  
*a.karпова@madi.ru*

**Смолянинов Артём Вадимович**, магистр  
*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)*  
*Ленинградский проспект, 64, г. Москва, 125319, Российская Федерация*  
*artemik83@gmail.com*

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

**Svetlana S. Titova**, Senior lecturer «Motor transportations»  
*Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)*  
*64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation*  
*du@du.madi.ru*

**Varvara M. Makurina**, Laboratory Assistant «Motor transportations», master's degree student  
*Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)*

*64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation*

*v.makurina@madi.ru*

**Arina I. Karpova**, master's degree student

*Moscow Automobile and Road State Technical University  
(MADI)*

*64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation*

*a.karpova@madi.ru*

**Artem V. Smol'yaninov**, master's degree student

*Moscow Automobile and Road State Technical University  
(MADI)*

*64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russian Federation*

*artemik83@gmail.com*

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-36-51

УДК 624.145.72

## МЕТОДИКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕДОВЫХ ИСТИРАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

*Зверев А.А., Беккер А.Т., Уварова Т.Э., Беляева Т.Д.*

*Ледяной покров оказывает значительное истирающее воздействие на поверхность морских инженерных сооружений. В районах с высокой динамичностью дрейфа ледяного покрова одной из важнейших проблем обеспечения несущей способности элементов конструкции является определение интенсивности их износа от истирания дрейфующим льдом.*

*Величина ледовой абразии зависит от большого количества факторов, основными из которых являются: контактное давление, длина пути истирания и сопротивление материала ледовой абразии.*

*Длина пути истирания и величина контактного давления определяются процессами дрейфа ледяных образований и их взаимодействием с сооружением. Для их количественной оценки необходимо иметь математический аппарат расчета ледовой нагрузки. В то время, как экспериментальные исследования различных материалов на сопротивление ледовой абразии позволяют установить эмпирическую зависимость интенсивности ледовой абразии. Совместное использование теоретической модели взаимодействия и эмпирической модели разрушения материала позволяет создать методику расчета глубины ледовой абразии.*

*В статье рассматриваются методика математического моделирования ледовых истирающих воздействий на причальные сооружения.*

**Ключевые слова:** *ледовая абразия; бетон; математическое моделирование*

## THE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING OF ICE ABRASIVE EFFECTS ON BERTHING FACILITIES

*Zverev A.A., Bekker A.T., Uvarova T.E., Belyaeva T.D.*

*The ice cover has a significant abrasive effect on the surface of marine engineering structures. In areas with high dynamics of ice cover drift, one of the most important problems of providing load-bearing capacity of structural elements is to determine the intensity of their wear from abrasion by drifting ice.*

*The magnitude of ice abrasion depends on many factors, the main of which are: contact pressure, abrasion path length and material resistance to ice abrasion.*

*The length of the abrasion path and the magnitude of the contact pressure are determined by the processes of drift of ice formations and their interaction with the structure. To assess them, it is necessary to have a mathematical model for calculating the ice load. At the same time, experimental studies of various materials for resistance to ice abrasion make it possible to establish an empirical dependence of the intensity of ice abrasion. The combined use of a theoretical model of interaction and an empirical model of material destruction makes it possible to create a method for calculating the depth of ice abrasion.*

*The article discusses the method of mathematical modeling of ice abrasive effects on berthing facilities.*

**Keywords:** *ice abrasion; concrete; mathematical modeling*

### **Введение**

В настоящее время проблема оценки истирающих воздействий от дрейфующего ледяного покрова на морские гидротехнические сооружения остается актуальной и требует продолжения научных исследований в этой области, что обусловлено следующими причинами: многообразием и сложностью процессов разрушения ледяных образований при взаимодействии с сооружением; большим разбросом физико-механических характеристик льда; недостаточ-

ным объемом натуральных данных, как по ледовой нагрузке, так и по ледовой абразии; несогласованностью экспериментальных исследований на сопротивление материалов ледовой абразии и, как следствие, отсутствием в нормативной литературе требований, предъявляемых к износостойкости материала (бетон, металл, покрытие) при истирающем воздействии льда.

Высокая динамика ледяного покрова способствует разрушению опор морских инженерных сооружений от ледовой абразии. Натурные наблюдения за износом материала конструкций от истирающего воздействия льда показали, что степень абразии бетона может достигать:  $0,9 \div 1,6$  мм/год – по наблюдениям S. Huovinen [11];  $0,2 \div 11,6$  мм/год – по исследованиям J. Janson [13, 14] на маяках в Балтийском море;  $1,0 \div 5,0$  мм/год – по наблюдениям F. Nara [9, 10] для опор мостов в устьях рек.

В соответствии с концепцией оценки истирающего воздействия льда [8, 15] проблема расчета глубины ледовой абразии может быть разделена на две части: проблема оценки ледовых воздействий, вызывающих абразию, и проблема сопротивления материала конструкции истирающему воздействию льда.

Для решения проблемы ледовых воздействий, вызывающих абразию, необходимо иметь математический аппарат расчета контактного давления льда, длины пути истирания и глубины ледовой абразии [6, 7].

Следует отметить, что существующие портовые гидротехнические сооружения нередко эксплуатируются в ледовых условиях различной интенсивности, что требуют оценки величины износа основных конструкций вследствие воздействия льда. Однако, современные нормативные документы не регламентируют способы оценки ледовых воздействий при расчётах глубины ледовой абразии.

В работе рассматривается авторская методика математического моделирования взаимодействия ледяных образований с морскими протяженными сооружениями и описывается алгоритм расчёта глубины ледовой абразии для этого типа конструкций.

## **Исследования проблем ледовой абразии в Дальневосточном федеральном университете (ДФУ)**

Научный коллектив кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений ДФУ под руководством А.Т. Беккера [2, 1] на основании многолетних исследований процессов взаимодействия льда с морскими гидротехническими сооружениями (МГТС) разработал модель расчета глубины ледовой абразии, основанную на совместном использовании эмпирической модели интенсивности ледовой абразии и вероятностной имитационной модели формирования ледовых воздействий.

Общая вероятностная имитационная модель формирования ледовых воздействий на МГТС основана на численном формировании функции распределения параметров ледового режима и имитации всех возможных ситуаций, характеризующихся случайным сочетанием значений входных параметров. В рамках вероятностной имитационной модели для каждой ситуации выполняется расчет параметров ледовых истирающих воздействий, для чего используются математические модели процесса механического взаимодействия ледяных образований с сооружением. В результате численного моделирования и имитации всех расчетных ситуаций за весь период эксплуатации сооружения определяются характеристики ледовой нагрузки, контактного давления и длина пути истирания.

Описанная модель использовалась при проектировании ледозащитного пояса из износостойкого бетона для основания гравитационного типа «Беркут» месторождения Аркутун-Даги [6].

Следует отметить, что данная модель предназначена для расчёта глубины ледовой абразии для отдельно стоящих одиночных или многопорных вертикальных сооружений цилиндрической формы и причальных палов [4]. Однако, освоение Арктики требует строительства портовой инфраструктуры для судов и заводов сжижения природного газа (СПГ) с целью решения задач развития северного морского пути и обеспечения добычи и переработки нефти и газа. Одним из решений этой проблемы является строительство и транспортировка к месту эксплуатации наплавных конструкций из лёгких бетонов. Такие

бетоны имеют низкий показатель прочности и воздействие на подобные конструкции дрейфующих ледяных образований является крайне нежелательным. В связи с этим возникает необходимость определения степени износа бетонных поверхностей подобных сооружений.

### **Алгоритмы расчета основных параметров ледовых воздействий на протяженное сооружение**

Для расчета глубины ледовой абразии МГТС применяется комплексный подход, включающий выполнение экспериментальных и расчетно-теоретических работ.

Экспериментальная часть включает исследования строительных материалов на сопротивление ледовым истирающим воздействиям и получение эмпирической модели интенсивности ледовой абразии [8, 15, 12].

Теоретические часть состоит из следующих этапов:

- сбора данных по гидрометеорологическим условиям района строительства;
- сбор данных о конструкции сооружения;
- разработка математической модели расчета ледовых истирающих воздействий, позволяющей определить размеры зоны контакта, подверженной ледовой абразии, как в плане, так и по высоте, величины контактного давления, длины пути абразии и ее глубину.

В данной работе рассматривается математическая модель, описывающая процесс формирования истирающих воздействий на причальное сооружение с учётом конструктивных особенностей, ледового и климатического режима местности. В результате моделирования определяются параметры, необходимые для расчёта глубины ледовой абразии (длина пути абразии, скорость дрейфа льда, контактное давление, время взаимодействия и др.).

За основной сценарий взаимодействия принимается расчётная ситуация, в которой сооружение расположено у берега, ледяные образования заданного размера двигаются по румбам, соответствующим наиболее опасному направлению дрейфа льда, на угол сооружения в соответствии с розой дрейфа.

При разработке алгоритма и программы расчета были приняты следующие допущения:

1. Ледяной покров представляет собой совокупность ледяных полей круглого очертания в плане, характеризующихся следующими параметрами: толщиной ледяных полей  $h$ , скоростью общего дрейфа по направлениям  $V$ , диаметром полей льда  $D$ , прочностью льда  $R$ .

2. Размер ледяного поля  $D$  задается таким образом, чтобы обеспечить сценарий прорезания льда. За начальную расчетную точку принимается точка касания ледяного поля с сооружением, расположенная на окружности ледяного поля в месте пересечения с вектором скорости, проведенного через центр этой окружности, в соответствии с схемой рисунка 1.

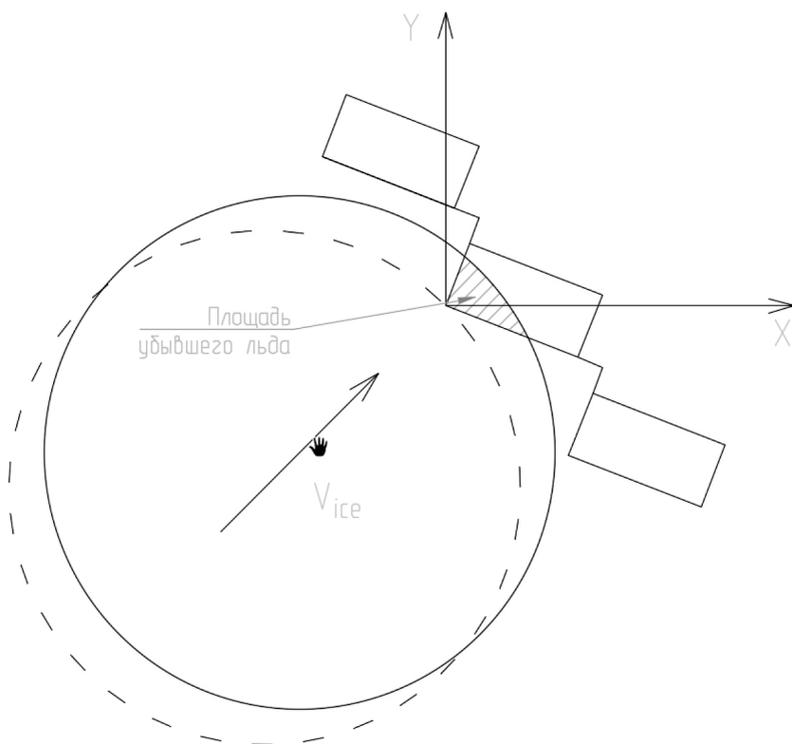


Рис. 1. Схема к расчету площади убитого льда,  $V_{ice}$  – скорость льда

3. Область рассматриваемых ситуаций ледового режима условно ограничена следующими пределами:

- толщина льда  $h > 0,3$  м [14];
- сплоченностью битого льда  $N > 6$  [14].

4. Ледовая нагрузка от движущихся полей для протяженного сооружения определяется по формуле [5]:

$$F_{c.w} = 2,2 \cdot 10^{-3} V h_d \sqrt{A k_v R_c \rho}, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость движения ледяного поля, м/с;  $h_d$  – толщина ровного льда, м;  $A$  – максимальная площадь ледяного поля (или суммарная площадь нескольких ледяных полей, оказывающих давление друг на друга), м<sup>2</sup>, которая может воздействовать на рассчитываемый элемент сооружения, определяемая по натурным наблюдениям или принимаемая в зависимости от поперечных размеров сооружения, как  $A = 3b^2$  (где  $b$  – поперечный размер сооружения);  $k_v$  – коэффициент, принимаемый по таблице 18 [5];  $k_v$  – коэффициент, принимаемый по таблице 19 [5];  $R_c$  – прочность льда на одноосное сжатие, МПа;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

При этом, нагрузка, определенная по формуле (1), не может быть больше нагрузки  $F_{b.w}$ , МН, определяемой по формуле:

$$F_{b.w} = k k_v R_v R b_s h_d, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент, определяемый по [5];  $b_s$  – протяженность контакта ледяного покрова с сооружением, м.

Математическая имитационная модель механического взаимодействия дрейфующих ледяных полей с сооружением описывает процесс формирования ледовой нагрузки и длины пути взаимодействия на каждом шаге моделирования. При моделировании механизмов кинематического процесса механического взаимодействия между льдинами и процесса разрушения ледяных полей на контакте с сооружением использовался дискретный подход.

В случае прорезания льда при взаимодействии с сооружением рассматривается центральный полностью неупругий удар, когда вся кинетическая энергия приравняется к работе контактной

силы на пути внедрения опоры в лед. Методика определения скорости внедрения льда, следовательно, времени и длины пути взаимодействия ледяной плиты, основана на теореме о кинетической энергии. Изменение кинетической энергии ледяного поля на некотором его перемещении равно сумме работ всех действующих сил на этом же перемещении

$$\frac{M_{i+1} \cdot V_{i+1}^2}{2} - \frac{M_i \cdot V_i^2}{2} = \sum W_k, \quad (3)$$

где  $M_i$  – масса льдины на  $i$ -м шаге, кг;  $M_{i+1}$  – масса льдины на следующем шаге, кг;  $V_i$  – скорость движения на  $i$ -м шаге, м/с;  $V_{i+1}$  – скорость льдины на следующем шаге, м/с;  $\sum W_k$  – работа всех действующих сил в  $k$ -й ситуации.

В данном случае вся кинетическая энергия льдины приравнивается к работе контактной силы на пути внедрения опоры в лед. Контактная сила определяется как произведение значения предела прочности льда на сжатие  $R$  на площадь зоны контакта, а геометрия зоны контакта определяется формой опоры сооружения. В связи с чем изменение кинетической энергии ледяного поля можно представить в следующем виде:

$$\int_0^X F_i \Delta x_i = \frac{M_{i+1} \cdot V_{i+1}^2}{2} - \frac{M_i \cdot V_i^2}{2}, \quad (4)$$

где  $F_i$ ,  $\Delta x_i$  – ледовая сила и длина пути взаимодействия на  $i$ -м шаге расчетной ситуации.

Длина пути взаимодействия льда с опорой на  $i$ -ом шаге определяется по формуле

$$\Delta x_i = V_i \cdot \Delta t, \quad (5)$$

где  $\Delta t$  – шаг моделирования льдины по времени, с.

Тогда можно определить закон изменения скорости прорезания льда по формуле

$$V_{i+1} = \sqrt{\frac{M_i V_i^2 + 2 F_i V_i \Delta t}{M_{i+1}}}, \quad (6)$$

При полной потере ледяным полем кинетической энергии оно остановится, при этом:

- скорость блока льда  $V_i=0$ ;
- время внедрения определится как  $t_i = i \cdot \Delta t$ ;
- длина пути взаимодействия  $X_i = \sum x_i$ .

Масса льда, участвующего в процессе взаимодействия, определяется по формуле

$$\begin{aligned} M_i &= M_0 - M_{i,out} \\ M_0 &= A_0 h_k \rho \quad , \end{aligned} \quad (7)$$

$$M_{i,out} = A_{i,out} h_k \rho$$

где  $M_0$  – начальная масса ледяного поля, кг;  $M_{i,out}$  – масса убывшей части (прорезанной) ледяного поля на  $i$ -м шаге в  $k$ -й ситуации, кг;  $A_0$  – начальная площадь ледяного поля,  $m^2$ ;  $A_{i,out}$  – площадь убывшей части льдины вследствие его разрушения при прорезании на  $i$ -м шаге в  $k$ -й ситуации,  $m^2$ ;  $\rho$  – плотность льда,  $kg/m^3$ .

Площадь убывшего (заштрихованная область) ледяного поля при его внедрении определяется в соответствии с рисунком 1.

### Алгоритм расчета

Ледяной покров представляет собой совокупность ледяных образований, движущихся непрерывно в течение всего времени ледохода, при этом направления движения могут изменяться. Необходимо рассчитывать ледовые воздействия по основным румбам с целью учета влияния ледовых воздействий с каждого направления на соответствующую внешнюю грань конструкции сооружения, при этом суммарную длину пути взаимодействия со всех направлений можно определить по формуле:

$$X = \sum_i^n (V_d \cdot t_d), \quad (8)$$

где  $V_d$  – относительная скорость контактного взаимодействия ледяных образований с сооружением, определяется как функция вектора скорости ледяных образований,  $m/c$ ;  $t_d$  – время взаимодействия,  $c$ ;  $n$  – порядковый номер соответствующего румба.

Количество случаев взаимодействия ледяного поля с сооружением определяется с учётом времени одного взаимодействия, вероятности дрейфа льда для расчетного румба и общего времени ледохода по формуле:

$$N_{int} = \frac{t_{season}}{t_{int}} \cdot P_n, \quad (9)$$

где  $N_{int}$  – число взаимодействий,  $t_{season}$  – время ледохода,  $t_{int}$  – время одного взаимодействия,  $P_n$  – вероятность дрейфа по направлению.

Для каждого из выбранных направлений определяются поперечные размеры зоны контакта ледяных полей с сооружением, как проекция сооружения на прямую, перпендикулярную направлению дрейфа. Общая схема воздействия ледяных образований на конструкцию причального сооружения приведена на рисунке 2.

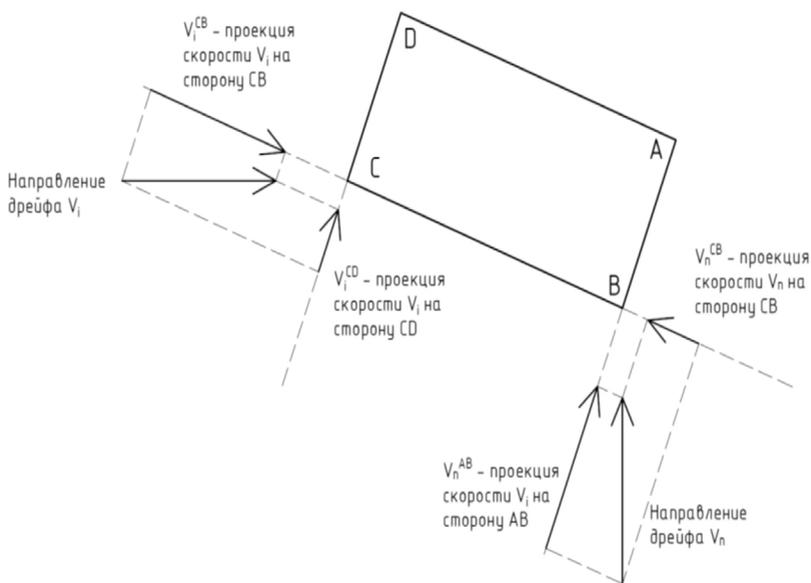


Рис. 2. Схема к расчету скорости дрейфа льда воздействий

Давление на контакте «лед-сооружение» при его равномерном распределении определяется по формуле:

$$\sigma_v = \frac{F}{h_a b_s}, \quad (10)$$

где  $F$  – расчетная ледовая нагрузка, МН.

