

ISSN 2227-930X (online)

# International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies  
VOLUME 12, NUMBER 1, 2022



# International Journal of Advanced Studies

Том 12, № 1  
2022

Vol. 12, No. 1  
2022

Transport and Information Technologies  
IJAS:T&IT

## Главный редактор

**А.В. Остроух**

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

## Editor-in-Chief

**Andrey V. Ostroukh**

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

Шеф-редактор - Максимов Я.А.

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

Корректор - Зливко С.Д.

Компьютерная верстка, дизайн - Орлов Р.В.

Технический редактор, администратор сайта - Бяков Ю.В.

Ответственный секретарь - Коробцева К.А.

# International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies

IJAS:T&IT

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

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

Том 12, № 1, 2022 / Vol. 12, No 1, 2022

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Учредитель и издатель:</b><br/>ООО Научно-инновационный<br/>центр</p> <p><b>Журнал основан в 2011 году</b><br/>Зарегистрирован в Федеральной службе<br/>по надзору в сфере связи, информационных<br/>технологий и массовых коммуникаций<br/>Свидетельство о регистрации<br/>ЭЛ № ФС 77 - 63681<br/>от 10.11.2015</p> <p>Журнал <b>входит</b> в Перечень ведущих<br/>рецензируемых научных журналов<br/>и изданий, выпускаемых в РФ, в которых<br/>должны быть опубликованы основные<br/>научные результаты диссертаций<br/>на соискание ученой степени доктора<br/>и кандидата наук</p> <p><b>Индексирование и реферирование:</b><br/>РИНЦ<br/>Ulrich's Periodicals Directory<br/>Google Scholar<br/>DOAJ<br/>BASE<br/>WorldCat<br/>OpenAIRE<br/>ЭБС IPRbooks<br/>ЭБС Znanium<br/>ЭБС Лань</p> <p>Адрес редакции, издателя<br/>и для корреспонденции:<br/>Россия, 660127, Красноярский край,<br/>г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192<br/>E-mail: <a href="mailto:ijas@ijournal-as.com">ijas@ijournal-as.com</a><br/><a href="http://ijournal-as.com/">http://ijournal-as.com/</a><br/>+7 (923) 358-10-20</p> <p>Подписной индекс в каталоге<br/>«СИБ-Пресса» – 63681</p> | <p><b>Founder and publisher:</b><br/>Science and Innovation Center<br/>Publishing House</p> <p><b>Founded 2011</b><br/>The edition is registered by the Federal Service<br/>of Intercommunication and Mass Media<br/>Control<br/>Mass media registration certificate<br/>EL № FS 77 - 63681,<br/>issued November 10, 2015.</p> <p>International Journal of Advanced Studies:<br/>Transport and Information Technologies is<br/><b>included</b> in the List of leading peer-reviewed<br/>scientific journals and publications issued in<br/>the Russian Federation, which should publish<br/>main scientific results of doctor's<br/>and candidate's theses</p> <p><b>Indexing and Abstracting:</b><br/>RSCI<br/>Ulrich's Periodicals Directory<br/>Google Scholar<br/>DOAJ<br/>BASE<br/>WorldCat<br/>OpenAIRE<br/>IPRbooks<br/>Znanium<br/>Lan'</p> <p>Editorial Board Office:<br/>9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk,<br/>660127, Russian Federation<br/>E-mail: <a href="mailto:ijas@ijournal-as.com">ijas@ijournal-as.com</a><br/><a href="http://ijournal-as.com/">http://ijournal-as.com/</a><br/>+7 (923) 358-10-20</p> <p>Subscription index in the General catalog<br/>«SIB-Press» – 63681</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2022

### Editorial Board Members

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Члены редакционной коллегии**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-7-33****УДК 656.13**

## **ПУТЕВОЙ ЛИСТ В ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

***В.М. Курганов, А.Н. Дорофеев, М.В. Грязнов, Н.А. Филиппова***

*Практический интерес представляет изучение и оценка возможностей использования данного документа в контексте цифровой трансформации АТП. Одной из функций путевого листа является обеспечение при перевозке безопасности дорожного движения, т.к. документально фиксируется, что автомобиль находится в технически исправном состоянии, а водитель прошел медицинский осмотр. Кроме того, на основании путевого листа контролируется соблюдение водителем режима труда и отдыха. Путевой лист является документом, подтверждающим обоснованность затрат автотранспортного предприятия. Проведенным исследованием цифровой системы управления автотранспортным предприятием выявлены ошибочные или недобросовестные действия сотрудников в бизнес-процессах обработки путевых листов. Приведена концептуальная схема Transportation Management System, предусматривающая использование программ оптимизации маршрутов, результатов спутникового мониторинга автомобилей, формирование ежедневных заданий и подготовку отчетов о работе. На этой основе предлагается проводить совершенствование бизнес-процессов для повышения эффективности транспортной деятельности.*

**Цель:** исследование роли путевых листов и процессов их обработки цифровой системой управления в повышении эффективности деятельности автотранспортного предприятия.

**Методы исследования:** интеллектуальный анализ бизнес-процессов (Process Mining), связанных с ведением и обработкой путевых листов.

**Результаты:** собираемая статистика позволяет проводить

*совершенствование бизнес-процессов автотранспортного предприятия для повышения эффективности его деятельности.*

**Область применения результатов:** *предприятия любых форм собственности и отраслей экономики, эксплуатирующие автомобильные транспортные средства.*

**Ключевые слова:** *автотранспортное предприятие; транспортная документация; путевой лист; цифровая модель, Process Mining; Transportation Management System*

## **DRIVER'S TRIP TICKET IN A DIGITAL MODEL OF AN EFFICIENT MOTOR TRANSPORT COMPANY**

***V.M. Kurganov, A.N. Dorofeev, M.V. Gryaznov, N.A. Filippova***

*Study and assessment of applications of a driver's trip ticket within the scope of a motor transport company's digital transformation are of practical interest. One of the functions of a trip ticket is ensuring road traffic safety during transportation, as it document ally confirms that the vehicle is technically sound and the driver has passed a medic al examination. Moreover, the trip ticket also allows monitoring if the driver complies with the work and rest schedule. The trip ticket is a document confirming the reasonableness of the amount spent by the motor transport company.*

*Study of a digital system for a motor transport company management has demonstrated the errors or fraud of employees during trip tickets processing. A conceptual diagram of the Transportation Management System is presented, which provides the application of route optimization programs, the results of vehicles satellite monitoring, the formation of daily tasks, and the preparation of work reports. This is the basis we propose for improving business processes to increase the efficiency of transport activities.*

**Purpose:** *study of the role of trip tickets and their processing by a digital management system in increasing the efficiency of a motor transport company.*

**Methodology:** *Process Mining associated with keeping and processing trip tickets.*

**Results:** *Collected statistics allows improving business processes of the motor transport company to increase the efficiency of its activities.*

**Practical implications:** *Companies with any form of incorporation and in any economic sector operating motor vehicles.*

**Keywords:** *motor transport company; trip ticket; process mining; Transportation Management System; digital model*

## **Введение**

Развитие цифровых технологий в различных отраслях экономики, как правило, сопровождается переходом на электронный документооборот, и, следовательно, существенными преобразованиями бизнес-процессов. В транспортной отрасли особенно заметными стали изменения в сфере авиа- и железнодорожных пассажирских перевозок, где был осуществлен переход на электронное бронирование рейсов и оформление авиабилетов. В сфере грузовых автомобильных перевозок актуальной проблемой является учет путевых листов в контексте цифровизации деятельности автотранспортных предприятий. Многие из них давно и успешно используют различные системы GPS/GSM-мониторинга, которые позволяют осуществлять контроль не только за местоположением транспортных средств, но также за расходом топлива, режимами труда и отдыха водителей, а также за техническим состоянием автомобиля. В связи с этим как среди экспертного сообщества, так и среди представителей бизнеса не утихают дискуссии о роли и целях использования путевых листов в современных цифровых реалиях.

**Цель работы** – анализ роли путевых листов и процессов их обработки цифровой системой управления в повышении эффективности деятельности автотранспортного предприятия.

В работе использованы следующие **методы исследований и материалы**. Проведен анализ нормативно-правовых актов, регламентирующих использование путевых листов. Проанализированы бизнес-процессы автотранспортного предприятия, реализация которых необходима для оформления путевых листов и использования содержащейся в них информации о фактическом выпол-

нении заданий на перевозку грузов. С использованием элементов концепции «цифровых двойников» разработана цифровая модель автотранспортного предприятия, на основе чего получена информация, содержащаяся в лог-файлах журнала событий Transportation Management System. С помощью функционала Process Mining проведена реконструкция бизнес-процессов персонала, использующего путевые листы при работе в информационной системе, и собраны статистические данные, характеризующие выполнение функций каждым сотрудником.

### **1. Документы на перевозку грузов в России и за рубежом**

Содержание пакета документов, оформляемых при перевозке грузов, различается в зависимости от вида перевозки (международные или внутренние), вида транспорта (морской, железнодорожный или автомобильный). Свою специфику имеют мультимодальные перевозки, в которых могут оформляться, например, оборотный мультимодальный транспортный коносамент ФИАТА (Negotiable FIATA Multimodal Transport Bill of Lading) или необоротная мультимодальная транспортная накладная ФИАТА (Non Negotiable FIATA Multimodal Transport Waybill). В различных странах используются свои бланки документов [29]. Например, в странах Европейского Союза, в бывших странах Советского Союза и в ряде других стран для автомобильных перевозок в международном сообщении оформляется грузовой манифест (truck manifest) или накладная CMR (consignment note CMR), рекомендованная Международным союзом автомобильного транспорта (The International Road Transport Union). В США используют стандартный грузовой коносамент (Standard Truck load Bill of Lading).

Некоторые формы документов на перевозку груза утверждаются правительственными органами, как, например, при оплате поставщиков транспортных услуг всех видов транспорта правительством США или от имени правительства США. Одним из таких специально разработанных документов является бланк коносамента правительства США, стандартная форма 1103

(Standard Form 1103, U.S. Government Bill of Lading – International and Domestic Overseas Shipment) [31]. В России нормативными актами утверждаются бланки транспортных накладных и коносаментов на перевозку грузов всеми видами транспорта, в том числе не только при оплате доставки государственными или муниципальными органами, как в США, но и по заказам коммерческих организаций.

Перечисленные документы имеют разные названия: транспортная накладная (transport waybill, consignment note), коносамент (bill of lading), транспортный манифест (transport manifest), грузовой манифест (truck manifest) и другие. Общим для всех них является то, что это документы на перевозимый груз и оформляются они на доставку только данного груза по конкретному маршруту (route).

В России законодательно принято обязательное оформление документа не только на перевозимый груз, но также на автомобиль, используемый для перевозок как грузов, так и пассажиров и багажа [9, 12, 14, 16, 22]. Автомобиль при этом может в течение смены последовательно работать на различных маршрутах и перевозить различные грузы для одного или для нескольких заказчиков. Обязательность путевого листа в пакете товарно-транспортной документации составляет одно из главных отличий российской системы транспортного права в сравнении с зарубежными.

## **2. Статус путевого листа и его функции**

Реквизиты путевого листа автомобиля и порядок его заполнения утверждены приказом министерства транспорта России [14]. Несмотря на то, что государственные органы требуют обязательного наличия путевого листа у водителя во время рейса, в настоящее время установленного единого бланка не существует, т.к. унифицированные формы путевых листов 4-с или 4-п [18] перестали иметь обязательный характер.

Путевые листы и журналы их регистрации отражают факты хозяйственной деятельности предприятия и относятся к первич-

ным учетным документам, составление которых регламентируется законом о бухгалтерском учете[8]. В части 4 статьи 9 этого закона определено, что формы первичных документов определяются руководителем предприятия.

Путевой лист выполняет несколько важных функций:

- обеспечение безопасности дорожного движения, поскольку в нем фиксируются результаты контроля технического состояния автомобиля и медицинского освидетельствования водителя [7, 15]. Однако, например, в США, в целях контроля технического состояния автомобиля оформляется предрейсовый лист кругового осмотра грузовика (circle check), который подписывает водитель;
- гарантия, что водитель, принимая груз, действует по поручению предприятия, заключившего договор перевозки с грузоотправителем, в связи с чем не требуется оформление доверенности [19]. Обязательное предъявление путевого листа водителем при приеме груза к перевозке установлено федеральным законом России [22] и правительственным постановлением [16];
- учет отработанного времени водителем, т.к. в путевых листах обязательно отмечается время выезда автомобиля из гаража и время возвращения. Это имеет важное значение, т.к. установка тахографов в настоящее время предусмотрена не на всех категориях транспортных средств [17]. Например, в США электронная фиксация периодов рабочего времени и времени отдыха дополняется ведением журнала учета рабочего времени и отдыха водителя (Log book, Driver's Daily Log);
- подтверждение затрат на перевозку [10], для чего используются не только транспортные накладные либо товарно-транспортные накладные [13, 20], но в отдельных случаях путевые листы [11, 13];
- учет пробега и на этой основе контроль расхода топлива и своевременности проведения технического обслуживания автомобиля.

### **3. Регламентация сроков выдачи и сдачи путевых листов**

Приказ Минтранса России определяет, когда должен быть выдан путевой лист водителю, умалчивая о сроках сдачи путевого листа после окончания работы. Поэтому для разрешения этого вопроса необходимо обратиться к другим нормативно-правовым актам.

Как и другие документы первичного учета, путевой лист, как определено частью 3 статьи 9 закона о бухгалтерском учете [8], должен составляться при совершении факта хозяйственной жизни, а в той части, когда это невозможно — непосредственно после завершения хозяйственной операции. При этом требуется своевременная передача первичных документов для последующей регистрации сведений в системе бухгалтерского учета предприятия.

Поэтому важно приказом руководителя предприятия утвердить сроки сдачи путевых листов и соблюдать их, поскольку информация о фактическом выполнении плановых заданий должна сразу же после возвращения из рейса учитываться в системе бухгалтерского учета. Однако в своевременной сдаче путевых листов заинтересована не только бухгалтерия. Информацию о работе автомобилей на линии должны анализировать специалисты, организующие перевозки, а также сотрудники, отвечающие за техническое обслуживание и ремонт подвижного состава. Одна из задач такого анализа — выявление возникающих проблемных ситуаций и своевременное реагирование на них. Исходя из этого следует, что выданный путевой лист должен сдаваться не позднее начала оформления нового путевого листа на следующий рейс автомобиля.

### **4. Путевой лист в системе управления автотранспортным предприятием**

Оформление путевых листов производится перед выездом автомобиля на линию после обработки заявок на перевозки. Стандартный характер операций выписки путевых листов привел к тому, что предприятия, осуществляющие транспортную деятельность, всё активнее используют программно-аналитические комплексы.

У водителей дистанционно на специальных терминалах проверяется давление, пульс, отсутствие алкоголя в выдыхаемом воздухе.

По каналам связи информация поступает медицинскому работнику, который отправляет в диспетчерскую транспортной организации свое заключение о прохождении предрейсового осмотра каждым конкретным водителем, заверенное электронной цифровой подписью. В диспетчерской информация от медицинского работника о допуске водителя к работе поступает в систему формирования и печати путевых листов. Далее диспетчер распечатывает путевой лист, ставит в нем свою подпись и выдает его водителю. По аналогичному алгоритму в путевой лист заносится информация о техническом состоянии автомобиля, заверяемая электронной подписью должностного лица.

В перспективе можно предполагать переход на использование только электронных путевых листов и исключение бумажных форм из документооборота. Единственным препятствием для этого, согласно ст. 2.3.3 Правил дорожного движения [12], является потенциальная необходимость отметки в путевых листах факта использования транспортного средства правоохранительными органами. Однако эта задача может быть решена другими способами и не создавать ограничений для перехода автотранспортных предприятий на электронный документооборот. В настоящее время Минтрансом России проводится эксперимент по внедрению электронного путевого листа, а также электронной транспортной накладной.

Автоматизация рутинных операций повышает общую культуру управления за счет уменьшения влияния «человеческого фактора» и сокращает время выполнения бизнес-процессов. Вместе с тем, возможности информационных систем гораздо шире.

Путевой лист автомобиля, исходя из его содержания и выполняемых функций, концентрирует и синхронизирует в себе наиболее важные массивы плановой и отчетной информации о транспортной деятельности (Рис. 1). Путевой лист занимает центральное место в организации информационных потоков системы электронного документооборота автотранспортного предприятия.

Электронная форма путевого листа представляет собой, по сути, программное средство для автоматического расчета всех необходимых показателей работы автомобилей. Имеются примеры российских предприятий, когда заполнение путевых листов и подведение итогов работы осуществляется в корпоративных Transportation Management System с использованием специально созданного программного обеспечения и спутникового мониторинга транспортной деятельности.

Расстановка автомобилей по объектам работы производится путем группировки заявок по транспортным средствам. Для этой цели на предприятиях используют, например, программы оптимизации маршрутов работы автомобилей, которые являются одним из компонентов Transportation Management System.

В данном случае выписка путевых листов может осуществляться практически в автоматическом режиме, согласно сформированной разнарядке. При этом водители в путевых листах указываются согласно плану-графику смен. В тоже время, безусловно, остается возможность выписки путевых листов в ручном режиме с последовательным заполнением всех необходимых полей. При возвращении автомобилей из рейса также в ручном режиме могут заноситься эксплуатационные данные (расход топлива, остатки, показания одометра и пр.). Однако, они также могут подгружаться в TMS из системы спутникового мониторинга.

За счет тщательной проработки структуры путевого листа осуществляется пооперационный контроль стоимости перевозок (Activity Based Costing – ABC). В путевом листе целесообразно указывать все организационно-технологические элементы перевозки, определяющие уровень затрат на нее. К таким элементам относятся: расстояние перевозки по каждому маршруту в течение смены, которое определяет время доставки, трудозатраты на ее выполнение и расход топлива; простои автомобиля в пунктах погрузки и разгрузки по маршрутам; сведения, определяющие уровень затрат на выполнение погрузочно-разгрузочных работ. Соотношение плановых значений параметров перевозки и фактических ре-

зультатов позволяет оценить производительность транспортного процесса, затраты на его выполнение, качество перевозки, включая надежность.



**Рис. 1.** Путевой лист в цифровой модели транспортного предприятия

На этой основе должны приниматься решения финансовой службой предприятия, службой управления персоналом, службой технического обслуживания и ремонта, службой снабжения и клиентскими подразделениями [1].

Если же предприятие считает более целесообразным использовать унифицированные формы путевых листов 4-с или 4-п [18], то таким программным средством может быть специально разработанное приложение к путевому листу, например, маршрутный лист.

Поскольку путевой лист содержит в себе плановую информацию о заданиях водителю на перевозки и фактические сведения

о работе в течение смены, то он является средством реализации обратной связи, что является важнейшим принципом эффективного управления.

Количественную оценку степени достижения поставленных перед транспортной системой целей даёт система сбалансированных показателей (Balanced Scorecard – BSC), формируемых на основе ключевых показателей деятельности (Key Performance Indicator – KPI) [26], работающая на современной цифровой платформе. Контуры обратной связи должны давать информацию об изменениях этих показателей в процессе функционирования транспортной системы [23].

Система сбалансированных показателей формируется на основе выбранных показателей эффективности, которые, в общем случае, характеризуют три возможных приоритета:

1) увеличение производительности транспортного процесса (увеличение количества перевозимого груза и доходности транспортной деятельности);

2) снижение затрат (обеспечение экономичности транспортного обеспечения);

3) повышение качества транспортного обслуживания (в первую очередь, надёжности, понимаемой как своевременность перевозки и сохранность груза).

Наряду с этими интегральными параметрами, в систему сбалансированных показателей в некоторых случаях могут включаться локальные индикаторы совершенства отдельных бизнес-процессов, например, такие, как коэффициент использования грузоподъёмности транспортных средств, коэффициент использования пробега и др. Программные пакеты, обрабатывающие информацию мониторинга потока выходных данных, должны включать в себя математические модели для расчета интегральных и локальных показателей и средства визуализации результатов мониторинга. В этом случае цифровая платформа должна иметь соответствующую архитектуру, чтобы обеспечивать полную поддержку управленческих решений [4].

Если в результате мониторинга установлено, что показатели выполняются, значит бизнес-процессы предприятия протекают в нужном режиме. В противном случае возникает задача реинжиниринга транспортной системы, предусматривающего аудит и перепроектирование имеющихся бизнес-процессов.

### **5. Контроль выписки и обработки путевых листов в информационной системе управления автотранспортным предприятием**

В информационной системе управления автотранспортным предприятием (Transportation Management System - TMS) организованы рабочие места диспетчеров. После опытной эксплуатации был получен лог-файл журнала событий (рис. 2). В данном файле поле **User** отражает пользователей, которые совершали те или иные операции в информационной системе. Поле **Tran** отражает транзакции (блоки операций, или запросов к базе данных информационной системы). Например, при выписке нового путевого листа в рамках одной транзакции выполняются следующие операции-запросы:

- выбор входящего остатка топлива и показаний одометра с предыдущего путевого листа для данного автомобиля;
- выбор закрепленного за данным автомобилем водителя;
- выбор закрепленного за данным автомобилем-тягачом полуприцепа;
- вставка записи нового путевого листа в базу данных;

При закрытии путевого листа в рамках данной транзакции выполняются следующие операции-запросы к базе данных информационной системы:

- выборка из справочника норм расхода топлива нормы для данного автомобиля, соответствующей данному маршруту;
- расчет нормы расхода топлива по данному путевому листу
- вычисление перерасхода или экономии топлива по данному путевому листу;
- расчет отработанных данным автомобилем фактических часов;
- обновление записи в базе данных информационной системы;

| User    | Tran | DateTime        | Activity                                                                   |
|---------|------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | INSERT INTO Antonov.LIST(ID_LIST,NOMER_LIST,DATA_LIST,DATA_1,DATA_2,ID_CAF |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | INSERT INTO Antonov.LIST_MARSHRUT(ID_LIST_MARSHRUT,ID_MARSHRUT,NAME        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST_MARSHRUT                                               |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | INSERT INTO Antonov.LIST(ID_LIST,NOMER_LIST,DATA_LIST,DATA_1,DATA_2,ID_CAF |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | INSERT INTO Antonov.LIST_MARSHRUT(ID_LIST_MARSHRUT,ID_MARSHRUT,NAME        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |
| Sergeev | 1021 | 01.01.2019 5:40 | UPDATE Antonov.LIST                                                        |

Рис. 2. Фрагмент лог-файла журнала событий системы управления автотранспортным предприятием

Эти и другие запросы, которые выполняются в информационной системе в рамках инициированных каждым пользователем транзакций, отражаются в столбце **Activity**. Дата и время выполнения каждого запроса отражается в столбце **Data**.

В информационной системе присутствуют элементы реализации «цифрового двойника» диспетчера, которые позволяют существенным образом сократить время подготовки путевой документации при выпуске автомобилей на линию [5].

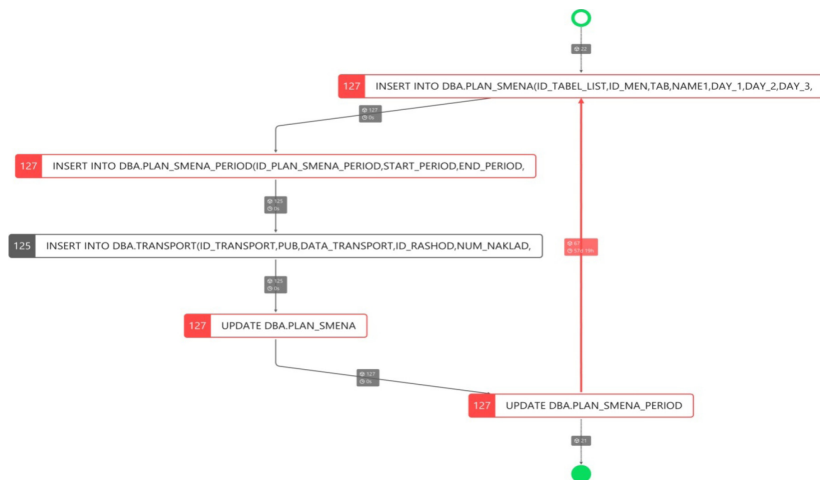
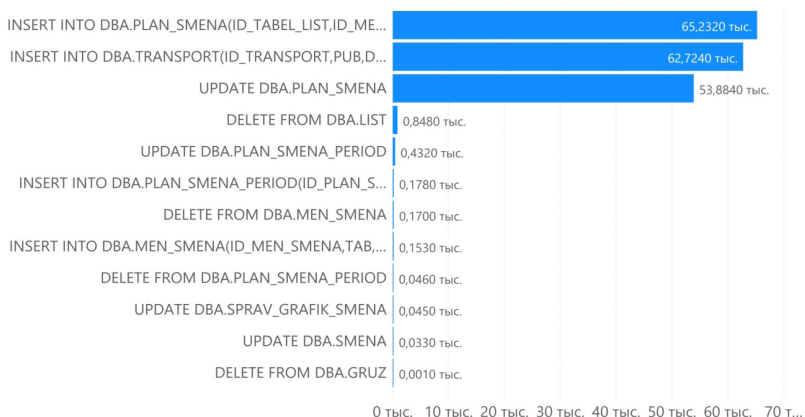


Рис. 3. Типичный бизнес-процесс диспетчера «Antonov»

В Microsoft Power BI с помощью функционала Process Mining [25, 28] была выполнена реконструкция бизнес-процессов каждого диспетчера, работающего в информационной системе. Реконструкция бизнес-процесса диспетчера «Antonov» (рис. 3–4) показала, что кроме формирования плана-графика смен водителей и разнарядок на их основе также этот сотрудник выполнял и некоторые другие операции, в том числе удаление путевых листов.

Статистика операций диспетчера «Lebedev» свидетельствует (Рис. 5), что данный сотрудник в основном занимается обработкой (таксировкой) путевых листов.

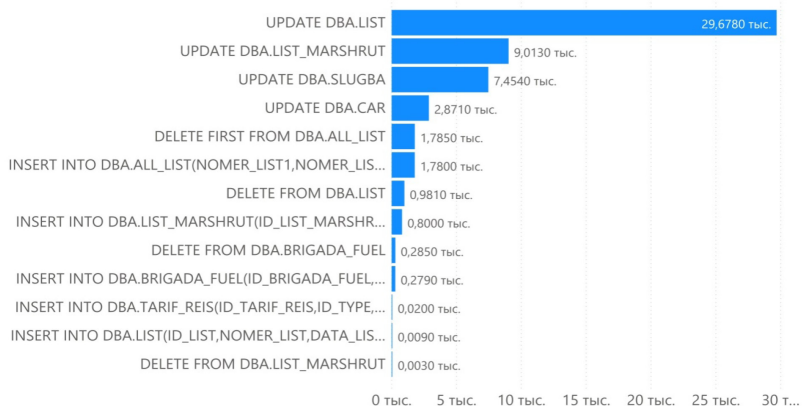


**Рис. 4.** Статистика распределения операций диспетчера «Antonov»

Максимум его операций приходится на изменение путевых листов (операция «UPDATE DBA.LIST») и маршрутных листов (операция «UPDATE DBA.LIST\_MARSHRUT»). При этом также присутствуют операции удаления путевых листов.

Таким же образом, реализуя процедуру Process Mining в информационной системе управления автотранспортным предприятием [6], можно проанализировать «цифровые следы» действий диспетчеров, связанные, например, с изменением информации об автомобилях в справочнике транспортных средств (диспетчера «Sergeev», «Mironov» и «Sorokina»), нормированием и контро-

лем расхода топлива (диспетчер «Solovyova»), планированием ТО, контролем износа шин, списанием резины (диспетчера «Sorokina», «Petrova» и «Mironov»), ведением справочной информации о водителях и закреплением водителей за транспортными средствами (диспетчер «Orlova»).