Для каждого из возможного направления дрейфа определяются поперечные размеры зоны взаимодействия ледяных полей и сооружения как проекция сооружения на прямую, перпендикулярную направлению дрейфа.

Блок схема алгоритма расчета показан на рисунке 3.

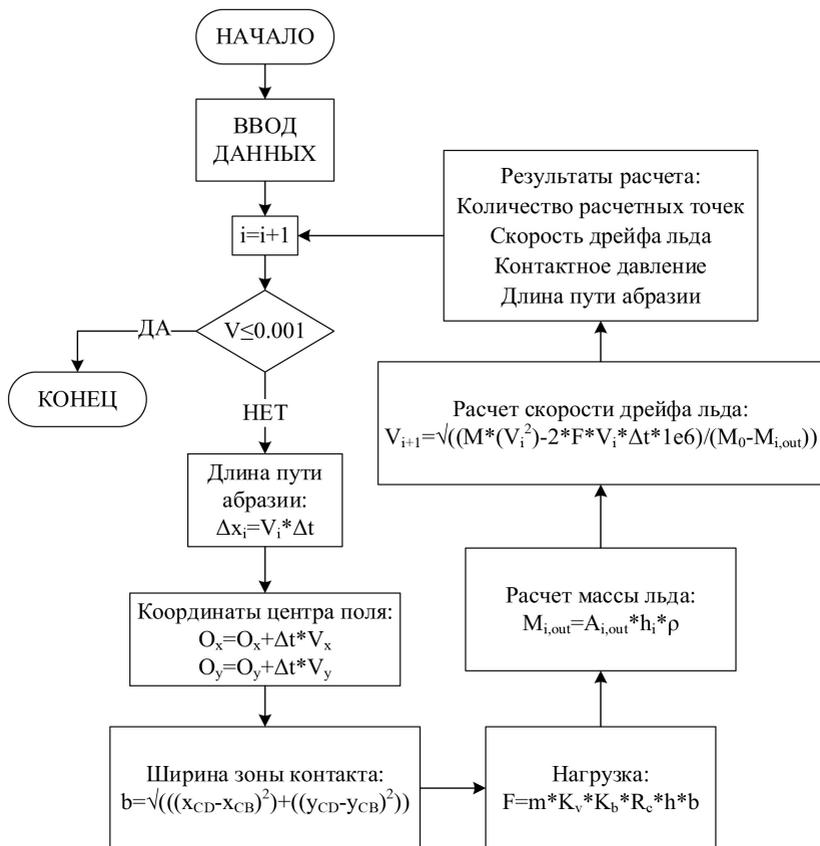


Рис. 3. Алгоритм определения параметров для расчёта глубины ледовой абразии

## Выводы

Разработка моделей взаимодействия ледяных образований с различными типами МГТС является важным этапом в создании методики определения глубины ледовой абразии. Такие модели должны быть направлены на учет различных аспектов ледовых истирающих воздействий.

Предложенная модель является результатом многолетней работы и представляет собой инструмент, с помощью которого можно

получить данные для определения глубины ледовой абразии, а именно, величины контактного давления, скорости на контакте, длины пути абразии и времени взаимодействия.

Использованный подход может быть реализован на любом языке программирования. Авторы использовали пакет прикладных программ MATLAB для моделирования и получения результатов.

### *Список литературы*

1. Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E. et al. Numerical Simulation of Ice Abrasion on Offshore Structures // Proc. of the 21th Intern. Sympos. on Ice / International Association of Hydraulic Engineering and (IAHR-12). Dalian, China, 2012.
2. Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E. Numerical simulation model of ice-structure interaction // Proc. of the 23rd Int. Conf. on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC-15). June 14-18, 2015.
3. Jacobsen S., Kim L.V., Pomnikov E.E. Concrete Destructure due to Ice-Indentation Pore Pressure // Proceedings of the 21-th International Offshore and Polar Engineering Conference. Rhodes, Greece, June 17–22, 2012, p. 1258-1263
4. Кузнецова М. А. Проблемы обустройства морских месторождений российской Арктики // Вестник ОАО «НК Роснефть». 2011. №24. С. 18-24.
5. СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82, 2018.
6. Уварова Т.Э. Истирающее воздействие дрейфующего ледяного покрова на морские гидротехнические сооружения: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Владивосток, 2015. 271 с.
7. Уварова Т.Э. Вероятностная имитационная модель взаимодействия ледяного покрова с сооружением // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 4(12). С. 53–60.
8. Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, Trondheim, Norway, 2015, June 14-18.

9. Hara, F. Saeki H., Sato M. et al. Prediction of the degree of abrasion of bridge piers by fresh water ice and the protective measures // Proc. of the Intern. Conf. on Concrete under Severe Conditions, CONSEC'95. Sapporo, Japan, 1995. Vol. 1. P. 485–494.
10. Hara, F. Takahashi Y., Saeki H. Evaluation of test methods of abrasion by ice movements on the surface of reinforced concrete structures // Proc. of the Intern. Conf. on Concrete under Severe Conditions, CONSEC'95. Sapporo, Japan, 1995 Vol. 1. P. 475–484.
11. Huovinen, S. Abrasion of concrete by ice in arctic sea structures / S. Huovinen // VTT Publications 62 (Doctoral thesis). Espoo, 1990. 110 p.
12. Jacobsen S., Scherer G. W., Schulson E. M., Concrete–ice abrasion mechanics // Cement and Concrete Research, 2015, vol. 73, p. 79-95.
13. Janson, J.E. Long Term Resistance of Concrete Offshore Structures in Ice Environment // Proc. 7th Intern. Conf. on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE). – Houston, Texas, N.Y. American Society of Mechanical Engineers, 1988. Vol. 3. P. 225–231.
14. Janson, J.E. Report of field investigation of ice impact on lightweight aggregate concrete – results from the winter season 1986–1987 // VBB: Stockholm, Sweden, 1987.
15. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete-ice abrasion: wear, coefficient of friction and ice consumption // Wear, 2018. no. 416-417, p. 27-35.

### *References*

1. Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E. et al. Numerical Simulation of Ice Abrasion on Offshore Structures. Proc. of the 21th Intern. Sympos. on Ice / International Association of Hydraulic Engineering and (IAHR-12). Dalian, China, 2012.
2. Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E. Numerical simulation model of ice-structure interaction. Proc. of the 23rd Int. Conf. on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC-15). June 14-18, 2015.
3. Jacobsen S., Kim L.V., Pomnikov E.E. Concrete Destructure due to Ice-Indentation Pore Pressure. Proceedings of the 21-th International Offshore and Polar Engineering Conference. Rhodes, Greece, June 17–22, 2012, p. 1258-1263.

4. Kuznetsova M.A. Problemy obustroystva morskikh mestorozhdeniy rossiyskoy Arktiki [Problems of development of offshore fields in the Russian Arctic]. Vestnik OAO «NK Rosneft'», 2011, no. 24, pp. 18-24.
5. SP 38.13330.2018 Nagruzki i vozdeystviya na gidrotekhnicheskie sooruzheniya (volnovye, ledovye i ot sudov). [Loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from ships)]. Updated edition of SNiP 2.06.04-82, 2018.
6. Uvarova T.E. Istirayushchee vozdeystvie dreyfuyushchego ledyanogo pokrova na morskije gidrotekhnicheskie sooruzheniya [Abrasive drift effects ice cover on marine hydraulic structures]. Vladivostok, 2015, 271 p.
7. Uvarova, T.E. Veroyatnostnaya imitatsionnaya model' vzaimodeystviya ledyanogo pokrova s sooruzheniem [Probabilistic simulation model of the interaction of the ice cover with the structure]. Sistemy. Metody. Tekhnologii, 2011, no. 4(12), pp. 53–60.
8. Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, Trondheim, Norway, 2015, June 14-18.
9. Hara, F. Saeki H., Sato M.et al. Prediction of the degree of abrasion of bridge piers by fresh water ice and the protective measures. Proc. of the Intern. Conf. on Concrete under Severe Conditions, CONSEC'95. Sapporo, Japan, 1995, vol. 1, pp. 485–494.
10. Hara, F. Takahashi Y., Saeki H. Evaluation of test methods of abrasion by ice movements on the surface of reinforced concrete structures. Proc. of the Intern. Conf. on Concrete under Severe Conditions, CONSEC'95. Sapporo, Japan, 1995, vol. 1, pp. 475–484.
11. Huovinen, S. Abrasion of concrete by ice in arctic sea structures. VTT Publications 62 (Doctoral thesis). Espoo, 1990, 110 p.
12. Jacobsen S., Scherer G. W., Schulson E. M., Concrete–ice abrasion mechanics. Cement and Concrete Research, 2015, vol. 73, pp. 79-95.
13. Janson, J.E. Long Term Resistance of Concrete Offshore Structures in Ice Environment. Proc. 7th Intern. Conf. on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE). Houston, Texas, N.Y. American Society of Mechanical Engineers, 1988, vol. 3, pp. 225–231.

14. Janson, J.E. Report of field investigation of ice impact on lightweight aggregate concrete – results from the winter season 1986–1987. VBB: Stockholm, Sweden, 1987.
15. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete-ice abrasion: wear, coefficient of friction and ice consumption. *Wear*, 2018, no. 416-417, pp. 27-35.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Зверев Антон Андреевич**, ассистент департамента «Морские арктические технологии»

*Дальневосточный федеральный университет  
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,  
690922, Российская Федерация  
zverev.aa @dvfu.ru*

**Беккер Александр Тевьевич**, профессор департамента «Морские арктические технологии», доктор технических наук

*Дальневосточный федеральный университет  
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,  
690922, Российская Федерация  
bekker.at @dvfu.ru*

**Уварова Татьяна Эриковна**, профессор департамента «Морские арктические технологии», доктор технических наук

*Дальневосточный федеральный университет  
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,  
690922, Российская Федерация  
ivarova.tye @dvfu.ru*

**Беляева Тамара Дмитриевна**, инженер-исследователь МНОЦ «Арктика», магистрант «Offshore and Coastal Engineering» департамента «Морские арктические технологии»

*Дальневосточный федеральный университет  
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,*

690922, Российская Федерация.  
*beliaeva.tdm @dvfu.ru*

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

**Anton A. Zverev**, Assistant of Department «Marine Arctic Technologies»

*Far Eastern Federal University  
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,  
690922, Russian Federation  
zverev.aa @dvfu.ru*

**Aleksandr T. Bekker**, Professor of Department «Marine Arctic Technologies», Doctor of Technical Science

*Far Eastern Federal University  
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,  
690922, Russian Federation.  
bekker.at @dvfu.ru*

**Tatiana E. Uvarova**, Professor of Department «Marine Arctic Technologies», Doctor of Technical Science

*Far Eastern Federal University  
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,  
690922, Russian Federation  
uvarova.tye @dvfu.ru*

**Tamara D. Belyaeva**, Research Engineer of ISEC «Arctic», Master Student of «Offshore and Coastal Engineering» of Department «Marine Arctic Technologies»

*Far Eastern Federal University  
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,  
690922, Russian Federation.  
beliaeva.tdm@dvfu.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-52-64

UDC 72

## COMPUTER AIDED SCHEMATIC DESIGN: HOW TO MANAGE LARGE DATA IN THE EARLY STAGES OF URBAN DESIGN PROJECTS

*Plotnikova T.A.*

*The study was designed to research and analyse the existing methods used in the industry and propose alternative solutions that would meet the growing project demand. One of the major findings of this paper shows that 65% of interviewed architects and urban designers reported a lack of data accuracy in their concept design solutions, as well as dissatisfaction with the segregated concept design process. Having identified key inefficiencies in pre-design and the schematic design stages of urban design, the study develops a multiplatform web application - a space planning tool that is capable of assisting with data informed design decisions in the early stages of large-scale urban design projects. The alternative solution allows for the execution of concept stage prototyping through UI cell modification by integrating data and generating spatial solutions based on the adjacency requirements.*

**Purpose:** *the purpose of this study is to understand, improve and eliminate inefficiencies in the early stages of the urban design process.*

**Methodology:** *this study will first review existing inefficiencies of the architecture and urban design industry using 2 researched methods: non-participant observations and surveys. Non-participant observations were continuous and were carried out for a period of 9 months. The group that was studied involved 17 people that worked on the early-stage design stage of large-scale architecture and urban design projects. In addition to that, a survey was carried out to examine the identified inefficiencies further and to confirm the hypothesis. The survey involved 370 industry professionals from over 15 countries. Based*

*on the developed understanding of project delivery inefficiencies, a classification will be developed to categorize the existing software. Finally, this study will conduct a series of experiments to develop a technical solution to meet current industry demands.*

**Results:** *identification of key pre-design and the schematic design inefficiencies, development of a multiplatform web application.*

**Practical implications:** *the application is being tested and used in the industry of architecture, urban and spatial design, it has the potential to save companies time and financial resources.*

**Keywords:** *urban design; data management; architectural design; planning; application*

## **Introduction**

Every urban design project is unique and heavily relies on sets of technical and spatial requirements. Between hand sketches, physical models and long Excel sheets, industry professionals are often lost in the cumbersome early stage design process and seek alternative methods to consolidate their ideation. Not being able to efficiently process ever changing spatial data requirements, work efficiency decreases, forcing urban design industry professionals to spend more time and resources on a given project. Experiencing the problem first hand motivated me to explore this issue further – interview industry professionals, study their methods and perhaps come up with a technical solution to make early-stage design more accurate and efficient.

The purpose of this paper is to identify inefficiencies in pre-design and schematic design phases of large-scale urban design projects, analyse the existing methods and propose alternative tools that can be implemented in architectural offices worldwide to improve the practice of the early-stage design.

Currently, architectural and urban design software solutions are only offered in the later design stages (Fig. 1). However, the pre-design stage, which takes up to 15% of the designer's work, has been overlooked. Having to rely on antiquated methods, like hand sketching and model making, often results in overworked personnel, missed dead-

lines and lost resources (time and money). That causes huge friction as project budgets tend to go over budget by 27% of the intended cost.

Figure 1. Presents the technologically neglected stages of urban and architectural design



**Fig. 1.** Architecture phases of design and software that tailors to each of them

With the ongoing development of new cities, regions and re-development of the existing urban fabric, design methods are becoming a highly important topic. Team efficiency does not depend only on the individual talent, but also on the available tools for the execution of the project.

### Materials and methods

To contextualize the problem, this paper uses both primary and secondary data. Secondary data was used to present the existing trends and patterns on a large scale. The primary data was accumulated through surveys, observations and experiments.

Observations were conducted in four different locations: London, Hong Kong, Shanghai and Los Angeles. They were made at large scale architectural practices that are highly involved in master planning and urban development projects. Observations were made within small and large teams (4-10), specifically in the early stages of large scale projects. To accumulate additional primary data, a large digital survey was

carried out. It involved 278 industry professionals with at least three years of experience in urban design. The objective of the survey was to understand the difficulties that people experience in their workplace, particularly during the pre-design and schematic design phases. It was focused on finding out the time limitations experienced due to the lack of the needed technology, how frequently these problems were experienced and methods that respondents used to solve them.

To establish cause and effect relationships, as well as to develop a novel solution to existing problems, this paper relied on experimental research. After accumulating data from first hand observations and surveys, an MVP (Minimum Viable Product) of an application was developed and introduced as an additional experimental research tool. MVP was a cloud application named Uflo that allowed users to import their data and generate spatial arrangements online. It was created as a response to the research and allowed users to solve the problems that were most frequently reported through the survey. This experiment was used to determine whether additional tools can substitute the traditional methods of the design practice and improve its overall efficiency.

The application was introduced to the same group of respondents that answered the survey and was used to test the hypothesis. All the tests and feedback were documented in the written form on the forum section of the application. Such format allowed us to facilitate an open discussion about the issues and the desired function of the application.

## **Results**

Having performed observations, surveys and in-depth experiments, four main challenges that decrease efficiency in the early stages of large urban design projects were identified:

1. Lack of data accuracy in concept design solutions
2. Segregated concept design process
3. Complicated software
4. Lack of collaboration tools

Using sketching and modelmaking has always been great for ideation, but when it comes to large scale projects such methods can create inaccuracies, delays and inefficiencies in the design process. While

producing numerous design options and iterations, it is very easy to lose track of data and adjacency requirements, which means designers have to go back, revise and reiterate their proposals. This results in extra time and money being spent on a project. Being able to incorporate data early on in the process would not only improve the speed of the team, but would also help with understanding of the space and hence create better design solutions. Visual representation of the space plays a critical role in designers' understanding of the space and consequent design decisions. (Loomis, Jack M, 2003)

When speaking about the segregated design process, 92% of the interviewed teams use a combination of tools, including hand sketching, physical model making, sketchup, Excel sheets to track data and so on. Having to operate with various tools might seem to make the design process agile, but in reality 75% of people reported having a completely different outcome: the design process becomes more rigid, as so much information and spatial data has to be moved from one medium to another.

There are several technological solutions currently used by industry professionals to accurately inform their design with data: SketchUp, AutoCAD, Rhino, Revit, and a plug-in for Grasshopper – GhExcel to incorporate Excel into 3D modeling. Unfortunately most of the aforementioned tools require specialized software knowledge and that creates significant problems when different team members do not know the same software or are unable to operate it at the same level.

In my survey, 65% of architecture and urban design professionals reported having difficulties with converting and integrating Excel data into their concept design proposals. Having observed existing design approaches and practices within leading architectural firms worldwide also showed that there is a variety of software for later design stages, but no comprehensive tools for the pre-design and schematic design phases. (Fig. 1) It is fair to say that the early stages of architectural and urban design are technologically neglected and are in need of an alternative solution to aid designers in their creative work. My findings confirm this assessment and identify the need for alternative technological advancements to handle the growing project demand.

Creating concept designs is not only about aesthetic proposals, but also about functionality and usability of the space, which requires a lot of spatial data management and consideration. Having the necessary software to aid with the ideation process would significantly improve the urban design practice at its early stages. It could allow architects and urban designers to focus directly on creating narratives and design strategies, without having to worry about losing track of data requirements.

**The solution**

Having understood the pain points for designers, I developed an alternative solution for data management in the early stages of urban design projects. The web application Uflo translates Excel data to infographics, allows users to juxtapose cells, change parameters and easily identify the mismatch between data and generated geometry. Uflo allows users to import Excel data with spatial and adjacency requirements and generate various possibilities of spatial combinations in one workspace. (Fig. 2) This solution was set to create a digital ecosystem for concept design ideation backed by data.