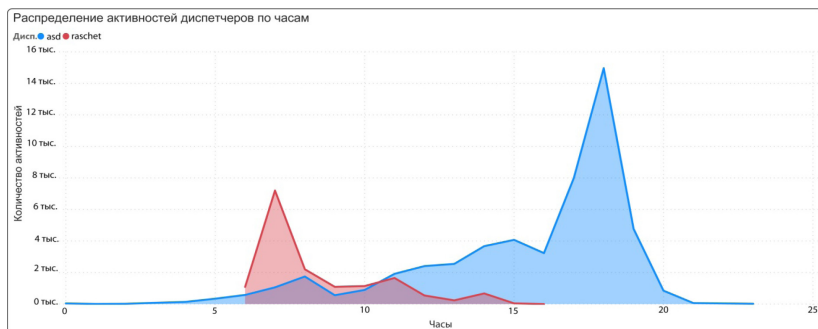


**Рис. 5.** Статистика распределения операций диспетчера «Lebedev»

Отдельно следует отметить операцию удаления путевых листов «DELETE FROM DBA.LIST» из базы данных информационной системы. Как показал Process Mining, количество таких операций в журнале событий за 2019 составляет 1829 единиц. Всего в базе данных за 2019 год содержится 54501 путевой лист. Таким образом, операция удаления путевых листов составляет 3% от их общего количества. Все эти случаи – отклонения от установленного порядка, т.к статус путевого листа как документа первичного учета регламентирует его хранение не менее, чем 5 лет [8, 21].

Process Mining выявляет и документирует также другие нарушения в работе с путевыми листами. На практике по разным причинам закрытие путевых листов осуществляется с задержкой. В связи с этим новые путевые листы выписываются при отсутствии в базе данных предыдущих путевых листов, без точного понимания текущих пробегов транспортных средств, а также расхо-

да топлива. В результате проведенного анализа было выявлено 5075 путевых листов, время закрытия которых превышало нормативное. Данное количество составило 9,4% от общего количества путевых листов. Среднее значение задержки закрытия путевых листов составило 48 часов за 2019 год по всему парку.



**Рис. 6.** Активность диспетчеров по закрытию путевых листов (красный) и выпуске путевых листов (синий) по часам суток

Распределение нагрузки диспетчеров по часам в течение суток на основе годового журнала событий информационной системы управления (Рис. 6) демонстрирует, что в вечерние и утренние часы диспетчеры по обработке путевой документации испытывают пиковые нагрузки. Из-за этого может теряться внимание, возникать стрессовое состояние, что способствует возникновению ошибок в документах [2, 3]. В этом случае технология Process Mining позволяет выявить операции диспетчеров, которые могут характеризовать отклонение их бизнес-процесса от эталонного [24]. Нехарактерные операции увеличивают время протекания бизнес-процесса в целом, и, соответственно, увеличивают весь цикл обслуживания заказа [27, 30].

Важный результат контроля работы персонала с путевыми листами – анализ и совершенствование бизнес-процессов автотранспортного предприятия. Выявляемые нарушения и собираемая статистика позволяет рационально определить функции персонала и распределить обязанности.

## **Выводы**

1. Обязательность путевого листа составляет одну из особенностей российского транспортного законодательства. Его применение регулируется разветвленной системой нормативно-правовых актов разных уровней, в которую входят федеральные законы, постановления Правительства, документы ряда министерств и ведомств, в частности, министерства транспорта, министерства финансов, министерства здравоохранения, федеральной налоговой службы.

2. Путевой лист автомобиля, исходя из его содержания и функций, концентрирует и синхронизирует в себе наиболее важные массивы плановой и отчетной информации о транспортной деятельности.

3. Использование путевого листа в информационной системе управления автотранспортным предприятием обеспечивает реализацию принципа обратной связи для создания и функционирования системы сбалансированных показателей.

4. Процедура Process Mining по отношению к операциям обработки путевых листов в информационной системе управления автотранспортным предприятием обеспечивает: 1) выявление нарушений персоналом установленного порядка использования путевых листов (удаления ранее оформленных путевых листов, несоблюдения сроков сдачи путевых листов после выполнения перевозок); 2) анализ фактически выполняемых действий персоналом, в т.ч. исключить дублирование функций; 3) проводить работу по совершенствованию бизнес-процессов автотранспортного предприятия.

## ***Список литературы***

1. Akkerman, G., Buynosov, A., Dorofeev, A., Kurganov, V. Decision Support System for Road Transport Management in the Digital Age // VIII International Scientific Siberian Transport Forum. Advances in Intelligent Systems and Computing. TransSiberia 2019, Vol. 2. P. 773-781. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3\\_76](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_76)

2. Дорофеев А.Н., Курганов В.М. Реализация концепции «Цифровых двойников» для управления транспортно-логистической компанией // Автомобильные перевозки и транспортная логистика: теория и практика. Сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» (с международным участием). Под научной редакцией Е.Е. Витвицкого. Омск, 2020. С. 26-32.
3. Дорофеев А.Н., Курганов В.М. Устойчивое развитие транспортного предприятия с использованием цифрового двойника // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество. Сборник материалов XV международной научно-практической конференции. Оренбург, 2020. С. 245-253.
4. Курганов В.М., Грязнов М.В., Дорофеев А.Н. Обратные связи в управлении транспортной системой // Логистические системы в глобальной экономике. 2021. № 11. С. 189-193.
5. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Dorofeev A.N., Pervukhin D.V., Nastasyak O.B. Using ontological and architectural approaches for the vehicle fleet management in the enterprise engineering context // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019. 2020. С. 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/760/1/012016>
6. Kurganov V., Dorofeev A., Gryaznov M., Yakimov M., Process Mining as a means of improving the reliability of road freight transportations // Transportation Research Procedia. Volume 54, 2021. P. 300-308. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.076>
7. О безопасности дорожного движения. Федеральный закон от 10.12.1995 №196-ФЗ.
8. О бухгалтерском учете. Федеральный закон от 06.12.2011 №402-ФЗ.
9. О введении путевой документации для индивидуальных предпринимателей, осуществляющих перевозочную деятельность на автомобильном транспорте. Приказ Минтранса РФ от 30.06.2000 № 68.
10. О подтверждении расходов в целях налога на прибыль транспортной накладной, а также о документах, подтверждающих перемещение товаров в ЕАЭС с использованием автомобильного

транспорта, в целях НДС. Письмо ФНС России от 20.02.2021 № СД-3-3/1280@)

11. О порядке применения транспортной накладной. Письмо Минфина России от 17.08.2011 № 03-03-06/1/499.
12. О Правилах дорожного движения (вместе с Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения). Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090.
13. О транспортной накладной. Письмо Департамента налоговой и таможенно-тарифной политики Минфина России от 22.12.2011 № 03-03-10/123
14. Об утверждении обязательных реквизитов и порядка заполнения путевых листов. Приказ Минтранса РФ от 11.09.2020 № 368.
15. Об утверждении порядка проведения предсменных, предрейсовых и послесменных, послерейсовых медицинских осмотров. Приказ Минздрава РФ от 15.12.2014 № 835н.
16. Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 21.12.2020 № 2200.
17. Об утверждении требований к тахографам, устанавливаемым на транспортные средства, категорий и видов транспортных средств, оснащаемых тахографами, правил использования, обслуживания и контроля работы тахографов, установленных на транспортные средства. Приказ Минтранса РФ от 28.10.2020 № 440.
18. Об утверждении унифицированных форм первичной учетной документации по учету работы строительных машин и механизмов, работ в автомобильном транспорте. Постановление Госкомстата РФ от 28.11.1997 № 78.
19. Об утверждении унифицированных форм первичной учетной документации по учету труда и его оплаты, основных средств и нематериальных активов, материалов, малоценных и быстроизнашивающихся предметов, работ в капитальном строительстве. Постановление Госкомстата РФ от 30.10.1997 № 71а.

20. По вопросу документального подтверждения затрат на перевозку грузов автомобильным транспортом. Письмо ФНС РФ от 21.03.2012 N ЕД-4-3/4681@.
21. Положение по бухгалтерскому учету «Учетная политика организации» (ПБУ 1/2008). Приказ Минфина РФ от 06.10.2008г. № 106н
22. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта. Федеральный закон от 8.11.2007 № 259-ФЗ.
23. Cooper D.J., Ezzamel M. A critical analysis of the Balanced Scorecard: towards a more dialogic approach. In: Haslam J., Sikka P. (eds) *Pioneers of Critical Accounting*. 2016. pp. 201-230. [https://doi.org/10.1057/978-1-137-54212-0\\_11](https://doi.org/10.1057/978-1-137-54212-0_11)
24. Dreher S., Reimann P., Gröger, C. Application fields and research gaps of Process Mining in Manufacturing Companies. In: Reussner, R. H., Koziolok, A. & Heinrich, R. (Hrsg.), *INFORMATIK 2020. Gesellschaft für Informatik, Bonn*. pp. 621-634. [https://doi.org/10.18420/inf2020\\_55](https://doi.org/10.18420/inf2020_55)
25. Geyer-Klingenberg J., Nakladal J., Baldauf F., Veit F. Process Mining and Robotic Process Automation: A Perfect Match // 16th International Conference on Business Process Management. Sydney, Australia. 2018.
26. Kaplan, R. S. and D. P. Norton. Transforming the Balanced Scorecard from Performance Measurement to Strategic Management // *American Accounting Association Accounting Horizons*. March 2001. Vol. 15 No. 1. pp. 87-104.
27. Lorenz R., Senoner J., Sihm W., Netland T. Using process mining to improve productivity in make-to-stock manufacturing // *International Journal of Production Research*, 59:16, 2021, pp. 4869-4880. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1906460>
28. Reinkemeyer L. *Process Mining in Action. Principles, Use Cases and Outlook* - Springer, 2020. 207 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-40172-6>
29. Rushton, A. *The Handbook of Logistics and Distribution Management/ Understanding the supply chain* / Akan Rushton, Phil Croucher, Peter Baker. 6th edition. CPI Group (UK) Ltd. 2017. 912 p.
30. Schwaickardt E., Dantas M. J.P. Process Mining applied in Supply Management Processes // *European Journal of Scientific Research*. 2018, Vol. 151, No. 2, pp. 160-171

31. U.S. Government freight transportation handbook. The General Services Administration - GSA. 2012. 54 p.

### *References*

1. Akkerman, G., Buynosov, A., Dorofeev, A., Kurganov, V. Decision Support System for Road Transport Management in the Digital Age. *VIII International Scientific Siberian Transport Forum. Advances in Intelligent Systems and Computing. TransSiberia*, 2019, vol. 2, pp. 773-781. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3\\_76](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_76)
2. Dorofeev A.N., Kurganov V.M. *Realizatsiya kontseptsii «Tsifrovyykh dvoynikov» dlya upravleniy transportno-logisticheskoy kompaniy* [Implementation of the concept of “Digital twins” for the management of a transport and logistics company]. *Avtomobil'nye perevozki i transportnaya logistika: teoriya i praktika. Sbornik nauchnykh trudov kafedry “Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte” (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Automotive transportation and transport logistics: theory and practice. Collection of scientific papers of the department “Organization of transportation and transport management” (with international participation)]. Ed. E.E. Vitvitsky. Omsk, 2020, pp. 26-32.
3. Dorofeev A.N., Kurganov V.M. *Ustoychivoe razvitie transportnogo predpriyatiya s ispol'zovaniem tsifrovogo dvoynika* [Sustainable development of a transport enterprise using a digital twin]. *Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh: Evraziyskoe sotrudnichestvo. Sbornik materialov XV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Progressive technologies in transport systems: Eurasian cooperation. Collection of materials of the XV international scientific-practical conference]. Orenburg, 2020, pp. 245-253.
4. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Dorofeev A.N. *Obratnye svyazi v upravlenii transportnoy sistemoy* [Feedbacks in the management of the transport system]. *Logisticheskie sistemy v global'noy ekonomike* [Logistic systems in the global economy], 2021, no. 11, pp. 189-193.
5. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Dorofeev A.N., Pervukhin D.V., Nastasyak O.B. Using ontological and architectural approaches for the vehicle fleet management in the enterprise engineering context.

- IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Transport and Infrastructure of the Siberian Region, SibTrans 2019*. 2020, 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/760/1/012016>
6. Kurganov V., Dorofeev A., Gryaznov M., Yakimov M., Process Mining as a means of improving the reliability of road freight transportations. *Transportation Research Procedia*, 2021, vol. 54, pp. 300-308. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.076>
  7. *O bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [About road safety]. Federal Law of December 10, 1995 No. 196-FZ.
  8. *O bukhgalterskom uchete* [About accounting]. Federal Law No. 402-FZ dated December 6, 2011.
  9. *O vvedenii putevoy dokumentatsii dlya individual'nykh predprinimateley, osushchestvlyayushchikh perevozochnyuyu deyatel'nost' na avtomobil'nom transporte* [On the introduction of travel documentation for individual entrepreneurs engaged in transportation activities on road transport]. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated June 30, 2000 No. 68.
  10. *O podtverzhdenii raskhodov v tselyakh naloga na pribyl' transportnoy nakladnoy, a takzhe o dokumentakh, podtverzhdayushchikh peremeshchenie tovarov v EAES s ispol'zovaniem avtomobil'nogo transporta, v tselyakh NDS* [On confirmation of expenses for the purposes of income tax bill of lading, as well as on documents confirming the movement of goods to the EAEU using road transport, for VAT purposes]. Letter of the Federal Tax Service of Russia dated February 20, 2021 No SD-3-3/1280@)
  11. *O poryadke primeneniya transportnoy nakladnoy* [About the order of application of the bill of lading]. Letter of the Ministry of Finance of Russia dated August 17, 2011 No. 03-03-06/1/499.
  12. *O Pravilakh dorozhnogo dvizheniya* [About the Rules of the road]. Decree of the Government of the Russian Federation of October 23, 1993 No. 1090.
  13. *O transportnoy nakladnoy* [About the bill of lading]. Letter No. 03-03-10/123 of the Department of Tax and Customs Tariff Policy of the Ministry of Finance of Russia dated December 22, 2011

14. *Ob utverzhdenii obyazatel'nykh rekvizitov i poryadka zapolneniya putevykh listov* [On the approval of mandatory details and the procedure for filling out travel sheets]. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of September 11, 2020 No. 368.
15. *Ob utverzhdenii poryadka provedeniya predsmennykh, predreysovykh i poslesmennykh, poslereysovykh meditsinskikh osmotrov* [On approval of the procedure for pre-shift, pre-trip and post-shift, post-trip medical examinations]. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation of December 15, 2014 No. 835n.
16. *Ob utverzhdenii Pravil perevozok грузов автомобил'nym transportom i o vnesenii izmeneniy v punkt 2.1.1 Pravil dorozhnogo dvizheniya Rossiyskoy Federatsii* [On approval of the Rules for the Carriage of Goods by Road and on Amendments to paragraph 2.1.1 of the Rules of the Road of the Russian Federation]. Decree of the Government of the Russian Federation of December 21, 2020 No. 2200.
17. *Ob utverzhdenii trebovaniy k takhografam, ustanavlivaemym na transportnye sredstva, kategorii i vidov transportnykh sredstv, osnashchayemykh takhografami, pravil ispol'zovaniya, obsluzhivaniyai kontrolya raboty takhografov, ustanovlennyykh na transportnye sredstva* [About the approval of requirements to tachographs installed on vehicles, categories and types of vehicles equipped with tachographs, rules of use, maintenance and control of operation of tachographs installed on vehicles]. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of October 28, 2020 No. 440.
18. *Ob utverzhdenii unifikirovannykh form pervichnoyuchetnoy dokumentatsii po uchetu raboty stroitel'nykh mashin i mekhanizmov, rabot v avtomobil'nom transporte* [About the approval of the unified forms of primary accounting documentation for the accounting of the work of construction machines and mechanisms, works in road transport]. Decree of the State Statistics Committee of the Russian Federation of November 28, 1997 No. 78.
19. *Ob utverzhdenii unifikirovannykh form pervichnoy uchetnoy dokumentatsii po uchetu truda i ego oplaty, osnovnykh sredstv i nematerial'nykh aktivov, materialov, malotsennykh i bystroiznashivayushchikhsya predme-*

- tov, rabot v kapital'nom stroitel'stve* [On the approval of unified forms of primary accounting documentation for the accounting of labor and its payment, fixed assets and intangible assets, materials, low-value and wear-out items, works in capital construction]. Decree of the State Statistics Committee of the Russian Federation dated October 30, 1997 No. 71a.
20. *Po voprosu dokumental'nogo podtverzhdeniya zatrat na perevozku грузов avtomobil'nym transportom* [On the issue of documentary confirmation of the costs of transporting goods by road]. Letter of the Federal Tax Service of the Russian Federation of March 21, 2012 N ED-4-3/4681@.
  21. *Polozhenie po bukhgalterskomu uchetu "Uchetnaya politika organizatsii"* [Regulation on accounting "Accounting policy of the organization"] (PBU 1/2008). Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 06.10.2008 No. No. 106n.
  22. *Ustav avtomobil'nogo transporta i gorodskogo nazemnogo elektricheskogo transporta* [Charter of motor transport and urban ground electric transport]. Federal Law No. 259-FZ dated November 8, 2007.
  23. Cooper D.J., Ezzamel M. A critical analysis of the Balanced Scorecard: towards a more dialogic approach. In: Haslam J., Sikka P. (eds) *Pioneers of Critical Accounting*, 2016, pp. 201-230. [https://doi.org/10.1057/978-1-137-54212-0\\_11](https://doi.org/10.1057/978-1-137-54212-0_11)
  24. Dreher S., Reimann P., Gröger, C. Application fields and research gaps of Process Mining in Manufacturing Companies. In: Reussner, R. H., Koziolk, A. & Heinrich, R. (Hrsg.), *INFORMATIK 2020*. Gesellschaft für Informatik, Bonn. pp. 621-634. [https://doi.org/10.18420/inf2020\\_55](https://doi.org/10.18420/inf2020_55)
  25. Geyer-Klingenberg J., Nakladal J., Baldauf F., Veit F. Process Mining and Robotic Process Automation: A Perfect Match. *16th International Conference on Business Process Management*. Sydney, Australia, 2018, pp. 96 - 112
  26. Kaplan, R. S. and Norton, D. P.. Transforming the Balanced Scorecard from Performance Measurement to Strategic Management. *American Accounting Association Accounting Horizons*, March 2001, vol. 15, no. 1, pp. 87-104
  27. Lorenz R., Senoner J., Sihm W., Netland T. Using process mining to improve productivity in make-to-stock manufacturing. *Internation-*

- al Journal of Production Research*, 2021, vol. 59:16, pp. 4869-4880.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1906460>
28. Reinkemeyer L. *Process Mining in Action. Principles, Use Cases and Outlook* - Springer, 2020. 207 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-40172-6>
29. Rushton, A. *The Handbook of Logistics and Distribution Management/ Understanding the supply chain*. Akan Rushton, Phil Croucher, Peter Baker. 6th edition. CPI Group (UK) Ltd. 2017, 912 p.
30. Schwaickardt E., Dantas M. J.P. *Process Mining applied in Supply Management Processes. European Journal of Scientific Research*, 2018, vol. 151, no. 2, pp. 160-171
31. U.S. Government freight transportation handbook. The General Services Administration - GSA. 2012, 54 p.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Курганов Валерий Максимович**, профессор кафедры «Экономика предприятия и менеджмент», доктор технических наук  
*Тверской государственный университет*  
ул. Желябова, 33, г. Тверь, 170100, Российская Федерация  
[glavreds@gmail.com](mailto:glavreds@gmail.com)

**Дорофеев Алексей Николаевич**, доцент кафедры «Бизнес-информатика», кандидат технических наук  
*Финансовый университет при Правительстве РФ*  
Ленинградский просп., 49, г. Москва, 125993, Российская Федерация  
[andorofeev@fa.ru](mailto:andorofeev@fa.ru)

**Грязнов Михаил Владимирович**, профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами», доктор технических наук  
*Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова*  
просп.Ленина, 38, г. Магнитогорск, Челябинская обл., 455000, Российская Федерация  
[gm-autolab@mail.ru](mailto:gm-autolab@mail.ru)

**Филиппова Надежда Анатольевна**, профессор кафедры «Автомобильные перевозки», доктор технических наук  
*Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет  
Ленинградский просп., 64, г. Москва, 125319, Российская Фе-  
дерация  
umen@bk.ru*

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

**Valery M. Kurganov**, Professor «Enterprise economics and manage-  
ment», Doctor of Technical Sciences  
*Tver State University  
33, Zhelyabova Str., Tver, 170100, Russian Federation  
glavreds@gmail.com  
SPIN-code: 4811-6159  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8494-2852>  
Researcher ID: A-6227-2017  
Scopus Author ID: 57196729393*

**Aleksey N. Dorofeev**, Ass. Professor «Business Informatics», Candi-  
date of Technical Sciences  
*Financial University under the Government of the Russian Fe-  
deration  
49, Leningradsky Ave, Moscow, 125993, Russian Federation  
andorofeev@fa.ru  
SPIN-code: 5616-2716  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0689-8881>  
ResearcherID: AAZ-6060-2021  
Scopus Author ID: 56114596900*

**Mikhail V. Gryaznov**, Professor «Logistics and management of trans-  
port systems», Doctor of Technical Sciences  
*Magnitogorsk state technical University  
38, Lenin Ave., Magnitogorsk, Chelyabinsk region, 455000, Rus-  
sian Federation*

*gm-autolab@mail.ru*

*SPIN-code: 2885-7112*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3142-1089>*

*Researcher ID: ADB-7387-2021*

*Scopus Author ID: 57196704983*

**Nadezhda A. Filippova**, Professor «Road transport», Doctor of Technical Sciences

*Moscow Automobile and Road Transport State Technical University*

*64, Leningradsky Ave., Moscow, 125319, Russian Federation  
[umen@bk.ru](mailto:umen@bk.ru),*

*SPIN-code: 3782-8051*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9754-7579>*

*Researcher ID: ABD-7377-2020*

*Scopus Author ID: 57206737747*

Поступила 18.02.2022

После рецензирования 25.02.2022

Принята 01.03.2022

Received 18.02.2022

Revised 25.02.2022

Accepted 01.03.2022

DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-34-51

УДК 658.788

## АНАЛИЗ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЭКСПЕДИТОРОВ В РЯДЕ СТРАН СНГ

*М. Поляк, Е.С. Саламахина*

*Данная статья поднимает вопрос различия размера ответственности экспедиторов в ряде стран Содружества Независимых Государств (далее – СНГ). Целью данного анализа является определение и сравнение величины ответственности экспедиторов в различных странах. Собранная информация будет в дальнейшем использована для возможности рассмотрения изменения законодательных норм, регулирующих международную экспедиционную деятельность. Предложение по изменению законодательных норм будет содержать создание единых условий ответственности экспедиторов вне зависимости от того, в каком государстве зарегистрирован предприниматель, оказывающий экспедиционные услуги, что приведет к упрощению процесса организации перевозок товаров. В статье были приведены итоги анализа ответственности экспедиторов в ряде стран Европейского Союза (далее – ЕС), которые были выявлены в рамках более ранних исследований. Далее были проанализированы условия ответственности экспедиторов в ряде стран СНГ, которые были установлены в соответствии с законодательными нормами, регулирующими транспортно-экспедиционный процесс. Помимо прочего были выявлены национальные ассоциации экспедиторов и определены различия ответственности экспедиторов в договорах экспедирования грузов, предлагаемые данными организациями. По итогам анализа было проведено сравнение полученных данных, которое можно использовать для дальнейшего, более глубокого изучения выбранной тематики.*

**Цель** – провести анализ ответственности экспедиторов в ряде стран СНГ.

**Метод или методология проведения работы:** в статье использовался сравнительно-правовой метод анализа.

**Результаты:** получены результаты анализа ответственности экспедиторов в ряде стран СНГ, которые будут являться основой для дальнейшего создания совместных решений по объединению условий осуществления экспедиционной деятельности в различных странах.

**Область применения результатов:** полученные результаты целесообразно применять экономическими субъектами, осуществляющими международную экспедиционную деятельность.

**Ключевые слова:** экспедирование; транспортное законодательство; ответственность экспедиторов

## ANALYSIS OF THE RESPONSIBILITY OF FREIGHT FORWARDERS IN A NUMBER OF CIS COUNTRIES

*M. Poliak, E.S. Salamakhina*

*This article raises the issue of the difference in the amount of the responsibility of freight forwarders in selected countries of the Commonwealth of Independent States (hereinafter CIS). The purpose of this analysis is to determine and compare the amount of responsibility of freight forwarders in different countries. The collected information will be used in the future for the possibility of considering changes in the legislative norms governing international forwarding activities. The proposal to amend the legislative norms will contain the creation of uniform conditions for the responsibility of freight forwarders, regardless of which state the entrepreneur providing forwarding services is registered in, which will simplify the process of organizing the transportation of goods. The article presents the results of the analysis of the responsibility of freight forwarders in selected countries of the European Union (hereinafter the EU), which were identified in the framework of earlier studies. Further, the conditions of responsibility of freight forwarders in CIS countries were analyzed, which were established in accordance with the legislative*

*norms regulating the freight forwarding process. Among other things, national associations of freight forwarders were identified and differences in the responsibilities of freight forwarders in freight forwarding contracts offered by these organizations were determined. Based on the results of the analysis, a comparison of the data obtained was carried out, which can be used for further, more in-depth study of the chosen topic.*

**Purpose.** *To analyze the responsibility of freight forwarders in selected CIS countries.*

**Methodology** *the article used a comparative legal method of analysis.*

**Results:** *the results of the analysis of the responsibility of freight forwarders in selected CIS countries have been obtained, which will be the basis for further creation of joint solutions to combine the conditions for carrying out forwarding activities in various countries.*

**Practical implications** *the obtained results should be applied by economic entities engaged in international forwarding activities.*

**Keywords:** *forwarding; transport legislation; responsibility of freight forwarders*

## **Введение**

В условиях глобализации рыночных отношений в современном мире использование посреднических услуг экспедиторов и логистов является необходимостью. Различные государства самостоятельно определяют условия доступа на рынок транспортно-экспедиционной деятельности. В некоторых странах требуется получение лицензии для осуществления данной деятельности, в некоторых предприниматели могут осуществлять экспедиционную деятельность без лицензии. Тем не менее законодательство каждого государства определяет обязанности экспедиторов, договор транспортной экспедиции и прочие подобные моменты [12].

В задачи экспедитора входит упаковка и маркировка товара, выбор подходящего вида транспорта, осуществление необходимых операций при прохождении таможенного контроля, подбор надежных исполнителей и так далее. Для организации перевозок экспедиторы используют судоходные и авиакомпании, операторов железнодорож-

ных и автомобильных перевозок, в некоторых случаях транспортно-экспедиционные компании предоставляют услуги собственными силами и транспортными средствами. Экспедиторские компании различаются по типу и размеру. Существуют крупные компании, которые работают на национальном и международном рынке, а также малые и средние, работающие на региональных рынках и занимающиеся перевозкой только определённых видов товаров [14].