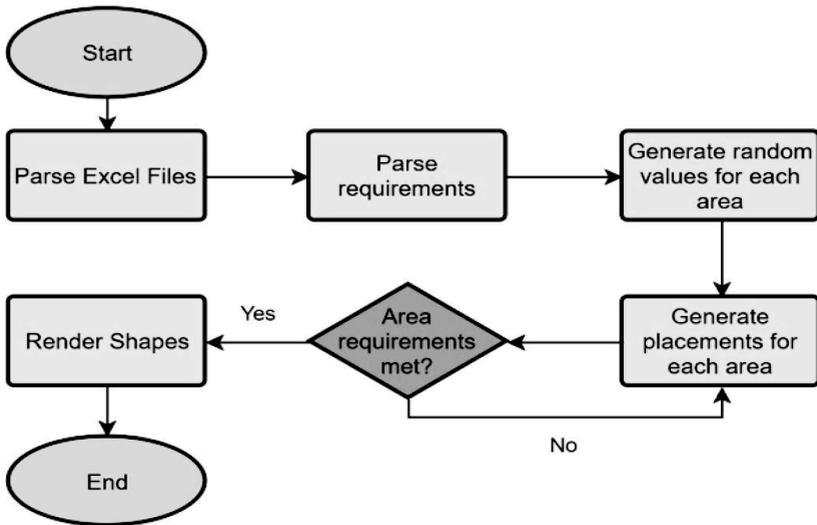


Fig. 2. Flowchart of the developed software - Uflo

The tool was tested by various focus groups: large architecture offices in Hong Kong and Los Angeles, as well as focus groups in the University of the Arts London: Central Saint Martins and the University of Southern California. The tool received positive feedback, indicating its potential to save a lot of time and effort in the early stages of the design process. It consolidated the concept design process, increasing the efficiency and accuracy of project resolution.

The primary mission of Uflo was to tackle the problems architects and urban designers experience in the early stages of their design process. Uflo was created to help urban planners, architectural designers and project managers to work with big data and organize it spatially. It simplifies the process of master planning, and saves time and financial resources. The application streamlines the process and focuses on making the design of large projects user-friendly and efficient. This application can be used in master planning and site drafting, where it is necessary to visualize and manage big data (Fig. 3).



Fig. 3. Conversion of imported Excel data to geometric output.

The developed tool solves four problems:

- Lack of tools necessary for handling complex data in early design stages of large-scale projects.
- Absence of user-friendly data-informed applications for professionals without prior design software experience.

- Lack of software portability (not available on tablets or web).
- Inefficiency of having to use multiple tools and programs to keep track of data in the early stages of large-scale design projects.

Prior to Uflo, the existing problem was solved by using a combination of tools and programs in a sequential and cyclical order. One of such typical processes is described as follows: exporting Excel with spatial requirement to AutoCAD, developing a physical model on the basis of areas generated on AutoCAD, photographing the physical model and recreating it in 3D in SketchUp.

The aforementioned process is highly segregated and has its limitations in terms of data tracking and data management. Using various tools and media requires translating data to 3D and back to Excel multiple times, which is extremely cumbersome when a lot of big data is at stake. It also lacks user-friendly tools – most of the software that is currently used requires a certain level of proficiency, which makes it hard to collaborate with clients and other industry professionals.

The developed application solved that by streamlining the workflow and creating a space for uninterrupted creative process. It provides the designer with an effortless feeling: tech simplifies the conversion of data into 2D, and the front-end design allows users to make all necessary modifications in the same workspace. Uflo has a unique niche in the market – what used to be done by hand sketches, numerous calculations and physical modeling, can now be done digitally. The application is in no way competing with BIM or construction software; it only streamlines the concept design process and works as a bridge between the project brief and the schematic design solution. It also informs the designer whether the proposal meets data requirements, which in turn minimises the number of iterations the designer has to make in the pre-design and schematic design phases.

The MVP of Uflo is based on Bayesian inference and allows an individual to inform design with incoming data on the go. Additional data and programmatic conditions can be added to the file and be seamlessly integrated in the strategy, for example additional requirements from the client. Uflo has a very simple user-friendly interface which makes

it very easy to navigate through the application. It does not require any previous software knowledge and can be used as an efficient tool for collaborating with clients (Fig. 4).

Uflo fills a unique niche in the market and addresses multiple problems, providing users with data informed design solutions, user-friendly design tools and a workspace with digital access for collaboration and presentations.

Innovative characteristics of the invention are based on adding a layer of digital collaboration and allowing users to bring the segregated concept design process online.

Complete example of operating the application (Uflo):

- The invention can be operated online and offline (either accessed as a web application or installed on the computer and accessed offline)
- The first step involves importing the Excel file with all the necessary data for geometry generation. The Excel file should incorporate data classified by type and subtype, as well as identified juxtaposition requirements, if any.
- The user is offered a choice of geometric cell output shape (square / circle) depending on the scale and design intent. The user is also offered a range of color schemes for geometric output. An add-on function allows the customization of color themes.
- Once Excel is imported, one of the geometric outputs is generated (based on the input data and juxtaposition requirements).
- After geometric output is generated, the user has a choice to either generate alternative outputs that meet the requirements or work with the current output to refine spatial arrangement.
- Users can change geometry by increasing, decreasing, separating or merging cells, changing arrangement and juxtaposition. Any change in geometry is reflected on the imported Excel file. If a clash is identified, the user will see a warning window showing the identified clash between geometry and data. When operating in a workspace, the user sees that data informs geometric output and vice versa. Any change either in data or geometry is reflected on the other.

- When collaborating with others (team members, clients, etc.) the user has an option to lock the input data so that changes in geometry are not possible. In such cases the application would only show occurring clashes.
- When a user decides to create a collaborative project workspace, an additional side bar is added, where each member can make notes. Another add-on function of Uflo allows any changes to the geometric output to be recorded per user in the history tab to keep track of design iterations.
- Depending on the project, the user can decide at which stage to import the map, pin and juxtapose geometry on site.
- With or without map geolocation, users can input base height parameters and modify their spatial arrangements. (Fig. 4)
- Any changes that occur in geometry can also be translated to Excel and a warning window with clash identifications would pop up.
- Users have the option to export generated 2D or 3D geometric output in .dwg and .skp to import in architectural software for the following design stages.

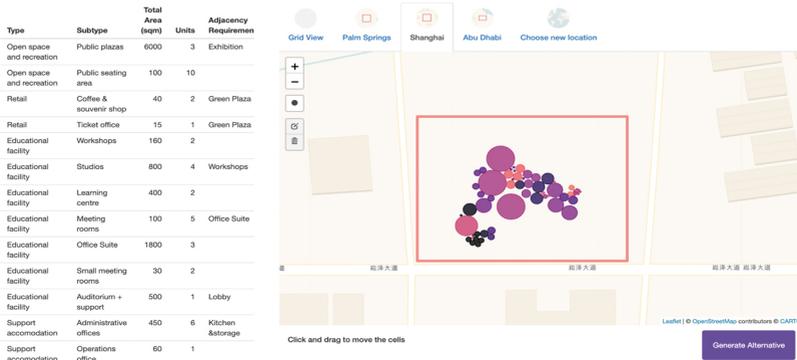


Fig. 4. Locating geometric output on a site, changing its spatial arrangement

## Unexpected findings

Having interviewed multiple interdisciplinary professionals who work in architecture, urban exhibition, and installation design, several unexpected discoveries were made.

The study was able to recognise that there are many professionals who curate or design exhibitions who do not have a design background and also struggle with data management in the early stages of their design projects. Having to sequentially arrange spatial data requirements, create narratives and work collaboratively often imposes a challenge, as there is no software or application that could aid the process.

This finding made me realise that Uflo is applicable to spatial design of various scales, be it a large master plan or an exhibition. Data-backed ideation is key when it comes to space-planning: it allows the creation of more precise design solutions and a significant decrease in the number of design iterations.

Focusing on less generally allows people to achieve better results. (Bradley, 2014)

Having technology that aids with data management can allow architects and urban and spatial designers to focus on the creative component of their projects, create more precise design solutions and improve the overall design practice.

## **Discussion & Conclusion**

The aim of this paper was to analyse the existing inefficiencies in the pre-design and schematic design phases of urban design. In addition to this, this paper makes an attempt to solve those inefficiencies of the industry and proposes an alternative software solution to aid the design process.

This study took me on a fascinating journey through the time: it allowed me to understand the traditions of the industry, as well as the needs of the current time and industry demand.

Analysing the inefficiencies made me realise that sometimes we have to leverage macro and micro approaches. Sometimes it is crucial to step outside and analyse industry practices as a whole. As architects and urban designers, we are so busy with the ever-growing project demands, bids and competitions, that we often simply do not have time to reflect upon and change the setup of our practices.

Having a few months off my office architecture job allowed me to dive deeper into this issue, interview people, design the UI of the potential solution and test it with the industry.

The next steps of this work will involve accumulating further in-depth feedback from designers and developing the software further to make it as comprehensive as possible, taking into account the feedback that I received during the initial testing.

I personally do not think that is necessary nor beneficial for creatives to try and attempt to digitalize the whole design process. We think with our bodies, we sense space within, and taking away sketching and physical model making would take away from design practice as a whole. But I do believe that we should be developing more comprehensive solutions to aid us in the design process, especially when large data is involved.

Returning to the introduction, it is now possible to say that inefficiencies in the early-stage design are mostly due to the lack of tools available to architects and urban designers. The development and implementation of new software can improve data management, result in more efficient project delivery and better well-being for industry professionals.

It is to be hoped that this paper will be helpful to designers who have interest in both urban design and technology, serve as a basis for future studies on the relationship between technology and schematic design and eventually lead to further development of technology to support spatial designers in their work.

### **Declaration of Interest Statement**

This declaration confirms that there are no known conflicts of interest associated with this publication and there has been no financial support for this work that could have influenced its outcome.

It confirms that the manuscript has only one named author and that there are no other persons who satisfied the criteria for authorship but are not listed.

It is giving due consideration to the protection of intellectual property associated with this work and that there are no impediments to publication, including the timing of publication, with respect to intellectual property.

The Corresponding Author is the sole contact for the Editorial process (including Editorial Manager and direct communications).

### ***References***

1. Loomis J.M. Visual space perception: phenomenology and function. *Arq. Bras. Oftalmol.*, 2003, vol. 66, no. 5, suppl., pp. 26-29. <https://www.scielo.br/j/abo/a/jZ3fGqx8Vqf8MNJr84WD6rc/?lang=en&format=pdf>
2. Bradley S. The Importance Of Focus And The Difficulty Achieving It. *Vanseodesign*. 2014. <https://vanseodesign.com/online-business/focus/> (accessed 24 Apr. 2021).
3. Xiaohu J., Xiuming D. *Computer aided design and general planning of urban and rural planning teaching materials*. 1st ed. China Building Materials Industry Press, 2016.
4. Melendez F. *Drawing from the Model: Fundamentals of Digital Drawing, 3D Modeling, and Visual Programming in Architectural Design*. 1st ed. WILEY, 2019.
5. Verebes T. *Masterplanning the Adaptive City: Computational Urbanism in the Twenty-First Century*. 1st ed. Routledge, 2013.

### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Tiana A. Plotnikova**, MSc, University of Southern California  
3670 Trousdale Pkway, Los Angeles, CA 90089, USA  
[tiana.a.plotnikova@gmail.com](mailto:tiana.a.plotnikova@gmail.com)

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-65-80

УДК 659.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВВП РОССИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

*Ломакин Н.И., Радионова Е.А., Рыбанов А.А.,  
Могхарбел Н.О., Водопьянова Н.А., Сычева А.В.*

*В ходе проведенного исследования выявлена нелинейная зависимость динамики ВВП от увеличения грузооборота. Разработана регрессионная модель, определяющая величину ВВП в зависимости от динамики грузооборота. Следует констатировать, что в России сложился довольно низкий уровень применения цифровых инноваций, по сравнению с зарубежными компаниями развитых стран и продолжает оставаться на низком уровне.*

***Цель:** Выдвинута и доказана гипотеза, что с помощью математической модели, можно получить прогноз ВВП России на следующий год на основе использования как линейной регрессионной модели, отражающей зависимость величины ВВП от динамики грузооборота, так и при использовании AI-модели «перцептрон», включающей в себя совокупность данных, отражающих развитие экономики.*

***Метод, или методология проведения работы:** В работе применялись такие методы исследования, как: монографический, аналитический, линейная регрессия и нелинейная математическая модель, а также анализ, изучение и обобщение.*

***Результаты:** Представлена разработанная AI-модель (модель искусственного интеллекта) «перцептрон», предназначенная для прогнозирования ВВП России на основе входных параметров, представляющих совокупность данных, отражающих развитие реального сектора экономики России за 2011–2019 гг., включая динамику грузооборота. Рассмотрен опыт применения систем искусственного интеллекта в целях прогнозирования временных рядов, в том числе ВВП РФ.*

**Область применения результатов:** экономика, финансовая сфера, прогнозирование и планирование хозяйственной и финансовой деятельности, экономическая безопасность

**Ключевые слова:** ВВП; прогноз; линейная регрессия; AI-модель перцептрон; нейросеть; цифровая экономика; грузооборот

## RESEARCH OF THE DYNAMICS OF RUSSIAN GDP IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF THE ECONOMY

**Lomakin N.I., Radionova E.A., Rybanov A.A.,  
Gavrilova O.A., Vodopyanova N.A., Sycheva A.V.**

*In the course of the study, a nonlinear dependence of the GDP dynamics on the increase in freight turnover was revealed. A regression model has been developed that determines the value of GDP depending on the dynamics of freight turnover. It should be stated that in Russia there is a rather low level of application of digital innovations, in comparison with foreign companies in developed countries, and continues to remain at a low level.*

**Purpose.** *A hypothesis was put forward and proved that using a mathematical model, it is possible to obtain a forecast of Russia's GDP for the next year based on the use of both a linear regression model reflecting the dependence of the GDP value on the dynamics of freight turnover, and using the AI-model "perceptron", which includes the aggregate data reflecting the development of the economy.*

**Method or methodology of the work.** *The work used research methods such as: monographic, analytical, linear regression and nonlinear mathematical model, as well as analysis, study and generalization.*

**Results.** *A developed AI model (artificial intelligence model) "Perceptron" is presented, designed to predict Russia's GDP based on input parameters representing a set of data reflecting the development of the real sector of the Russian economy in 2011–2019, including the dynamics of freight turnover. The experience of using artificial intel-*

*ligence systems for forecasting time series, including the RF GDP, is considered.*

**Field of application of the results:** *economics, financial sphere, forecasting and planning of economic and financial activities, economic security*

**Keywords:** *GDP; forecast; linear regression; perceptron AI-model; neural network; digital economy; freight turnover*

## **Введение**

Актуальность исследования – в том, что с появлением нового технологического уклада «Индустрия 4.0» возникают предпосылки стремительного развития цифровой экономики, которые приводят к трансформации и появлению новых экономических отношений, основанных на автоматизации бизнес-процессов, применении систем искусственного интеллекта. Прогнозирование временных рядов в условиях рыночной неопределенности имеет важное значение, однако, несмотря на множество проведенных научных работ, отдельные аспекты проблемы остаются недостаточно изученными и требуют дополнительных исследований.

Исследованы теоретические основы динамики ВВП в условиях рыночной неопределенности и формирования цифровой экономики. Прогнозирование ВВП имеет важное значение, поскольку позволяет обеспечить сбалансированность, устойчивость в развитии различных отраслей народного хозяйства, и его экономическую безопасность, что обуславливает практическую значимость исследования. ВВП в динамике представляет собой временной ряд. Как известно, существует множество методов и моделей прогнозирования.

В настоящей статье затрагивается проблема, использования систем искусственного интеллекта, в целях прогнозирования ВВП России с использованием динамики параметров реального сектора экономики, включая грузооборот и некоторые макроэкономические показатели.

Цель исследования состоит в том, чтобы выдвинуть и доказать гипотезу, что с помощью математических моделей, можно получить прогноз ВВП России на следующий год на основе использования

как линейной регрессионной модели, отражающей зависимость величины ВВП от динамики грузооборота, так и с применением AI-модели, включающей в себя совокупность данных, отражающих развитие экономики РФ за анализируемый период 2011–2019 гг.

В работе применялись такие методы исследования, как: монографический, аналитический, расчетно-конструктивный, линейная регрессия и нелинейная математическая AI-модель, а также анализ, изучение и обобщение.

## **1. Результаты исследования и их обсуждение**

### ***1.1. Применение линейной регрессии в прогнозировании ВВП РФ***

Линейная регрессия (англ. Linear regression) – используемая в статистике регрессионная модель зависимости одной (объясняемой, зависимой) переменной. от другой или нескольких других переменных (факторов, регрессоров, независимых переменных) с линейной функцией зависимости [5].

Как известно, валовой внутренний продукт (англ. gross domestic product), общепринятое сокращение – ВВП (англ. GDP) представляет собой макроэкономический показатель, который отражает рыночную стоимость всех конечных товаров и услуг, иными словами – товаров, предназначенных для непосредственного употребления, использования или применения, которые были произведены за год во всех отраслях экономики на территории государства для потребления, экспорта и накопления, независимо от национальной принадлежности использованных факторов производства [1].

Вопросы достижения устойчивости российской экономики и экономической безопасности в условиях нарастания рыночной неопределенности и риска в процессе цифровизации требуют к себе еще большего внимания, выдвигая на передний план проблему прогнозирования размера ВВП страны. Для построения функционала реализации линейной регрессии на языке программирования Python была использована платформа Colab компании Microsoft. Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Исходные данные

Грузооборот	Аэрофлот, акции, руб.	Ютэйр, акции, руб.	Дальневосточное морское пароходство, акции, руб.	Новороссийский морской торговый порт, акции, руб.	Перевезено млрд.т ЖД	Перевезено млрд.т Авто	Перевезено млрд.т Трубо	ВВП, млрд. долл.	Индекс РТС	Курс доллара, руб.
4245	106,78	7,17	8,86	9,05	1399	5735	608	1610,38	1517	61,88
4199	112,06	7,7	5,01	6,89	1411	5544	603	1630,66	1068	63,83
4063	142,12	8,9	6,1	8,12	1384	5404	589	1578,41	1154	57,61
3900	160,06	8,9	3,26	6,53	1325	5397	578	1282,66	1152	61,27
3821	57,2	11,26	2,64	3,51	1329	5357	578	1363,7	757	73,5
3768	34,52	8,56	2,99	1,6	1375	5417	566	2056,58	790	55,91
3670	73,56	23,23	3,91	2,78	1381	5635	558	2289,24	1442	32,89
3471	45,08	24,53	9,65	2,9	1421	5842	555	2202,67	1526	30,56
3333	51,4	24,53	8,34	2,8	1382	5663	576	2044,61	1381	32,2

Проведенный анализ показал, что имеет место нелинейная зависимость между динамикой ВВП и объемом грузооборота (рис. 1).

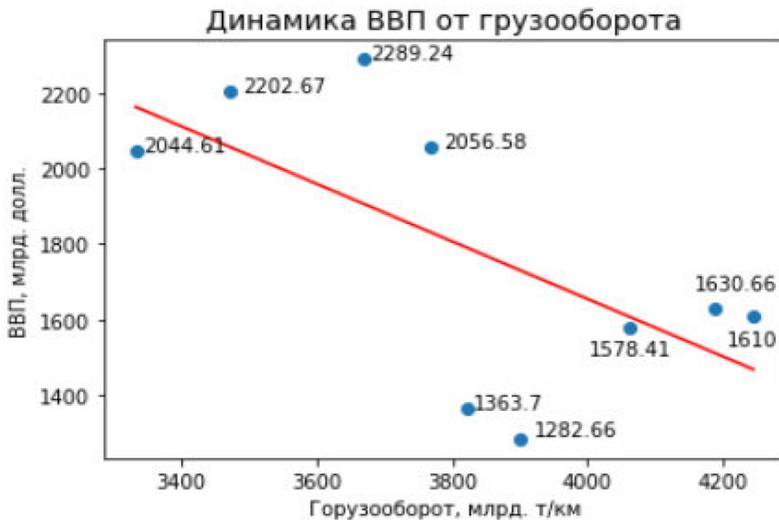


Рис. 1. Динамика грузооборота и ВВП России (2011–2019 гг.)