Очевидно, что работать через посредника не только удобней, но и дешевле. В большинстве случаев экспедиторы имеют определённые скидки у перевозчиков. При использовании услуг экспедитора грузовладелец также получает возможность экономить на обслуживании договоров – вместо нескольких договоров с участниками процесса доставки, ему достаточно заключить один договор с экспедитором [7]. Кроме того, следует уделять все внимание развитию основной компетенции компании, т. е. ориентация на производство и предоставление услуг, отказ от дополнительных функций, которые не являются типичными для компании (транспортировка, физическое распределение товаров, хранение и т.д.). В такой ситуации необходимость пользоваться услугами третьих лиц возникает, когда специализированные услуги поставляются необходимым для обеспечения представления продукта любой услуги конечному потребителю. Этот процесс называется аутсорсинг [16]. Только небольшое количество производителей товаров может себе позволить иметь собственный транспортно-экспедиторский отдел, однако и те, кому это под силу, зачастую предпочитают использовать сторонние компании. Формирование собственного транспортно-экспедиторского отдела предполагает стартовое и последующие финансирование, причем не всегда удается сократить сопутствующие расходы, в условиях временного снижения объема производства. Более того, создание новых рабочих мест накладывает на работодателей дополнительную ответственность, в рамках законодательства. Все это является причиной востребованности агентств, которые предлагают логистические и экспедиционные услуги.

Необходимо понимать, что любая деятельность по оказанию услуг предполагает определенную ответственность перед клиентами, пар-

тнерами и законом. Любое предпринимательство может существовать только в рамках взаимного доверия и уважения. Соответственно, каждый начинающий предприниматель, решивший выступать посредником в области экспедирования, обязан ознакомиться с законодательством, регулирующим данную сферу деятельности.

Актуальной проблемой в области международного экспедирования является отсутствие единого законодательства. Каждая страна, как в рамках Евросоюза, так и вне его, определяет разную ответственность экспедиторов, что провоцирует дополнительные сложности. Фундаментом успешного функционирования логистики и экспедирования является скорость оказания услуг и упрощенный порядок действий, в связи с чем, такой нюанс, как отсутствие единой законодательной базы является препятствием к снижению объема усилий и времени, затраченных на процесс перевозки.

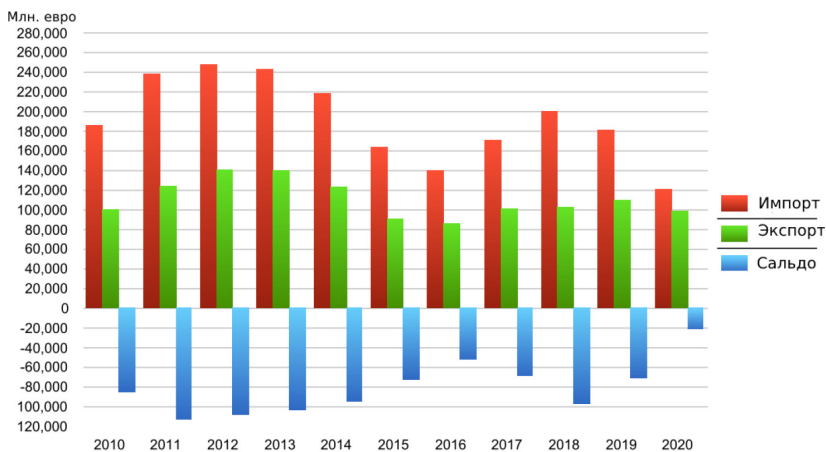


Рис. 1. Торговля ЕС с СНГ. Годовые данные 2010-2020 [13]

Производители, использующие услуги экспедиторов разных стран, вынуждены отдельно изучать условия их ответственности. Экспедиторы в свою очередь могут использовать услуги других экспедиционных агентств, соответственно, у них возникают такие же проблемы, как и у клиентов.

Целью данной статьи является анализ ответственности экспедиторов в ряде стран СНГ. Несмотря на то, что страны СНГ имеют отдельную от Европейского Союза экономическую зону, торговая коммуникация между странами СНГ и европейским союзом является достаточно активной, что указано на рисунке 1.

### **Анализ ответственности экспедиторов в странах ЕС**

В соответствии с анализом, проведенным ранее, были получены данные, отражающие ответственность экспедиторов в выбранных странах ЕС. Данные отображены в таблицах 1, 2, 3:

*Таблица 1.*

**Ограничение ответственности экспедитора за килограмм утерянного или поврежденного груза**

| <b>Страна</b>                      | <b>XDR/кг</b>   | <b>Евро/кг</b>  |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Словакия                           | 8,33            | 9,36            |
| Германия                           | -               | 5               |
| Хорватия                           | Без ограничений | Без ограничений |
| Австрия                            | -               | 1,09            |
| Бельгия                            | -               | 5               |
| Италия                             | 8,33            | 9,36            |
| Румыния                            | 4               | 4,49            |
| Эстония                            | 8,33            | 9,36            |
| Нидерланды                         | 4               | 4,49            |
| Словения                           | 5               | 5,62            |
| Польша                             | 2               | 2,25            |
| Чехия                              | 8,33            | 9,36            |
| Норвегия, Финляндия, Дания, Швеция | 8,33            | 9,36            |

*Таблица 2.*

**Максимальное ограничение ответственности экспедитора за один случай повреждения**

| <b>Страна</b> | <b>XDR</b>                                                                                                                                          | <b>Евро</b>     |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Словакия      | 22 000                                                                                                                                              | 22 480          |
| Германия      | Неограниченный, при мультимодальных перевозках (включая водный транспорт) до 1 миллиона XDR или 2XDR/кг – применяется более высокая ответственность |                 |
| Хорватия      | Без ограничений                                                                                                                                     | Без ограничений |

Окончание табл. 2.

|                                    |                 |                 |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Австрия                            | -               | 1 090,09        |
| Бельгия                            | -               | 25 000          |
| Италия                             | Без ограничений | Без ограничений |
| Румыния                            | 10 000          | 11 240          |
| Эстония                            | 50 000          | 56 200          |
| Нидерланды                         | 10 000          | 11 240          |
| Словения                           | 25 000          | 28 100          |
| Польша                             | 50 000          | 56 200          |
| Чехия                              | 20 000          | 22 480          |
| Норвегия, Финляндия, Дания, Швеция | 50 000          | 56 200          |

Таблица 3.

**Ограничение ответственности экспедитора за один случай повреждения**

| <b>Страна</b>                      | <b>Расчет ответственности, Евро</b> |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| Словакия                           | 22 480                              |
| Германия                           | 40 000                              |
| Хорватия                           | 55 000                              |
| Австрия                            | 8 720                               |
| Бельгия                            | 25 000                              |
| Италия                             | 55 000                              |
| Румыния                            | 11 240                              |
| Эстония                            | 55 000                              |
| Нидерланды                         | 11 240                              |
| Словения                           | 28 100                              |
| Польша                             | 17 984                              |
| Чехия                              | 22 480                              |
| Норвегия, Финляндия, Дания, Швеция | 55 000                              |

Как мы видим, законодательство большинства стран определяет ограничение ответственности экспедиторов. Величину ответственности экспедитора определяют либо в евро, либо в единицах специального права заимствования, XDR, которые являются искусственным резервным и платёжным средством, эмитируемым Международным валютным фондом. В рамках статьи было предложено решение по объединению ответственности экспедиторов с помощью усреднения полученных данных:

- 5.10 €/кг массы брутто поврежденных, утерянных или уничтоженных товаров
- 23 000 евро за один случай повреждения [15].

### **Анализ ответственности экспедиторов во выбранных странах СНГ**

#### *Ответственность экспедиторов в Российской Федерации*

В Российской Федерации ответственность экспедиторов регулируется главой 41 Гражданского Кодекса Российской Федерации (далее ГК РФ), которая определяет договор транспортной экспедиции, ответственность, документы, предоставляемые экспедитору и прочее.

В соответствии со статьей 801 ГК РФ по договору транспортной экспедиции экспедитор обязуется за вознаграждение и за счет клиента-грузоотправителя или грузополучателя выполнить, или организовать выполнение определенных договором экспедиции услуг, связанных с перевозкой груза.

Статья 803 ГК РФ гласит, что за неисполнение или ненадлежащее исполнение обязанностей по договору экспедиции экспедитор несет ответственность по основаниям и в размере, которые определяются в соответствии с правилами главы 25 ГК РФ [3].

Величину ответственности экспедитора определяет Федеральный закон от 30.06.2003 N 87-ФЗ, Глава 3.

При оказании экспедиционных услуг, связанных с перевозками грузов в международном сообщении, предел ответственности экспедитора за неисполнение или ненадлежащее исполнение обязанностей, предусмотренных договором транспортной экспедиции, не может превышать 2 XDR за килограмм общего веса утраченного, недостающего или поврежденного (испорченного) груза, также не может превышать 666,67 XDR за место или иную единицу отгрузки.

Помимо реального ущерба экспедитор обязан возместить клиенту упущенную выгоду в связи с утратой, недостаточей или повреждением (порчей) груза, произошедшими по вине экспедитора.

Действительная стоимость груза определяется исходя из цены, указанной в договоре или счете продавца, а при ее отсутствии исходя из средней цены на аналогичный товар, существовавший в том месте, в котором груз подлежал выдаче [11].

#### *Ответственность экспедиторов в Украине*

В Украине экспедиторскую деятельность регулирует Глава 65 Гражданского кодекса Украины (Далее ГК Украины).

По договору транспортного экспедирования экспедитор обязуется за плату и за счет клиента выполнить или организовать выполнение определенных договором экспедиции услуг, связанных с перевозкой груза.

В соответствии со статьей 934 ГК Украины, за нарушение обязанностей по договору транспортного экспедирования экспедитор отвечает перед клиентом в соответствии с главой 51 ГК Украины [8].

Закон Украины О транспортно-экспедиторской деятельности от 5 июля 2012 года N 5060-VI более подробно описывает условия транспортного экспедирования, однако не устанавливает определенную величину ответственности экспедитора [5]. Размер ответственности может быть установлен в соответствии с договором транспортного экспедирования, который заключается между экспедитором и клиентом.

Стоит отдельно упомянуть, что международная ассоциация экспедиторов Украины (АМЭУ) предлагает условия транспортно-экспедиторской деятельности.

В соответствии с данными условиями, ответственность за потерю/повреждение товара не может превышать эквивалент 2 SDR за килограмм брутто-веса. Ответственность транспортно-экспедиторского предприятия за потери любого вида не должна превышать общей суммы 10 000 SDR на каждый случай.

При задержке доставки товара экспедитор возвращает клиенту вознаграждение, полученное ранее за осуществление транспортно-экспедиционной деятельности [9].

#### *Ответственность экспедиторов в Республике Беларусь*

Регулирование транспортно-экспедиторской деятельности в Республике Беларусь осуществляется Гражданским Кодексом Республики Беларусь (далее ГК РБ).

По договору транспортной экспедиции экспедитор обязуется за вознаграждение и за счет другой стороны клиента выполнить или организовать выполнение определенных договором экспедиции услуг, связанных с перевозкой груза.

Статья 756 ГК РБ гласит, что за неисполнение или ненадлежащее исполнение обязанностей по договору экспедиции экспедитор несет ответственность по основаниям и в размере, которые определяются в соответствии с правилами главы 25 ГК РБ [1].

Закон Республики Беларусь 13 июня 2006 г. № 124-ЗО транспортно-экспедиционной деятельности определяет, что ущерб, причиненный несохранностью груза, возмещается экспедитором в следующих размерах:

- за утрату или недостачу груза – в размере стоимости утраченного или недостающего груза;
- за повреждение (порчу) груза – в размере суммы, на которую понизилась стоимость груза, а при невозможности восстановления поврежденного груза – в размере его стоимости;
- за утрату или недостачу груза, принятого экспедитором для перевозки с объявлением ценности, – в размере объявленной ценности груза или части объявленной ценности, пропорциональной утраченной (недостающей) части груза, но не выше его реальной стоимости [4].

В случае использования договора заключаемого членами Белорусской Ассоциации Экспедиторов устанавливаются следующее ограничение ответственности экспедитора:

- ответственность экспедитора ограничивается суммой, не превышающей 666,67 XDR за место или другую единицу отгрузки, либо 2 XDR за один килограмм веса брутто утраченного или поврежденного груза в зависимости от того, какая сумма выше.
- если доставка груза не включает в себя перевозку морем или по внутренним водным путям, ответственность экспедитора ограничивается суммой, не превышающей 8,33 XDR за килограмм веса брутто утраченного или поврежденного груза.

- ответственность экспедитора за ущерб, являющийся следствием задержки в доставке груза, ограничивается суммой, не превышающей провозные платежи, причитающиеся за задержанный доставкой груз.
- экспедитор утрачивает право на ограничение ответственности, если будет доказано, что убытки, вызванные утратой, повреждением или задержкой в доставке, явились результатом действий или бездействия экспедитора, совершенных с намерением причинить такие убытки [6].

#### *Ответственность экспедиторов в Республике Казахстан*

Деятельность экспедиторов в Казахстане определяет Гражданский кодекс Республики Казахстан(далее ГК РК)

По договору транспортной экспедиции экспедитор обязуется за вознаграждение и за счет другой стороны клиента выполнить или организовать выполнение определенных договором экспедиции услуг, связанных с перевозкой груза, в том числе заключить от имени клиента или от своего имени договор (договоры) перевозки груза.

Ответственность экспедиторов определяется в соответствии со статьей 713 ГК РК. За неисполнение или ненадлежащее исполнение обязанностей по договору транспортной экспедиции экспедитор несет ответственность по основаниям и в размере, определяемых в соответствии с правилами главы 20 ГК РК. Размер ответственности экспедитора перед клиентом в таких случаях не должен превышать размер реального ущерба, причиненного клиенту, то есть размер ответственности перевозчика.

Стоимость товаров определяется в соответствии с действующей биржевой ценой на товар, а если таковой цены нет – то в соответствии с текущей рыночной ценой. Если нет ни биржевой, ни рыночной цены, то стоимость товара определяется исходя из обычной стоимости подобного товара [2].

При заключении экспедиционного договора с членами ассоциации национальных экспедиторов республики Казахстан, экспедитор не может нести ответственность за утрату товара и причиненный товару ущерб в сумме, превышающей эквивалент 2 XDR за один килограмм веса брутто утраченного или поврежденного груза [10].

Таблица 4.

**Сравнение ответственности экспедиторов во выбранных странах**

| Страна               | Законодательство регулирующее транспортно-экспедиционную деятельность                                                                                       | Размер ответственности экспедитора в соответствии с законодательством                                                                    | Ассоциация экспедиторов, действующая в стране                      | Размер ответственности, определяемый договором ассоциации экспедиторов                                                                                                                                              |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Российская Федерация | Гражданский Кодекс Российской Федерации<br><br>Федеральный закон от 30.06.2003 № 87-ФЗ «О транспортно-экспедиционной деятельности» (далее – Закон № 87-ФЗ). | 2 XDR за килограмм брутто-веса<br><br>666,67 XDR за место или иную единицу отгрузки                                                      | Российская ассоциация экспедиторовских и логистических организаций | В соответствии с действующим законодательством.                                                                                                                                                                     |
| Украина              | Гражданский Кодекс Украины<br><br>Закон Украины о транспортно-экспедиционной деятельности                                                                   | В соответствии с договором транспортного экспедирования                                                                                  | Ассоциация Международных Экспедиторов Украины                      | 2 XDR за килограмм брутто-веса<br><br>10 000 XDR на каждый случай.                                                                                                                                                  |
| Республика Беларусь  | Гражданский Кодекс Республики Беларусь<br><br>ЗАКОН РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ 13 июня 2006 г. № 124-ЗО транспортно-экспедиционной деятельности                    | В размере суммы, на которую понизилась стоимость груза, а при невозможности восстановления поврежденного груза – в размере его стоимости | Ассоциация Международных Экспедиторов и Логистики БАМЭ             | 2 XDR за один килограмм веса брутто<br>8,33 XDR за килограмм веса брутто (если доставка груза не включает в себя перевозку морем или по внутренним водным путям)<br>666,67 XDR за место или другую единицу отгрузки |
| Республика Казахстан | Гражданский кодекс Республики Казахстан                                                                                                                     | В размере суммы, на которую понизилась стоимость груза, а при невозможности восстановления поврежденного груза – в размере его стоимости | Ассоциация Национальных экспедиторов РК                            | 2 XDR за один килограмм веса брутто                                                                                                                                                                                 |

В таблице 4 указаны законодательства, регулирующие транспортно-экспедиционную деятельность, ассоциации экспедиторов, а также размер ответственности экспедиторов во выбранных странах.

Необходимо отметить, что только в РФ ограничение ответственности экспедитора установлено законодательством. Данный факт указывает на то, что данные ограничения ответственности экспедитора будут действовать вне зависимости от того, был ли договор заключен с компанией, которая является членом российской ассоциации экспедиторских и логистических организаций, или нет.

Кардинальных различий в величине ответственности экспедитора в странах СНГ не наблюдается, общим является показатель 2 XDR за один килограмм веса брутто. Стоит отметить, что в среднем ответственность экспедиторов в указанных странах СНГ существенно ниже ответственности экспедиторов в странах ЕС, что осложняет возможность привести их к общему показателю. Для получения возможности объединения размера ответственности экспедитора необходимо проводить более глубокий анализ влияющих на нее условий, таких как экономическая ситуация в анализируемых странах, уровень развития транспортно-экспедиционного рынка и так далее.

## **Вывод**

Мировой рынок требует, чтобы транспортные компании предоставляли быстрые и качественные услуги. Каждая составляющая процесса перевозки груза может существенно повлиять на его стоимость и время. Отсутствие единой законодательной базы, регуливающей транспортно-экспедиционную деятельность, может существенно снизить эффективность транспортно-экспедиторских услуг, именно поэтому так важно продолжить анализ этой темы. По результатам анализа было установлено, что разница в максимальной ответственности экспедиторов в странах Европейского Союза и странах СНГ существенно отличается, что значительно усложняет создание общего решения. Однако это станет возможным по результатам более детального изучения факторов, влияющих на его формирование.

### **Информация о спонсорстве.**

Эта работа была создана при содействии Агентства по поддержке исследований и разработок, на основании договора № APVV-19-0444.

### ***Список литературы***

1. Гражданский Кодекс Республики Беларусь. Статья 756. Ответственность экспедитора по договору транспортной экспедиции. URL: [https://kodeksy-by.com/grazhdanskij\\_kodeks\\_rb/756.htm](https://kodeksy-by.com/grazhdanskij_kodeks_rb/756.htm) (дата обращения: 07.12.2021).
2. Гражданский кодекс РК (Особенная часть). Статья 713. Ответственность экспедитора по договору транспортной экспедиции. URL: [https://kodeksy-kz.com/ka/grazhdanskij\\_kodeks\\_osobennaya\\_chast/713.htm](https://kodeksy-kz.com/ka/grazhdanskij_kodeks_osobennaya_chast/713.htm) (дата обращения: 07.12.2021).
3. Гражданский Кодекс РФ Статья 803. Ответственность экспедитора по договору транспортной экспедиции. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_9027/eec2870585cf31e000fb1b5acf07cc071c6dd9c0/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/eec2870585cf31e000fb1b5acf07cc071c6dd9c0/) (дата обращения: 07.12.2021).
4. Закон республики Беларусь 13 июня 2006 г. № 124-З О транспортно-экспедиционной деятельности. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H10600124> (дата обращения: 07.12.2021).
5. Закон Украины о транспортно-экспедиционной деятельности. URL: <https://www.mcs.od.ua/zakon-ukrainy-o-transportno-ekspeditorskoj-deyatelnosti/> (дата обращения: 07.12.2021).
6. Общие условия деятельности белорусских экспедиторов. URL: <http://www.baifby.com/page/27> (дата обращения: 07.12.2021).
7. Передерий М.В., Бессарабов Е.Н., Боровая Л.В. Транспортно-экспедиторский бизнес. Организация и управление : учебно-методическое пособие. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ). 2015. – 172с.
8. Статья 934 Гражданского кодекса Украины. Ответственность экспедитора по договору транспортного экспедирования. URL: <https://urist.com.ua/ru/gku/st-934> (дата обращения: 07.12.2021).

9. Типовой договор транспортного экспедирования АМЕУ. URL: <https://ameu.org.ua/database/dokumenti-ameu/2-uncategorised/4832-tipovij-dogovir-transportnogo-ekspediruvannya-ameu> (дата обращения: 07.12.2021).
10. Типовые правила FIATA, регулирующие предоставление транспортно-экспедиторских услуг. Октябрь 2019. URL: [http://kffanek.kz/f/tipovye\\_pravila\\_fiata\\_2019\\_otformatir.pdf](http://kffanek.kz/f/tipovye_pravila_fiata_2019_otformatir.pdf) (дата обращения: 07.12.2021).
11. Федеральный закон от 30.06.2003 N 87-ФЗ (ред. от 18.03.2020) «О транспортно-экспедиционной деятельности». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_43006/1c7c5ac903e06cd5bd340c9ecdde4d8d7201bc1/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43006/1c7c5ac903e06cd5bd340c9ecdde4d8d7201bc1/) (дата обращения: 07.12.2021).
12. Холопов К.В., Голубчик А.М. О международном и российском опыте лицензирования деятельности экспедиторов и перевозчиков // Российский внешнеэкономический вестник. 2019. № 11. С. 45-55.
13. European Union, Trade in goods with CIS (Commonwealth Of Independent States). URL: [https://webgate.ec.europa.eu/isdb\\_results/factsheets/region/details\\_cis-commonwealth-of-independent-states\\_en.pdf](https://webgate.ec.europa.eu/isdb_results/factsheets/region/details_cis-commonwealth-of-independent-states_en.pdf) (дата обращения: 07.12.2021).
14. Zasielateľstvo / Gnap J., Poliak M., Sosedová J., Jagelčák J. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline. 2021, 262 p.
15. Poliak M., Šimurková P. The harmonization of freight forwarder's responsibility in the EU // Journal of Environmental Protection, Safety, Education and Management. 2016. № 8. Vol. 4. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713400048>
16. Burkovskis R.. Efficiency of freight forwarder's participation in the process of transportation // Journal Impact Factor. 2008. Vol. 23, Issue 3. pp 208-213. <https://doi.org/10.3846/1648-4142.2008.23.208-213>

### *References*

1. *Grazhdanskiy Kodeks Respubliki Belarus. Stat'ya 756. Otvetstvennost' ekspeditora po dogovoru transportnoy ekspeditsii* [The Civil Code of the Republic of Belarus. Article 756. The freight forwarder's responsibility under the freight forwarding contract]. URL: [https://kodeksy-by.com/grazhdanskij\\_kodeks\\_rb/756.htm](https://kodeksy-by.com/grazhdanskij_kodeks_rb/756.htm) (accessed December 7, 2021).

2. *Grazhdanskiy kodeks RK (Osobennaya chast')*. Stat'ya 713. *Otvetsvennost' ekspeditora po dogovoru transportnoy ekspeditsii* [Civil Code of the Republic of Kazakhstan (Special part). Article 713. The freight forwarder's responsibility under the freight forwarding contract]. URL: [https://kodeksy-kz.com/ka/grazhdanskiy\\_kodeks\\_osobennaya\\_chast/713.htm](https://kodeksy-kz.com/ka/grazhdanskiy_kodeks_osobennaya_chast/713.htm) (accessed December 7, 2021).
3. *Grazhdanskiy kodeks RF Stat'ya 803. Otvetsvennost' ekspeditora po dogovoru transportnoy ekspeditsii* [The Civil Code of the Russian Federation Article 803. The freight forwarder's responsibility under the freight forwarding contract]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_9027/eec2870585cf31e000fb1b5acf07c-c071c6dd9c0/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_9027/eec2870585cf31e000fb1b5acf07c-c071c6dd9c0/) (accessed December 7, 2021).
4. *Zakon respubliki Belarus' 13 iyunya 2006 g. № 124-Z O transportno-ekspeditsionnoy deyatel'nosti* [Law of the Republic of Belarus No. 124-Z of June 13, 2006 on Freight Forwarding Activities]. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H10600124> (accessed December 7, 2021).
5. *Zakon Ukrainy o transportno-ekspeditsionnoy deyatel'nosti* [The Law of Ukraine on Freight Forwarding activities.]. URL: <https://www.mcs.od.ua/zakon-ukrainy-o-transportno-ekspeditorskoj-deyatelnosti/> (accessed December 7, 2021).
6. *Obshchie usloviya deyatel'nosti belorusskikh ekspeditorov* [General conditions of activity of Belarusian freight forwarders.]. URL: <http://www.baifby.com/page/27> (accessed December 7, 2021).
7. Perederiy M.V., Bessarabov E.N., Borovaya L.V. *Transportno-ekspeditorskiy biznes. Organizatsiya i upravlenie: uchebno-metodicheskoe posobie* [Freight forwarding business. Organization and management: educational and methodical manual]. Novocherkassk: South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov YuRGPU (NPI). 2015, 172 p.
8. *Stat'ya 934 Grazhdanskogo kodeksa Ukrainy. Otvetsvennost' ekspeditora po dogovoru transportnogo ekspedirovaniya* [Article 934 of the Civil Code of Ukraine. The freight forwarder's responsibility under the freight forwarding contract]. URL: <https://urst.com.ua/ru/gku/st-934> (accessed December 7, 2021).

9. *Tipovoy dogovor transportnogo ekspedirovaniya AMEU* [The standard contract of transport forwarding of AIFU]. URL: <https://ameu.org.ua/database/dokumenti-ameu/2-uncategorised/4832-tipovij-dogovir-transportnogo-ekspediruvannya-ameu> (accessed December 7, 2021).
10. *Tipovye pravila FIATA, reguliruyushchie predostavlenie transportno-ekspeditorskikh uslug. Oktyabr' 2019* [FIATA Model Rules governing the provision of freight forwarding services. October 2019]. URL: [http://kffanek.kz/f/tipovye\\_pravila\\_fiata\\_2019\\_otformatir.pdf](http://kffanek.kz/f/tipovye_pravila_fiata_2019_otformatir.pdf) (accessed December 7, 2021).
11. *Federal'nyy zakon ot 30.06.2003 N 87-FZ (red. ot 18.03.2020) "O transportno-ekspeditsonnoy deyatel'nosti"* [Federal Law No. 87-FZ of 30.06.2003 (as amended on 03/18/2020) "On Freight Forwarding activities"]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_43006/1c7c5ac903e06cd5dbd340c9ecdde4d8d7201bc1/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43006/1c7c5ac903e06cd5dbd340c9ecdde4d8d7201bc1/) (accessed December 7, 2021).
12. Kholopov K.V., Golubchik A.M. O mezhdunarodnom i rossiyskom opyte litsenzirovaniya deyatel'nosti ekspeditorov i perevozhchikov [About the international and Russian experience of licensing the activities of freight forwarders and carriers]. *Russian Foreign Economic Bulletin*, 2019, no. 11, pp. 45-55.
13. European Union, Trade in goods with CIS (Commonwealth of Independent States). URL: [https://webgate.ec.europa.eu/isdb\\_results/factsheets/region/details\\_cis-commonwealth-of-independent-states\\_en.pdf](https://webgate.ec.europa.eu/isdb_results/factsheets/region/details_cis-commonwealth-of-independent-states_en.pdf) (accessed December 7, 2021).
14. Gnap J., Poliak M., Sosedová J., Jagelčák J. *Zasielateľstvo*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline. 2021, 262 p.
15. Poliak M., Šimurková P. The harmonization of freight forwarder's re-sponsibility in the EU. *Journal of Environmental Protection, Safety, Education and Management*, 2016, no. 8, vol. 4. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713400048>
16. Burkovskis R. Efficiency of freight forwarder's participation in the process of transportation. *Journal Impact Factor*, 2008, vol. 23, issue 3, pp. 208-213. <https://doi.org/10.3846/1648-4142.2008.23.208-213>

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

**Поляк Милош**, декан факультета «Экономика и эксплуатация транспорта и коммуникаций», профессор кафедры «Дорожный и городской транспорт», доктор философских наук.