Фундаментальный тип данных NumPy – это тип массива numpy.ndarray. Далее под массивом подразумеваются все экземпляры типа numpy.ndarray. Класс sklearn.linear\_model.LinearRegression был использован для линейной регрессии и прогнозов. В ходе исследования было установлено наличие обратной зависимости между факториальным признаком (грузооборот) и результативным (ВВП), которая описывается уравнением (1)

$$Y = a + b \cdot x, \quad (1)$$

С помощью программы линейной регрессии были рассчитаны параметры уравнения зависимости (2)

$$Y = 4704.002896192149 - 0.76253964 \cdot x, \quad (2)$$

Прогнозные значения, рассчитанные с помощью программы линейной регрессии представлены на рисунке 2.

```
[ ] 1 y_pred = model.predict(x)
     2 print('predicted response:', y_pred, sep='\n')

predicted response:
[2162.45826917 2057.22779857 1905.4824098 1830.75352487 1790.33892384
 1730.09829212 1605.80433046 1509.72433556 1467.02211561]
```

**Рис. 2.** Прогнозные значения ВВП

Коэффициент детерминации составил  $R^2 = 0.40597593399764$ , что свидетельствует о том, что связь между признаками средняя.

Необходимо более глубокое исследование зависимости между ВВП и прочими параметрами. Что бы дать оценку роли транспортной системы России в мировом транспортном хозяйстве, важно рассматривать транспорт страны в целом, причем, сравнение можно провести по следующим параметрам: доля транспорта как отрасли (области деятельности) во внутреннем валовом продукте (ВВП) страны, доля грузооборота и пассажиро-оборота по видам транспорта, протяженность и густота транспортной сети и др.

Как известно, транспорт занимает весомое место в формировании ВВП России, примерно на одном уровне с такими странами, как Германия, Франция, Япония и Великобритания. Характерно, что в странах с развитой рыночной экономикой значительно более весомую долю грузооборота, чем в России, выполняет автомобильный транспорт, что касается пассажирооборота, то в этих странах автомобильный транспорт занимает ведущее место [6]. Так, доля транспортировки и хранения составила 6,3% от ВВП России в 2018 г. [9]. Представляется целесообразным сформировать нейросеть «perseptron» для прогноза ВВП РФ.

### 1.2. Нейросеть Perseptron для прогноза ВВП РФ

Программа Perseptron для прогноза ВВП сформирована на платформе Deductor. Deductor – аналитическая платформа, разработанная компанией BaseGroup Labs.

В ходе анализа, обращают на себя следующие факты:

1) в грузообороте России на автомобильные дороги приходится, год от года, не более 5%;

2) грузооборот России – это трубопроводы и железные дороги, именно эти транспортные артерии работают на экспорт – приносят стране валютную выручку;

3) экспорт России – это транспортировка крупнотоннажных товаров, а для экспорта нефти и газа используются трубопроводы. В свою очередь, для экспорта тяжёлых грузов и на дальние расстояния железные дороги представляют собой наиболее экономичный вид транспорта.

Персеptron был сформирован и обучен на исходных параметрах, вошедших в датасет, представленных в таблице с исходными данными, которые в значительной мере получены с web-сайта Росстата [8]. Граф нейросети представлен на рис. 3.

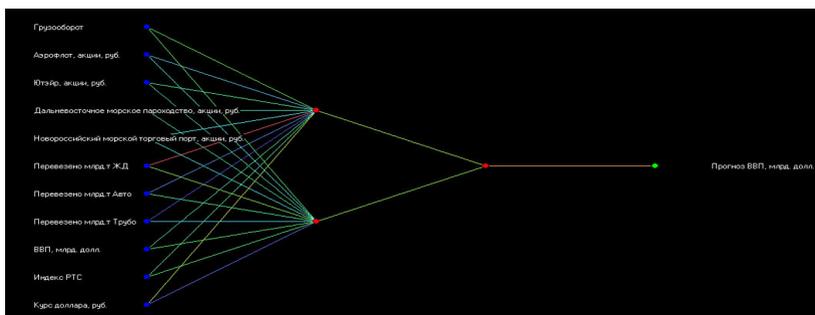


Рис. 3. Граф нейросети персеptron

Разработанный персеptron содержит 11 параметров на входном слое, в том числе: грузооборот (млрд. т/км), аэрофлот, акции, (руб.), Ютэйр, акции, (руб.), Дальневосточное морское пароходство, акции, (руб.), Новороссийский морской торговый порт, ак-

ции, (руб.), Перевезено ЖД (млрд. т), перевезено авто (млрд. т), перевезено трубопр. (млрд. т), ВВП, (млрд. долл.), индекс РТС, курс доллара, руб. Кроме того, имеется два скрытых слоя по 2 и 1 узлу, и выходной слой с одним параметром – прогноз ВВП, (млрд. долл.).

Использование функции «что-если» позволяет получить прогнозное значение ВВП в зависимости от величины входных параметров (рис. 4).

Поле	Значение
Входные	
9.0 Грузооборот	4245
9.0 Аэрофлот: акции, руб.	106,79
9.0 УТAR: акции, руб.	7,17
9.0 Дальневосточное морское пароходство, акции, руб.	8,86
9.0 Новороссийский морской торговый порт, акции, руб.	9,05
9.0 Перевезено млрд. т ЖД	1399
9.0 Перевезено млрд. т Авто	5735
9.0 Перевезено млрд. т Трубо	609
9.0 ВВП, млрд. долл.	1610,38
9.0 Индекс РТС	1517
9.0 Курс доллара, руб.	61,98
Выходные	
9.0 Прогноз ВВП, млрд. долл.	1610,9907721001

Рис. 4. Функция «что-если»

Так, например, подставив в модель современные значения, можем получить прогноз ВВП на следующий год. Грузооборот транспорта в России за 2020 год, согласно предварительным данным, уменьшился по сравнению с показателем за 2019 год на 4,9% и составил почти 5,4 трлн т/км, сообщил ТАСС со ссылкой на доклад Росстата. Далее, на конец 2020 г. имеем следующие параметры: 71,44 руб. акции Аэрофлот, 6,70 руб. акции UTAR, 13,6 руб. – акции ДВМП, 9,90 руб. – акции NMTP, погрузка на сети ОАО «Российские железные дороги» в 2020 году составила 1 млрд 243,6 млн тонн, что на 2,7% меньше, чем за предыдущий год (вводим в модель 1339), перевозки автотранспортом за отчетный 2020 год составили более 5,4 млрд тонн – на 6,2% меньше, чем было перевезено в 2019 году. (вводим в модель 5316,345), транспортировка трубопроводным транспортом составила 1,06 млрд тонн, что ниже показателя 2019 года на 8,4% (вводим в модель 556,928), 1398 – индекс РТС на конец 2020 г. ВВП за 2019 г. 1610,38 млрд. долл. 73,87 руб. – курс доллара.

Подставив свежие значения входных параметров в нейросетевую модель, получим прогнозную величину ВВП РФ в 2020 г. в долларах

1289,0513 млрд. долл., что составляет 0,8805% от его фактического значения 1464 млрд. долларов. Ошибка составила 11,95%.

Что касается России, то 2020 был не самым удачным годом для экономики страны. ВВП РФ в 2020 году упал до 1464 млрд. долларов или 123 млрд. долларов, что составляет 4, 12%. При этом, по показателю ВВП на душу населения, Россия занимает 66 место в мире [7]. Точность прогноза по данным, включенных в модель можно проанализировать на основе сравнения фактических и прогнозных значений ВВП нейросети, ошибка не превышает 4,73%.

Как известно, временной ряд – это ряд последовательных значений, характеризующих изменение некоторого показателя во времени. Анализ временных рядов представляет собой совокупность математико-статистических методов анализа, направленных на выявление структуры временных рядов и для их прогнозирования. Математические модели временных рядов могут иметь различные формы и представлять различные стохастические процессы.

Отечественный опыт свидетельствует о том, что системы искусственного интеллекта находят все более широкое применение в решении практических задач на крупных предприятиях, в банках и IT-компаниях, а также на предприятиях реального сектора экономики.

Следует констатировать, что в России сложился довольно низкий уровень применения цифровых инноваций, по сравнению с зарубежными компаниями развитых стран и продолжает оставаться на низком уровне. Научный интерес представляют модель ценообразования капитальных активов Дженсена, Фишера и Майрона [11]. Фама и Макбет сочли необходимым рассматривать риск как категорию, в которой наблюдается доходность и равновесие [10].

Практика показывает, что применение систем искусственного интеллекта позволяет решать широкий круг проблем. Например, важное значение имеет поиск оптимальных решений в области создания организационных механизмов выделения субсидий на общественный транспорт в Санкт-Петербурге [12, с. 4706-4711], для оптимизации управления инновационным процессом на производственном предприятии [13, с. 996-1003].

В отличие от предложенной нейросетевой модели, AI-модели рассмотренные в более ранних исследованиях авторов, опирались на использование иных параметров. Так, например, Ломакин Н.И. с соавторами сформировали нейро-прогноз ВВП глобальной экономики по факторам, включая вклад предпринимательства и энергопотребление [2, с. 255-259], кроме того, был проведен интеллектуальный поиск закономерностей глобального ВВП путём квантования данных вклада предпринимательства и инноваций [3, с. 124-126], а так же был использован искусственный интеллект в исследовании вклада предпринимательства и энергетического менеджмента ВВП глобальной экономики [4, с. 260-263].

Как показывает практика, искусственный интеллект находит все более широкое применение в условиях цифровизации экономики, для которых характерно внедрение технологий «Индустрия 4.0». Внимание многих ученых сфокусировано на исследовании технологических процессов, обусловленных внедрением цифровой экономики.

### **Выводы (заключение)**

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

Во-первых, использование современных математических моделей, позволяющих получить точный прогноз ВВП страны, создавая предпосылки к сбалансированному и эффективному развитию экономики в современных условиях, имеет важное значение.

Во-вторых, доказана выдвинутая гипотеза, что с помощью математических моделей, можно получить прогноз ВВП России на следующий год на основе использования линейной регрессионной модели, отражающей зависимость величины ВВП от динамики грузооборота, а также с применением AI-модели «персептрон», включающей в себя совокупность данных, отражающих развитие экономики РФ.

В-третьих, предложенное решение имеет практическое значение. Была получена прогнозная величина ВВП РФ в 2020 г. в долларах 1289,0513 млрд. долл., что составляет 0,8805% от его факти-

ческого значения 1464 млрд. долларов. Ошибка составила 11,95%, что свидетельствует о том, что имеются определенные резервы для усовершенствования, поскольку на данных, использованных для обучения нейросети ошибка не превышала 4,73%.

### *Список литературы*

1. Валовой внутренний продукт. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%> (дата обращения 24.04.2021)
2. Интеллектуальный анализ и нейро-прогноз ВВП глобальной экономики по факторам, включая вклад предпринимательства и энергопотребление / Ломакин Н.И., Ли Джун, Кондрашов Г.М., Покидова В.В., Уланова И.А., Московцев А.Ф., Копылов А.В., Самородова И.А., Максимова О.Н., Горбунова А.В. // Современные исследования социальных проблем: электрон. науч. журнал. 2017. Т. 8, № 1-2. С. 255-259. <http://ej.soc-journal.ru> (дата обращения 24.04.2021)
3. Интеллектуальный поиск закономерностей глобального ВВП путём квантования данных вклада предпринимательства и инноваций / Ломакин Н.И., Лукьянов Г.И., Максимова О.Н., Самородова И.А., Масленников А.В., Колодкин И.О. // Наука Красноярья. 2017. Т. 6, № 3-3. С. 124-126.
4. Искусственный интеллект в исследовании вклада предпринимательства и энергетического менеджмента ВВП глобальной экономики / Ломакин Н.И., Ли Джун, Кондрашов Г.М., Покидова В.В., Московцев А.Ф., Копылов А.В., Тюков А.П., Самородова И.А., Максимова О.Н., Горбунова А.В., Попова Я.А. // Современные исследования социальных проблем: электрон. науч. журнал. 2017. Т. 8, № 1-2. С. 260-263. <http://ej.soc-journal.ru> (дата обращения 24.04.2021)
5. Линейная регрессия. <https://yandex.ru/search/?clid=2285101&text=%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F%20%D1%8D%D1%82%D0%BE&lr=38> (дата обращения 24.04.2021)

6. Место транспортной системы России в мире. международные транспортные коридоры транспорт РФ в сравнении с транспортом других стран. [https://studref.com/303146/tehnika/mesto\\_transportnoy\\_sistemy\\_rossii\\_mire\\_mezhdunarodnye\\_transportnye\\_koridory/](https://studref.com/303146/tehnika/mesto_transportnoy_sistemy_rossii_mire_mezhdunarodnye_transportnye_koridory/) (дата обращения 24.04.2021)
7. Насколько вырос ВВП России и стран мира в 2020 году. <http://bs-life.ru/makroekonomika/vvp2021.html> (дата обращения 24.04.2021)
8. Росстат Основные показатели транспорта. <https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1> (дата обращения 24.04.2021)
9. Структура ВВП России 2021 по отраслям. <https://bankiros.ru/wiki/term/struktura-vvp-rossii-po-otraslam> (дата обращения 24.04.2021)
10. Fama E.F., MacBeth J.D. Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests // Journal of Political Economy, 1973. Vol. 81. No. 3. P. 607-636. <http://www.jstor.org/stable/1831028>
11. Jensen M., Fischer V. and Myron V. The Capital Asset Pricing Model: some empirical tests. Praeger Publishers Inc., 1972.
12. Kulachinskaya A., Kravchenko V., Bezdenezhnykh T. Organizational mechanisms of allocation of subsidies for public transport in St. Petersburg // Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference. 2018. P. 4706-4711.
13. Optimization of the innovation process management at a manufacturing enterprise / Demidenko D.S. Malevskaia-Malevich E.D., Dubolazova Y.A., Victorova N.G. // Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference. 2018. P. 996-1003.

### *References*

1. Gross Domestic Product. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%> (accessed 24.04.2021)
2. Lomakin N.I., Li Dzhun, Kondrashov G.M., Pokidova V.V., Ulanova I.A., Moskovtsev A.F., Kopylov A.V., Samorodova I.A., Maksimova O.N., Gorbunova A.V. *Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem: elektron. nauch. zhurnal.*, 2017, vol. 8, no. 1-2, pp. 255-259. <http://ej.soc-journal.ru> (accessed 24.04.2021)

3. Lomakin N.I., Luk'yanov G.I., Maksimova O.N., Samorodova I.A., Maslennikov A.V., Kolodkin I.O. *Nauka Krasnoyar'ya*, 2017, vol. 6, no. 3-3, pp. 124-126.
4. Lomakin N.I., Li Dzhun, Kondrashov G.M., Pokidova V.V., Moskovtsev A.F., Kopylov A.V., Tyukov A.P., Samorodova I.A., Maksimova O.N., Gorbunova A.V., Popova Ya.A. *Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem: elektron. nauch. zhurnal*, 2017, vol. 8, no. 1-2, pp. 260-263. <http://ej.soc-journal.ru> (accessed 24.04.2021)
5. Linear regression. <https://yandex.ru/search/?clid=2285101&text=%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F%20%D1%8D%D1%82%D0%BE&lr=38> (accessed 24.04.2021)
6. The place of the transport system of Russia in the world. international transport corridors transport of the Russian Federation in comparison with the transport of other countries. [https://studref.com/303146/tehnika/mesto\\_transportnoy\\_sistemy\\_rossii\\_mire\\_mezhdunarodnye\\_transportnye\\_koridory/](https://studref.com/303146/tehnika/mesto_transportnoy_sistemy_rossii_mire_mezhdunarodnye_transportnye_koridory/) (accessed 24.04.2021)
7. How much the GDP of Russia and the countries of the world has grown in 2020. <http://bs-life.ru/makroekonomika/vvp2021.html> (accessed 24.04.2021)
8. Rosstat Osnovnye pokazateli transporta. <https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1> (accessed 24.04.2021)
9. Rosstat Main indicators of transport. <https://bankiros.ru/wiki/term/struktura-vvp-rossii-po-otraslam> (accessed 24.04.2021)
10. Fama E.F., MacBeth J.D. Risk, Return and Equilibrium: Empirical Tests. *Journal of Political Economy*, 1973, vol. 81, no. 3, pp. 607-636. <http://www.jstor.org/stable/1831028>
11. Jensen M., Fischer V. and Myron V. The Capital Asset Pricing Model: some empirical tests. Praeger Publishers Inc., 1972.
12. Kulachinskaya A., Kravchenko V., Bezdenezhnykh T. Organizational mechanisms of allocation of subsidies for public transport in St. Petersburg. *Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference*, 2018, pp. 4706-4711.

13. Demidenko D.S. Malevskaja-Malevich E.D., Dubolazova Y.A., Victorova N.G. Optimization of the innovation process management at a manufacturing enterprise. *Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference*, 2018, pp. 996-1003.

### **ДАнные ОБ АВТОРАХ**

**Ломакин Николай Иванович**, к.э.н., доцент

*Волгоградский государственный технический университет  
просп. В.И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Фе-  
дерация  
tel9033176642@yahoo.com*

**Радионова Елена Александровна**, аспирантка

*Волгоградский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова  
ул. Волгодонская, 13, г. Волгоград, 400005, Российская Фе-  
дерация  
elena-2003@mail.ru*

**Рыбанов Александр Александрович**, к.т.н., доцент

*Волжский политехнический институт (филиал) Волгоград-  
ский государственный технический университет  
ул. Энгельса, 42а, Волгоградская обл., г. Волжский, 404121,  
Российская Федерация  
rybanoff@yandex.ru*

**Могхарбел Наталья Олеговна**, к.э.н., доцент

*Волгоградский государственный технический университет  
просп. В.И. Ленина, 28, г. Волгоград, 400005, Российская Фе-  
дерация  
natalya.mogharbel@yandex.ru*

**Водопьянова Наталья Александровна**, к.э.н., доцент

*Волжский политехнический институт (филиал) Волгоград-  
ский государственный технический университет*

*ул. Энгельса, 42а, Волгоградская обл., г. Волжский, 404121,  
Российская Федерация  
vnat@inbox.ru*

**Сычева Александра Васильевна**, к.э.н., доцент

*Волжский политехнический институт (филиал) Волгоград-  
ский государственный технический университет  
ул. Энгельса, 42а, Волгоградская обл., г. Волжский, 404121,  
Российская Федерация  
al75-06@yandex.ru*

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

**Nikolay I. Lomakin**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

*Volgograd State Technical University  
28, prosp. Lenin, Volgograd, 400005, Russian Federation  
tel9033176642@yahoo.com*

**Elena A. Radionova**, Postgraduate Student

*Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Vol-  
gograd branch  
13, Volgodonskaya Str., Volgograd, 400005, Russian Federation  
elena-2003@mail.ru*

**Alexander A. Rybanov**, Ph.D., Associate Professor

*Volzhsky Polytechnic Institute (branch) Volgograd State Techni-  
cal University  
42a, Engels Str., Volgograd region, Volzhsky, 404121, Russian  
Federation  
rybanoff@yandex.ru*

**Natalya O. Mogharbel**, Candidate of Economic Sciences, Associate  
Professor

*Volgograd State Technical University  
28, prosp. Lenin, Volgograd, 400005, Russian Federation  
natalya.mogharbel@yandex.ru*

**Natalia A. Vodopyanova**, Ph.D., Associate Professor

*Volzhsky Polytechnic Institute (branch) Volgograd State Technical University*

*42a, Engels Str., Volgograd region, Volzhsky, 404121, Russian Federation*

*vnam@inbox.ru*

**Alexandra V. Sycheva**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

*Volzhsky Polytechnic Institute (branch) Volgograd State Technical University*

*42a, Engels Str., Volgograd region, Volzhsky, 404121, Russian Federation*

*al75-06@yandex.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-81-99

УДК 656.071.314

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА КАК ФАКТОРА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*Серикова О.Ю., Мартышев А.В., Якимова Л.Д.*

*Мотивированные на качественную работу сотрудники представляют большую ценность для любой компании. Около ста лет кадровый менеджмент изучает данную проблему. Данная статья посвящена вопросу оценки эффективности системы мотивации персонала железнодорожного локомотивного эксплуатационного депо. В ней рассмотрены различные подходы отечественных и зарубежных авторов к понятию «мотивация персонала». Авторами проведена экономическая и социальная оценка действующей системы мотивации персонала локомотивного депо, входящего в состав холдинга «Российские железные дороги». Для оценки эффективности системы мотивации персонала выбрана методика, основанная на исследовании степени достижения основных экономических и социальных целей организации. По результатам оценки выявлены проблемы в системе мотивации персонала, относящиеся к организационно-трудовым условиям труда: низкий уровень информированности персонала о мотивационных программах, а также отсутствие системы оценки мотивации персонала. Третья проблема, относящаяся к социально-психологическим условиям труда, заключалась в низком уровне лояльности персонала и вовлеченности в трудовую и общественную деятельность организации. Предложены корректирующие мероприятия по решению выявленных проблем: использование цифровой платформы «Scored» и внедрение сервиса HR Code, функционирующего на основе использования технологии искусственного интеллекта.*

*Ожидаемыми результатами от внедрения данных мероприятий являются: повышение производительности труда за счет роста интереса у сотрудников к работе; рост трудовой активности персонала; повышение материальной заинтересованности в развитии своих компетенций в трудовой сфере; увеличение уровня мотивации персонала; сохранение численного и качественного состава персонала; повышение эффективности реализации стратегии управления. Опыт проведения оценки системы мотивации персонала может быть полезен в региональных подразделениях локомотивного хозяйства компании «Российские железные дороги».*

**Ключевые слова:** *мотивация персонала; система мотивации; потребности персонала; качество работы персонала; эффективность*

## **EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE PERSONNEL MOTIVATION SYSTEM AS A FACTOR TO ENSURE THE QUALITY OF OPERATIONS ON THE EXAMPLE OF THE RAILWAY TRANSPORT INDUSTRY**

***Serikova O. Yu., Martyshev A. V., Yakimova L. D.***

*Employees motivated for high-quality work are very valuable for any company. This article is focused on evaluating the effectiveness of personnel motivation in railway locomotive operating depots. It reviews different approaches of Russian and foreign authors to the concept of “personnel motivation”. The authors offered economic and social analysis of the current personnel motivation system of the locomotive depot, which is a part of the Russian Railways holding company. In order to evaluate the effectiveness of the personnel motivation system, the authors have chosen the methodology of researching the degree of the organization’s main economic and social objectives achievement. As a result, the authors identified problems in the personnel motivation system related to the conditions of labor organization: the low level of staff awareness of motivational programs, as well as*

*the lack of a system for evaluating staff motivation. The third problem related to the socio-psychological labor conditions was the low level of staff loyalty and lack of involvement in labor and social activities within the organization. The authors proposed corrective measures to solve the above mentioned problems: using the digital platform “Scored” and HR Code service, which is based on artificial intelligence. The expected results of the implementation of these measures are:*

- increased productivity due to higher interest in the work of employees;*
- increased labor activity of the staff;*
- increased personnel financial interest in the development of their competencies;*
- increased staff motivation level;*
- maintaining the numeric and qualitative staff structure;*
- improving the effectiveness of the management strategy.*

*The experience of personnel motivation system assessment may be useful in the regional divisions of the locomotive facilities of Russian Railways.*

**Keywords:** *personnel motivation; motivation system; personnel needs; personnel work quality; efficiency*

## **Введение**

Мотивация сотрудников играет важную роль в работе организации, потому что правильная политика мотивации сотрудников обеспечивает повышение качества работы сотрудников и непосредственно увеличивает производительность труда. «Мотивирование составляет основу управления человеком» [1, с. 43]. Система мотивации как инструмент управления трудом должна побуждать сотрудников к повышению качества обслуживания клиентов, а также заинтересовывать специалистов к развитию и повышению своего профессионализма [13]. Еще в 2004 году Т. Hennig-Thurau выделил «оптимальный уровень мотивации» [14, с. 912] в качестве ключевой характеристики персонала как инструмента реализации клиентоориентированного подхода.

В отчете об исследовании Kelly Services «Мотивация персонала 2019» отмечено следующее: как бы не вещало передовое HR-сооб-

щество о важности и эффективности работы по мотивации персонала, действительность в российских компаниях на сегодня выглядит не радужно. Количество компаний, которые уделяют внимание мотивации персонала на 2019 год увеличилась только на 5% (по сравнению с 2018 г.), и достигло 52%. Также в исследовании приводится, что 48% компаний не применяют никаких инструментов по мотивации персонала [10].

Согласно источника Gallup отмечено, что команды с высоким уровнем мотивации сотрудников более эффективно взаимодействуют с клиентами, демонстрируют более высокую продуктивность и коэффициент удержания, а их рентабельность оказывается выше на 21% [13]. В связи с этим необходимо уделить чуткое внимание совершенствованию системы мотивации, так как качество и результаты работ сотрудников будут эффективнее и будут отражаться как в росте производительности, так и в росте экономических показателей.

### **Материалы и методы**

Изучением различных актуальных аспектов мотивации труда персонала организации, а также вопросами построения эффективной системы мотивации занимались на протяжении десятков лет многие зарубежные и российские ученые, что, в результате, привело к возникновению в настоящее время большого многообразия определений как самого понятия «мотивация», так и связанного с ним определения понятия «система мотивации».

Для построения эффективной системы мотивации, являющейся важнейшей функцией менеджмента, необходимо определиться с содержанием понятия «мотивация». Существует большое количество мотивационных тенденций, из которых и складывается понятие мотивации, и которые в той или иной степени свойственны каждому человеку [12]. К сожалению, четкого и общепризнанного определения понятия мотивации не существует. Разные авторы дают определение мотивации исходя из своей точки зрения. В таблице 1 рассмотрим некоторые из определений данного понятия [5].

Таблица 1.

**Определения понятия «мотивация персонала»**

Автор	Определение понятия «мотивация персонала»
Зайцева Г.Г. (2000 г.)	Побуждение к активной деятельности личностей, коллективов, групп, связанное со стремлением удовлетворить определенные потребности.
Уткина Э.А. (2003 г.)	Состояние личности, определяющее степень активности и направленности действий человека в конкретной ситуации.
Мескона А. (2003 г.)	Процесс побуждения себя и других к активной деятельности для достижения личных целей и целей своего предприятия.
Кибанов А.Я.	Мотивация представляет собой внутренний процесс сознательного выбора человеком определенного типа поведения.
Карташова Л.В. (2010 г.)	Процесс сопряжения определенных целей предприятия и сотрудника предприятия для наиболее полного удовлетворения потребностей обоих, мотивация также представляет собой систему различных способов воздействия на персонал для достижения личных целей сотрудника и целей предприятия.
Виханский О.С., Наумов А.И.	Мотивация представляет собой совокупность внутренних и внешних движущих сил, которые непосредственно побуждают человека к деятельности, а также задают границы и формы деятельности и непосредственно придают этой деятельности направленность, которая ориентируется на достижение определенных целей .
Егоршин А.П.	Процесс побуждения человека к деятельности для достижения определенных целей.

Таким образом, можно отметить, что существующие сегодня подходы к определению понятия «мотивация» классифицируются следующим образом: к первой группе относятся одномерные («простые»), а ко второй – многомерные («сложные») определения [2].

«Простые» определения включают:

– понимание мотивации как состояния сознания субъекта, как процесса формирования у него движущей силы для дальнейших действий;

– понимание мотивации как эффекта влияния управления технологическими процессами на личность.

«Сложные» определения включают:

– анализ мотивации с помощью вспомогательного приема при установлении классификации («процесс – структура»);

– рассмотрение мотивации в следующих аспектах: предметном, атрибутивном и функциональном [8].

Обобщая все вышесказанное, можно отметить, что мотивация представляет собой с одной стороны, процесс побуждения себя и других к достижению личных целей или целей организации, а с другой стороны – процесс сопряжения целей организации и целей работника для наиболее полного удовлетворения потребностей обоих. Это система различных способов воздействия на убеждения персонала для достижения намеченных целей предприятия. «Проблема мотивации труда особенно актуальна для Красноярского края, так как в условиях сурового климата и тяжелого физического труда ... работников необходимо заинтересовывать различными способами» [11, с. 71].

Для оценки эффективности системы мотивации персонала в Локомотивном эксплуатационном депо ОАО «РЖД» была выбрана методика, основанная на исследовании степени достижения основных экономических и социальных целей организации. Продвижение корпоративных ценностей холдинга «from mission to job levels, job competencies, subcompetencies and their indicators» [16, с. 613] реализованы в системе управления персоналом посредством корпоративной модели компетенций. Согласно данной модели, «сотрудник ОАО «РЖД» должен быть ориентирован, прежде всего, на инновативность, клиентоориентированность, ответственность за результат» [7, с. 127]. Соответственно, данные установки должны лежать в основе системы мотивации работников данной организации.

Результаты. Экономическая эффективность HR-проектов обычно представляет интерес для менеджмента компании в сфере целесообразности кадровых изменений. К сожалению, подсчитать экономическую эффективность программ мотивации в чистом виде сложно из-за сложности оценки результата в денежном выражении, что является следствием внедрения той или иной мотивационной программы [12]. В таблице 2 приведен расчет показателей экономической эффективности системы мотивации персонала исследуемого депо.

Таблица 2.

**Оценка экономической эффективности системы мотивации персонала депо**

Показатель	Формула расчета	Расчет
Производительность труда (ПТ)	$ПТ = \frac{Q}{Ч_{с.сп}}$ <p>где Q – объем работы;  <math>Ч_{с.сп}</math> – ср. списоч. числ. персонала</p>	$ПТ = \frac{24914900}{711} =$ $= 35\,042,1 \text{ ткм.бр./чел.}$
Коэффициент опережения ( $K_{оп}$ )	$K_{оп} = \frac{T_{п.т.}}{T_{з.п.}}$ <p>где <math>T_{п.т.}</math> – темпы роста производительности труда;  <math>T_{з.п.}</math> – темпы роста з. пл.</p>	$K_{оп} = \frac{100,2}{86,8} = 1,15$
Зарплатоёмкость (ЗЕ)	$ЗЕ = \frac{\Phi_{з.п.}}{В}$ <p>где <math>\Phi_{з.п.}</math> – фонд з.пл., руб.;  В – выручка от реализации продукции, руб.</p>	$ЗЕ = \frac{302962 \text{ тыс. руб.}}{621987 \text{ тыс. руб.}} = 0,49$

По оценке экономической эффективности системы мотивации персонала Локомотивного эксплуатационного депо можно отметить, что все показатели анализа соответствуют нормам для данного предприятия в своей отраслевой специфике функционирования. Далее необходимо оценить и социальную составляющую действующей системы мотивации персонала депо.

Оценка социальной эффективности системы мотивации персонала данной организации проводилась с помощью метода интервьюирования с руководителями подразделений, опросов сотрудников и наблюдения. Результаты оценки приведены в таблице 3 [6].

Таким образом, анализируя таблицу 3, можно выделить, что в депо сумма баллов по оценке социальной эффективности мотивации персонала составила 78 из 136 (57%). В связи с этим можно сделать вывод о том, что система мотивации персонала имеет достаточно низкий показатель эффективности в соответствии с отраслевой спецификой функционирования предприятия, что говорит о наличии проблем в действующей системе мотивации работников.

Таблица 3.

## Оценка социальной эффективности системы мотивации персонала депо

№ п/п	Наименование компонентов	Уровень состояния компонентов				
		Слабые стороны		Развитость показателя не более 50%	Сильные стороны	
		Показатель отсутствует	Показатель развит слабо		Развитость показателя более 50%	Показатель полный
1	2	3	4	5	6	7
1 блок: «Уровень удовлетворенности персоналом разными аспектами труда»						
1.1	Уровень удовлетворенности заработной платой	0	1	2	3	4
1.2	Уровень удовлетворенности системой соц. защищенности	0	1	2	3	4
1.3	Уровень удовлетворенности санитарно-гигиеническими условиями труда	0	1	2	3	4
1.4	Уровень удовлетворенности организационно-трудовыми условиями труда	0	1	2	3	4
1.5	Степень удовлетворенности отношениями в коллективе	0	1	2	3	4
1.6	Уровень удовлетворенности содержанием и значимостью труда	0	1	2	3	4
1.7	Уровень удовлетворенности системой вознаграждения и признания заслуг	0	1	2	3	4
1.8	Уровень удовлетворенности системой карьерного развития	0	1	2	3	4
1.9	Уровень удовлетворенности системой проф. развития	0	1	2	3	4
Итого по блоку		2,3				
2 блок: «Организационно-трудовые условия труда»						
2.1	Уровень дисциплины труда	0	1	2	3	4
2.2	Уровень исполнительской дисциплины	0	1	2	3	4
2.3	Степень травматизма работников	0	1	2	3	4
2.4	Степень оснащенности рабочих мест	0	1	2	3	4
2.5	Степень механизации и автоматизации труда	0	1	2	3	4
2.6	Степень творческих операций	0	1	2	3	4
2.7	Соотношение формальных и неформальных структур управления и т. д.	0	1	2	3	4

Окончание табл. 3.

2.8	Степень информированности работников о мотивационных программах	0	1	2	3	4
2.9	Система оценки мотивации персонала	0	1	2	3	4
Итого по блоку		2,0				
3 блок: «Социально-психологические условия труда»						
3.1	Морально-психологический климат в коллективе	0	1	2	3	4
3.2	Уровень конфликтности в отдельных подразделениях и на предприятии в целом	0	1	2	3	4
3.3	Трудовая и общественная активность работников	0	1	2	3	4
3.4	Уровень вовлеченности и лояльности персонала и т. д.	0	1	2	3	4
Итого по блоку		1,75				
4 блок: «Социальная защищенность персонала»						
4.1	Жилищные условия работников и членов их семей	0	1	2	3	4
4.2	Степень обеспеченности детскими дошкольными учреждениями	0	1	2	3	4
4.3	Степень обеспеченности медицинской помощью	0	1	2	3	4
4.4	Степень обеспеченности путевками в санаторно-оздоровительные учреждения	0	1	2	3	4
4.5	Степень обеспеченности дополнительными пенсионными гарантиями и т. д.	0	1	2	3	4
Итого по блоку		2,8				
5 блок: «Профессионально-квалификационная структура персонала»						
5.1	Проф. уровень работников	0	1	2	3	4
5.2	Уровень квалификации работников	0	1	2	3	4
5.3	Степень общей культуры работников	0	1	2	3	4
5.4	Доля работников, которые прошли повышение квалификации	0	1	2	3	4
5.5	Доля работников, имеющих с удовлетворительные результаты аттестации	0	1	2	3	4
Итого по блоку		2,8				
Сумма баллов		78 из 136				
Социальная эффективность системы мотивации персонала депо		57%				

В итоге выделены низкие показатели по таким блокам оценки, как:

- организационно-трудовые условия труда (2,0 балла);
- социально-психологические условия труда (1,75 балла).

Таким образом, на основании полученных результатов оценки выделим основные проблемы в системе мотивации персонала, которые непосредственно влияют на уровень мотивации персонала в депо.

### **Обсуждение результатов**

Выделены две проблемы, относящиеся к организационно-трудовым условиям труда: низкий уровень информированности персонала о мотивационных программах, а также отсутствие системы оценки мотивации персонала. Третья проблема, относящиеся к социально-психологическим условиям труда, заключается в низком уровне лояльности персонала и вовлеченности в трудовую и общественную активность. Между тем возрастание «роли человеческого фактора в современной компании предполагает, что компетентные и лояльные работники продолжают выполнять свои трудовые функции, несмотря на кризисные и другие отрицательные факторы» [9].

Таким образом, с целью повышения баллов исследуемых блоков оценки эффективности системы мотивации необходимо устранить выявленные проблемы, повлиявшие на низкие показатели рассматриваемой области.

Согласно проведенной оценке эффективности системы мотивации персонала Локомотивного эксплуатационного депо были предложены рекомендации и мероприятия по их устранению, приведенные в таблице 4.

Рассмотрим более подробно внедрение предложенных рекомендаций и мероприятий по устранению выявленных проблем в системе мотивации персонала. Первую и вторую проблему низкого уровня информированности персонала о мотивационных программах и низкого уровня лояльности персонала и вовлеченности в трудовую и общественную активность предлагается решить с помощью цифровой трансформации системы мотивации персонала на базе информационной платформы «Scored» для повышения вовлеченности сотрудников, уменьшения текучести и улучшения имиджа предприятия.

Таблица 4.

**Рекомендации и мероприятия по решению проблем  
в системе мотивации персонала**

Проблемы	Рекомендации по решению проблемы	Мероприятия	Результаты после реализации мероприятий
Низкий уровень информированности персонала о мотивационных программах	Цифровая трансформация системы мотивации персонала	Внедрение цифровой платформы «Scored» для повышения вовлеченности сотрудников, уменьшения текучести и улучшения имиджа предприятия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение производительности труда за счет роста интереса у сотрудников к работе;</li> <li>– рост трудовой активности персонала;</li> <li>– возникновение материальной заинтересованности в развитии своих компетенций в трудовой сфере;</li> <li>– увеличение уровня мотивации персонала;</li> <li>– сохранение численного и качественного состава персонала;</li> <li>– эффективная реализация стратегии управления организации</li> </ul>
Низкий уровень лояльности персонала и вовлеченности в трудовую и общественную активность			
Отсутствие системы оценки мотивации персонала	Внедрение эффективной оценки системы мотивации персонала в организации	Внедрение сервиса HR Code на основе искусственного интеллекта	

Необходимость осуществления данного мероприятия обусловлена тем, что если «ранее предприятия выбирали кандидатов и люди расценивались как ресурсы, то сегодня персонал становится самым главным капиталом, и право выбора лучших условий труда перешло к сотрудникам и соискателям рабочих мест» [15, с. 9]. Платформы Scored гарантирует повышения внутренней лояльности персонала, учитывая следующие факторы:

- оптимизация производительности. Сервис позволяет устанавливать динамические цели по показателям эффективности персонала и вознаграждать любые действия сотрудников;
- уменьшение текучести кадров. Платформа позволяет улучшить имидж компании, используя возможности персонализации и создавать долгосрочные сценарии развития персонала [10].