*Жилинский Университет в Жилине*

*ул. Университетская, 1, г. Жилина, 01026, Словакия*

*milos.poliak@fpedas.uniza.sk*

**Саламахина Екатерина Сергеевна**, докторант кафедры «Дорожный и городской транспорт».

*Жилинский Университет в Жилине*

*ул. Университетская, 1, г. Жилина, 01026, Словакия*

*salamakhina@stud.uniza.sk*

## DATA ABOUT THE AUTHOR

**Miloš Poliak**, Dean of the faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, Professor of the Department of Road and Urban Transport, PhD.

*University of Žilina*

*8215/1, Univerzitná, Žilina, 01026, Slovensko*

*milos.poliak@fpedas.uniza.sk*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9149-2439>*

*ResearcherID: R-5949-2016*

*Scopus Author ID: 56216893000*

**Ekaterina S. Salamakhina**, PhD student of the Department of Road and Urban Transport

*University of Žilina*

*8215/1, Univerzitná, Žilina, 01026, Slovensko*

*salamakhina@stud.uniza.sk*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5232-5489>*

Поступила 21.12.2021

После рецензирования 10.01.2022

Принята 15.01.2022

Received 21.12.2021

Revised 10.01.2022

Accepted 15.01.2022

**DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-52-75****УДК 656.13**

## **РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ЗАПРАВКЕ КОМПРИМИРОВАННЫМ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ**

***М.В. Банкет, И.А. Эйхлер, С.А. Зырянова***

*Одной из проблем, возникающих в процессе эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на компримированном природном газе, являются простои связанные с заправкой моторным топливом. Учет данных простоев по времени является необходимой задачей при решении вопроса маршрутизации автотранспортных средств при перевозке грузов и пассажиров. На автотранспортных предприятиях учет данного фактора зачастую не ведется или определяется субъективно на основе опыта и интуиции. Данный факт приводит к увеличению неучтенных затрат и снижению прибыли предприятий от перевозочной деятельности.*

*Для решения данной проблемы авторами настоящих исследований предложена методика определения времени по наполнению автомобильного газового баллона компримированным природным газом (КПГ), учитывающая такие факторы, как давление в газовом баллоне перед наполнением, температура окружающей среды и производительностью газовой колонки. Для внедрения предложенной методики в работу автотранспортных предприятий был разработан алгоритм определения времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПГ.*

*Представленная в статье методика и алгоритм легли в основу разработанного авторами программного продукта по определению времени на наполнение автомобильного газового баллона компримированным природным газом, позволяющий в условиях автотранспортного предприятия производить автоматический*

*расчет. Использование предложенного программного продукта позволит повысить производительность труда операторов, занимающихся учетом времени работы автотранспортных средств.*

**Цель** – разработка механизма учета времени простоев автотранспортных средств при наполнении автомобильного газового баллона сжиженным природным газом

**Метод и методология проведения работы:** в статье использовались математические методы, а также статистические методы анализа.

**Результаты:** разработана методика определения времени по наполнению автомобильного газового баллона сжиженным природным газом, составлен алгоритм определения времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПП, разработан программный продукт по определению времени на наполнение автомобильного газового баллона сжиженным природным газом

**Область применения результатов:** полученные результаты целесообразно применять при оперативном планировании работы автотранспортных средств на предприятиях, эксплуатирующих подвижной состав, использующий КПП в качестве моторного топлива.

**Ключевые слова:** природный газ; заправочная станция; время заправки, наполнение газового баллона

## DEVELOPMENT OF A MECHANISM FOR DETERMINING THE DOWNTIME AT REFUELING COMPRESSED NATURAL GAS OF LPG CARS

*M.V. Banket, I.A. Eychler, S.A. Zyryanova*

*One of the problems that arise during the operation of gas-balloon vehicles running on compressed natural gas is downtime associated with refueling with motor fuel. Accounting for downtime data is a necessary task when solving the issue of vehicle routing in the transportation of goods and passengers. At motor transport enterprises, this*

*factor is often not taken into account or is determined subjectively based on experience and intuition. This fact leads to an increase in unaccounted for costs and a decrease in the profits of enterprises from transportation activities.*

*To solve this problem, the authors of these studies proposed a method for determining the time for filling an automobile gas cylinder with compressed natural gas (CNG), taking into account factors such as pressure in the gas cylinder before filling, ambient temperature and gas column performance. To implement the proposed methodology in the work of motor transport enterprises, an algorithm was developed for determining the downtime of a gas-balloon vehicle when refueling CNG.*

*The methodology and algorithm presented in the article formed the basis of the software product developed by the authors for determining the time to fill an automobile gas cylinder with compressed natural gas, which allows automatic calculation in the conditions of a motor transport enterprise. The use of the proposed software product will increase the productivity of operators involved in the accounting of the operating time of vehicles.*

**Purpose** *development of a mechanism for recording the downtime of vehicles during the transportation of an automobile gas cylinder with compressed natural gas.*

**Methodology of the article:** *mathematical methods, as well as statistical methods of analysis.*

**Results:** *A method for determining the time for filling an automobile gas cylinder with compressed natural gas has been developed, an algorithm for determining the downtime of a gas cylinder vehicle when refueling CNG has been developed, a software product has been developed for determining the time for filling an automobile gas cylinder with compressed natural gas*

*Practical implications: it is advisable to apply the results obtained in the operational planning of the operation of vehicles at enterprises operating rolling stock using CNG as a motor fuel.*

**Keywords:** *natural gas; Gas station; refueling time; filling the gas-balloon*

## **Введение**

Экологические проблемы, возникающие из-за выбросов автомобильного транспорта оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду и человека [17, 18, 21, 22, 25]. Плотность населения, размер территорий и количества транспортных средств является основными факторами при определении влияния транспорта на экологическую обстановку того или иного региона [23].

Перевод транспортных средств на альтернативные источники энергии позволяет снизить неблагоприятное воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и человека [24]. Всё это обуславливает увеличение интенсивности развития инфраструктуры для использования альтернативных видов моторного топлива на автомобильном транспорте.

Безусловно, альтернативные источники энергии позволят решить ряд экологических проблем [19, 27, 28], но для конкретного потребителя решающую роль при выборе топлива для автотранспортного средства (АТС) играет его стоимость [14, 20]. А такие источники энергии как природный газ и электричество выигрывают по стоимости у традиционного моторного топлива нефтяного происхождения [7, 26].

В Российской Федерации, в первую очередь в мегаполисах, развивается инфраструктура для электромобилей и электробусов. Так по информации интернет издания «Автопарк» в Москве уже эксплуатируются 600 электробусов на 45-ти городских маршрутах. К концу 2021 года их будет 1000, а в ближайшем будущем – 1600 единиц. Мэр Российской столицы Сергей Собянин сказал: «Сегодня электробусный парк Москвы самый большой в Европе и с каждым годом мы будем наращивать его объемы»[10].

Но у большинства городов России, включая города-миллионники, практически отсутствует инфраструктура, позволяющая эффективно эксплуатировать электробусы [3, 8]. С проблемой слабо развитой инфраструктуры сталкиваются не только в России, но и во многих городах зарубежных стран [13, 15, 16].

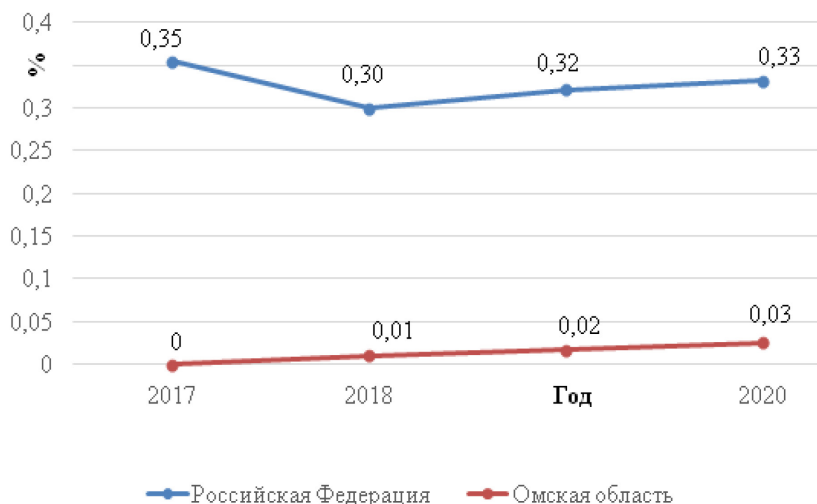
При этом в Российской Федерации активно развивается, а в большинстве крупных городов развита, инфраструктура по использованию природного газа на автомобильном транспорте.

В Российской Федерации действует ряд программ на государственном уровне по увеличению парка газобаллонных автомобилей [9]. Согласно национальному проекту «Экология» и федеральному проекту «Чистый воздух» одним из основных целевых показателей является снижение совокупного объема выбросов опасных загрязняющих веществ в городах-участниках проекта до 80% к 2024 году от показателей 2017 года. Этот показатель планируется в первую очередь достичь за счет уменьшения влияния автотранспортного комплекса на экологию городов, что будет достигнуто путем более активного использования природного газа в качестве моторного топлива. Рост объемов потребления ожидается с 43,8 млн м<sup>3</sup> в 2018 году до 219 млн м<sup>3</sup> в 2024 году [9]. Это способствует увеличению не только АТС работающих на природном газе, но и к дальнейшему развитию соответствующей инфраструктуры и в первую очередь за счёт строительства новых АГНКС. В настоящее время в Российской Федерации действует более 580 АГНКС [6] и это количество увеличивается.

Согласно данным УМВД ГИБДД России (рисунок 1) наблюдается незначительный рост АТС, использующих КПП в качестве моторного топлива. А общий удельный вес данных автомобилей не превышает 1% от совокупного числа.

Такой размер парка транспортных средств не позволит оказывать существенного влияния на общие экологические показатели. С точки зрения авторов статьи, главной причиной показанной динамики является недостаточно развитая инфраструктура для бесперебойной работы газобаллонных автомобилей. Так, например, в городе Омске имеются две АГНКС, сосредоточенные в одной части города (рисунок 2). Это сдерживает частных владельцев к переводу своих АТС в газобаллонные для работы на природном газе, а коммерческий транспорт, включая пассажирский, вынуждает планировать маршруты с учётом пробега на заправку до АГНКС

[2], при этом в определённые часы возникает очередь на заправку топливом на АГНКС.



**Рис. 1.** Удельный вес ТС, имеющих возможность использования КПП в качестве моторного топлива по данным УГИБДД УМВД России, %

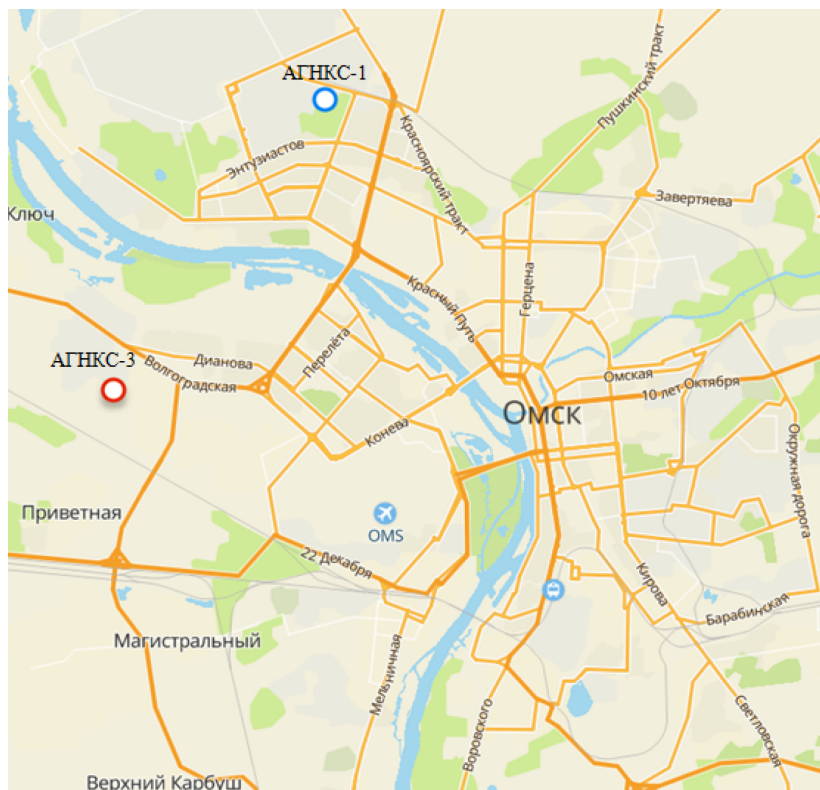
### Цель работы

Недостаточно развитая инфраструктура для заправки газобаллонных автомобилей в ряде городов Российской Федерации [11, 12] не дает в полной мере реализовать экономический потенциал рассматриваемого вида топлива, так как удлинение маршрутов и увеличение времени работы автомобилей вызывают дополнительные финансовые потери, которые отсутствуют при эксплуатации автотранспортных средств на нефтяном топливе [1].

В качестве одной из основных проблем, возникающей при эксплуатации газобаллонных транспортных средств на КПП, авторы настоящих исследований считают значительное время простоя газобаллонных автомобилей при заправке сжатым природным газом, а именно ожидание наполнения газового баллона КПП.

А одним из требований при выполнении перевозок является минимизация затрат времени в пути [29].

Автовладельцы эксплуатирующие газобаллонные автомобили на жидком нефтяном топливе, включая сжиженный нефтяной газ (СУГ), затрачивают от 5 до 15 минут на заправку моторным топливом и это время включает не только налив моторного топлива, но и подготовительные операции, оплату и т.п.



АГНКС-1 – г. Омск, ул. Заводская, 17/1а

АГНКС-3 – г. Омск, ул. Долинная, 11

**Рис. 2.** Расположение АГНКС на территории города Омска

Это связано с физико-химическими свойствами топлив. КПП в отличие от жидких моторных топлив раздается под высоким давлением в паровой фазе. Стоит отметить, что количество КПП в га-

зовом баллоне значительно меньше количества жидкого топлива в топливном баке. Так, например, в 100 литровый баллон для КПП можно заправить не более  $30 \text{ м}^3$ , в то время как в газовый баллон для СУГ около 80 литров, а в топливный бак для бензина и дизельного топлива 100 литров. При этом авторами экспериментально установлено, что расход 1 литра бензина эквивалентно расходу  $0,87 \text{ м}^3$  КПП.

Поэтому для обеспечения запаса хода монтируют несколько газовых баллонов для КПП, что не только снижает грузоподъемность АТС, но и увеличивает время на наполнение газового баллона природным газом.

Водителям и ответственным лицам, отвечающим за учет времени АТС на маршруте необходимо учитывать время на заправку КПП. Поскольку это приводит к увеличению времени работы водителей, отклонения от графика маршрута и даже к порче груза, в случае если осуществляется перевозка скоропортящихся грузов.

Указанные факторы блокируют дальнейшее развитие использования природного газа, несмотря на государственные программы по стимулированию использования сжатого природного газа на автомобильном транспорте.

Целью настоящих исследований определение времени простоя газобаллонных автомобилей при заправке сжатым природным газом.

Гипотеза исследования: время наполнения газового баллона для КПП зависит от объёма газового баллона, давление на заправке и температуры окружающего воздуха.

Задачи исследования:

1. Установлена зависимость между давлением КПП в газовом баллоне, температурой окружающего воздуха и количеством заправляемого топлива.
2. Разработать методику определения времени на наполнение автомобильного газового баллона сжатым природным газом;
3. Разработать алгоритм определения времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПП;

4. Разработать программный продукт по определению времени на наполнение автомобильного газового баллона компримированным природным газом.

### **Материалы и методы исследования**

Для определения зависимости между давлением КПП в газовом баллоне и количеством заправляемого топлива необходимо оценить рабочее давление на АГНКС.

Согласно ГОСТ ISO 11439-2014 под рабочим давлением понимается установившееся давление 20 МПа при однородной температуре 15°C.

Рассмотрим технические характеристики АГНКС. В качестве параметров технических характеристик АГНКС выделяет входное давление, бар; производительность АГНКС норм. м<sup>3</sup>/час; базовый компрессорный модуль и их количество; количество заправочных постов; электрическая мощность АГНКС, кВт; количество условных заправок в сутки. При этом давление заправки регламентируется на раздаточных колонках для заправки АТС компримированным природным газом, для колонок типа ЛПА-ГЭК производства Ленпромавтоматика и для колонок группы «Тегас» конечное давление газа, заправляемого в автомобиль 19,6 МПа (200кгс/см<sup>2</sup>).

Заправка компримированным природным газом автомобильного газового баллона «до полного» осуществляется до тех пор пока не произойдет выравнивание давления в заправочной магистрали газобаллонного автомобиля и давления заправки, выдаваемое газовой заправочной колонкой.

Для оценки заявленной характеристики конечного давления КПП заправляемого в газобаллонный автомобиль выдаваемого газовой заправочной колонкой (давление заправки КПП) были проведены натурные наблюдения. Натурные наблюдения проведены в городе Омске на АГНКС по улице Нефтезаводская, 40 и улице Солнечная, 27. На данных АГНКС установлены раздаточные колонки типа ЛПА-ГЭК. Экспериментально определено, что подача

КПГ на раздаточной колонке АГНКС прекращается при достижении давления КПГ на манометре, установленном на газовом баллоне от 196-200 бар. Поэтому в дальнейших исследованиях давление заправки будем считать 19,6 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>).

Для определения количества КПГ заправляемого в автомобильный газовый баллон необходимо знать емкость газового баллона, давление заправки и давление КПГ в автомобильном газовом баллоне.

Объем сжатого природного газа в автомобильном газовом баллоне определяется по формуле 1.

Объем приведен в м<sup>3</sup>.

$$V_{\text{КПГ}} = \frac{V_6 \cdot (0,968 \cdot P_{\text{КПГ}} + 1) \cdot 293 \cdot 10^{-3}}{(273 + t_{\text{КПГ}}) \cdot Z_m} \quad (1)$$

где  $V_6$  – объем автомобильного газового баллона, л;

$P_{\text{КПГ}}$  – давление КПГ в автомобильном газовом баллоне, измеренное манометром, кгс/см<sup>2</sup>;

$t_{\text{КПГ}}$  – температура КПГ в автомобильном газовом баллоне, °С;

$Z_m$  – коэффициент сжимаемости метана при температуре  $t_{\text{КПГ}}$

Определение температуры КПГ в автомобильном газовом баллоне представляет собой сложный процесс. При заправке на АГНКС природный газ от аккумулятора (где хранится КПГ) движется через трубопровод к заправочному устройству, установленному на газобаллонном автомобиле. При этом скорость движения газового топлива увеличивается при нарастающем расширении газа, этот процесс вызывает снижение температуры КПГ. Попадая в газовый баллон, скорость движения газа снижается, при этом газовое топливо сжимается. Этот процесс вызывает нагрев газового топлива непосредственно в газовом баллоне [5]. Стоит отметить, что в процессе заправки до подачи газа непосредственно в газовый баллон, теплообмен с окружающей средой минимален. Максимальный теплообмен газового топлива происходит со стенками газового баллона установленного на газобаллонный автомобиль. При этом стенки баллона имеют температуру окружающей среды.

Повышение температуры газа влечет за собой увеличение давления газового топлива в баллоне, что в конечном итоге приводит

к окончанию процесса заправки моторным топливом [5]. Температура КПП в автомобильном газовом баллоне изменяется как в процессе заправки, так и сразу после заправки, поскольку идет теплообмен со стенками баллона.

При эксплуатации транспортного средства и расходе КПП, температура газа в автомобильном газовом баллоне снижается.

При расчетах температуры КПП в автомобильном газовом баллоне использовалась температура окружающей среды.

Коэффициент сжимаемости метана при температуре КПП определяется согласно следующих источников [4].

Время на наполнение автомобильного газового баллона компримированным природным газом, ч.

$$\tau_{\text{КПП}} = \frac{V_{\text{КПП2}} - V_{\text{КПП1}}}{Q_{\text{ск}}} \quad (2)$$

где  $V_{\text{КПП2,1}}$  – объем компримированного природного газа в автомобильном газовом баллоне соответственно после и до процесса наполнения баллона, м<sup>3</sup>;

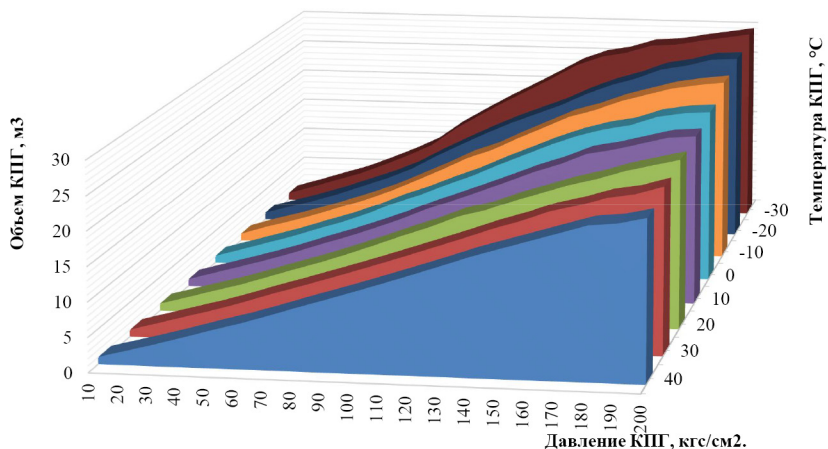
$Q_{\text{ск}}$  – производительность раздаточной колонки на АГНКС, норм. м<sup>3</sup>/час.

Производительность раздаточной колонки на АГНКС зависит от производительности самой АГНКС, количества компрессорных модулей и количества заправочных постов, для исследуемых раздаточных колонок, согласно технической характеристики, производительность составляет 250 норм. м<sup>3</sup>/час.

### Результаты исследования и их обсуждение

На основе расчета объема компримированного природного газа в автомобильном газовом баллоне определена зависимость между давлением КПП в газовом баллоне, температурой окружающего воздуха и количеством заправляемого топлива (КПП).

В качестве наглядного примера в настоящих научных исследованиях авторы графически представили установленную зависимость для автомобильного газового баллона для КПП объемом 100 литров. Данная зависимость представлена на рисунке 3.



**Рис. 3.** Зависимость между давлением КПП в газовом баллоне, температурой окружающего воздуха и количеством заправляемого топлива для газового баллона объемом 100 литров

Увеличение температуры окружающего воздуха и соответственно температуры КПП в автомобильном газовом баллоне приводит к снижению количества заправляемого газа.

При планировании времени заправки и финансовых затрат на конкретную заправку природным газом установленная зависимость позволит определить конкретную величину количества КПП заправляемого в автомобильный газовый баллон.

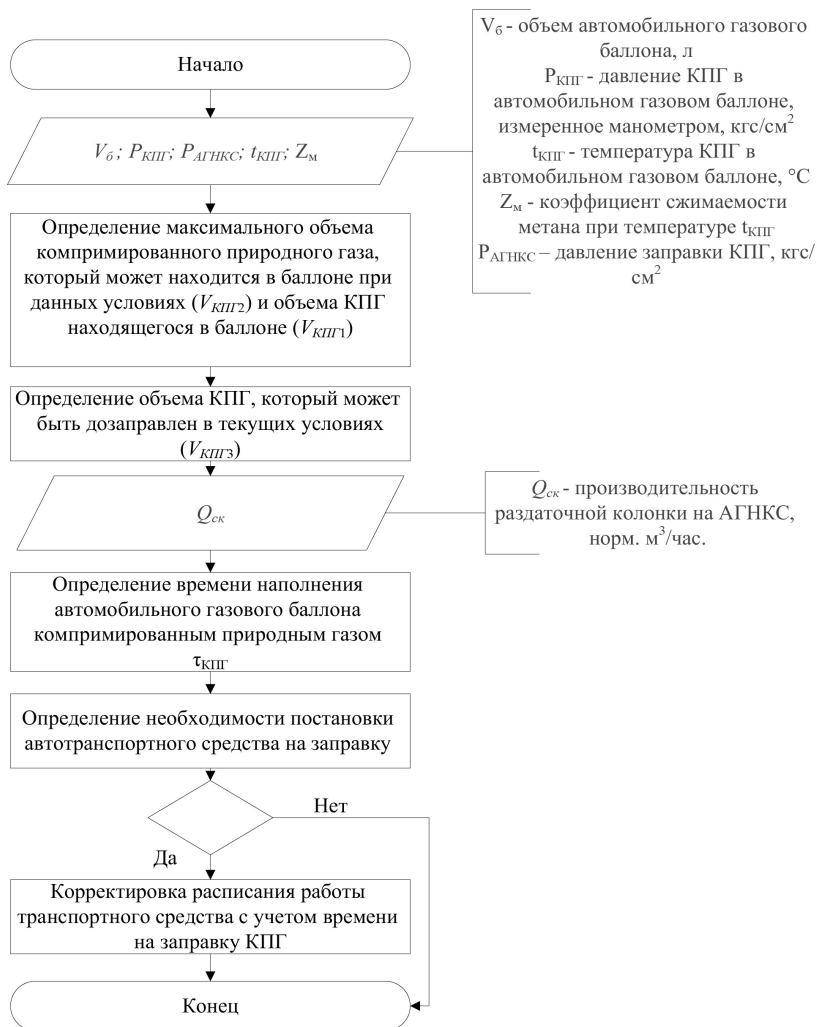
На основе установленной зависимости разработана методика определения времени на наполнение автомобильного газового баллона компримированным природным газом.

На основе разработанной методики составлен алгоритм определения времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПП.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 4.

На основе алгоритма определения времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПП авторами создан программный продукт, который позволяет определить время на наполнение автомобильного газового баллона компримированным природным газом с учетом объема автомобильного газового баллона, давления

КПГ в автомобильном газовом баллоне, температуры окружающего воздуха и производительности раздаточной колонки на АГНКС.



**Рис. 4.** Блок-схема алгоритма определения времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПГ

Пример определения времени на наполнение автомобильного газового баллона компримированным природным газом с помо-

щью разработанного программного продукта представлен на рисунке 5.

Определение времени наполнения автомобильного газового баллона

Объем автомобильного газового баллона, л

Температура окружающего воздуха, град.  
(ввод значения, кратного 10)

Давление КПП в автомобильном газовом баллоне,  
измеренное манометром, кгс/см<sup>2</sup>  
(ввод значения, кратного 10)

Производительность раздаточной колонки на АГНКС,  
норм.м<sup>3</sup>/час

**Рассчитать**

---

Время на наполнение автомобильного газового  
баллона КПП, мин.

**Выход**

**Рис. 5.** Фрагмент окна программного продукта по определению времени на наполнение автомобильного газового баллона КПП

Разработанный программный продукт позволит водителям и ответственным лицам, отвечающим за учет времени АТС на маршруте, учитывать время на заправку КПП. Тем самым производить учет дополнительного времени нахождения автомобиля в наряде.

### Заключение

Для оценки времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПП авторами настоящих научных исследований установлена зависимость между давлением КПП в газовом баллоне, температурой окружающего воздуха и количеством заправляемого КПП в газовый баллон.

Следует отметить, что температура окружающего воздуха и давление заправки КПП оказывает значительное влияние на коли-

чество газа заправляемого в газовый баллон, но давление заправки КПП на АГНКС регламентировано, соответствует значению до 19,6 МПа и повлиять на него в большую сторону не представляется возможным. А вот температура окружающего воздуха величина переменная и при разработке технических средств по снижению температуры и увеличению теплопроводности стенок газового баллона позволит значительно повысить количество КПП, заправляемое автомобильный газовый баллон, за счет снижения температуры самого компримированного природного газа.

На основе установленной зависимости разработана методика определения времени на наполнение автомобильного газового баллона компримированным природным газом. Методика позволяет расчётным путём определить время на наполнение автомобильного газового баллона компримированным природным газом в зависимости от объёма КПП в баллоне до и после заправки на АГНКС, а также с учетом производительности раздаточной колонки на АГНКС.

Для учёта времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПП разработан алгоритм, позволяющий оценить время на наполнение автомобильного газового баллона КПП для составления рационального расписания работы АТС в условиях сложившейся инфраструктуры АГНКС.

Разработанный алгоритм лег в основу созданного авторами программного продукта по определению времени на наполнение автомобильного газового баллона КПП. Внедрение предлагаемого программного продукта на автотранспортные предприятия позволит за минимально короткие сроки вести учёт времени простоя газобаллонного автомобиля при заправке КПП на АГНКС тем самым предотвратить возможные финансовые потери, связанные с увеличением времени нахождения автомобиля в наряде

**Информация о конфликте интересов.** Данное исследование не получило внешнего финансирования. Авторы не заявляют о конфликте интересов. Спонсоры не играли никакой роли в разработке проекта исследования; в сборе, анализе или интерпретации данных; в написании Статьи, и в решении опубликовать результаты.

**Благодарности.** Авторы благодарят Жигадло Александра Петровича, ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» за административную поддержку настоящих исследований, Лукина Евгения Сергеевича, начальника станции АГНКС №3 Омск ООО «Газпром газомоторное топливо», за возможность проведения натурных наблюдений на объектах транспортной инфраструктуры, а так же рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

### *Список литературы*

1. Банкет М.В. Применение природного газа общественным автомобильным транспортом в городе Омске при условии рационального размещения газовых заправочных станций / М.В. Банкет, Д.В. Шаповал, А.С. Бакунов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 3. С. 78-82.
2. Банкет М.В. Экономическая оценка использования природного газа на коммерческом автомобильном транспорте при перевозке хлеба в городе Омске/ М.В. Банкет, Д.В. Шаповал, С.С. Войтенков // Грузовик. 2021. № 12. С. 35-42.
3. Блудян Н.О. Оценка перспективы использования электрических автобусов на городском транспорте/ Н.О. Блудян // Транспорт: наука, техника, управление: научный информационный сборник. 2020. № 8. С. 28-36.
4. ГОСТ 30319.1-2015 Газ природный. Методы расчета физических свойств. Общие положения. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 27.08.2015 №79-П). Введен 01.01.2017 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200126781> (дата обращения: 28.12.2021)
5. Евдокимов Я.А. Эволюция АГНКС часть 1. Принципы эффективной АГНКС / Я.А. Евдокимов, Е.П. Лавров // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2017. Т. 16, № 5. С. 195-202.

6. Карта АГНКС России (Метан) // АГНКС.com. URL: [https://agnks.com/agnks\\_map/](https://agnks.com/agnks_map/) (дата обращения: 28.12.2021)
7. Мелехин Е.С. Эколого-экономическая эффективность использования природного газа в качестве моторного топлива для автотранспорта / Е.С. Мелехин, Е.С. Кузина // Микроэкономика. 2019. №1. С. 31-34.
8. Мошков В. Б. Предпосылки и тенденции развития электромобилей / В.Б.Мошков, Овчинников В.В., Баранник А. Ю. // Технологии гражданской безопасности. 2021. № 2 (68). С. 14-19.
9. Паспорт национального проекта «Экология». Утвержден Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. №16) // Правительство России. URL: <http://government.ru/info/35569/> (дата обращения: 19.10.2021)
10. Проценко Л. Ежегодно Москва будет получать до 500 электробусов собственной сборки / Л. Проценко // Автопарк. URL: <https://rg.ru/2021/04/27/reg-cfo/ezhegodno-moskva-budet-poluchat-do-500-elektrobusov-sobstvennoj-sborki.html> (дата обращения: 28.12.2021)
11. Суворов А. С. Перевод российского автотранспорта на газомоторное топливо осуществляется медленно / А.С.Суворов // АвтоГазо-Заправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2019. Т.18. № 12. С. 556-557.
12. Тимирханова Л. Ф. Факторы развития рынка газомоторного топлива в регионах РФ / Л. Ф. Тимирханова, А.А. Пельменёва // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2020. № 8 (188). С. 37-46.
13. Ajanovic A., Haas R. Economic and Environmental Prospects for Battery Electric - and Fuel Cell Vehicles, A Review fuel cells. vol. 19 (5), 2019. pp. 515-529. <https://doi.org/10.1002/fuce.201800171>
14. Brazil W., Kallbekken S., Saelen H., Carroll J. The role of fuel cost information in new car sales. Transportation research part d-transport and environment, 2019, pp.93-103. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.07.022>
15. Campana M., Inga E., Cardenas J. Optimal Sizing of Electric Vehicle Charging Stations Considering Urban Traffic Flow for Smart Cit-

- ies, *Energies*, 2021. vol. 14 (16). no. 4933. <https://doi.org/10.3390/en14164933>
16. Eltoumi F.M., Becherif M., Ramadan H.S. The key issues of electric vehicle charging via hybrid power sources: Techno-economic viability, analysis, and recommendations, *Renewable & sustainable energy reviews*, 2021. vol. 138. 110534. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110534>
17. Enzmann J., Ringel M. Reducing Road Transport Emissions in Europe: Investigating A Demand Side Driven Approach, *Sustainability*, 2020. vol. 12 (18). 7594. <https://doi.org/10.3390/su12187594>
18. Ghorbani E., Alinaghian M., Perboli G. A. Survey on Environmentally Friendly Vehicle Routing Problem and a Proposal of Its Classification, *Sustainability*, 2020 . vol. 12 (21). pp. 1-72. <https://doi.org/10.3390/su12219079>
19. Likhanov V., Lopatin O. Biofuels or smoking cars? // *Theoretical and applied ecology*, 2021, pp. 228-236.
20. Linzenich A.; Arning K.; Ziefle M. What fuels the adoption of alternative fuels? Examining preferences of German car drivers for fuel innovations // *Applied energy*, 2019, pp. 222-236. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.041>
21. Ma Q.F., Jia P., Kuang H.B. Green efficiency changes of comprehensive transportation in China: Technological change or technical efficiency change? // *Journal of cleaner production*, 2021, vol. 304 (1), 127115. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127115>
22. Makarova I., Buyvol P., Shubenkova K. Usage of Microscopic Simulation to Estimate the Environmental Impact of Road Transport // *International Scientific Conference on LOGI - Horizons of Autonomous Mobility in Europe*, 2020, vol. 44, pp. 86-93.
23. Munoz-Villamizar A., Santos, J., Velazquez-Martinez J.C. Measuring environmental performance of urban freight transport systems: A case study // *Sustainable cities and society*, 2020, vol. 52, no. 101844. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101844>
24. Navas-Anguila Z., Garcia-Gusano D., Iribarren D. A review of techno-economic data for road transportation fuels // *Renewable & sus-*

- tainable energy reviews, 2019, pp.11-26. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.041>
25. Palander T., Haavikko H. Karha K. Comparison of Energy Efficiency Indicators of Road Transportation for Modeling Environmental Sustainability in «Green» Circular Industry // Sustainability, 2020, vol. 12 (7), no. 2740. <https://doi.org/10.3390/su12072740>
26. Parker N.; Breetz H.; Patterson M. Who saves money buying electric vehicles? Heterogeneity in total cost of ownership // Transportation research part d-transport and environment, 2021, vol. 96, no. 102893. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2021.102893>
27. Petrunko K., Sazonov S. China develops the production of «green» cars, using hydrogen fuel // Annual Scientific Conference of the Centre-for-Political-Research-and-Prognosis of the Institute-of-Far-Eastern-Studies of the Russian Academy of Sciences (IFES RAS), 2020, pp.174-184.
28. Schluter J., Weyer J. Car sharing as a means to raise acceptance of electric vehicles: An empirical study on regime change in automobility // Transportation research part f-traffic psychology and behaviour, 2019, pp.185-201. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.09.005>
29. Voytenkov S., Akifeva I., Banket M., Shapoval D. Ways of coordinating schedules in regional passenger traffic // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019, 2019, no. 012038.

### *References*

1. Banket M.V. Bakunov A.S. Primenenie prirodnogo gaza obshchestvennym avtobusnym transportom v gorode Omske pri uslovii ratsional'nogo razmeshcheniya gazovykh zapravochnykh stantsiy [The use of natural gas by public bus transport in the city of Omsk, subject to the rational placement of gas filling stations]. *Intellekt. Innovatsii. Investments* [Intelligence. Innovation. Investments], 2017, no. 3, pp. 78-82.
2. Banket M.V. Shapoval D.V. Voytenkov S.S. Ekonomicheskaya otsenka ispol'zovaniya prirodnogo gaza na kommercheskom avtomobil'nom

- transporte pri perevozke khleba v gorode Omske [Economic assessment of the use of natural gas in commercial road transport for the transportation of bread in the city of Omsk]. *Gruzovik* [Truck], 2021, no. 12, pp. 35-42.
3. Bludyan N.O. Otsenka perspektivy ispol'zovaniya elektricheskikh avtobusov na gorodskom transporte [Assessment of the prospects for the use of electric buses in urban transport]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. nauchnyy informatsionnyy sbornik* [Transport: science, technology, management. scientific information collection], 2020, no 8, pp. 28-36.
  4. GOST 30319.1-2015 Gaz prirodnyy. Metody rascheta fizicheskikh svoystv. Obshchie polozheniya. [Natural gas. Methods for calculating physical properties. General provisions.]. *Elektronnyy fond pravovykh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov* [Electronic fund of legal and normative-technical documents]. <https://docs.cntd.ru/document/1200126781> (accessed December 28, 2021).
  5. Evdokimov Ya.A. Lavrov E.P. Evolyutsiya AGNKS chast' 1. Printsipy effektivnoy AGNKS [CNG station Evolution Part 1. Principles of Efficient CNG station]. *AvtoGazoZapravochnyy kompleks + Al'ternativnoe toplivo* [Autogas filling complex + Alternative fuel], 2017, vol. 16, no. 5, pp. 195-202
  6. Karta AGNKS Rossii (Metan) [CNG station map of Russia (Methane)] *AGNKS.com*. [https://agnks.com/agnks\\_map/](https://agnks.com/agnks_map/) (accessed December 28, 2021).
  7. Melekhin E.S. Kuzina E.S. Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya prirodnogo gaza v kachestve motornogo topliva dlya avtotransporta [Ecological and economic efficiency of using natural gas as a motor fuel for vehicles]. *Mikroekonomika* [Microeconomics], 2019, no. 1, pp. 31-34.
  8. Moshkov V. B. Ovchinnikov V.V., Barannik A. Yu. Predposylki i tendentsii razvitiya elektromobiley [Background and trends in the development of electric vehicles]. *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti* [Civil Security Technologies], 2021, no. 2 (68), pp. 14-19.
  9. Passport natsional'nogo proekta «Ekologiya» [Passport of the national project «Ecology»]. Pravitel'stvo Rossii [Russian Government]. <http://government.ru/info/35569/> (accessed October 19, 2021).

10. Protsenko L. Ezhegodno Moskva budet poluchat' do 500 elektrobusev sobstvennoy sborki [Moscow will receive up to 500 electric buses of its own assembly annually]. *Avtopark*. <https://rg.ru/2021/04/27/reg-cfo/ezhegodno-moskva-budet-poluchat-do-500-elektrobusev-sobstvennoj-sborki.html> (accessed December 28, 2021).
11. Suvorov A. S. Perevod rossiiskogo avtotransporta na gazomotornoe toplivo osushchestvlyetsya medlenno [The transition of Russian transport to natural gas is slow]. *AvtoGazoZapravochnyy kompleks + Al'ternativnoe toplivo* [Autogas filling complex + Alternative fuel], 2019, vol.18, no. 12, pp. 556-557.
12. Timirkhanova L. F. A.A. Pel'meneva Faktory razvitiya rynka gazomotor-nogo topliva v regionakh RF [Factors of development of the gas motor fuel market in the regions of the Russian Federation]. *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom* [Problems of economics and management of the oil and gas complex], 2020, no. 8 (188), pp. 37-46.
13. Ajanovic A., Haas R. Economic and Environmental Prospects for Battery Electric - and Fuel Cell Vehicles. *A Review fuel cells*, 2019, vol. 19 (5), pp. 515-529. <https://doi.org/10.1002/fuce.201800171>
14. Brazil W., Kallbekken S., Saelen H., Carroll J. The role of fuel cost information in new car sales. *Transportation research part d-transport and environment*, 2019, pp. 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.07.022>
15. Campana M., Inga E., Cardenas J. Optimal Sizing of Electric Vehicle Charging Stations Considering Urban Traffic Flow for Smart Cities. *Energies*, 2021, vol. 14 (16), no. 4933. <https://doi.org/10.3390/en14164933>
16. Eltoumi F.M., Becherif M., Ramadan H.S. The key issues of electric vehicle charging via hybrid power sources: Techno-economic viability, analysis, and recommendations. *Renewable & sustainable energy reviews*, 2021, vol. 138, no. 110534. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110534>
17. Enzmann J., Ringel M. Reducing Road Transport Emissions in Europe: Investigating A Demand Side Driven Approach. *Sustainability*, 2020 . vol. 12 (18) no. 7594. <https://doi.org/10.3390/su12187594>

18. Ghorbani E., Alinaghian M., Perboli G. A. Survey on Environmentally Friendly Vehicle Routing Problem and a Proposal of Its Classification. *Sustainability*, 2020, vol. 12 (21), pp. 1-72. <https://doi.org/10.3390/su12219079>
19. Likhanov V., Lopatin O. Biofuels or smoking cars? Theoretical and applied ecology, 2021, pp. 228-236.
20. Linzenich A.; Arning K.; Ziefle M. What fuels the adoption of alternative fuels? Examining preferences of German car drivers for fuel innovations. *Applied energy*, 2019, pp.222-236. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.041>
21. Ma Q.F., Jia P., Kuang H.B. Green efficiency changes of comprehensive transportation in China: Technological change or technical efficiency change? *Journal of cleaner production*, 2021, vol. 304, no. 127115. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127115>
22. Makarova I., Buyvol P., Shubenkova K. Usage of Microscopic Simulation to Estimate the Environmental Impact of Road Transport. *International Scientific Conference on LOGI - Horizons of Autonomous Mobility in Europe*, 2020, vol. 44, pp. 86-93.
23. Munoz-Villamizar A., Santos, J., Velazquez-Martinez J.C. Measuring environmental performance of urban freight transport systems: A case study. *Sustainable cities and society*, 2020, vol. 52, no. 101844. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101844>
24. Navas-Anguila Z., Garcia-Gusano D., Iribarren D. A review of techno-economic data for road transportation fuels. *Renewable & sustainable energy reviews*, 2019, pp. 11-26. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.041>
25. Palander T., Haavikko H. Karha K. Comparison of Energy Efficiency Indicators of Road Transportation for Modeling Environmental Sustainability in “Green” Circular Industry. *Sustainability*, 2020, vol. 12 (7), no. 2740. <https://doi.org/10.3390/su12072740>
26. Parker N.; Breetz H.; Patterson M. Who saves money buying electric vehicles? Heterogeneity in total cost of ownership. *Transportation research part d-transport and environment*, 2021, vol. 96, no. 102893. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2021.102893>

27. Petrunko K., Sazonov S. China develops the production of “green” cars, using hydrogen fuell. *Annual Scientific Conference of the Centre-for-Political-Research-and-Prognosis of the Institute-of-Far-Eastern-Studies of the Russian Academy of Sciences (IFES RAS)*, 2020, pp.174-184.
28. Schluter J., Weyer J. Car sharing as a means to raise acceptance of electric vehicles: An empirical study on regime change in automobility. *Transportation research part f-traffic psychology and behaviour*, 2019, pp. 185-201. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.09.005>
29. Voytenkov S., Akifeva I., Banket M., Shapoval D. Ways of coordinating schedules in regional passenger traffic. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019*, 2019, no. 012038.

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Банкет Михаил Викторович**, декан факультета «Автомобильный транспорт», доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», канд. техн. наук, доцент  
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»  
проспект Мира, 5, г. Омск, 644080, Российская Федерация  
[mikhail\\_banket@mail.ru](mailto:mikhail_banket@mail.ru)*

**Эйхлер Иван Андреевич**, доцент кафедры «Логистика», факультет «Экономики и управления», канд. эконом. наук  
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»  
проспект Мира, 5, г. Омск, 644080, Российская Федерация  
[vaniaeichler@gmail.com](mailto:vaniaeichler@gmail.com)*

**Зырянова Светлана Анатольевна**, заведующий кафедрой «Автоматизированные системы и цифровые технологии», факультет «Информационные системы в управлении», канд. техн. наук, доцент

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»  
проспект Мира, 5, г. Омск, 644080, Российская Федерация  
svetazyr55@mail.ru*

## **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Mikhail V. Banket**, dean of the faculty “Automobile transport”, associate professor of the department “Operation and repair of automobiles”, faculty “Automobile transport”, cand. tech. sciences, associate professor

*Siberian State Automobile and Highway University  
5, Prospekt Mira, Omsk, Russia, 644080, Russian Federation  
mikhail\_banket@mail.ru*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1901-8150>*

*ResearcherID: AAV-5959-2021*

*Scopus Author ID: 57212171363*

**Ivan A. Eychler**, Associate Professor of the Department of Logistics, Faculty of Economics and Management, cand. economy sciences  
*Siberian State Automobile and Highway University  
5, Prospekt Mira, Omsk, Russia, 644080, Russian Federation  
vaniaeichler@gmail.com*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4681-8468>*

**Svetlana A. Zyryanova**, head of the department «Automated systems and digital technologies», faculty «Information systems in management», cand. tech. sciences, associate professor  
*Siberian State Automobile and Highway University  
5, Prospekt Mira, Omsk, Russia, 644080, Russian Federation  
svetazyr55@mail.ru*

Поступила 27.01.2022

После рецензирования 15.02.2022

Принята 20.02.2022

Received 27.01.2022

Revised 15.02.2022

Accepted 20.02.2022

DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-76-91

УДК 629.331

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ В ВИБРОРЕЖИМЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ САЙЛЕНТБЛОКОВ**

***В.С. Барадиев***

*В данной статье рассматривается аналитическое исследование влияния параметра технического состояния сайлентблоков подвески на амплитудно-частотную характеристику системы поддрессоривания автомобиля. Исследуется процесс изменения величины амплитуды колебаний и смещения резонансной частоты в виброрежиме. Выявлены закономерности влияния коэффициента остаточного демпфирования сайлентблоков подвески на амплитуду колебаний нормальной нагрузки на колёсах автомобиля при испытаниях на вибростендах.*

***Цель*** – теоретическое обоснование влияния технического состояния сайлентблока подвески по силовому параметру на амплитудно-частотную характеристику системы поддрессоривания автомобиля.

***Метод или методология проведения работы:*** в данной статье, при выполнении расчетов, использовались численные методы решения дифференциальных уравнений, а также методы математического моделирования.

***Результаты:*** разработана математическая модель, используемая для аналитического исследования влияния параметра технического состояния сайлентблоков на амплитудно-частотную характеристику системы поддрессоривания.

***Область применения результатов:*** полученные результаты могут быть использованы заводами-изготовителями вибростен-

дов, основывающий метод EUSAMA, организациями, работающими в области разработки методов и средств диагностирования подвески автомобиля, а также использованы для расчетов параметров функционирования систем поддрессирования автомобиля в стационарных гармонических режимах.

**Ключевые слова:** автомобиль; сайлентблок; подвеска; математическая модель; амплитуда; частота

## MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF CHANGING THE AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE CAR SUSPENSION IN VIBRATION MODE WHEN THE TECHNICAL CONDITION OF THE SILENT BLOCKS CHANGES

*V.S. Baradiev*

*This article discusses the analytical study of the influence of the parameter of the technical condition of the suspension silent blocks on the amplitude-frequency response of the car springing system. The process of changing the magnitude of the oscillation amplitude and the displacement of the resonant frequency in the vibration mode is investigated. The regularities of the influence of the coefficient of residual damping of suspension silent blocks on the amplitude of fluctuations of the normal load on the wheels of the car during tests on vibration stands are revealed.*

**Purpose** – theoretical substantiation of the influence of the technical condition of the suspension silent block in terms of the power parameter on the amplitude-frequency characteristic of the car suspension system.

**Method or methodology for conducting work:** in this article, when performing calculations, numerical methods for solving differential equations were used, as well as methods of mathematical modeling.

**Results:** a mathematical model has been developed that is used for the analytical study of the influence of the technical state parameter

*of silent blocks on the amplitude-frequency characteristic of the suspension system.*

**Practical implications:** *the obtained results can be used by manufacturers of vibration stands based on the EUSAMA method, organizations working in the field of developing methods and tools for diagnosing a car suspension, and also used to calculate the parameters of functioning of car suspension systems in stationary harmonic modes.*

**Keywords:** *car; silent block; suspension; mathematical mode; amplitude; frequency*

## **Введение**

В настоящее время в системах поддрессирования современных автомобилей широкое применение нашли сайлентблоки. Сайлентблоки являясь составной частью подвески автомобиля, выполняют роль шарнирного звена, обеспечивая эластокинематику подвеску и демпфирующие свойства. Они являются силовыми элементами определяющие упругую характеристику подвески и в процессе эксплуатации под действием нагрузок, и внешних факторов меняют свои свойства. На сегодняшний день научные исследования сайлентблоков в большей степени направлены на решение задач, связанных с конструкторской частью, а именно повышение вибрационных качеств и комфортности движения [11, 12, 14, 15]. Изменения эксплуатационных показателей сайлентблоков исследуются в меньшей степени [9, 13]. Исследование влияния технического состояния сайлентблоков на амплитудно-частотную характеристику системы поддрессирования является актуальной научно-исследовательской задачей. Так результаты многих научных исследований показывают, что техническое состояние системы поддрессирования оказывает существенное влияние на показатели активной безопасности транспортных средств [1-3, 5, 6, 8]. Решение такой задачи требует теоретических и экспериментальных методов исследований. На данный момент времени выполнено аналитическое исследо-

вание с применением метода математического моделирования. Анализируется влияние технического состояния сайлентблоков подвески на амплитудно-частотные характеристики системы поддрессоривания. Результатом должно стать оценка доли влияния сайлентблоков, в зависимости от их технического состояния, на демпфирующие свойства подвески автомобиля. Принято, автомобиль по конструкции имеет переднюю независимую подвеску на двух поперечных рычагах и включают амортизаторы с номерами OEM 2101-2905402, пружины OEM 2101-2902712, сайлентблоки OEM 2101-2904180 и OEM 2101-2904040, и колеса с размерностью 175/70 R13 с давлением в шинах 0,17 МПа.

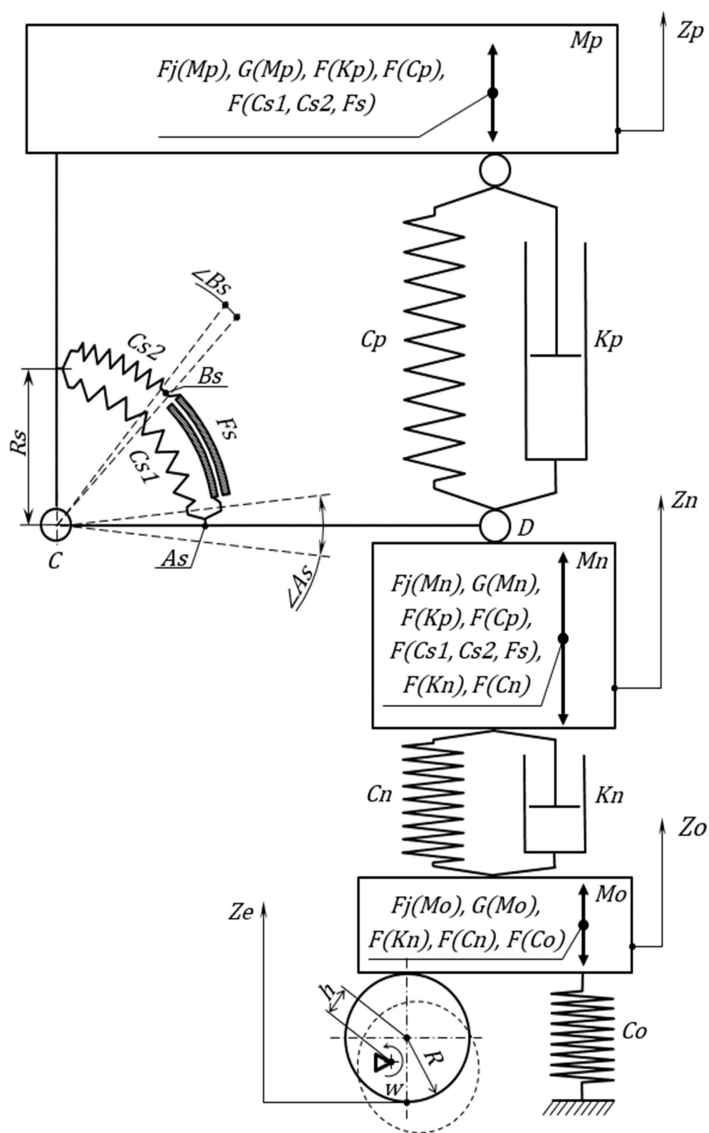
### **Методы и материалы**

Для решения поставленной задачи и написания математической модели процесса изменения величины амплитуды колебаний и смещения резонансной частоты в виброрежиме необходимо составить расчетную схему «Поддрессоренная масса – Подвеска – Сайлентблок – Неподдрессоренная масса – Автомобильная шина – Вибростенд EUSAMA» (рис. 1).

Процесс функционирования поддрессоренного колеса в виброрежиме описывается моделью четверти автомобиля, которая дополнена математическим аппаратом динамики и кинематики для опорной платформы вибростенда.

Четверть автомобиля включает в себя поддрессоренную и неподдрессоренную массы, которые связаны между собой через элементы подвески: упругим элементом, демпфером, и направляющими устройствами. В состав направляющих устройств входят сайлент-блоки.

Для моделирования свойств эластичной шины автомобиля используется также упругий элемент и демпфер. Уравнения поддрессоренных и неподдрессоренных составлены для одной степени свободы в направлении вертикальной оси  $Z$ . При этом они учитывают жесткость и степень демпфирования шин, а также подвески автомобиля.



**Рис. 1.** Расчетная схема исследуемого процесса изменения величины амплитуды колебаний и смещения резонансной частоты подвески автомобиля с эластичной шиной на вибростенде

Из данной схемы можно представить следующее уравнение:

$$\ddot{z}_p = \frac{F(Kp) + F(Cp) + F(Cs1, Cs2, Fs) - G(Mp)}{Mp}, \quad (1)$$

Уравнение (1) описывает ускорение подрессоренной массы  $Mp$ , где:

$F(Kp)$  – усилие амортизатора подвески;

$F(Cp)$  – усилие пружины подвески;

$F(Cs1, Cs2, Fs)$  – усилие сайлентблока подвески;

$G(Mp)$  – вес подрессоренной массы.