Также платформа Scored имеет гибкие процессы, а именно:

- интерактивный рабочий процесс. Прозрачный и актуальный портал мотивации для сотрудников, повышающий вовлеченность персонала;

- возможность получить быстрые результаты. Сервис позволяет запустить программу мотивации без излишних затрат человеческих ресурсов на разработку и поддержку;
- Scored имеет доступный и гибкий интерфейс для управления программой, настройки механик и сбора аналитических данных. Платформа получает данные из внутренних систем учета и позволяет хранить данные о сотрудниках, их действиях и ключевых показателях [10].

Веб-интерфейс позволяет сотрудникам отслеживать свой прогресс, текущие вознаграждения, он может в любой момент получить актуальный статус и проще находить области для развития.

Особенности онлайн-платформы Scored:

- освобождение ресурсов HR – автоматическая обработка мотивационных механик позволяет освободить ресурс HR и направить его на оптимизацию программ мотивации;
- прозрачность и актуальность – портал сотрудника обеспечивает прозрачность и актуальность мотивационной программы, увеличивая заинтересованность и вовлеченность;
- аналитика – Scored агрегирует большой набор данных и позволяет формировать отчетность и аналитику с глубокими инсайтами в процессы мотивационных механик [10].

Таким образом, внедрение предлагаемого цифрового сервиса позволит в эксплуатационном депо повысить уровень информированности персонала о мотивационных программах, а также непосредственно увеличить степень лояльности персонала и вовлеченности в трудовую и общественную активность, что, в свою очередь, окажет влияние на качество работы персонала.

Третью проблему в исследуемой области – отсутствия оценки системы мотивации предлагается решить с помощью внедрения сервиса HR Code, работающего на основе искусственного интеллекта, позволяющего провести тестирование уровня мотивации персонала.

HR Code – система, которая позволяет определить, что мотивирует людей хорошо работать, как справляться с ошибками сотрудников и как их эффективно поощрять. На основании результа-

тов тестов сервис выдает мотивационные потребности работника, которые показывают, нужны ли ему деньги, уважение, карьерный рост или что-то еще. Система предлагает награду за хорошую работу – повышение зарплаты, бесплатное обучение, место на доске почета и так далее. Также она выбирает и возможное наказание – например, лишение премии или рутинные задачи [4].

Преимуществами данного сервиса являются:

- снижение расходов на заработную плату;
- снижение текучести кадров;
- индивидуальный подход к каждому сотруднику;
- минимизация конфликтов в коллективе;
- выполнение плана сотрудниками;
- уменьшение количества больничных;
- повышение производительности труда и качества работы персонала.

Тестирование с помощью HR Code проходит в три этапа:

- рассылка приглашений на тесты по e-mail (имеется специальная форма для заполнения e-mail адресов);
- прохождение сотрудниками тестирования (а также заполнение анкеты с личными данными: ФИО, отдел, должность в компании);
- получение результатов в таблице (мотивация работников, виды поощрений и другая информация) [4].

Разработчики HR Code утверждают следующее: эффективно выстроив систему мотивации, руководители увеличат производительность труда на 25%, что подтверждено исследованиями В. И. Герчикова российских компаний [3].

## **Выводы**

Предлагаемые корректирующие мероприятия позволят не только повысить общую социальную эффективность системы мотивации персонала, но и обеспечить рост уровня информированности персонала о мотивационных программах, а также непосредственно увеличить степень лояльности персонала и вовлеченности в

трудовую и общественную активность, что, в свою очередь, окажет значительное влияние на качество работы персонала.

Опыт проведения оценки системы мотивации персонала может быть полезен в других региональных структурных подразделениях локомотивного хозяйства ОАО «РЖД».

### *Список литературы*

1. Обучение персонала как инструмент развития человеческого потенциала в условиях цифровой трансформации / Вашко Т.А., Максимова И.А., Шендель Т.В., Якимова Л.Д., Яркова С.А. Красноярск, 2021. 204 с.
2. Воротникова Т.С. Исследование системы мотивации труда филиала ОАО «Российские Железные Дороги» // Экономика и управление в XXI веке : тенденции развития. Сборник материалов XXXVII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 68-74.
3. Гайфуллина М.М., Муртазина Д.Д. Методический подход к оценке эффективности системы мотивации и стимулирования персонала // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. №4. С. 192-194.
4. Клочков А.П. КРП и мотивация персонала : полный сборник практических инструментов. М., 2018. 109 с.
5. Когдин А.А. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности в управлении персоналом // Основы экономики, управления и права. 2018. № 4. С. 80-83.
6. Кузнецова А.Ю. Методология оценки эффективности системы мотивации персонала // Научный аспект : Институт экономики и управления Белгородского государственного национального исследовательского университета. 2018. № 4 (4). С. 486-490.
7. Инновационный менеджмент: к вопросу о повышении инновационной восприимчивости персонала / Кутузова А.В., Яркова С.А., Якимова Л.Д., Мельникова Е.В. // Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 1. С. 125-145.
8. Макарова Е.А., Голубева М.М. Исследование мотивации персонала: отечественный и зарубежный опыт // Вестник ТИУиЭ. 2017. №2 (26). С.14-18.

9. Медведев М.О., Серикова О.Ю. Имидж организации как инструмент формирования лояльности персонала // Менеджмент и маркетинг: теория и практика. Сборник научных статей. Чебоксары. 2018. С. 513-517.
10. Мотивация персонала как инструмент управления качеством труда // Агро Кебеты. 2020. <https://blog.agrokebety.com/motivatsiya-personala-kak-instrument-upravleniya-kachestvom-truda> (дата обращения: 27.02.2021).
11. Розманов А.В., Малахова А.А., Серикова О.Ю. Отечественный и зарубежный опыт мотивации персонала // Образование – наука – производство. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 70-75.
12. Серикова О.Ю., Малахова А.А., Цоменко Д.Б. Исследование мотивации персонала в кадровом менеджменте // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КРИЖТ ИрГУПС. 2018. С. 173-178.
13. Тарасова К.И., Асатурова Ю.М. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности в управлении персоналом // Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. 2017. С. 167-170.
14. Разработка инструментов оценки персонала по уровню клиентоориентированности / Яркова С.А., Данилова А.С., Анисимова Н.А., Якимова Л.Д. // Экономика труда. 2018. Т. 5. № 3. С. 911-924.
15. Анализ формирования имиджа организации-работодателя на рынке труда как фактора привлечения потенциальных работников / Яркова С.А., Романцова Ю.Д., Якимова Л.Д., Малахова А.А. // Наука Красноярья. 2018. Т. 7. № 2. С. 7-25.
16. Competency-based approach to internal corporate social responsibility implementation in Russian railways / Yakimova L.D., Yarkova S.A., Melnikova E.V., Malakhova A.A. // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, 2020. P. 612-618.

### References

1. Vashko T.A., Maksimenko I.A., SHendel' T.V., YAKimova L.D., YArkova S.A. *Obuchenie personala kak instrument razvitiya chelovecheskogo potenciala v usloviyah cifrovoj transformacii* [Personnel training as a tool for human development in the context of digital transformation]. Krasnoyarsk, 2021, 204 p.
2. Vorotnikova T.S. Issledovanie sistemy motivacii truda filiala «Rossijskie ZHeleznye Dorogi» [Study of the labor motivation system of the branch of JSC Russian Railways]. *Ekonomika i upravlenie v XXI veke : tendencii razvitiya. Sbornik materialov XXXVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Economics and Management in the XXI Century: Development Trends. Collection of materials of the XXXVII International Scientific and Practical Conference], 2017, pp. 68-74.
3. Gajfullina M.M., Murtazina D.D. Metodicheskij podhod k ocenke effektivnosti sistemy motivacii i stimulirovaniya personala [Methodological approach to assessing the effectiveness of the system of motivation and incentives for personnel]. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2018, no. 4, pp. 192-194.
4. Klochkov A.P. *KPI i motivaciya personala : polnyj sbornik prakticheskikh instrumentov* [Key performance indicators and employee motivation: a complete compendium of practical tools]. Moscow, 2018, 109 p.
5. Kogdin A.A. Motivaciya i stimulirovanie trudovoj deyatelnosti v upravlenii personalom [Motivation and stimulation of labor activity in personnel management]. *Osnovy ekonomiki, upravleniya i prava* [Fundamentals of Economics, Management and Law]. 2018, no. 4, pp. 80-83.
6. Kuznetsova A.Yu. Metodologiya ocenki effektivnosti sistemy motivacii personala [Methodology for assessing the effectiveness of the personnel motivation system]. *Nauchnyj aspekt : Institut ekonomiki i upravleniya Belgorodskogo gosudarstvennogo nacional'nogo issledovatel'skogo universiteta* [Scientific aspect: Institute of Economics and Management, Belgorod State National Research University], 2018, no. 4 (4), pp. 486-490.

7. Kutuzova A.V., Yarkova S.A., Yakimova L.D., Melnikova E.V. Innovacionnyj menedzhment: k voprosu o povyshenii innovacionnoj vospriimchivosti personala [Innovation management: on the issue of increasing the innovative susceptibility of personnel]. *Nauka Krasnoyarsk* [Science of Krasnoyarsk], 2020, vol. 9, no. 1, pp. 125-145.
8. Makarova E.A., Golubeva M.M. *Issledovanie motivacii personala: otechestvennyj i zarubezhnyj opyt* [Research of personnel motivation: domestic and foreign experience]. *Vestnik TIUiE*. [Bulletin of TIUiE], 2017, no. 2 (26), pp. 14-18.
9. Medvedev M.O., Serikova O.Yu. Imidzh organizacii kak instrument formirovaniya loyality personala [The image of the organization as a tool for the formation of personnel loyalty]. *Menedzhment i marketing: teoriya i praktika. Sbornik nauchnyh statej* [Management and marketing: theory and practice. Collection of scientific articles]. Cheboksary, 2018, pp. 513-517.
10. *Motivaciya personala kak instrument upravleniya kachestvom truda* [Personnel motivation as a tool for labor quality management]. *Agro Kebeta*. 2020. <https://blog.agrokebety.com/motivatsiya-personala-kak-instrument-upravleniya-kachestvom-truda> (accessed 27.02.2021).
11. Rozmanov A.V., Malakhova A.A., Serikova O.Yu. Otechestvennyj i zarubezhnyj opyt motivacii personala [Domestic and foreign experience of personnel motivation]. *Obrazovanie – nauka – proizvodstvo. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Education – science – production. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference], 2018, pp. 70-75.
12. Serikova O.Yu., Malakhova A.A., Tsomenko D.B. Issledovanie motivacii personala v kadrovom menedzhmente [Research of personnel motivation in personnel management]. *Innovacionnye tekhnologii na zhe-leznodorozhnom transporte. Trudy XXII Mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoy konferencii KRIZhT IrGUPS* [Innovative technologies in railway transport. Proceedings of the XXII Interuniversity Scientific and Practical Conference KRIZhT IrGUPS], 2018, pp. 173-178.
13. Tarasova K.I., Asaturova Yu.M. Motivaciya i stimulirovanie trudovoj deyatel'nosti v upravlenii personalom [Motivation and stimulation of

- labor activity in personnel management]. *Sankt-Peterburgskij politekhnicheskij universitet Petra Velikogo* [Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University], 2017, pp.167-170.
14. Yarkova S.A., Danilova A.S., Anisimova N.A., Yakimova L.D. Razrabotka instrumentov ocenki personala po urovnyu klientoorientirovannosti [Development of tools for assessing personnel by the level of customer focus]. *Ekonomika truda* [Labor Economics], 2018, vol. 5, no. 3, pp. 911-924.
  15. Yarkova S.A., Romantsova Yu.D., Yakimova L.D., Malakhova A.A. Analiz formirovaniya imidzha organizacii-rabotodatelya na rynke truda kak faktora privilecheniya potencial'nyh rabotnikov [Analysis of the formation of the image of an employer organization in the labor market as a factor in attracting potential employees]. *Nauka Krasnoyarsk 'ya* [Science of Krasnoyarsk], 2018, vol. 7, no. 2. pp. 7-25.
  16. Yakimova L.D., Yarkova S.A., Melnikova E.V., Malakhova A.A. Competency-based approach to internal corporate social responsibility implementation in Russian railways. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, 2020, pp. 612-618.

## ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Серикова Олеся Юрьевна**, старший преподаватель

*Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения*

*ул. Новая Заря, 2и, г. Красноярск, 660028, Российская Федерация*

**Мартышев Артём Викторович**, бакалавр

*Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения*

*ул. Новая Заря, 2и, г. Красноярск, 660028, Российская Федерация*

**Якимова Любовь Дмитриевна**, канд. техн. наук, доцент  
*Красноярский институт железнодорожного транспорта –  
филиал Иркутского государственного университета путей  
сообщения*  
ул. Новая Заря, 2и, г. Красноярск, 660028, Российская Феде-  
рация  
*lyubov-yakimova@yandex.ru*

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

**Olesya Yu. Serikova**, Senior Lecturer  
*Krasnoyarsk Institute of Railway Transport - branch of the Ir-  
kutsk State University of Railways*  
2i, Novaya Zarya Str., Krasnoyarsk, 660028, Russian Federation  
SPIN-code: 2264-0689  
ORCID: 0000-0001-6820-2053

**Artyom V. Martyshev**, Bachelor  
*Krasnoyarsk Institute of Railway Transport - branch of the Ir-  
kutsk State University of Railways*  
2i, Novaya Zarya Str., Krasnoyarsk, 660028, Russian Federation

**Lyubov D. Yakimova**, Candidate of Engineering Sciences, Associate  
Professor;  
*Krasnoyarsk Institute of Railway Transport - branch of the Ir-  
kutsk State University of Railways*  
2i, Novaya Zarya Str., Krasnoyarsk, 660028, Russian Federation  
*lyubov-yakimova@yandex.ru*  
SPIN-code: 4077-0410  
ORCID: 0000-0002-0778-3955

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-100-114

УДК 338:004

## ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Заринова Р.С., Рочева О.А.,  
Хамидуллина Ф.Р., Арбузова М.В.*

*В условиях развития цифровой экономики логистика является неотъемлемой и важной частью, поэтому инновации в данной сфере помогут увеличить доход предпринимателей и облегчить хранение и транспортировку товаров. Вопросы внедрения и финансирования логистических инноваций являются достаточно актуальными и обширными. Развитие цифровой экономики вынуждает транспортно-логистические предприятия производить оцифровку многих своих процессов деятельности. Все современные тенденции развития логистики связаны с внедрением и интенсивным развитием цифровых технологий, которые способствуют удовлетворению быстрорастущих потребностей потребителей. Современные цифровые технологии приводят к трансформации цепей поставок, и компании с традиционными подходами и технологиями в управлении логистикой уже не могут оставаться конкурентоспособными.*

***Цель** – изучить и провести анализ процесса внедрения инновационных технологий в сфере логистики и управлении цепями поставок.*

***Методология проведения работы.** В статье использовались экономико-математические методы, системный подход и обобщение; аналитические и статистические методы анализа.*

***Результаты.** В статье проведен анализ применения инновационных технологий в сфере логистики и управлении цепями поставок; рассмотрены примеры использования инноваций и информационно-коммуникационных технологий транспортно-логистическими*

*предприятиями в своей деятельности; доказано, что внедрение инноваций и информационно-коммуникационных технологий в сфере логистики и грузоперевозок выгодно для повышения эффективности рабочего процесса, хранения данных, сокращения длительности логистического цикла, управления поставками товаров, снижения ошибок в документообороте и его длительности.*

**Область применения результатов:** *полученные результаты целесообразно применять экономическими субъектами, осуществляющими деятельность в сфере логистики и управлении цепями поставок.*

**Ключевые слова:** *логистика; поставка товара; грузоперевозки; цепи поставок; инновации; цифровизация; логистические системы*

## DIGITALISATION AS A FACTOR TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS

*Zaripova R.S., Rocheva O.A.,  
Khamidullina F.R., Arbuzova M.V.*

*With the development of a digital economy, logistics is an integral and important part, so innovations in this area will help to increase entrepreneurial income and facilitate the storage and transportation of goods. The issues of implementing and financing logistics innovation are quite relevant and extensive. The development of the digital economy is forcing transport and logistics companies to digitise many of their business processes. All current logistics trends are related to the introduction and intensive development of digital technologies, which contribute to meeting the fast-growing needs of consumers. Today's digitalisation is transforming the supply chain and companies with traditional logistics management approaches and technologies can no longer remain competitive.*

**Purpose:** *examine and analyse the process of introducing innovative technologies in logistics and supply chain management.*

**Methodology.** *The paper used economic-mathematical methods, system approach and generalization; analytical and statistical methods of analysis.*

**Results.** *The article analyzes the application of innovative technologies in logistics and supply chain management; examines examples of the use of innovation and information and communication technologies by transport and logistics enterprises in their activities; proves that the introduction of innovation and information and communication technologies in logistics and freight transport is beneficial for improving workflow efficiency, data storage, reducing the duration of the logistics cycle, goods delivery management, reducing errors*

**Practical implications:** *the obtained results are appropriate to be applied by economic entities involved in logistics and supply chain management activities.*

**Keywords:** *logistics; commodity supply; freight; supply chain; innovation; digitalization; logistics systems*

Сегодня мир стоит на пороге «Четвертого этапа цифровой революции» – «Индустрия 4.0». Неотъемлемой частью цифровой экономики, обеспечивающей товародвижение, является цифровая логистика и управление цепями поставок. Для реализации данной модели требуется проведение научных исследований, а также подготовка кадров, обладающих необходимыми интегральными компетенциями в данной области знаний и информационных технологий [2]. В странах – лидерах по внедрению цифровой экономики (США, Китае, Южной Корее, Великобритании, Японии, Франции) ведутся интенсивные научные исследования в области цифровой логистики и управления цепями поставок. Во многих вузах открыты новые образовательные программы для бакалавриата и магистратуры с названиями «цифровая логистика», «цифровое управление цепями поставок». Поскольку логистика входит в хозяйственную систему страны в качестве внутренней подсистемы, то, следовательно, при переходе России к цифровой экономике необходима адекватная трансформация логистических систем.

Современная логистика меняется под влиянием множества факторов. Повышаются требования потребителей в скорости, качества и прозрачности процессов. В новых условиях экономическая конкурентоспособность страны и предприятий будет определяться наличием интеллектуальных транспортных и логистических систем, так как по оценкам экспертов логистическая составляющая в каждом конечном продукте занимает от 20% до 60%.

Как и любая другая наука, логистика стремительно развивается под действием новых, инновационных тенденций. Изменениям подвергаются не только логистические модели, но и непрерывно появляются революционные технические инновации. Предметом инноваций в логистике является оптимизация траектории экономических потоков, циркулирующих в цепи, в целях сокращения времени логистического цикла, рационализации общих издержек товародвижения, повышения эффективности логистической цепи [7].

Будущее логистики не представляется без внедрения инновационных технологий в процесс управления потоками. Инновация рассматривается как какое-либо новшество, которое обеспечивает качественный рост эффективности работы процессов [1]. Исходя из этого определения, можно сделать вывод, что инновационную логистику следует рассматривать как деятельность, направленную на оптимизацию и повышение эффективности в области управления. Это самостоятельное направление, которое в первую очередь направлено на улучшение работы всей логистической системы. Кроме того, внедрение инноваций в логистические системы приводит к увеличению уровня конкурентоспособности фирмы, повышению лояльности среди покупателей, развитие экономики в рамках не только отдельного предприятия, но и страны в целом [4]. К таким новшествам можно отнести порядок хранения продукции на складе. Можно выстроить работу склада таким образом, чтобы на поиск определенного вида товара уходило меньшее количество времени. Такое направление называется матричная логистика, где основной акцент делается на матрицы, упорядоченные в определенном порядке и определенной логике. Складские матрицы полюбили не только иностранным менеджерам, но и

российским за легкую адаптацию под потребности предприятия и возможность внесения постоянных корректировок [18].