Из расчетной схемы (рис. 1), усилие амортизатора подвески  $F(Kp)$  определяется как:

$$F(Kp) = Kp \times (\dot{z}_n - \dot{z}_p), \quad (2)$$

и усилие пружины подвески  $F(Cp)$ :

$$F(Cp) = Cp \times (z_n - z_p). \quad (3)$$

Усилие закручивания сайлентблока рассчитывается с использованием разработанной на основе элементов упругости Гука и трения Сен-Венана полуэмпирической модели [7, 10]. Математическая модель процесса функционирования сайлентблока определяется суммой составляющих моментов в зависимости от величины и скорости закручивания.

Из расчетной схемы (рис. 1), усилие, развиваемое сайлентблоком подвески, имеет следующий вид:

$$F(Cs1, Cs2, Fs) = \frac{(Cs1 \times \angle As + Cs2 \times (\angle As - \angle Bs)) \times Rs}{CD}, \quad (4)$$

где:  $C_{s1}$  и  $C_{s2}$  – жесткость упругих элементов;

$\angle A_s$  – угол закручивания сайлентблока;

$\angle B_s$  – угол закручивания элемента трения в модели сайлентблока;

$R_s$  – радиус сайлентблока;

$CD$  – длина рычага.

Угол закручивания сайлентблока определяется:

$$\angle As = \arcsin \left( \frac{z_n - z_p}{CD} \right), \quad (5)$$

Угловая скорость элемента трения  $F_s$  в модели сайлентблока определяется как:

$$\angle Bs = \begin{cases} \angle As \rightarrow Cs2 \times (\angle As - \angle Bs) > F_s \\ 0 \rightarrow Cs2 \times (\angle As - \angle Bs) \leq F_s \end{cases}, \quad (6)$$

Вес подрессоренной массы определяется уравнением:

$$G(Mp) = Mp \times g, \quad (7)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Аналогичным образом, используя расчетную схему (рис. 1) необходимо рассмотреть неподдрессоренную массу.

Из данной схемы можно представить следующее уравнение:

$$\ddot{Z}_n = \frac{F(Kn) + F(Cn) - F(Kp) - F(Cp) - F(Cs1, Cs2, Fs) - G(Mn)}{Mn}, \quad (8)$$

Уравнение (8) описывает ускорение неподдрессоренной массы  $Mn$ , где:

$F(Kn)$  – демпфирующее усилие эластичной шины;

$F(Cn)$  – упругое усилие эластичной шины;

$G(Mn)$  – вес неподдрессоренной массы.

Демпфирующее усилие эластичной шины  $F(Kn)$  определяется как:

$$F(Kn) = Po \times Kn \times (\dot{Z}_o - \dot{Z}_n), \quad (9)$$

и упругое усилие эластичной шины  $F(Cn)$ :

$$F(Cn) = Po \times (Cn \times (Z_o - Z_n)), \quad (10)$$

Из расчетной схемы (рис. 1), условие отрыва колеса от опорной платформы вибростенда можно представить, как признак отрыва  $Po$

$$Po = \begin{cases} 0 \rightarrow Z_n > Z_o \\ 1 \rightarrow Z_n \leq Z_o \end{cases} \quad (11)$$

Вес поддрессоренной массы определяется уравнением:

$$G(Mn) = Mn \times g. \quad (12)$$

Математическое описание работы вибростенда, реализующий принцип EUSAMA рассмотрим из двух составляющих частей стенда: математическое описание опорной платформы вибростенда, математическое описание эксцентрика вибростенда (кулачкового механизма).

Используя расчетную схему (рис. 1) можно записать уравнение, следующее вида:

$$\ddot{Z}_o = \frac{-F(Kn) - F(Cn) - F(Co) - G(Mo)}{Mo}, \quad (13)$$

Уравнение (13) описывает ускорение опорной платформы вибростенда  $Mo$ , где:

$F(Co)$  – усилие пружины опорной платформы вибростенда;

$G(Mo)$  – вес опорной платформы.

Из расчетной схемы (рис. 1), усилие пружины опорной платформы  $F(Co)$  определяется как:

$$F(Co) = Co \times (Z_o), \quad (14)$$

Вес опорной платформы определяется уравнением:

$$G(Mo) = Mo \times g, \quad (15)$$

Условие ограничения кинематических параметров опорной платформы при взаимодействии с эксцентриком представляется в виде системы:

$$Z_o < Z_e \rightarrow \begin{cases} Z_o = Z_e \\ \dot{Z}_o = \dot{Z}_e \\ \ddot{Z}_o = \ddot{Z}_e \end{cases} \quad (16)$$

Следующим этапом, для описания работы вибростенда, рассмотрим математическое описание эксцентрика вибростенда (кулачкового механизма). Рассмотрим расчетную схему (рис. 1), кулачок вращается вокруг своей оси и во время поворота меняет свое положение и описывает радиус  $R$  относительно центра. Вертикальную координату точки взаимодействия эксцентрика и опорной платформы запишем в виде следующего уравнения:

$$Z_e = h \times (1 - \cos(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)) + \\ + \sqrt{R^2 - h^2 \times \sin^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)} - R, \quad (17)$$

Продифференцировав уравнение (17) получено уравнение, описывающее вертикальную скорость точки взаимодействия эксцентрика и опорной платформы вибростенда:

$$\dot{Z}_e = h \times \sin(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e) - \\ - \frac{h^2 \times \sin^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e) \times \cos(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)}{\sqrt{R^2 - h^2 \times \sin^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)}}, \quad (18)$$

Аналогично найдено уравнение, описывающее вертикальное ускорение точки взаимодействия эксцентрика и опорной платформы вибростенда:

$$\ddot{Z}_e = h(\cos(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e) - \\ - \frac{h^3 \times \sin^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e) \times \cos^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)}{\sqrt[3]{(R^2 - h^2 \times \sin^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e))^2}} + \\ + \frac{h^2 \times \sin^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)}{\sqrt{R^2 - h^2 \times \sin^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)}} - \\ - \frac{h^2 \times \cos^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)}{\sqrt{R^2 - h^2 \times \sin^2(2\pi \times \omega \times t - \Phi_e)}}) \quad (19)$$

где  $h$  – эксцентриситет;

$\Phi_e$  – значение фазы процесса для момента времени  $t$ .

Скорость изменения фазы при изменении частоты вращения эксцентрика стэнда определяется:

$$\dot{\phi}_e = t \times \dot{w}, \quad (20)$$

частота вращения эксцентрика стэнда:

$$w = f(t). \quad (21)$$

Представленные выражения (1–21) составляют базу разработанной программы для электронно-вычислительной машины [4] для расчета параметров функционирования подвески автомобиля на вибростенде. Вычисления производились в программных средах Microsoft Excel и Scilab.

## Результаты

При помощи разработанного математического аппарата выполнены расчеты, для аналитического исследования влияния изменения технического состояния сайлентблоков на амплитудно-частотную характеристику подвески автомобиля в виброрежиме. При выполнении расчетов, техническое состояние сайлентблоков варьировалось изменением его коэффициента остаточного демпфирования  $K_{\text{од}}$  от 0 до 1. Изменялись два параметра, величина смещения резонансной частоты неподрессоренных масс (рис. 2, 3) и изменение амплитуды колебаний нормальной нагрузки на колесах автомобиля (рис. 4, 5) от технического состояния сайлентблоков.

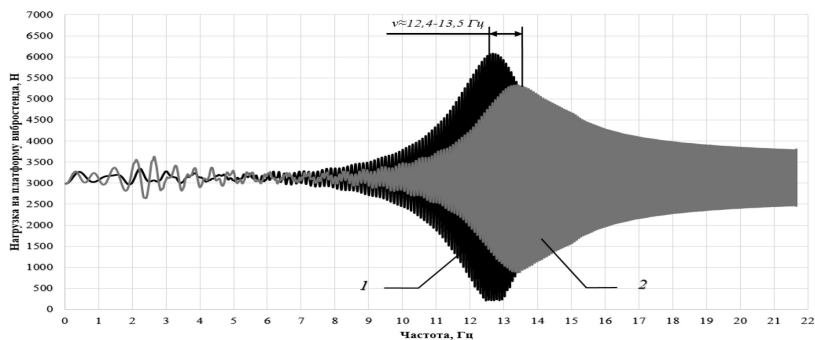
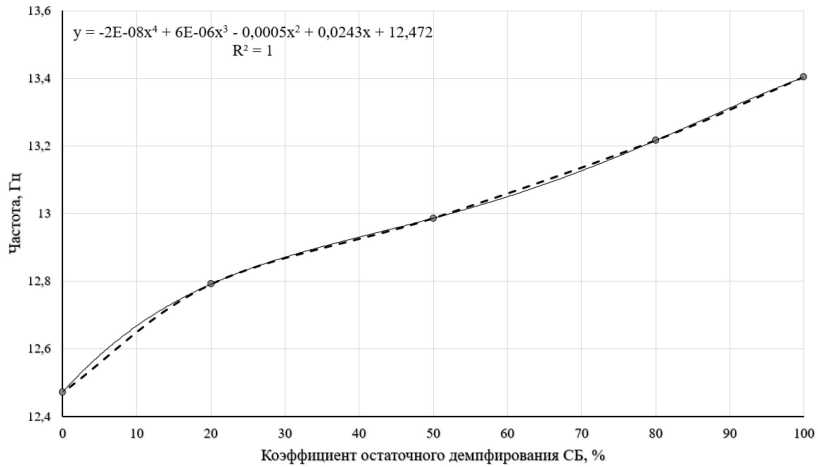
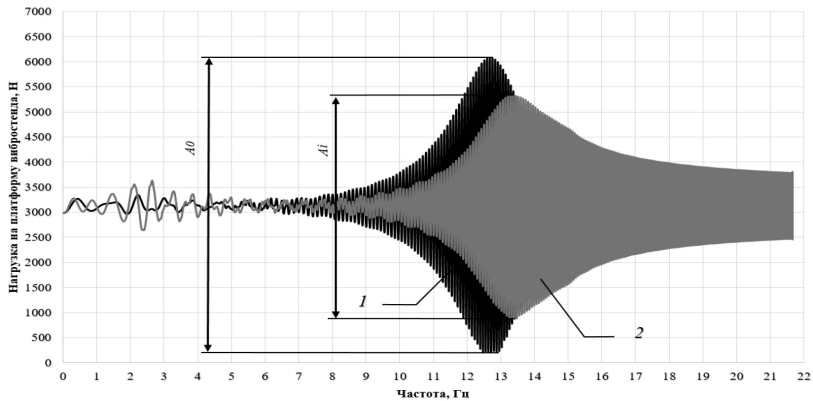


Рис. 2. Зависимость резонансной частоты  $v$  неподрессоренных масс от технического состояния сайлентблоков:

1 — при неисправных сайлентблоках; 2 — при исправных сайлентблоках

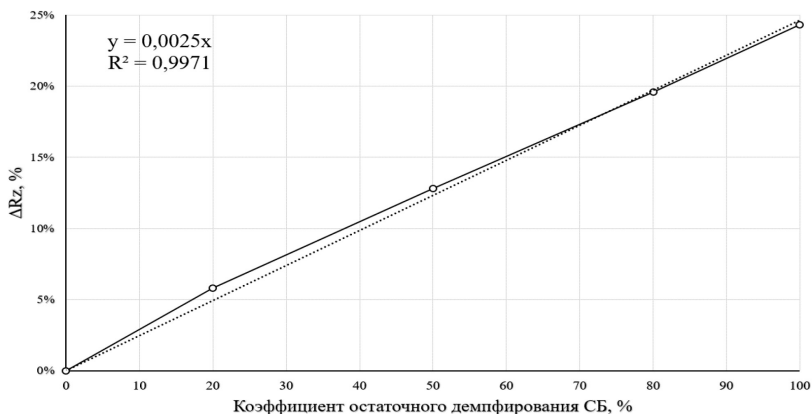


**Рис. 3.** Смещение резонансной частоты неподрессоренных масс при варьировании коэффициента остаточного демпфирования сайлентблоков



**Рис. 4.** Зависимость нормальной реакции  $R_z$  на колесе от частоты колебания опорной платформы вибростенда:  
 1 – при неисправных сайлентблоках; 2 – при исправных сайлентблоках

Расчеты показывают, что снижение угловой жесткости сайлентблока приводит к уменьшению собственной частоты неподрессоренных масс. Смещение резонансной частоты от коэффициента остаточного демпфирования сайлентблока  $K_{\text{ОДР}}$  изменяется в пределах 2 Гц.



**Рис. 5.** Изменение амплитуды колебаний нормальной нагрузки на колёсах автомобиля при варьировании коэффициента остаточного демпфирования сайлентблоков

Коэффициент остаточного демпфирования  $K_{од}$  представляет отношение создаваемого усилия  $Fsb$  текущим сайлентблоком к заданному значению исправного сайлентблока. Изменение амплитуды колебаний нормальной нагрузки  $\Delta R_z$  на колёсах автомобиля от технического состояния сайлентблоков, которое определяется как:

$$\Delta R_z = A_0 - A_i, \quad (22)$$

может достигать 24%.

Выполненные расчеты показали, что снижение усилия демпфирования сайлентблоками от номинального значения приводит к уменьшению резонансной частоты неподрессоренных масс в пределах 2 Гц и увеличивают амплитуду колебаний нормальной нагрузки  $\Delta R_z$  на колёсах автомобиля в пределах 24%. Таким образом, разработанная математическая модель дает возможности для оценки влияния технического состояния сайлентблока подвески по силовому параметру на амплитудно-частотную характеристику системы поддрессирования автомобиля.

**Информация о спонсорстве.** Данное исследование было профинансировано Восточно-Сибирским государственным универси-

тетом технологий и управления в рамках гранта «Молодые ученые ВСГУТУ-2021», (Приказ № 435од от 10.03.2021).

### ***Список литературы***

1. Денисов И.В. Разработка методики управления техническим состоянием систем автомобиля, влияющих на безопасность движения: дис. ... канд. тех. наук. Владимир, 2011. 224 с.
2. Калачев С.М. Экспериментально-расчетный метод контроля качества работы гасящих устройств подвески автомобиля: дис. ... канд. тех. наук. Москва, 2006. 170 с.
3. Кузнецов Н.Ю. Контроль технического состояния автомобильных амортизаторов на основе характеристик сцепления шин с опорной поверхностью: дис. ... канд. тех. наук. Иркутск, 2019. 221 с.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020660831. Расчет параметров функционирования подвески автомобиля на вибростенде / Тихов-Тинников Д.А., Барадиев В.С. Заявка №2020619772. Дата поступления 02 сентября 2020 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 14 сентября 2020 г.
5. Тебекин М.Д. Повышение эффективности определения технического состояния шаровых шарниров подвески легкового автомобиля: дис. ... канд. тех. наук. Орел, 2015. 158 с.
6. Тихов-Тинников Д.А. Аналитическое исследование влияния технического состояния подвески на тормозные свойства автомобиля // Журнал автомобильных инженеров. 2014. №5(88). С. 46-49.
7. Тихов-Тинников Д.А., Барадиев В.С., Федотов А.И., Алексеев А.В. Математическая модель процесса функционирования сайлентблока на основе элементов Гука и Сен-Венана // Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ». 2019. №16(6). С. 706-716. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-6-706-716>
8. Тихов-Тинников Д.А., Федотов А.И., Алексеев А.В. Характеристики боковой реакции при изменении технического состояния амортизатора // Международный журнал перспективных исследований, 2020. Т. 10. №1. С. 81-93. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2020-1-81-93>

9. Тихов-Тинников Д.А., Барадиев В.С., Экспериментальное исследование силовых характеристик автомобильных сайлентблоков // Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации. Иркутск: Издательство Иркутского национального исследовательского технического университета, 2017. С. 12-20.
10. Fedotov A.I., Tikhov-Tinnikov D.A., Baradiev V.S. Simulation of process of functioning silent blocks of car suspension // Proceedings of the International Conference “Aviamechanical engineering and transport” (AVENT 2018). 2018. pp. 135-140. <https://doi.org/10.2991/avent-18.2018.26>
11. Fredette, Luke, and Rajendra Singh. Estimation of the transient response of a tuned, fractionally damped elastomeric isolator. *Journal of Sound and Vibration*, 2016, vol. 382, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2016.07.009>
12. Horiuchi, Kentaro, and Shinichi Sakaguchi. Rubber suspension bushing model identified by general design parameters for initial design phase. *SAE Technical Paper Series*, 2018. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0693>
13. Rabanizada, N., et al. Experimental investigation of the dynamic mechanical behaviour of chemically aged elastomers. *Archive of Applied Mechanics*, 2015, vol. 85, no. 8, pp. 1011–1023. <https://doi.org/10.1007/s00419-014-0971-6>
14. Rivas-Torres, Jonathan, et al. Analytical design and optimization of an automotive rubber bushing. *Shock and Vibration*, 2019, vol. 2019, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1155/2019/1873958>
15. Zhao, Zihan, et al. Modeling and verification of a new hyperelastic model for rubber-like materials. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019, vol. 2019, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/2832059>

### *References*

1. Denisov I.V. *Razrabotka metodiki upravleniya tekhnicheskimi sostoyaniem sistem avtomobilya, vliyayushchikh na bezopasnost' dvizheniya* [Development of a technique for managing the technical condition of vehicle systems that affect traffic safety]. Vladimir: dis. ... cand. tech. sci., 2011, 224 p.

2. Kalachev S.M. *Eksperimental'no-raschetnyy metod kontrolya kachestva raboty gasyashchikh ustroystv podveski avtomobilya* [Experimental-computational method for quality control of the damping devices of a car suspension]. Moscow: dis. ... cand. tech. sci., 2006, 170 p.
3. Kuznetsov N.Yu. *Kontrol'tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobil'nykh amortizatorov na osnove kharakteristik stsepleniya shin s opornoj poverkhnost'yu* [Monitoring the technical condition of automobile shock absorbers based on the characteristics of tire grip with the supporting surface]. Irkutsk: dis. ... cand. tech. sci., 2019, 221 p.
4. *Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM №2020660831. Raschet parametrov funktsionirovaniya podveski avtomobilya na vibrostende*. Tikhov-Tinnikov D.A., Baradiev V.S. Zayavka №2020619772. Data postupleniya 02 sentyabrya 2020 g. Zaregistrirvano v Reestre programm dlya EVM 14 sentyabrya 2020 g [Certificate of state registration of the computer program No. 2020660831. Calculation of the functioning parameters of the car suspension on the vibration stand. Tikhov-Tinnikov D.A., Baradiev V.S. Application No. 2020619772. Date of receipt September 02, 2020 Registered in the Register of Computer Programs on September 14, 2020].
5. Tebekin M.D. *Povyshenie effektivnosti opredeleniya tekhnicheskogo sostoyaniya sharovykh sharnirov podveski legkovogo avtomobilya* [Improving the efficiency of determining the technical condition of the ball joints of the suspension of a car]. Eagle: dis. ... cand. tech. sci., 2015, 158 p.
6. Tikhov-Tinnikov D.A. *Analiticheskoe issledovanie vliyaniya tekhnicheskogo sostoyaniya podveski na tormoznye svoystva avtomobilya* [Analytical study of the influence of the technical condition of the suspension on the braking properties of the car]. *Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov* [Journal of Automotive Engineers], 2014, no. 5(88), pp. 46-49.
7. Tikhov-Tinnikov D.A., Baradiev V.S., Fedotov A.I. *Matematicheskaya model' protsessa funktsionirovaniya saylentbloka na osnove elementov Guka i Sen-Venana* [Mathematical model of the functioning process of a rubber bushing on the Hooke and Saint-Venant elements' basis]. *Nauchnyy retsenziruemyy zhurnal "Vestnik SibADI"* [The Russian Au-

- tomobile and Highway Industry Journal], 2019, no. 16(6), pp. 706-716. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-6-706-716>
8. Tikhov-Tinnikov D.A., Fedotov A.I., Alekseev A.V. Kharakteristiki bokovoy reaktsii pri izmenenii tekhnicheskogo sostoyaniya amortizatora [Characteristics of lateral reaction at change of technical condition of shock absorber]. *Mezhdunarodnyy zhurnal perspektivnykh issledovaniy* [International Journal of Advanced Studies], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 81-93. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2020-1-81-93>
  9. Tikhov-Tinnikov D.A., Baradiev V.S. Eksperimental'noe issledovanie silovykh kharakteristik avtomobil'nykh saylentblokov [Experimental study of the power characteristics of automotive silent blocks]. *Bezopasnost' kolesnykh transportnykh sredstv v usloviyakh ekspluatatsii. Izdatel'stvo Irkutskogo natsional'nogo issledovatel'skogo tekhnicheskogo universiteta* [Safety of wheeled vehicles in operating conditions. Irkutsk National Research Technical University Publishing House], 2017, pp. 12-20.
  10. Fedotov A.I., Tikhov-Tinnikov D.A., Baradiev V.S. Simulation of process of functioning silent blocks of car suspension. Proceedings of the International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018), 2018, pp. 135-140. <https://doi.org/10.2991/avent-18.2018.26>
  11. Fredette, Luke, and Rajendra Singh. Estimation of the transient response of a tuned, fractionally damped elastomeric isolator. *Journal of Sound and Vibration*, 2016, vol. 382, pp. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2016.07.009>
  12. Horiuchi, Kentaro, and Shinichi Sakaguchi. Rubber suspension bushing model identified by general design parameters for initial design phase. *SAE Technical Paper Series*, 2018. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0693>
  13. Rabanizada, N., et al. Experimental investigation of the dynamic mechanical behaviour of chemically aged elastomers. *Archive of Applied Mechanics*, 2015, vol. 85, no. 8, pp. 1011-1023. <https://doi.org/10.1007/s00419-014-0971-6>
  14. Rivas-Torres, Jonathan, et al. Analytical design and optimization of an automotive rubber bushing. *Shock and Vibration*, 2019, vol. 2019, pp. 1-13., <https://doi.org/10.1155/2019/1873958>

15. Zhao, Zihan, et al. Modeling and verification of a new hyperelastic model for rubber-like materials. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019, vol. 2019, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1155/2019/2832059>

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**Барадиев Виктор Сергеевич**, старший преподаватель кафедры «Автомобили»  
*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления*  
*ул. Ключевская, 40В, стр. 1, г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, 670013, Российская Федерация*  
*[vsgutu-ka@mail.ru](mailto:vsgutu-ka@mail.ru)*

### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Victor S. Baradiev**, Senior Lecturer, Department of Cars  
*East Siberian State University of Technology and Management*  
*40B/1, Klyuchevskaya Str., Ulan-Ude, Republic of Buryatia, 670013, Russian Federation*  
*[vsgutu-ka@mail.ru](mailto:vsgutu-ka@mail.ru)*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1725-2760>*

Поступила 14.02.2022

После рецензирования 16.02.2022

Принята 20.02.2022

Received 14.02.2022

Revised 16.02.2022

Accepted 20.02.2022

DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-92-103

УДК 629.017

## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Р.В. Гусейнов, К.А. Алиева,  
М.Н. Нажмудинова*

*В статье проведен анализ эффективности методов контроля автомобильных транспортных средств в процессе эксплуатации. Актуальность исследования заключается в том, что тормозная система является важным элементом, отвечающая за безопасную эксплуатацию автомобиля.*

***Цель.** Увеличить эффективность технической эксплуатации автотранспортных средств на основе дорожного метода диагностики тормозных систем.*

***Методы или методология проведения работы.** В статье рассмотрен дорожный метод с использованием акселерометров.*

***Результаты.** Рассмотрены основные недостатки дорожного метода и стендов различной конструкции, которые дают низкую достоверность определяемых параметров эффективности и устойчивости при торможении транспортного средства. Показана эффективность внедрения оперативной дорожной диагностики автомобильных тормозных систем многоканальных акселерометров, которые при оценке курсовой устойчивости в процессе торможения дают наглядно убедительную информацию с достаточно высоким уровнем достоверности.*

***Область применения результатов:** результаты исследования могут быть использованы организациями автосервиса.*

***Ключевые слова:** автотранспортные средства; боковые ускорения; акселерометры; курсовая устойчивость; тормозная система; техническое состояние*

## DIAGNOSIS OF BRAKE SYSTEMS OF MOTOR VEHICLES IN OPERATING CONDITIONS

*R.V. Huseynov, K.A. Alieva,  
M.N. Nazhmudinova*

*The article analyzes the effectiveness of methods for monitoring motor vehicles during operation. The **relevance** of the study lies in the fact that the braking system is an important element responsible for the safe operation of the car.*

**Purpose.** *To increase the efficiency of the technical operation of motor vehicles on the basis of the road method for diagnosing brake systems.*

**Methodology or methodology for conducting work.** *The article considers the road method using accelerometers.*

**Results.** *The main disadvantages of the road method and stands of various designs are considered, which give low reliability of the determined parameters of efficiency and stability during vehicle braking. The effectiveness of the implementation of on-line road diagnostics of automotive braking systems of multi-channel accelerometers is shown, which, when assessing course stability during braking, provide visually convincing information with a fairly high level of reliability.*

**Practical implications:** *the results of the study can be used by car service organizations.*

**Keywords:** *motor vehicles; lateral accelerations; accelerometers; course stability; braking system; technical condition*

### Введение

На сегодняшний день большое количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) связано с торможением автотранспортных средств (АТС). От работоспособности тормозной системы автомобиля зависит количество аварий и тяжесть их последствий. В регламентирующих документах для проведения технического контроля общего состояния тормозных систем (далее ТС) в условиях

эксплуатации, указано использовать два метода – уличный или ленточный [1]. В нашей стране чрезвычайно большое климатическое разнообразие условий эксплуатации АТС направлено на использование стендовых методов. Они позволяют сравнивать результаты в идентичных нормальных условиях динамометра, независимо от географического положения. При этом достоверность результатов контроля снижается из-за плохой способности динамометров моделировать линейную скорость автомобиля. В практике применяют различные типы стендов, в которых используются разные методы измерения эффективности торможения: силовые роликовые и 12-ти роликовые, статические силовые и инерционно – платформенные стенды. К методам эффективности торможения также относят и приборы для измерения замедления транспортных средств.

Следует отметить используемые для испытаний тормозных систем силовые роликовые стенды позволяют определять следующие показатели:

- Учитывать величину работающей ТС автомобиля: указать время срабатывания тормозной системы, указать максимальное и удельное тормозное усилие, а также коэффициент неравных тормозных усилий по оси колеса, определить усилие на рулевом колесе.
- Показывать параметры автомобиля и состояние ТС, а именно: указать неравную тормозную силу на один оборот колеса, определить сопротивление от вращения незаторможенных колес, учесть массу, приходящуюся на колесо и на ось.
- Указывать на параметры стояночной ТС транспортных средств: определить удельную и максимальную тормозную силу. По результатам проверки вся информация будет выводиться на дисплей в цифровом или графическом виде.

Проверку транспортных средств можно осуществлять и дорожным методом при условии, что она будет проводиться на дороге (ровная и прямая с сухим покрытием) с асфальтобетонным или цементным основанием. При проведении проверки работающих ТС легковых автомобилей следует соблюдать следующие пока-

затели: ширина участка должна быть не менее нормативного коридора движения (3 м) с необходимым запасом для безопасного торможения, даже если автомобиль теряет боковую устойчивость, длина такого участка должна быть не менее 80 м. При применении дорожного метода оценка эффективности торможения рабочей и запасной ТС автомобиля может оцениваться по величине тормозного пути и по параметрам торможения, определенным с помощью измерителей замедления.

Необходимо отметить, что в условиях эксплуатации автотранспортного средства установлены три показателя ТС: это эффективность торможения, устойчивость торможения и управляемость стояночной тормозной системы [8, с.25]. В свою очередь, реализованный коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием является параметром, определяющий показатель эффективности торможения. Роликовые блоки для управления эффективностью торможения широко используются в двух вариантах: силовом и инерционном. Широкое распространение в эксплуатации получили силовые блоки, способные измерять тормозные усилия и нормальные нагрузки на диагностируемую ось автомобиля. Следует отметить, что они являются надежным контролем технического состояния ТС.

Также распространение получили и креновые методы, основанные на «принципе обратимости движения», то есть крена приводит в движение колесо [2, 3]. Все это происходит вне зависимости от климатических условий благодаря возможности контроля технического состояния ТС транспортного средства в помещениях.

Креновое управление может давать результат по двум показателям тормозной системы:

- эффективность торможения, определяющаяся путем измерения тормозного усилия;
- устойчивость торможения, которая измеряется разностью тормозных усилий на колесах одной оси автомобиля.

Как правило, применяют и силовые стенды, в которых каждое колесо диагностируемого моста автомобиля опирается на два

опорных катка. Они определяют тормозные усилия каждого колеса, а также нормальную нагрузку на колесо, что позволяет определить показатели устойчивости автомобиля при торможении и удельную тормозную силу.

Реже используют тормозные стойки инерционные роликовые, которые имеют реверсивный привод, как от колес автомобиля, так и от электродвигателя. Они симметричны относительно продольной оси автомобиля и могут полностью опираться на колесную формулу 4×4. Диагностика тормозного привода и тормозных механизмов не позволяет определить тормозные усилия и сделать прогноз для реальных условий эксплуатации.

Несколько критичное отношение у исследователей вызывают и платформенные тормозные тестеры [4, 5]. При простоте конструкции, схожести площади контакта шины с испытательным стендом и дорогой и неприменимом принципе «обратимости движения» они дают большой разброс результатов измерений. В работах [6, 7] показано разброс измерений для них до 50%. Системный разброс метрологических результатов на платформенных тормозных стендах объясняется в вибрациями платформ стенда при наезде диагностируемого автомобиля и невозможностью точного позиционирования колес автомобиля относительно оси симметричности испытательного стенда и центров платформ.

Основным недостатком всех типов прокатных клетей является недостаточная возможность имитации транспортным средством своей линейной скорости, которая составляет всего 3-4 км/ч, и незаметность результатов контроля. Дорожные испытания, в отличие от динамометрических, предусматривают начало торможения с 40 км/ч. Кроме того, при стендовых испытаниях контроль эффективности торможения проводят при пробуксовке шин на уровне  $S \cong 0,2$ , а при дорожном контроле – до  $S \cong 1$ , т. е. до полной блокировки колеса.

Для оперативного контроля ТС в дорожных условиях, а также для оценки их тягово-скоростных характеристик, управляемости, активной и пассивной безопасности, курсовой устойчивости, ста-

ли устанавливаться датчики ускорения. Важным преимуществом последнего с точки зрения применимости в качестве диагностического средства является невмешательство в конструкцию АТС и получение информации с достаточно высокой достоверностью.

В настоящее время акселерометры также нашли применение для изучения уровня вибрации подвески при движении автомобиля по дорогам с различным микропрофилем дорожного покрытия, используя в качестве расчетного результата виброускорение подвески [8, 9].

**Цель статьи** – показать возможность повышения наглядности и результативности контроля ТС автомобиля за счет дополнения дорожной методики с применением двухосевых акселерометров.

### **Материалы или методы исследования**

С целью повышения контроля технического состояния ТС АТС также ее визуализации курсовой устойчивости при торможении на автомобиле ГАЗ-3302 была проведена серия экспериментов дорожным методом с использованием акселерометров ММ7260QT и «Эффект-2».

При торможении на автомобиле визуализацию курсовой устойчивости осуществляли путем разметки участка дороги шириной 2,6 м в соответствии с требованиями ГОСТ 33997-2016 [9].

Для измерения боковых ускорений автомобиля согласно рекомендации один акселерометр располагали так, чтобы его горизонтальная проекция обязательно совпала с центром задней оси, а второй также размещали над передним мостом испытуемого автомобиля. Для дублирования измерений в целях контроля приборы «Эффект 2» были размещены рядом с датчиком ускорения ММ7260QT.

Опыты проводились на участке сухой дороги при качественном покрытии с продольными уклонами не более 1,5% при температуре (20–24°C). При этом моделирование влажности и загрязнении дорог в различных климатических условиях гораздо доступнее, чем на стендах.

## Результаты исследования

Обязательным условием контроля технического состояния при ТС автотранспортных средств является первичная проверка идентичного состояния шин по всем показателям работоспособности. Датчик замера силы, прикладывался к педали тормоза и крепился к последнему с помощью ремней. Усилие на органе управления тормозом не превышало верхней границы нормы 686 Н и находилось в пределах 363–453 Н.

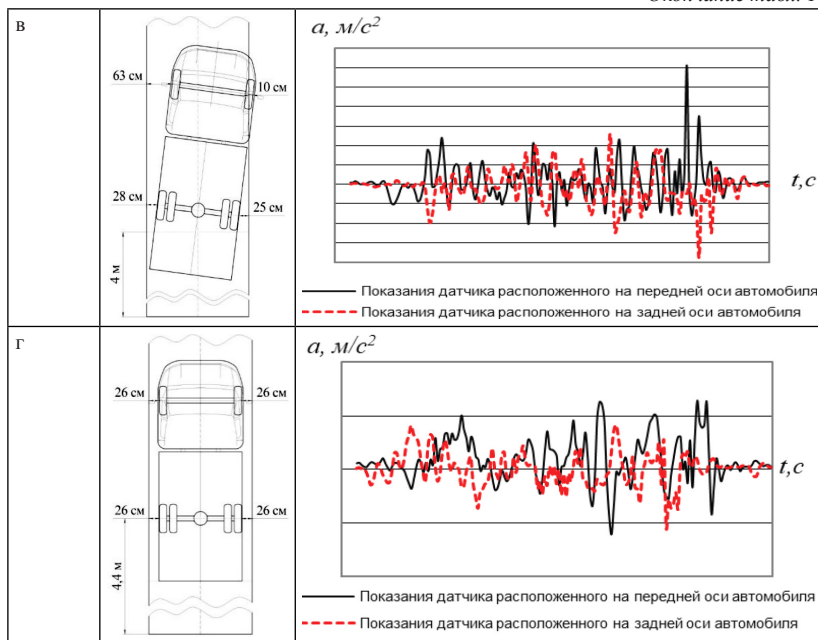
Измерения геометрии скольжения и величины поперечного ускорения автомобиля при четырех возможностях искусственного воздействия на него представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Значения бокового ускорения АТС и геометрия бокового увода

| Варианты воздействия | Геометрия увода автомобиля | Боковые ускорения                                                                                                                         |
|----------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| а                    |                            | <p>— Показания датчика расположенного на передней оси автомобиля<br/> - - - Показания датчика расположенного на задней оси автомобиля</p> |
| б                    |                            | <p>— Показания датчика расположенного на передней оси автомобиля<br/> - - - Показания датчика расположенного на задней оси автомобиля</p> |

Окончание табл. 1.



Из таблицы 1 видно, что достижение поперечного ускорения  $3,0 \text{ м/с}^2$  (по показаниям датчика, расположенного над передней осью) является критическим (вариант Б), что выходит за пределы нормативного дорожного коридора.

Боковые ускорения до  $1,5\text{--}2,0 \text{ м/с}^2$  свидетельствуют о явном, но не критическом уходе автомобиля назад при торможении. Не менее эффективно измерение замедления всего транспортного средства с помощью датчиков ускорения.

### Заключение

Подводя итог, можно сделать вывод, что расширение возможностей придорожной диагностики тормозной системы автомобиля возможно за счет использования датчика для измерения силы, прикладываемой к педали тормоза, и использования акселерометров для измерения поперечного ускорения и тангажа.

Сбор аналогичного тестового материала для каждого класса автомобиля в дальнейшем позволит достаточно надежно проверить техническое состояние ТС автотранспортных средств без испытательного стенда.

### *Список литературы*

1. Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. Е. С. Кузнецова. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 2011.
2. Абдулгасис У.А. Повышение точности оценки тормозных свойств грузового автомобиля с помощью мобильного регистрационно-измерительного комплекса / У.А. Абдулгасис, С.А. Феватов, А.У. Абдулгасис // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2020. Т.67, № 1. С. 236–240.
3. Нгуен В.Н. Повышение эффективности диагностирования технического состояния подвески автотранспортных средств на вибростендах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. Иркутск, 2012. 20 с.
4. Самойленко Н.И. Транспортные системы большой размерности: монография / Н. И. Самойленко, А. А. Кобец, под ред. Н. И. Самойленко. Х.: НТМТ, 2010. 212 с.
5. ГОСТ УСО 5348-2002. Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров. Введён в действие 2008-04-01. Москва: М. : Стандартиформ, 2007.
6. ГОСТ 31507-2012. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2013. 51 с.
7. ГОСТ 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки. Введён в действие 2018-02-01. М. : Стандартиформ, 2018. 73 с.
8. Lysenko A.V. et al. Method of Roadholding Control of the Vehicle of Category M 1 under Operating Conditions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 632, 012046. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/632/1/012046>
9. Abdullah M.A., Jamil J.F., Salim M.A. Dynamic performances analysis of a real vehicle driving // IOP Conference Series: Materials Science

and Engineering. 2015. No 100(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/100/1/012017>

### *References*

1. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley* [Technical operation of cars]. Ye. S. Kuznetsov (Ed.). M.: Transport, 2011.
2. Abdulgazis U. A. Povyshenie tochnosti ocenki tormoznykh svoystv gruzovogo avtomobilja s pomoshh'ju mobil'nogo registracionno-izmeritel'nogo kompleksa [Increasing the accuracy of assessing the braking properties of a truck using a mobile registration and measuring complex]. U. A. Abdulgazis, S. A. Fevatov, A. U. Abdulgazis. *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta* [Scientific notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University]. 2020, vol. 67, no. 1, pp. 236–240.
3. Nguen V.N. *Povyshenie jeffektivnosti diagnostirovanija tehniceskogo sos-tojanija podveski avtotransportnykh sredstv na vibrostendah: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.10.* [Improving the efficiency of diagnosing the technical state of the vehicle suspension on vibration stands: abstract of thesis. dis. ... Cand. tech. Sciences: 05.22.10.]. Irkutsk, 2012, 20 p.
4. Samoylenko N.I. *Transportnye sistemy bol'shoy razmernosti: monografiya* [Large dimension transport systems: monograph] / N.I. Samoylenko, A.A. Kobets, ed. N. I. Samoylenko. Kh.: NTMT, 2010, 212 p.
5. GOST UCO 5348-2002. *Vibracija i udar. Mehanicheskoe kreplenie akselerometrov. Vvedjon v dejstvie 2008-04-01* [STATE STANDARD 5348-2002. Vibration and shock. Mechanical fastening of accelerometers. Introduction 2008-04-01]. Moskva: M.: Standartinform, 2007.
6. GOST 31507-2012. *Avtotransportnye sredstva. Upravljaemost' i us-tojchivost'. Tehnicheskie trebovanija. Metody ispytaniy* [STATE STANDARD 31507-2012. Vehicles. Controllability and stability. Technical requirements. Test methods]. M.: Standartinform, 2013, 51 p.
7. GOST 33997-2016. *Kolesnye transportnye sredstva. Trebovaniya k bezopasnosti v ekspluatatsii i metody proverki. Vvedjon v dejstvie 2018-02-01* [STATE STANDARD 33997-2016. Wheeled vehicles.

- Requirements for safety in operation and methods of verification. Introduction 2018-02-01]. М. : Standartinform, 2018, 73 p.
8. Lysenko, A V, et al. Method of Roadholding Control of the Vehicle of Category M 1 under Operating Conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 632, 012046. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/632/1/012046>
  9. Abdullah M.A., Jamil J.F., Salim M.A. Dynamic performances analysis of a real vehicle driving. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2015, vol. 100. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/100/1/012017>

### ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Гусейнов Расул Вагидович**, профессор, доктор технических наук  
*Дагестанский государственный технический университет*  
*ул. Проспект И.Шамиля, 70, г. Махачкала, Республика Дагестан, 367000, Российская Федерация*  
*salim.sungi@mail.ru*

**Алиева Карина Абдурахмановна**, аспирант  
*Дагестанский государственный технический университет*  
*ул. Проспект И.Шамиля, 70, г. Махачкала, Республика Дагестан, 367000, Российская Федерация*

**Нажмудинова Мадина Нуричалововна**, аспирант  
*Дагестанский государственный технический университет*  
*ул. Проспект И.Шамиля, 70, г. Махачкала, Республика Дагестан, 367000, Российская Федерация*

### DATA ABOUT THE AUTHORS

**Rasul V. Huseynov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
*Dagestan State Technical University*  
*70, I. Shamil Ave., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000, Russian Federation*  
*salim.sungi@mail.ru*  
*SPIN-code: 6792-6473*

**Karina A. Alieva**, Postgraduate student

*Dagestan State Technical University*

*70, I. Shamil Ave., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000,  
Russian Federation*

**Madina N. Nazhmudinova**, Postgraduate student

*Dagestan State Technical University*

*70, I. Shamil Ave., Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000,  
Russian Federation*

Поступила 14.01.2022

После рецензирования 16.01.2022

Принята 27.01.2022

Received 14.01.2022

Revised 16.01.2022

Accepted 27.01.2022

**DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-104-122****УДК 656.025**

## **СОСТОЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЕЁ РАЗВИТИЯ**

**О.Н. Миркина**

*Транспортная отрасль является важнейшей отраслью экономики России. В отрасли занята значительная часть населения, она создает существенный объем национального дохода. Проведен анализ важнейших показателей отрасли за 2018–2020 гг. Для выявления тенденций развития транспортной отрасли проведен подробный анализ по следующим направлениям: грузовые перевозки, пассажирские перевозки, протяженность транспортных путей, наличие грузовых и пассажирских транспортных средств. Выявлено увеличение показателей перевозок, увеличение протяженности автомобильных дорог общего пользования, снижение наличия практически всех видов транспортных средств. Отрицательно на всех показателях отразились ограничения, связанные с пандемией. В тоже время для экономики страны необходимо развитие рассматриваемой отрасли. Поддержка государства и устранение препятствий позволит отрасли развиваться.*

**Цель** – рассмотрение состояния транспортной отрасли России и выявление основных тенденций её развития.

**Метод или методология проведения работы:** в исследовании применялись общенаучные методы – статистический, сравнительный анализ, логические обобщения.

**Результаты:** дана оценка современному состоянию отрасли «Транспортировка и хранение» и показаны некоторые тенденции ее развития.

**Область применения результатов:** полученные результаты могут быть использованы экономическим субъектам в сфере организации транспорта.

**Ключевые слова:** транспорт; пассажирский транспорт; грузовой транспорт; грузооборот; пассажирооборот; пандемия

## STATE OF TRANSPORT INDUSTRY OF RUSSIA AND MAIN TRENDS OF ITS DEVELOPMENT

**O.N. Mirkina**

*The transport industry is the most important branch of the Russian economy. A significant part of the population is employed in the industry, it creates a significant amount of national income. An analysis of the most important indicators of the industry for 2018–2020 was carried out. To identify trends in the development of the transport industry, a detailed analysis was carried out in the following areas: freight transportation, passenger transportation, the length of transport routes, the presence of freight and passenger vehicles. An increase in transportation indicators, an increase in the length of public roads, a decrease in the availability of almost all types of vehicles were revealed. All indicators were adversely affected by pandemic-related constraints. At the same time, the economy of the country needs the development of the industry under consideration. Supporting the state and removing obstacles will allow the industry to develop.*

**The goal** is to review the state of the transport industry of Russia and identify the main trends in its development.

**Method or methodology of work:** the study used general scientific methods – statistical, comparative analysis, logical generalizations.

**Results:** The current state of Transportation and Storage industry is assessed and some trends of its development are shown.

**Field of application of the results:** the obtained results can be used by economic entities in the field of transport organization.

**Keywords:** transport; passenger transport; freight transport; cargo turnover; passenger turnover; pandemic

Транспорт представляет собой едва ли не важнейшую отрасль экономики. Именно транспорт соединяет в одно экономическое

пространство регионов страны. От развития транспорта и состояния его инфраструктуры зависит скорость и стоимость перемещения грузов, что в конечном итоге отражается на величине затрат и прибыли предприятий и экономической эффективности функционирования всего национального хозяйства. Особенно это актуально для России, обладающей обширной территорией и большим разбросом по территории производителей и потребителей.

В настоящее время на территории России сложилась одна из самых крупных и сложных транспортных схем, осуществляющая многоплановые связи на основе изготовленных технических средств, сформированных путей сообщения и налаженной службе перевозок [9].

Характеризуя положение транспортной отрасли России относительно мировых показателей, можно отметить, что Россия занимает третье место в мире по протяженности железнодорожных линий общего пользования (87 тыс. км), пятое место в мире по протяженности автомобильных дорог (1542 тыс. км), второе место в мире по протяженности внутренних водных путей (102 тыс. км); отечественный порт Новороссийск является третьим в Европе по объему перевалки (157 млн тонн) [5].

Для транспортной системы России характерными являются следующие факторы [6]:

- Большие расстояния и сложные климатические условия, поэтому выполнение большей части грузоперевозок осуществляется с помощью железнодорожных линий и трубопроводов.
- Высокоразвитая инфраструктура, состоящая из: автомобильных дорог, железнодорожных путей, линий авиасообщения, магистральных трубопроводов, судоходных речных, озёрных и морских трасс; терминалов; транспортных средств; персонала, являющегося организатором и участником, как пассажиропотока, так и процесса перевозки грузов.
- Выполнение третьей части услуг, оказываемых населению, что заставляет привлекать десятую часть основных государственных фондов и вовлекать в непосредственную отраслевую деятельность 4 млн. человек.

- Пониженная транспортная подвижность населения, обусловленная труднодоступностью целого ряда мест его проживания. Что особенно чувствительно в периоды межсезонной распутицы, блокирующей движение районного автотранспорта.

О значении отрасли для экономики России можно судить по ряду статистических показателей. Однако особенности отечественного статистического учета заставляют говорить об отрасли «Транспортировка и хранение», которая в соответствии ОКВЭД-2 включает в себя: перевозку грузов и пассажиров, подчиняющуюся либо не подчиняющуюся расписанию по железной дороге, трубопроводам, автомобильной дороге, водным или воздушным транспортом, а также сопряженную с ней деятельность, такую как деятельность вокзалов и терминалов, стоянок для транспортных средств, обработку и хранение груза и т.д. Этот раздел также включает: аренду транспортных средств с водителем или оператором [6].

Опираясь на статистические данные, можно сказать, что на долю отрасли «Транспортировка и хранение» приходится в 2020 г. 7,1% валового выпуска продукции (за период 2018–2020 гг. наметилась тенденция к снижению этого показателя). В течение 2018–2020 гг. несколько снизилась степень износа основных фондов (с 55,7% в 2018 г. до 53,9% в 2020 г.), это связано, скорее всего, с введением в эксплуатацию объектов основных фондов отрасли «Транспортировка и хранение». Об этом свидетельствует возросший по сравнению с 2018 г. объем инвестиций в основной капитал, величина которого в 2020 г. составила 3204,7 млрд руб. или 16% общего объема инвестиций в основной капитал этого года, что на 121,7 млрд руб. (+4%) больше величины этого показателя в 2018 г. Хотя в 2018 г. доля рассматриваемых инвестиций в их общем объеме была несколько выше – 17% [3].

В тоже время увеличивается среднегодовое число занятых в рассматриваемой отрасли. По состоянию на 2020 г. в отрасли «Транспортировка и хранение» в среднем занято 5493 тыс. чел.,

что составляет 8% занятых во всех отраслях экономики (для сравнения – в 2018 г. в отрасли было занято в среднем 5098,4 тыс. чел. или 7% занятых во всех отраслях экономики). Среднемесячная номинальная заработная плата по отрасли в 2020 г. составила 52,939 тыс. руб., что почти соответствует величине среднемесячной номинальной начисленной заработной плате работников организаций по видам экономической деятельности – 51,352 тыс. руб. Темп роста заработной платы в среднем по отрасли с 2018 г. составил 118%, а в целом по стране – 117,4%, т.е. рост заработной платы соответствует среднему по стране.

Характеризуя объемы деятельности транспортной отрасли, можно сказать, что перевозки грузов всеми видами транспорта в 2020 г. составили 7846 млн тонн, что на 5% меньше, чем в 2018 г. Больше всего грузов перевезено автомобильным транспортом (69% в 2020 г.). Грузооборот в рассматриваемом периоде также снижается: с 5635 млрд тонно-километров в 2018 г. до 5401 млрд тонно-километров в 2020 г. Наибольшие объемы грузооборота приходятся на железнодорожный и трубопроводный транспорт. Протяженность путей сообщения за рассматриваемый период изменилась незначительно.

Таким образом, значение отрасли «Транспортировка и хранение» для экономики России достаточно велико, растет число занятых в отрасли, происходит некоторое обновление основных фондов, поэтому следует рассмотреть более подробно ее состояние и перспективы развития. Снижение абсолютных показателей деятельности отрасли в течение рассматриваемого периода в определенном смысле является следствием ограничений, вызванных борьбой с пандемией коронавирусной инфекции COVID-19.

Транспортная отрасль России определяется как совокупность транспортных средств, объектов и субъектов транспортной инфраструктуры, транспортных организаций, органов власти всех уровней, научных, образовательных и административных организаций в области транспорта [7]. Соответственно можно провести анализ состояния и развития транспортной отрасли России по направле-

ниям: динамика показателей деятельности транспорта в целом и по его видам, оценка транспортной инфраструктуры и наличие транспортных средств. С целью выявления долгосрочных тенденций рассмотрен десятилетний интервал.

Показателями деятельности отрасли «Транспортировка и хранение» является объем перевозки грузов и пассажиров, а также грузооборот и пассажирооборот.

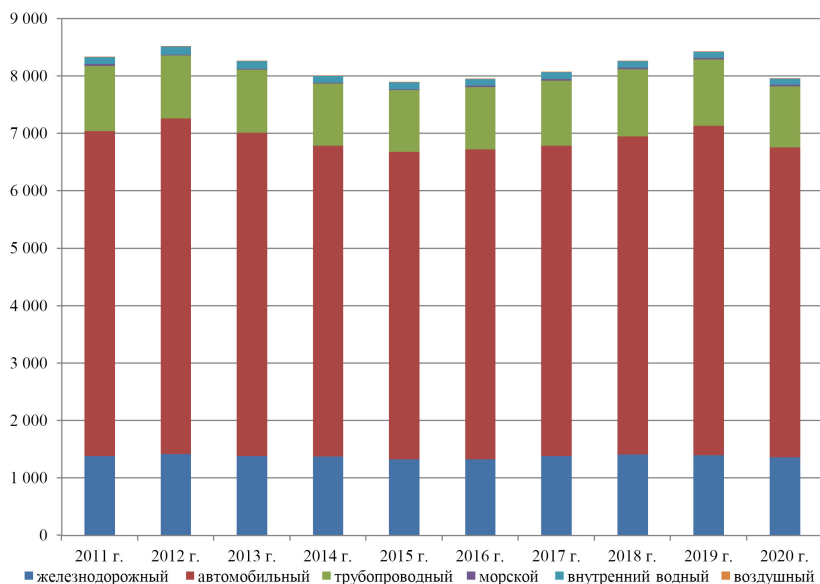
Стоит рассмотреть динамику перевозки грузов (рис. 1).

Как видно из графика (рис. 1), за период с 2011 по 2020 гг. наблюдается в целом положительная динамика объема перевозки грузов всеми видами транспорта, однако заметны значительные колебания этого показателя. Перевозка грузов является прямым следствием экономической активности в стране, поэтому, можно предположить, что выявленные колебания являются следствием замедления экономической конъюнктуры.

Известно, что отечественная транспортная отрасль включает железнодорожный, автомобильный, морской и трубопроводный транспорт. Основной вклад в перевозку грузов вносит автомобильный транспорт. Благодаря таким качествам, как маневренность, подвижность, высокая скорость доставки грузов на протяжении долгих лет автомобильные грузо- и пассажироперевозки не теряют своей популярности. Автомобильные перевозки имеют и другие немаловажные достоинства: относительная дешевизна услуги; услуги оказываются в кратчайшие сроки; клиент сам определяет пункт назначения и время доставки; отделения логистики составляют наиболее оптимальный маршрут; на этапе планирования поездки возможность вносить изменения; сервис постоянно улучшается благодаря регулярной модернизации и обучению персонала [8].

Данные рисунка 1 являются подтверждением сказанному – наибольшая доля перевозки грузов приходится на автомобильный транспорт. Объемы перевозок железнодорожным и трубопроводным транспортом сопоставимы, но они существенно ниже объема автомобильных перевозок. Крайне малы объемы перевозок водным и воздушным транспортом. Анализ рисунка 1 позволяет

предположить, что выявленная динамика перевозки грузов обусловлена именно изменениями перевозок автомобильным транспортом.

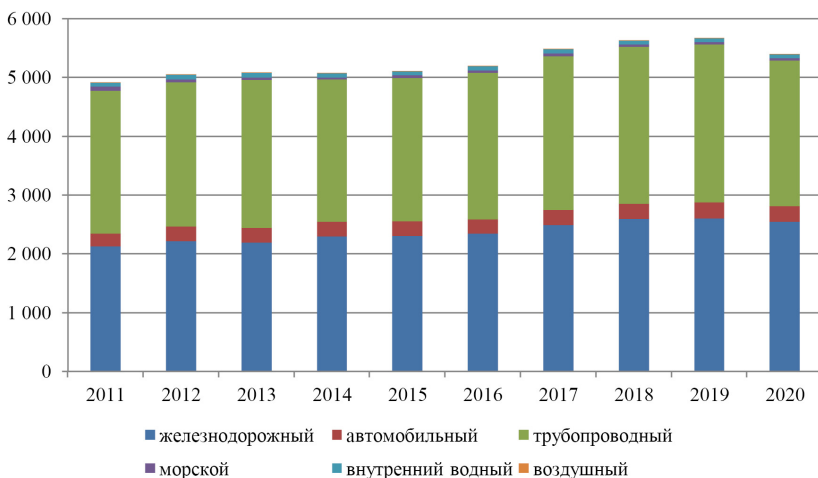


**Рис. 1.** Динамика перевозок грузов по Российской Федерации различными видами транспорта, млн т

Еще одним показателем деятельности транспорта является грузооборот. Структуру грузооборота по видам транспорта отражает рисунок 2. Рисунок явно демонстрирует поступательную положительную динамику грузооборота по Российской Федерации за период 2011-2019 гг. Только в 2020 г. наблюдается существенное снижение рассматриваемого показателя (почти на 5% от значения 2019 г.), что можно объяснить ограничениями, связанными с мерами по борьбе с пандемией.