Инновации в логистике подразумевают под собой также и технические разработки, которые помогают облегчить работу склада и транспортного отдела, увеличить прибыль организации. Примером такого нововведения является разработка французской компании «Savoie», которая занимается разработками новшеств в области логистических решений. Она представила новую упаковочную машину. Разработка называется «E-Jivo». К её основным особенностям можно отнести то, что она сама производит расчеты для нужной высоты коробок, после чего сама их запечатывает.

Профессионалы разных стран сходятся во мнении, что логистические новшества стоит рассматривать не только с точки зрения революционных изменений во всей структуре логистической системы. Также не стоит забывать о локальных внедрениях в различных областях функционирования предприятия.

Инновационный подход в организации логистики направлен на использование современных информационно-коммуникационных технологий. Примером инноваций в сфере логистики является применение информационных технологий, которые успешно внедряются в транспортно-логистических предприятиях [17]. Информационные технологии позволяют автоматизировать весь жизненный цикл производства, анализировать грузопотоки, контролировать и вести учет. Стремительно растут масштабы логистики электронной коммерции, что способствует инновациям в применении информационных технологий в логистике на основе Интернета. Логистические инновации применяются в складском и транспортном хозяйстве, при распределении ресурсов в производстве, в производственном процессе, в управлении запасами, сбытовой деятельности, т.е. во всех функциональных областях логистики [3]. Соответственно можно сделать вывод, что область применения инноваций в логистике и управлении цепями поставок безгранична.

Цифровые логистические системы становятся частью виртуального рынка. Виртуальная и дополненная реальность, в которую вовле-

чены различные инфраструктурные и поддерживающие организации, сервисные службы, поставщики и другие посредники, трансформирует способы взаимодействия друг с другом и с программными системами [16]. Цифровая трансформация логистических систем предопределяет необходимость решения задачи внедрения сквозных информационных технологий, построенных на единой транспортно-логистической, производственной и торговой инфраструктуре.

Примером инноваций, которые сейчас активно внедряются, являются беспилотные автомобили от «Google». Эта разработка поможет ускорить скорость транспортировки груза, так как автомобиль способен преодолевать расстояние более 4 000 километров за 60 часов. К преимуществам беспилотных автомобилей относятся сокращение затрат на заработную плату и снижение уровня ДТП [4].

Умные очки «Google Glass» позволяют найти оптимальный маршрут для транспортировок и способны оперативно считывать штрих-коды. В очки вставлены специальные стекла с программным обеспечением для управления складом. Результаты работы в очках показали, что использование этой технологии способно сократить количество допущенных ошибок и одновременно увеличить скорость отбора продукции. К недостаткам очков относится хрупкость и дороговизна. К преимуществам относятся автономность, легкость в использовании, все функции доступны по голосовым командам.

В последние годы ускоряется формирование международной инфраструктуры: появляется спутниковая связь, новые навигационные системы, новые виды транспортных средств (мощные океанские лайнеры, высокоскоростные аэробусы и т.д.), расширяются ее масштабы и изменяется сама ее структура. На базе электроники, системы Интернет, космических спутников связи постепенно формируется глобальное киберпространство, глобальная система телекоммуникаций, планетарная информационная сеть.

Рассмотрим применение ещё одной новой технологии в логистике – технологии блокчейн. Технология блокчейн, идея о которой появилась в далеком 1991 году, на данный момент имеет много сфер применения [4]. И уже после популяризации биткоина на эту тех-

нологию обратили внимание почти все. Началось бурное развитие, в котором многие пытались применить это у себя, вследствие этого в стартапы было инвестировано более 3 миллиардов долларов. Никто не сомневался, что за этим будущее. Но вскоре оказалось, что не везде и не всегда стоит применять эту технологию. В большинстве случаев это было не обосновано [5]. И по итогу, большинство стартапов так и закрылось, не начав внедрять свои продукты. Стало понятно, что блокчейн надо применять точно и только после того, как обоснуют ее выгоду, можно уже внедрять в рабочие процессы.

Блокчейн представляет собой надёжный и эффективный способ обмена информацией контрагентов цепи поставок. Он создаёт неизменяемый цифровой реестр транзакций, который поддерживается распределённой сетью компьютеров. Платформы, работающие с использованием блокчейна, позволяют устранить посредников, управлять процессом взаимных платежей онлайн, отслеживать местонахождение грузов в режиме 24/7, быстро находить подходящий транспорт для доставки, находить груз для перевозчика и т. д.

На данный момент есть несколько перспективных сфер, чтобы начать тестировать продукты на основе блокчейна: логистика, ретейл, финансовые транзакции, оптимизация бизнес-процессов. Ещё можно выделить сферу электронного документооборота [8].

Огромный интерес вызывает сфера логистики и ретейла, так как они взаимосвязаны друг с другом. Применение технологии блокчейн в этих сферах может оптимизировать все процессы, убрать лишних посредников, удешевить тем самым стоимость товара и увеличить лояльность покупателей. И если учесть, что можно будет сократить издержки и бракованные товары, то внедрение технологии блокчейн выглядит не просто прихотью, а необходимостью [6].

Логистика представляет собой сложный процесс, который является неотъемлемой частью торгово-рыночных отношений. Следовательно, логистика нуждается в постоянном совершенствовании для обеспечения эффективности экономических процессов, в которые она вовлечена. Информационные технологии и интернет могут стать одним из источников таких необходимых преоб-

разований. Применение технологии блокчейн в логистике может являться хорошим толчком для реализации задач цифровой экономики [9]. Например, в результате применения технологии блокчейн каждый товар получает «цифровой паспорт», что позволяет сократить риски и документооборот, вся информация для полного отслеживания продукции становится доступна на мобильных устройствах, повышается доверие покупателей и эффективность бизнеса. Блокчейн-платформа позволяет грузоперевозчикам отслеживать состояние заказов в режиме реального времени, помогает формировать счета, а искусственный интеллект полностью заменяет диспетчера и автоматически распределяет заказы между водителями. Благодаря такой платформе срок выполнения заказа уменьшается от 2-3 дней до 1 дня.

В мире ежегодно перевозятся миллиарды тонн товаров, но около 1,6 миллиардов тонн продуктов ежегодно считаются потерянными по разным причинам: просрочились, испортились, пропали или стали бракованными [4]. И очень часто эта проблема связана не столько со спецификой товара, а сколько с контролем его перевозки. Существующий рынок в основном работает по той же системе, что и в прошлом веке. Попытки оцифровать все данные и контроль приводят только к увеличению бюрократии и понижению эффективности сотрудников. Внедрение блокчейна должно снять часть проблем [5]. Из-за того, что блокчейну свойственны децентрализация и высокий уровень доверия за счет криптографических алгоритмов, он идеально вписывается в систему контроля за доставкой грузов [6]. Для того, чтобы контролировать местоположение груза, используются RFID-метки. Благодаря им всегда можно узнать местоположение товара, и при надобности дополнительные характеристики. К дополнению к RFID-меткам используются QR-коды, которые считываются телефоном и отправляются в систему для заполнения отчетности. В конце все процедуры получается товар с QR-кодом, который любой покупатель сможет отсканировать. И у него на устройстве появится подробная информация о данном товаре, вся история перевозок, весь список пунктов передачи.

На данный момент уже есть разработки крупных компаний Walmart, IBM, Wave и др. Но массового распространения это пока не получило, так как разработка и найм квалифицированных кадров обходится очень дорого. На российском рынке пока не наблюдается больших проектов, связанных с технологией блокчейн, так как это новая область, и требуется время пока проекты выйдут на общественное обсуждение.

Таким образом, на сегодняшний день инновации играют важную роль в развитии предприятия [10]. Инновационная стратегическая логистика не менее актуальна и в России, однако она находится только в начале своего развития. Преимущества внедрения инноваций в сферу логистики прежде всего заметны благодаря повышению качества обслуживания, сжатию сроков в обработке и отгрузке заказов, а также сокращению сроков доставки до потребителя. За счет экономии времени можно отгрузить больше заказов, что приведет к увеличению прибыли для компании [11]. Назовём преимущества, которые появляются у компании при внедрении и функционировании информационной логистики: контроль за уровнем обслуживания покупателей; оценка эффективной работы персонала; повышение качественного уровня при транспортировке; сбор и анализ статистических данных; углубленное исследование рынка; снижение затрат; обеспечение гибкости и масштабируемости; видимость цепи поставок в реальном времени; более динамичная, безопасная и интерактивная цепь поставок; снижение затрат на цепочки поставок; сокращение административной рабочей силы.

Складская, транспортная, закупочная и сбытовая логистика уже не представляются без непрерывного использования информационных технологий [15]. Менеджерам сложно представить формирование и организацию работы цепей доставки информации между участниками транспортного процесса без возможностей быстрого реагирования на потребности рынка транспортных услуг.

Определяющим фактором в управлении становится скорость обработки данных и получение нужных сведений [12]. Оборот информации влияет на эффективность управления предприятием, его финансовые успехи. Практическая реализация инноваций

в логистике становится мощным инструментом повышения конкурентоспособности предприятий и организаций, а также повышения конкурентоспособности, выпускаемой ими продукции и оказываемых услуг.

Несмотря на определенные попытки использования инновационных технологий на отечественных предприятиях, существует несколько препятствий для их развития в России:

- низкое качество базовой услуги транспортировки;
- недоинвестирование в развитие логистической инфраструктуры;
- пассивная инновационная политика;
- неповоротливый бюрократический аппарат;
- отсутствие интереса со стороны государства в поддержке инновационных проектов;
- низкая инновационная активность частного бизнеса;
- таможенные, тарифные и нормативно-правовые барьеры;
- недостаточный масштаб бизнеса логистических компаний.

Для решения названных выше проблем в развитии инновационной активности в сфере логистики в России необходимо стимулировать развитие логистической инфраструктуры за счет привлечения финансирования со стороны частных инвесторов, к числу которых можно отнести коммерческие банки, негосударственные пенсионные фонды и др [13].

Внедрение инноваций – это сложный, комплексный и длительный процесс. Компании нацелены на краткосрочную перспективу и не всегда готовы ждать результатов длительное время. Исследование оценки состояния логистических инноваций в отечественной экономике свидетельствует о том, что 51% опрошенных компаний признают важность инноваций и технологий в логистике, но планируют заняться этой работой в среднесрочной перспективе, 38% уже применяют инновационные решения в своей практике, 11% занимают нейтральную позицию.

Подводя итог вышесказанному, подчеркнем, что современные вызовы ведения бизнеса диктуют необходимость использования

инновационных решений при управлении цепями поставок, которые позволяют значительно увеличить производительность труда и сократить издержки [14]. Компания, отказывающаяся от внедрения инноваций, обречена на отставание и неконкурентоспособность. Можно сделать вывод, что в мире инновационные технологии в логистике и управлении цепями поставок являются очень важными для успешного и эффективного функционирования компаний и развития мировой экономики. Следует ожидать, что инвестиции в эту область продолжают расти в связи с необходимостью повышать конкурентоспособность компаний. Таким образом, применение новейших цифровых решений задает вектор для инновационного развития транспортных систем и комплексов с целью развития цифровой экономики в целом.

### *Список литературы*

1. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Влияние цифровизации на экономику предприятия // Наука Красноярья. 2020. Т. 9, № 2-4. С. 12-16.
2. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Цифровизация промышленности как инструмент повышения производства // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. №2(20). С.107-109.
3. Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Управление деятельностью организаций в условиях цифровой экономики // Ученые записки ИСГЗ. 2018. Т.16, №2. С.70-75.
4. Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Применение технологии блокчейн для управления грузоперевозками // Наука Красноярья. 2020. Т. 9, №4-2. С. 106-110.
5. Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Цифровизация логистики с применением блокчейн // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2 (20). С. 86-87.
6. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Блокчейн как инструмент устранения посредников в торговых сделках // Наука Красноярья. 2019. Т.8, №5-3.С.107-110.
7. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Синергия логистической информационной системы и облачных вычислений // Информационные

- технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 4(22). С. 60-62.
8. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Роль новых технологий в экономике XXI века: угрозы и вызовы цифровой экономики // «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития (Вектор-2018)»: Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей. 2018. С. 331-334.
  9. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Трансформация систем учета и контроля в условиях цифровой экономики // Наука Красноярья. 2019. Т.8, №3-2. С.112-115.
  10. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности моделирования логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9, №4. С. 27-31.
  11. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Актуальные проблемы автоматизации бизнес-процессов на предприятии // Наука Красноярья. 2020. Т.9, №4-4. С.258-262.
  12. Яппаров Р.Р., Зарипова Р.С. Внедрение информационных систем управления как инструмента организационной эффективности предприятий // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 4 (22). С. 27-29.
  13. Cascetta E. Transportation Systems Engineering: Theory and Methods. Kluwer Academic Publishers, 2011. 742 p.
  14. Zaripova R., Porunov A., Zinurova R., Galyamov R., Stepanova G. The Role of Practice-Oriented Education in the Development of the Country's Economy // New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED 2019), Advances in Economics, Business and Management Research. 2019. Vol. 131. P. 663.
  15. The Demand for Public Transit: A Practical Guide, Transportation Research Laboratory, Report TRL 593, 2004. 246 p.
  16. Goodwin P., Dargay J., Hanly M. Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review // Transport Reviews. 2004. Vol. 24, No. 3, P. 275–292.
  17. Ortúzar J. de L., Willumsen L.G. Modelling Transport. John Wiley & Sons Ltd., 2011. 586 p.

18. Paulley N., Balcombe R., Mackett R. et al. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership // *Transport Policy*. 2006. Vol.13, No. 4. P. 295–306.

### *References*

1. Alemasov E.P., Zaripova R.S. *Nauka Krasnoyar 'ya*, 2020, vol. 9, no. 2-4, pp. 12-16.
2. Alemasov E.P., Zaripova R.S. *Informatsionnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh*, 2020, no. 2(20), pp. 107-109.
3. Zaripova R.S., Purnova O.A. *Uchenye zapiski ISGZ*, 2018, vol. 16, no. 2, pp.70-75.
4. Nabiullin A.S., Zaripova R.S. *Nauka Krasnoyar 'ya*, 2020, vol. 9, no. 4-2, pp. 106-110.
5. Nabiullin A.S., Zaripova R.S. *Informatsionnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh*, 2020, no. 2 (20), pp. 86-87.
6. Nikitina U.O., Zaripova R.S. *Nauka Krasnoyar 'ya*, 2019, vol. 8, no. 5-3, pp. 107-110.
7. Shakirov A.A., Zaripova R.S. *Informatsionnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh*, 2020, no. 4(22), pp. 60-62.
8. Shakirov A.A. Zaripova R.S. «*Ekonomika segodnya: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya (Vektor-2018)*»: *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii molodykh issledovateley* [“Economy today: current state and development prospects (Vector-2018)”: Collection of materials of the All-Russian scientific conference of young researchers]. 2018, pp. 331-334.
9. Shakirov A.A., Zaripova R.S. *Nauka Krasnoyar 'ya*, 2019, vol. 8, no. 3-2, pp. 112-115.
10. Shakirov A.A., Zaripova R.S. *International Journal of Advanced Studies*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 27-31.
11. Shakirov A.A., Zaripova R.S. *Nauka Krasnoyar 'ya*, 2020, vol. 9, no. 4-4, pp. 258-262.

12. Yapparov R.R., Zaripova R.S. *Informatsionnye tekhnologii v stroitel'nykh, sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh*, 2020, no. 4 (22), pp. 27-29.
13. Cascetta E. *Transportation Systems Engineering: Theory and Methods*. Kluwer Academic Publishers, 2011. 742 p.
14. Zaripova R., Porunov A., Zinurova R., Galyamov R., Stepanova G. The Role of Practice-Oriented Education in the Development of the Country's Economy. *New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development (NSRBCPED 2019), Advances in Economics, Business and Management Research*, 2019, vol. 131, pp. 663.
15. *The Demand for Public Transit: A Practical Guide*, Transportation Research Laboratory, Report TRL 593, 2004, 246 p.
16. Goodwin P., Dargay J., Hanly M. Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review. *Transport Reviews*, 2004, vol. 24, no. 3, P. 275–292.
17. Ortúzar J. de L., Willumsen L.G. *Modelling Transport*. John Wiley & Sons Ltd., 2011, 586 p.
18. Paulley N., Balcombe R., Mackett R. et al. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*, 2006, vol. 13, no. 4, pp. 295–306.

### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Зарипова Римма Солтановна**, доцент, кандидат технических наук

*Казанский государственный энергетический университет  
ул. Красносельская, 51, г. Казань, Татарстан, 420066, Российская Федерация  
zarim@rambler.ru*

**Рочева Ольга Александровна**, ст. преподаватель кафедры «Менеджмент»

*Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова  
ул. Московская, 42, г. Казань, Татарстан, 420111, Российская Федерация*

**Хамидуллина Фания Рафиковна** доцент, кандидат экономических наук

*Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова  
ул. Московская, 42, г. Казань, Татарстан, 420111, Российская Федерация*

**Арбузова Мария Владиславовна**, преподаватель

*Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта  
ул. Несмелова, 7, г. Казань, Татарстан 420030, Российская Федерация*

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

**Rimma S. Zaripova**, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

*Kazan State Power Engineering University  
51, Krasnoselskaya Str., Kazan, Tatarstan, 420066, Russian Federation  
zarim@rambler.ru*

**Olga A. Rocheva**, Senior Lecturer of the Department

*Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov  
42, Moskovskaya Str., Kazan, Tatarstan, 420111, Russian Federation*

**Fania R. Khamidullina**, Associate Professor, Candidate of Economic Sciences

*Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov  
42, Moskovskaya Str., Kazan, Tatarstan, 420111, Russian Federation*

**Maria V. Arbuzova**, Lecturer

*Kazan branch of the Volga State University of Water Transport  
7, Nesmelova str., Kazan, Tatarstan, 420030, Russian Federation*

**DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-2-115-124**

**УДК 656.2-027.45**

## **МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ШУМА АВТОТРАНСПОРТА**

***Швецов А.В., Дороничев А.В., Кузьмина Н.А.***

*Снижение шума генерируемого автотранспортом остается важной задачей развития транспортного комплекса. Автотранспортный шум является одной из причин нагрузки на здоровье современного человека в условиях современных мегаполисов. При этом технические решения направленные на решение данной задачи должны учитывать экономические ограничения вызванные конкурентоспособностью продукции автопроизводителя на рынке. Необходимость снижения шума генерируемого автотранспортом установлена рядом международных нормативно-правовых документов. Кроме того снижение шума автотранспорта является одним из направлений создания комфортной и безопасной среды.*

***Цель:** проанализировать основные источники шума, генерируемые автотранспортным средством, а также методы его сокращения.*

***Методы:** используются синтез, индукция и дедукция, сравнение, обобщение и другие научные методы исследования.*

***Результаты:** предложены мероприятия, позволяющие снизить шум автотранспортного средства в диапазоне на 17-25%.*

***Область применения результатов:** результаты работы могут быть использованы при разработке систем снижения транспортного шума в города и при городском планировании, в частности при выборе состава и места размещения шумозащитных заграждений.*

***Ключевые слова:** транспорт; шумовое воздействие; снижение*

## **METHODS TO REDUCE VEHICLE NOISE**

***Shvetsov A.V., Doronichev A.V., Kuzmina N.A.***

*Reducing the noise generated by vehicles remains an important task for the development of the transport complex. Road traffic noise is one of the*

*causes of the burden on the health of a modern person in the conditions of modern megalopolises. At the same time, technical solutions aimed at solving this problem must take into account the economic constraints caused by the competitiveness of the automaker's products in the market. The need to reduce the noise generated by vehicles is established by a number of international regulatory documents. In addition, reducing the noise of vehicles is one of the ways to create a comfortable and safe environment.*

**Purpose:** *To analyze the main sources of noise generated by a vehicle, as well as methods for its reduction.*

**Methods:** *synthesis, induction and deduction, comparison, generalization and other scientific research methods are used.*

**Results:** *proposed measures to reduce the noise of a vehicle in the range of 17-25%.*

**Field of application of the results:** *the results of the work can be used in the development of systems for reducing traffic noise in cities and in urban planning, in particular, when choosing the composition and location of noise barriers.*

**Keywords:** *transport; noise impact; decline*

## **Введение**

Современный транспорт является одним из основных факторов техногенных угроз в современном обществе [1-16]. Так, именно автотранспорт в настоящее время одним из основных источников шумового загрязнения в городах, при этом основным типом автомобильного шума является аэродинамический шум [16].

Необходимость анализа источников происхождения аэродинамического автотранспортного шума, для целей разработки новых методов его снижения, обуславливается в первую очередь необходимостью сохранения здоровья людей живущих в районах с насыщенным автомобильным трафиком.

## **Анализ шума генерируемого автотранспортным средством**

Аэродинамический шум при работе двигателя автомобиля возникает, прежде всего, вследствие колебания давления отработан-

ных газов, а так же в результате работы системы охлаждения двигателя.

Замеры, выполненные переносным шумомером на расстоянии 10 сантиметров от точек замера в системе газообмена легкового автомобиля Toyota Corona (рис. 1, 2), позволили выявить элементы с максимальным уровнем шума (табл. 1).

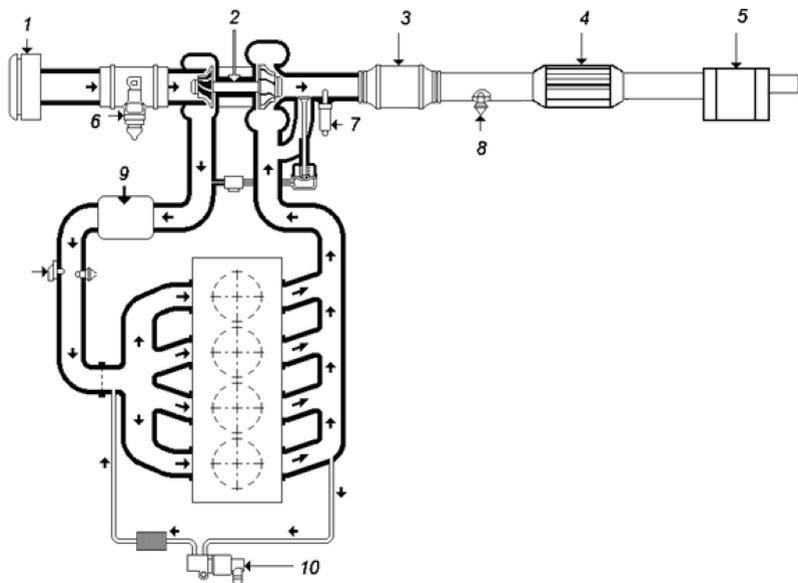


Рис. 1. Легковой автомобиль Toyota Corona

Таблица 1.

**Основные источники аэродинамического шума в автомобиле**

№ п/п	Элементы системы газообмена	Элементы с максимальным уровнем шума (+)
1.	Воздушный фильтр	91 дБА
2.	Турбокомпрессор	87 дБА
3.	Катализатор	75 дБА
4.	Сажевый фильтр	69 дБА
5.	Глушитель	65 дБА
6.	Датчик расхода воздуха	69 дБА
7.	L-зонд	74 дБА
8.	Датчик температуры выхлопных газов	75 дБА
9.	Охладитель надувочного воздуха	75 дБА
10.	Клапан рециркуляции отработавших газов	93 дБА



**Рис. 2.** Точки замера аэродинамического шума в системе газообмена двигателя легкового автомобиля (нумерация соответствует нумерации в табл. 1)\*

\* При подготовке рисунка использовался графический шаблон системы газообмена из источника (эл. ресурс): <http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel14E189.pdf>

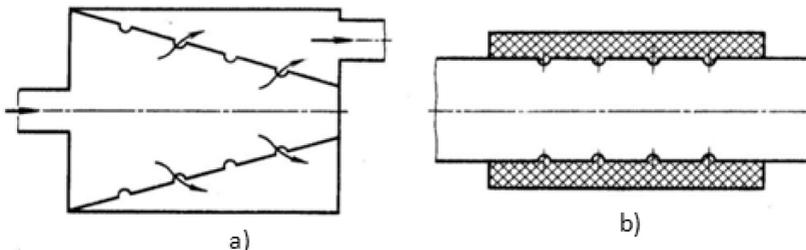
## Методы снижения шума

Проведенные замеры показали, что на основные шумопоглощающие элементы системы газообмена приходится 50% поглощения аэродинамического шума от работающего двигателя автомобиля, в том числе на воздухоочистители 23%, и на глушители выпуска 27%, прежде всего с частотой  $> 600$  Гц. Аэродинамический шум спектра  $< 500$  Гц при этом снижается не достаточно эффективно.

Снижения аэродинамического шума спектра  $< 500$  Гц может быть реализовано при увеличении структурного объема линий газообмена, либо за счет установки в систему глушащих конструктивных элементов, в том числе:

1) активных глушителей (рис. 3), которые трансформируют шум в тепловую энергию за счет прохождения звуковых волн че-

рез сетки и перфорированные листы из теплостойких сплавов, а также звукопоглощающие материалы [16].

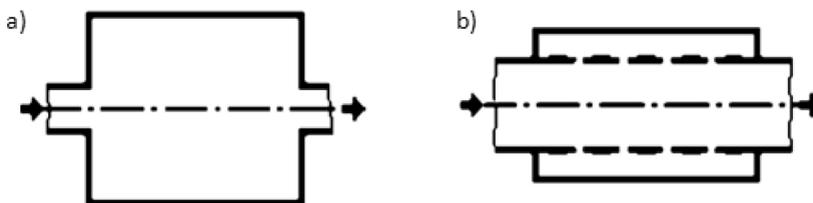


**Рис. 3.** Активный глушитель: а – с перфорированным корпусом; б – со звукопоглощающим материалом.

Источник (эл. ресурс): <http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel14E189.pdf>

Проведенные замеры показали, что эффективность глушителя с перфорированными листами выше, чем у глушителя со звукопоглощающим материалом на 15-20%.

2) реактивных глушителей. Данный тип глушителей состоит из одной или нескольких расширительных камер или ряда резонансных камер (рис. 4), в которых амплитуда колебаний газа снижается от расширения потока выхлопных газов и резонанса [16].



**Рис. 4.** Реактивный глушитель: а – с расширительной камерой; б – с резонансными камерами.

Источник (эл. ресурс): <http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel14E189.pdf>

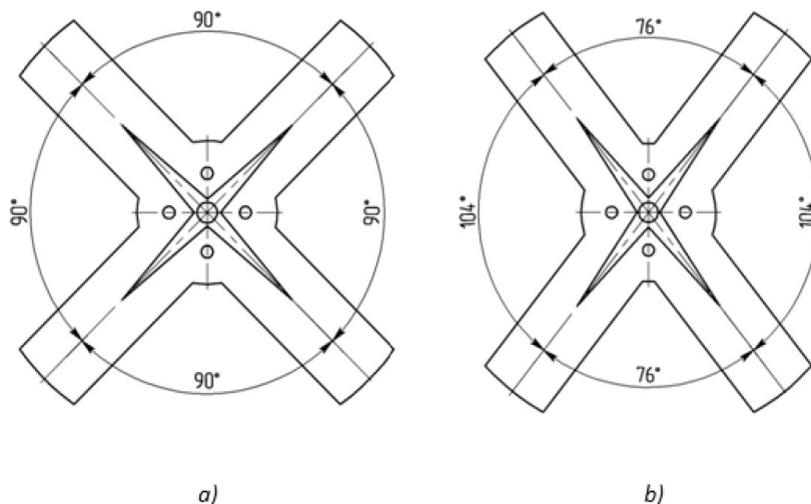
Проведенные замеры показали также, что применение гибридного глушителя с элементов обоих типов позволит добиться показателя снижения шума на 15-20% больше чем у стандартного глушителя.

Помимо системы газообмена в автомобиле вторым основным источником шума является система охлаждения двигателя. Так,

вентиляторы в системе охлаждения, являются источником шума, уровень которого равен 30-35% уровня шума двигателя.

Наибольший уровень шума создается в двигателях с воздушной системой охлаждения, проведенные замеры показали, что шум такой системы превосходит на 25-35% шум в двигателях с системой жидкостного охлаждения, причиной этого является применение более мощных вентиляторов.

Снижение шумовой нагрузки создаваемой вентилятором системы охлаждения двигателя на 25-35% достигается путем применения вентилятора с неравномерным шагом лопастей (рис. 5).



**Рис. 5.** Вентилятор системы охлаждения:

а) с равномерным шагом лопастей; б) с неравномерным шагом лопастей.

Источник (эл. ресурс): <http://www.lib.madi.ru/fel/fel1/fel14E189.pdf>

### Обсуждение

Комплексное применение рассмотренных методов снижения шума позволит увеличить эффективность снижения аэродинамического шума источником которого является система газообмена двигателя легкового автомобиля на 17-25%.

## **Выводы**

Анализ источников шума от работающего автомобиля, и возможных инструментов его снижения показывают, что существующие инструменты позволяют создать систему снижения шума с заглушающей способностью достигающей ~70...80 дБА (с 90...100 дБА до 20...30 дБА).

Ограничением при этом в настоящий момент является необходимость обеспечить приемлемые габариты и массу устройств снижения шума автомобиля, а также фактор снижения экономичности двигателя.

**Информация о конфликте интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

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

1. Alsamhi SH, Ma O, Ansari MS. Convergence of Machine Learning and Robotics Communication in Collaborative Assembly: Mobility, Connectivity and Future Perspectives. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. Springer Science and Business Media LLC; 2019 Oct 16. <http://dx.doi.org/10.1007/s10846-019-01079-x>
2. Minucci F, Vinogradov E, Sallouha H, Pollin S. UAV Location Broadcasting with Wi-Fi SSID. 2019 Wireless Days (WD). *IEEE*, 2019 Apr. <http://dx.doi.org/10.1109/wd.2019.8734208>
3. Shvetsov AV. The Stakeholders of Transport Infrastructure as an Element of the Transport Security System. World of Transport and Transportation. *FSBEO HPE Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)*; 2020 Dec 7, vol. 18, no. 1, pp. 244–57. <http://dx.doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-244-257>
4. Shvetsov A, Afanasyev L, Kokieva G. Optimization of Costs for Freight Transportation Across the River. Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Springer Singapore; 2020 Dec 24, pp. 226–35. [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6\\_23](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-33-6208-6_23)

5. Shvetsov A, Kokieva G. Transport security: analysis and comparison of existing approaches. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020 Nov 27, vol. 953, 012076. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899x/953/1/012076>
6. Shvetsov A, Balalaev A, Grivanova O, Kokieva G, Varlamova L. Transportation safety in an urban condition. Rudoy D, Murgul V, editors. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2019, vol. 135, 02004. Available from: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/201913502004>
7. Kanzaki A, Akagi H. A UAV-Collaborative Sensing Method for Efficient Monitoring of Disaster Sites. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, 2019 Mar 15, pp. 775–86. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-15032-7\\_65](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-15032-7_65)
8. Jun-yan L, Zhuo-ning D, Meng-yue Z. A fuzzy virtual force based approach to multiple UAVs collaborative path planning. *Proceedings of 2014 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference. IEEE*, 2014 Aug. <http://dx.doi.org/10.1109/cgnc.2014.7007381>
9. Saleem Y, Rehmani MH, Zeadally S. Integration of Cognitive Radio Technology with unmanned aerial vehicles: Issues, opportunities, and future research challenges. *Journal of Network and Computer Applications*. Elsevier BV, 2015 Apr, vol. 50, pp. 15–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2014.12.002>
10. Popescu, Stoican, Stamatescu, Chenaru, Ichim. A Survey of Collaborative UAV–WSN Systems for Efficient Monitoring. *Sensors. MDPI AG*, 2019 Oct 28, vol. 19, no. 21, pp. 4690. <http://dx.doi.org/10.3390/s19214690>
11. Schroeder K, Song Y, Horton B, Bayandor J. Investigation of UAS Ingestion into High-Bypass Engines, Part 2: Parametric Drone Study. 58th AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2017 Jan 5. <http://dx.doi.org/10.2514/6.2017-0187>
12. Shvetsova SV, Shvetsov AV. Safety Analysis of Goods Transportation by Unmanned Aerial Vehicles. *World of Transport and Transportation. FSBEU HPE Moscow State University of Railway Engineering (MIIT)*, 2020, vol. 17, no. 5, pp. 286–297. <http://dx.doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-5-286-297>

13. Alsamhi S, Ma O, Ansari M, Gupta S. Collaboration of Drone and Internet of Public Safety Things in Smart Cities: An Overview of QoS and Network Performance Optimization. *Drones. MDPI AG*, 2019 Jan 27, vol. 3, no. 1, pp. 13. <http://dx.doi.org/10.3390/drones3010013>
14. Sciancalepore S, Ibrahim OA, Oligeri G, Di Pietro R. Detecting Drones Status via Encrypted Traffic Analysis. *Proceedings of the ACM Workshop on Wireless Security and Machine Learning - WiseML 2019*. ACM Press, 2019. <http://dx.doi.org/10.1145/3324921.3328791>
15. Kirschstein T. Comparison of energy demands of drone-based and ground-based parcel delivery services. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Elsevier BV, 2020 Jan, vol. 78, 102209. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2019.102209>
16. Sergeev N.V. *Silovyye agregaty: Konspekt lektsiy* [Power units: Lecture notes]. Zernograd, 2015.

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Швецов Алексей Владиславович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных процессов и технологий; доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис»

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса; Северо-Восточный Федеральный Университет ул. Гоголя, 44, г. Владивосток, 690000, Российская Федерация; ул. Белинского, 58, г. Якутск, 677000, Российская Федерация*  
*transport-safety@mail.ru*

**Дороничев Александр Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортных процессов и логистика»

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения ул. Серьшева, 47, г. Хабаровск, 680038, Российская Федерация*  
*unir@festu.khv.ru*

**Кузьмина Наталья Александровна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и безопасность на транспорте»

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения*

*ул. Серышева, 47, г. Хабаровск, 280021, Российская Федерация  
kuzminaprepodavatel@mail.ru*

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Alexey V. Shvetsov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport Processes and Technologies; Associate Professor of the Department of Operation of Automobile Transport and Car Service

*Vladivostok State University of Economics and Service;  
North-Eastern Federal University*

*44, Gogol Str., Vladivostok, 690000, Russian Federation; 58,  
Belinsky Str., Yakutsk, 677000, Russian Federation*

*transport-safety@mail.ru*

*ORCID: 0000-0001-5165-2816*

**Alexander V. Doronichev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department Technology of Transport Processes and Logistics

*Far Eastern State Transport University*

*47, Serysheva Str., Khabarovsk, 280021, Russian Federation*

*kuzminaprepodavatel@mail.ru*

*ORCID: 0000-0002-0598-4335*

**Natalya A. Kuzmina**, Associate Professor of the Department “Organization of Transportation and Transport Safety”, Candidate of Pedagogical Sciences

*Far Eastern State Transport University*

*47, Serysheva Str., Khabarovsk, 280021, Russian Federation*

*kuzminaprepodavatel@mail.ru*

*ORCID: 0000-0002-0598-5422*

## **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 друг от 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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ЛОГИСТИКИ С ПЕРЕМЕННЫМ ТАРИФОМ <i>Агапова Е.Г., Попова Т.М.</i> .....	7
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ <i>Титова С.С., Макурина В.М., Карнова А.И., Смольянинов А.В.</i> .....	21
МЕТОДИКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕДОВЫХ ИСТИРАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ <i>Зверев А.А., Беккер А.Т., Уварова Т.Э., Беляева Т.Д.</i> .....	36
COMPUTER AIDED SCHEMATIC DESIGN: HOW TO MANAGE LARGE DATA IN THE EARLY STAGES OF URBAN DESIGN PROJECTS <i>Plotnikova T.A.</i> .....	52
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВВП РОССИИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ <i>Ломакин Н.И., Радионова Е.А., Рыбанов А.А., Могхарбел Н.О., Водопьянова Н.А., Сычева А.В.</i> .....	65
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА КАК ФАКТОРА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТЫ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА <i>Серикова О.Ю., Мартышев А.В., Якимова Л.Д.</i> .....	81

---

<b>ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>	
<i>Зарипова Р.С., Рочева О.А., Хамидуллина Ф.Р., Арбузова М.В.</i> .....	100
<b>МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ШУМА АВТОТРАНСПОРТА</b>	
<i>Швецов А.В., Дороничев А.В., Кузьмина Н.А.</i> .....	115
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ</b> .....	125

## CONTENTS

MATHEMATICAL MODEL OF A LOGISTICS PROBLEM WITH A VARIABLE RATE <i>Agapova E.G., Popova T.M.</i> .....	7
SCIENTIFIC BASIS OF CREATION AND OPERATION OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS IN RUSSIA <i>Titova S.S., Makurina V.M., Karpova A.I., Smol'yaninov A.V.</i> .....	21
THE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING OF ICE ABRASIVE EFFECTS ON BERTHING FACILITIES <i>Zverev A.A., Bekker A.T., Uvarova T.E., Belyaeva T.D.</i> .....	36
COMPUTER AIDED SCHEMATIC DESIGN: HOW TO MANAGE LARGE DATA IN THE EARLY STAGES OF URBAN DESIGN PROJECTS <i>Plotnikova T.A.</i> .....	52
RESEARCH OF THE DYNAMICS OF RUSSIAN GDP IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF THE ECONOMY <i>Lomakin N.I., Radionova E.A., Rybanov A.A., Gavrilova O.A., Vodopyanova N.A., Sycheva A.V.</i> .....	65
EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE PERSONNEL MOTIVATION SYSTEM AS A FACTOR TO ENSURE THE QUALITY OF OPERATIONS ON THE EXAMPLE OF THE RAILWAY TRANSPORT INDUSTRY <i>Serikova O.Yu., Martyshev A.V., Yakimova L.D.</i> .....	81

DIGITALISATION AS A FACTOR TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS <i>Zaripova R.S., Rocheva O.A., Khamidullina F.R., Arbuzova M.V.</i> .....	100
METHODS TO REDUCE VEHICLE NOISE <i>Shvetsov A.V., Doronichev A.V., Kuzmina N.A.</i> .....	115
<b>RULES FOR AUTHORS</b> .....	125



*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/>

Подписано в печать 30.06.2021. Дата выхода в свет 30.06.2021.  
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 10. Тираж 999 экз. Свободная цена.  
Заказ 112/021. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии  
«Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии:  
ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.