Из данных рисунка 2 можно сделать вывод о том, что наибольший объем грузов с учетом расстояния перевозок выполнен железнодорожным и трубопроводным транспортом. Таким образом, можно сделать следующий вывод: автомобильный транспорт ис-

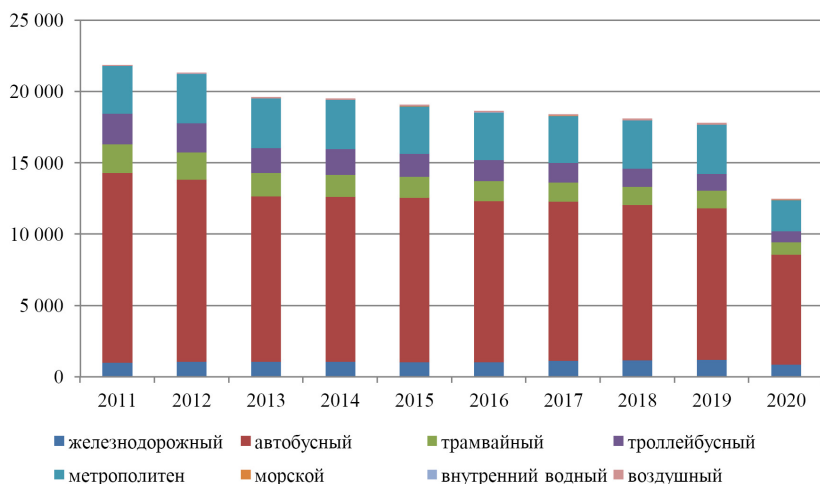
пользуется преимущественно на короткие расстояния, где и происходит максимальное перемещение грузов. На дальние расстояния более экономичным является использование железнодорожного и трубопроводного транспорта (с учетом специфики перемещаемых грузов). Поэтому эти два вида транспорта и лидируют по показателю грузооборота.



**Рис. 2.** Динамика грузооборота по Российской Федерации по видам транспорта, млрд т-км

Важным направлением деятельности транспорта является перемещение пассажиров. Как видно из рисунка 3, перевозка пассажиров в 2011 г. достигла максимального значения, затем постепенно снижалась. Минимальное значение этого показателя достигнуто в 2020 г., что также можно объяснить ограничениями, вызванными борьбой с пандемией.

Для перевозки пассажиров в России используются различные виды транспорта, при этом следует иметь ввиду, что перевозки могут быть как внутри населенного пункта, пригородными так и междугородными и международными. Представляет интерес распределение перевозки пассажиров по видам транспорта (рис. 3).



**Рис. 3.** Динамика перевозки пассажиров по Российской Федерации по видам транспорта, млн чел.

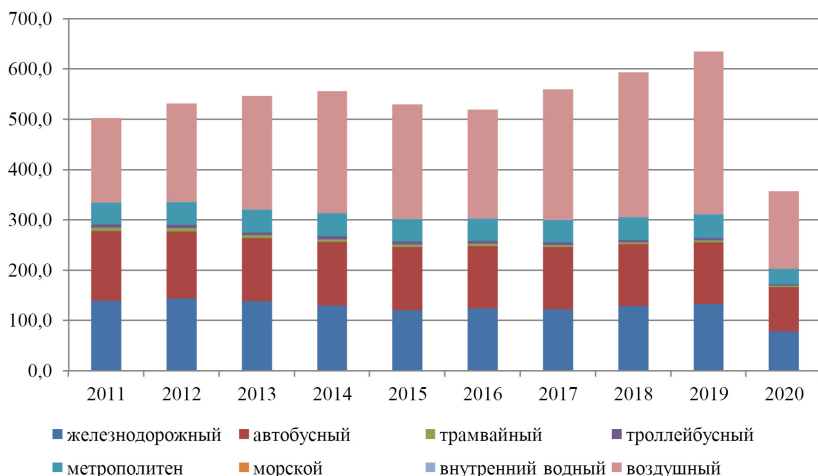
Данные рисунка 3 свидетельствуют об очевидном преобладании автобусного транспорта при перевозке пассажиров, поскольку он используется для внутренних и междугородних перевозок. Анализ этого показателя отражает некоторое его снижение к концу рассматриваемого периода, особенно в 2020 г.

Динамика перевозки пассажиров железнодорожным транспортом свидетельствует о его стабильности в течение рассматриваемого периода, кроме 2020 г. Это можно объяснить тем, что железнодорожный транспорт используется для междугородних перевозок, которые были существенно сокращены в 2020 г. Другие виды транспорта, предназначенные для междугородних перевозок, представлены крайне слабо – очень незначительны показатели перевозки пассажиров морским, внутренним водным и воздушным транспортом.

В период 2011-2019 гг. происходит снижение перевозок и городским транспортом – троллейбусами и трамваями, и увеличение перевозок метрополитеном.

Интересно также оценить пассажирооборот отечественного транспорта (рис. 4). Максимального значения этот показатель до-

стигает в 2019 г. Это можно объяснить возрастающей мобильностью населения страны вплоть до 2020 г., набирающим обороты развитием внешнего туризма. Подтвердить эту мысль поможет анализ пассажирооборота по видам транспорта (рис. 4).



**Рис. 4.** Пассажирооборот по видам транспорта общего пользования, млрд пасс.км

Из рисунка видно, что по показателю «пассажирооборот» лидирует воздушный транспорт. Также велика доля железной дороги и автобусов. Это говорит о том, что на для перевозок пассажиров на дальние расстояния используются именно эти виды транспорта. Возрастание абсолютной величины и доли воздушного транспорта свидетельствует о его развитии.

Представляет интерес структура перевозок пассажиров и пассажирооборота транспорта общего пользования по видам сообщения. Для сравнения рассмотрим структуру по состоянию на 2011 и 2020 гг. (таблица 1).

Как и было отмечено, в международном сообщении преобладает воздушный транспорт. В междугородних и пригородных перевозках почти в равных долях используется автобусный и железнодорожный транспорт.

Таблица 1.

**Структура перевозок пассажиров и пассажирооборота транспорта  
общего пользования по видам сообщения в 2011 и 2020 гг.**

|                                 | Перевозки пассажиров по видам сообщений |         |                    |         |                  |         |           |         |
|---------------------------------|-----------------------------------------|---------|--------------------|---------|------------------|---------|-----------|---------|
|                                 | междуна-<br>родное                      |         | междуго-<br>родное |         | пригород-<br>ное |         | городское |         |
|                                 | 2011 г.                                 | 2020 г. | 2011 г.            | 2020 г. | 2011 г.          | 2020 г. | 2011 г.   | 2020 г. |
| <b>Все виды транспорта</b>      | 100                                     | 100     | 100                | 100     | 100              | 100     | 100       | 100     |
| в том числе:                    |                                         |         |                    |         |                  |         |           |         |
| железнодорожный <sup>1)</sup>   | 0,6                                     | 0,6     | 44,0               | 36,4    | 42,5             | 51,1    | -         | -       |
| автобусный <sup>2)</sup>        | 3,2                                     | 28,7    | 42,5               | 29,9    | 57,1             | 48,8    | 40,3      | 50,9    |
| морской                         | 0,0                                     | 0,0     | 0,0                | 2,4     | 0,1              | 0,0     | -         | -       |
| внутренний водный <sup>3)</sup> | 2,2                                     | 0,0     | 0,3                | 0,2     | 0,3              | 0,1     | 0,1       | 0,0     |
| воздушный                       | 94,0                                    | 70,7    | 13,2               | 31,1    | -                | -       | -         | -       |
| трамвайный                      | -                                       | -       | -                  | -       | -                | -       | 15,9      | 11,4    |
| троллейбусный                   | -                                       | -       | -                  | -       | -                | -       | 17,1      | 9,7     |
| метрополитен                    | -                                       | -       | -                  | -       | -                | -       | 26,6      | 28,0    |

<sup>1)</sup> По междугородному сообщению – дальнейшее сообщение, включая междуна-  
родное; по пригородному сообщению – включая внутригородское сообщение

<sup>2)</sup> Без субъектов малого предпринимательства

<sup>3)</sup> По междугородному сообщению – дальнейшее сообщение

Городской транспорт представлен автобусами, а также трамвай-  
ным, троллейбусным транспортом и метрополитеном. Стоит от-  
метить увеличение доли воздушного транспорта в междугородних  
перевозках в 2020 г. по сравнению с показателем 2011 г.

Таким образом, изучение показателей использования транспор-  
та России позволяет отметить в целом положительную их дина-  
мику за период 2011-2020 гг. Однако последствия ограничений,  
вызванных пандемией, крайне негативно отразились на транс-  
портной отрасли: они вызвали снижение показателей перевозок  
грузов и пассажиров всеми видами транспорта.

Однако на величину показателей деятельности транспортной  
отрасли оказывает едва ли не решающее влияние наличие транс-  
портной инфраструктуры. Развитие качественной транспортной  
инфраструктуры приобретает все большее значение для эконо-  
мического роста и качества жизни населения. Транспортная сеть

способствует социально-экономическому развитию и повышению качества жизни за счет создания ... связей [1].

Оценить транспортную инфраструктуру Российской Федерации можно по показателю «Протяженность путей сообщения» (таблица 2).

Таблица 2.

**Протяженность путей сообщения по Российской Федерации,  
на конец года; тыс. км**

|                                                                               | Года  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                                                               | 2011  | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2020   |
| Эксплуатационная длина железнодорожных путей общего пользования <sup>1)</sup> | 85,5  | 85,6   | 85,6   | 86,3   | 86,3   | 86,4   | 86,5   | 86,6   | 87,0   | 87,0   |
| Протяженность автомобильных дорог общего пользования <sup>2)</sup>            | 927,3 | 1278,3 | 1396,5 | 1451,2 | 1480,5 | 1498,5 | 1507,8 | 1531,6 | 1542,2 | 1553,7 |
| в том числе с твердым покрытием                                               | 727,7 | 925,2  | 985,4  | 1023,8 | 1045,5 | 1053,7 | 1064,0 | 1077,5 | 1089,3 | 1096,4 |
| Эксплуатационная длина:<br>- трамвайных путей                                 | 2,5   | 2,5    | 2,5    | 2,5    | 2,5    | 2,5    | 2,5    | 2,4    | 2,4    | 2,4    |
| - троллейбусных линий                                                         | 4,8   | 4,8    | 4,8    | 5,3    | 5,3    | 5,3    | 5,2    | 5,1    | 5,1    | 4,5    |
| - путей метрополитена                                                         | 0,485 | 0,497  | 0,512  | 0,514  | 0,517  | 0,532  | 0,542  | 0,582  | 0,602  | 0,616  |
| Протяженность:<br>- газопроводов                                              | 170,6 | 174,4  | 174,9  | 177,3  | 177,7  | 179,3  | 179,8  | 179,5  | 182,0  | 183,7  |
| - нефтепроводов                                                               | 51,0  | 54,9   | 55,0   | 54,9   | 54,8   | 54,2   | 53,4   | 53,4   | 53,4   | 53,6   |
| - нефтепродукто-проводов <sup>3)</sup>                                        | 19,5  | 19,6   | 19,8   | 19,3   | 19,3   | 16,6   | 17,3   | 17,1   | 16,8   | 17,2   |
| Протяженность внутренних водных судоходных путей <sup>4)</sup>                | 101,3 | 101,4  | 101,7  | 101,7  | 101,7  | 101,5  | 101,5  | 101,5  | 101,6  | 101,6  |

<sup>1)</sup> Включая протяженность участков железных дорог, находящихся за пределами Российской Федерации.

<sup>2)</sup> С 2012 г. – включая протяженность улиц

<sup>3)</sup> С 2011 г. – включая протяженность магистральных нефтепродуктопроводов на территории иностранных государств

<sup>4)</sup> По данным Росморречфлота

Данные таблицы свидетельствуют, что в течение рассматриваемого промежутка времени происходит почти двукратное увеличение протяженности автомобильных дорог общего пользования (с 927,3 тыс. км в 2011 г до 1553,7 тыс. км в 2020 г.), в том числе с твердым покрытием.

Наблюдается незначительное увеличение эксплуатационной длины железнодорожных путей общего пользования (+1,5 тыс. км). Снижается эксплуатационная длина трамвайных путей и троллейбусных линий, но несколько возросла эксплуатационная длина путей метрополитена, а также протяженность внутренних водных судоходных путей.

Направленность отечественной экономики на торговлю нефтью и газом выразилась в увеличении протяженности газопроводов (+13,1 тыс. км), нефтепроводов (+2,6 тыс. км) и снижении протяженности нефтепродуктопроводов (-2,3 тыс. км). Поскольку создание объектов транспортной инфраструктуры является дорогостоящим процессом, то в условиях продолжающего переходного периода в отечественной экономике любое увеличение ее мощности рассматривается как положительное явление.

В частности, существенное увеличение протяженности автомобильных дорог общего пользования свидетельствует об улучшении связи между регионами страны и их территориями, а, значит, несет в себе задел к укреплению экономических связей.

Еще одним из показателей развития транспорта является наличие транспортных средств, в том числе грузовых (таблица 3) и пассажирских (таблица 4).

Данные таблицы свидетельствуют о снижении наличия всех видов грузового транспорта в Российской Федерации за 2011–2020 гг., кроме грузовых автомобилей в собственности граждан. В определенной степени, на наш взгляд, это связано с развитием такой формы предпринимательства, как ИП и эти автомобили используются в производстве.

Таблица 3.

**Наличие грузовых транспортных средств**

|                                                                                                              | Года |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                                                              | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Рабочий парк<br>груженых<br>железнодорожных<br>вагонов (в среднем в<br>сутки)                                | 393  | 393  | 386  | 359  | 327  | 327  | 352  | 388  | 388  | 342  |
| Грузовые<br>автомобили (включая<br>пикапы и легковые<br>фургоны), всего                                      | 5545 | 5751 | 6047 | 6238 | 6230 | 6300 | 6434 | 6490 | 6540 | 6564 |
| в том числе:<br>- в организациях <sup>1)</sup>                                                               | 660  | 664  | 665  | 668  | 644  | 570  | 537  | 526  | 527  | 559  |
| - в собственности<br>граждан                                                                                 | 3097 | 3273 | 3545 | 3777 | 3789 | 3841 | 3926 | 4016 | 4039 | 3988 |
| Морские грузовые<br>транспортные и<br>нетранспортные<br>суда (без грузопа-<br>сажирских) <sup>2)</sup> , шт. | 2692 | 2704 | 2701 | 2712 | 2705 | 2688 | 2664 | 2663 | 2677 | 2687 |
| Речные грузовые<br>транспортные и<br>нетранспортные<br>суда (без грузопа-<br>сажирских) <sup>3)</sup>        | 28,5 | 20,0 | 17,2 | 21,3 | 15,6 | 22,1 | 22,6 | 21,2 | 20,5 | 19,5 |

<sup>1)</sup> Без субъектов малого предпринимательства<sup>2)</sup> По данным Российского морского регистра судоходства<sup>3)</sup> До 2012 г. – по данным Центрального управления государственного речно-го надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, с 2012 г. – по данным Российского Речного Регистра

Таблица 4.

**Наличие пассажирских транспортных средств**

|                                              | Года  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                              | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  |
| Автобусы общего<br>пользования <sup>1)</sup> | 166   | 170   | 166   | 167   | 175   | 172   | 171   | 167   | 167   | 160   |
| Легковые автомоби-<br>ли – всего             | 36415 | 38792 | 41420 | 43417 | 44253 | 45163 | 46887 | 47425 | 48430 | 49259 |
| в том числе в соб-<br>ственности граждан     | 34624 | 36917 | 39237 | 41433 | 42317 | 43157 | 44792 | 45377 | 46292 | 46926 |
| Трамвайные вагоны                            | 8,6   | 8,4   | 8,3   | 8,3   | 8     | 7,8   | 7,7   | 7,7   | 7,7   | 7,6   |

Окончание табл. 4.

|                                                                                |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Троллейбусы                                                                    | 11,0 | 11,0 | 10,7 | 10,7 | 10,2 | 9,7 | 9,4 | 9   | 8,7 | 8,0 |
| Вагоны метрополитена                                                           | 6,5  | 6,7  | 7,0  | 7,4  | 7,4  | 7,7 | 7,8 | 8,1 | 8,7 | 9,0 |
| Морские пассажирские и грузопассажирские транспортные суда <sup>2)</sup> , шт. | 58   | 56   | 56   | 57   | 55   | 56  | 54  | 54  | 49  | 46  |
| Речные пассажирские и грузопассажирские транспортные суда <sup>3)</sup>        | 2,1  | 1,4  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,4 | 1,7 | 2,2 | 2,6 | 2,6 |
| <i>Гражданские воздушные суда</i> <sup>4)</sup>                                | 6,2  | 6,2  | 6,6  | 6,9  | 7,0  | 7,0 | 7,0 | 6,9 | 6,9 | 7,0 |

<sup>1)</sup> По организациям автомобильного транспорта (без субъектов малого предпринимательства). С 2010 г. – по юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям (включая субъекты малого предпринимательства), осуществляющим перевозки пассажиров автобусами. С 2011 г. – эксплуатационные автобусы (собственные, арендованные, приобретенные по договору лизинга и т.п.)

<sup>2)</sup> По данным Российского морского регистра судоходства

<sup>3)</sup> До 2012 г. – по данным Центрального управления государственного речного надзора Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, с 2012 г. – по данным Российского Речного Регистра

<sup>4)</sup> По данным Росавиации

Представленные данные соответствуют ранее сделанным выводам – происходит сокращение парка пассажирских транспортных средств по всем позициям кроме вагонов метрополитена, что вызывает снижение перевозок пассажиров городским наземным электрическим транспортом. Выделяется увеличение числа легковых автомобилей, особенно в собственности граждан, что, безусловно, в определенной степени снижает спрос на услуги общественного транспорта.

Данные Росавиации свидетельствуют о расширении парка гражданских воздушных судов, что как и было определено ранее, привело к расширению перевозок пассажиров воздушным транспортом как на внутренних, так и на международных линиях.

Безусловно, снижение наличия транспортных средств грузового и пассажирского назначения является негативным фактом,

поскольку расширение транспортной инфраструктуры не имеет смысла при уменьшении числа ее пользователей.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что в транспортной отрасли России в целом наблюдаются положительные тенденции: расширяется транспортная инфраструктура, повышается объем перевозок грузов и пассажиров, грузооборот и пассажирооборот. В тоже время выявлено снижение обеспеченности практические всеми видами грузового и пассажирского транспорта.

Тем не менее, развитие отечественной транспортной отрасли сопряжено с рядом трудностей. Так, по данным [5], недостаточно быстрое развитие железнодорожной инфраструктуры – главный сдерживающий фактор отрасли железнодорожных грузоперевозок. Низкая прозрачность и высокая фрагментированность рынка автомобильных перевозок приводят к появлению недобросовестных перевозчиков, демпингующих рынок.

Большая роль в создании условий для развития и поддержке его темпов принадлежит государству. В России реализуется Транспортная стратегия, определяющая направления развития транспортной и сопутствующих отраслей на период до 2030 г. Транспортная стратегия предполагает формирование единого транспортного пространства Российской Федерации на базе сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры. В рамках формирования единого транспортного пространства предусматривается комплексное развитие транспортных систем Сибири, Урала, Дальнего Востока, Северо-Запада, Центра, Юга России, Поволжья, прежде всего на направлениях основных транспортных коридоров [2].

Перспективы развития отрасли связаны с укреплением международных связей, что требует от России интегрирования в глобальный рынок транспортных услуг, в частности создания и функционирования на ее территории международных транспортных коридоров [4].

Таким образом, транспортная отрасль занимает важное место в экономике России. Анализ тенденций ее развития в течение 2011-

2020 гг. выявил увеличение ряда показателей, свидетельствующее о расширении объема оказываемых услуг. Выявлено некоторое увеличение протяженности путей сообщения по Российской Федерации, а также снижение наличия транспортных средств. Наметившиеся положительные тенденции были прерваны негативными последствиями пандемии коронавирусной инфекции COVID-19. Однако имеющийся в отрасли потенциал, а также поддержка со стороны государства позволяют надеяться на быстрое восстановление отрасли.

### *Список литературы*

1. Берман, Н.Д. Влияние транспортной инфраструктуры на устойчивое развитие: тенденции и проблемы / Н. Д. Берман // International Journal of Advanced Studies. 2020. Т. 10. № 2. С. 7-14. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2020-2-7-14>
2. Жовтун Д.Т. Кластерный анализ транспортных систем России / Д. Т. Жовтун // Транспортное право и безопасность. 2017. № 2(14). С. 55-58.
3. Миркина, О.Н. Развитие транспортной системы через создание регионального транспортно-логистического кластера / О. Н. Миркина // International Journal of Advanced Studies. 2021. Т. 11. № 4. С. 53-66. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2021-11-4-53-66>
4. Научные основы создания и функционирования международных транспортных коридоров на территории России / С.С. Титова, В.М. Макурина, А.И. Карпова, А.В. Смольянинов // International Journal of Advanced Studies. 2021. Т. 11. № 2. С. 21-35. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2021-11-2-21-35>
5. Обзор отрасли грузоперевозок в России 2020 год [Электронный ресурс]. <https://ru.investinrussia.com/data/file/ey-russia-transportation-services-2020.pdf> (дата обращения 15.01.2022)
6. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности ОК 029-2014 (КДЕС РЕД. 2). [Электронный ресурс]. [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_163320/992ab0bc466245c860e6e5a5594785ef580384fc/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320/992ab0bc466245c860e6e5a5594785ef580384fc/) (дата обращения 10.01.2022)

7. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403056321/>
8. Сапожникова, С. М. Оценка и прогноз развития автотранспортных малых компаний в регионе / С. М. Сапожникова // *International Journal of Advanced Studies*. 2018. Т. 10. № 3. С. 79-99. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2018-3-79-99>
9. Транспортная система России. 07 июля 2020 г. [Электронный ресурс]. <https://xn--80aegj1b5e.xn--p1ai/publication/transportnaya-sistema-rossii> (дата обращения 10.01.2022).

### *References*

1. Berman N.D. *International Journal of Advanced Studies*, 2020, vol. 10, no. 2, pp. 7-14. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2020-2-7-14>
2. Zhovtun D.T. *Transportnoe pravo i bezopasnost'*, 2017, no. 2(14), pp. 55-58.
3. Mirkina O.N. *International Journal of Advanced Studies*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 53-66. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2021-11-4-53-66>
4. Titova S.S., Makurina V.M., Karpova A.I., Smol'yaninov A.V. *International Journal of Advanced Studies*, 2021, vol. 11, no. 2, pp. 21-35. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2021-11-2-21-35>
5. Overview of the cargo transportation industry in Russia in 2020. <https://ru.investinrussia.com/data/file/ey-russia-transportation-services-2020.pdf>
6. All-Russian classifier of types of economic activity OK 029-2014 (NACE REV. 2). [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_163320/992ab0bc466245c860e6e5a5594785ef580384fc/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320/992ab0bc466245c860e6e5a5594785ef580384fc/)
7. Decree of the Government of the Russian Federation of November 27, 2021 No. 3363-р “On the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035”. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403056321/>
8. Sapozhnikova S.M. *International Journal of Advanced Studies*, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 79-99. <https://doi.org/10.12731/2227-930X-2018-3-79-99>

9. Transport system of Russia. July 07, 2020. <https://xn--80aegj1b5e.xn-p1ai/publication/transportnaya-sistema-rossii>

### ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

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

### DATA ABOUT THE AUTHOR

**Olga N. Mirkina**, associate professor of economics, candidate of economics, associated professor  
*Smolensk State University*  
*4, Przewalski Str., Smolensk, 214000, Russian Federation*  
*olga-mirkina@yandex.ru*  
*SPIN-code: 5972-7929*  
*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8040-8353>*

Поступила 04.02.2022

После рецензирования 16.02.2022

Принята 20.02.2022

Received 04.02.2022

Revised 16.02.2022

Accepted 20.02.2022

DOI: 10.12731/2227-930X-2022-12-1-123-137

УДК 629.113

## **МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД И КОНСТРУКЦИЯ СИЛОВОГО ТОРМОЗНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

***И.М. Блянкиништейн, П.М. Тарасов***

*Рассматриваются принципы функционирования стендов для испытания тормозных качеств колесных транспортных средств. Анализируются их достоинства и недостатки. Отмечается общий недостаток наиболее распространённых на практике силовых тормозных роликовых стендов – различие формы пятна контакта и действующих сил и реакций колеса на опорных роликах и в дорожных условиях. В результате системного анализа конструкций и применения элементов блочно-модульного проектирования предлагается модифицированный метод и конструкция силового роликового стенда с оригинальным опорным устройством в виде горизонтально вращающегося диска. Приводится описание принципа реализации испытаний на тормозных качествах и подвески транспортных средств.*

*Предварительный анализ предлагаемой конструкции стенда показывает, что в статическом состоянии пятно контакта колеса на таком диске полностью идентично пятну колеса на горизонтальном дорожном покрытии. При вращении диска и испытаниях тормозной системы форма пятна контакта колеса на опорном диске будет изменяться, но, по мнению авторов, незначительно – аналогично тому, как пятно контакта изменяется при криволинейном движении автомобиля, характерном для реальных условий эксплуатации, но насколько это будет происходить – является предметом дальнейших исследований.*

***Цель*** – разработка метода и конструкции стенда, обеспечивающего повышение достоверности испытания тормозных качеств автомобилей в условиях эксплуатации.

**Метод или методология проведения работы:** системный анализ методов и конструкций стендов для испытания тормозных качеств и подвески транспортных средств, элементы блочно-модульного проектирования.

**Результаты:** предложена патентоспособная конструкция силового стенда, свободная от недостатков силовых роликовых тормозных стендов.

**Область применения результатов:** полученные результаты целесообразно применять при создании и производстве тормозных стендов контроля технического состояния, при диагностировании и проведении технических осмотров транспортных средств в условиях эксплуатации.

**Ключевые слова:** автомобили; техническое состояние; тормозные свойства; диагностика; контроль

## MODIFIED METHOD AND DESIGN OF A POWER BRAKE STAND FOR VEHICLE TESTING

*I.M. Blyankinstein, P.M. Tarasov*

*The principles of functioning of stands for testing the braking qualities of wheeled vehicles are considered. Their advantages and disadvantages are analyzed. There is a general disadvantage of the most common power brake roller stands in practice – the difference in the shape of the contact spot and the acting forces and reactions of the wheel on the support rollers and in road conditions. As a result of the system analysis of structures, a modified method and design of a power roller stand with an original support device in the form of a horizontally rotating disk are proposed. The description of the principle of implementation of tests on braking qualities and suspension of vehicles is given.*

*A preliminary analysis of the proposed stand design shows that in a static state, the wheel contact spot on such a disk is completely identical to the wheel spot on a horizontal road surface. When the disc rotates and the brake system is tested, the shape of the wheel contact spot on*

*the support disc will change, but, according to the authors, slightly – similar to how the contact spot changes during the curvilinear movement of the car; characteristic of real operating conditions, but how much this will happen is the subject of further research.*

**Purpose** – development of a method and design of a stand that provides an increase in the reliability of testing the braking qualities of cars under operating conditions.

**Methodology** system analysis of methods and designs of stands for testing braking qualities and suspension of vehicles, elements of block-modular design.

**Results:** a patentable design of a power stand is proposed, free from the disadvantages of power roller brake stands.

**Practical implications** the obtained results should be used in the creation and production of brake stands for monitoring the technical condition, when diagnosing and conducting technical inspections of vehicles under operating conditions.

**Keywords:** cars; technical condition; braking properties; diagnostics; control

Контроль технического состояния тормозной системы колесных транспортных средств (КТС) в условиях эксплуатации может осуществляться двумя методами: стендовым или дорожным [4]. Стендовые методы контроля получили более широкое распространение в силу их очевидных преимуществ – не требуется специального полигона, т.е. используется ограниченное пространство, нивелируется влияние климатических и погодных условий, так как стенды, как правило, располагаются в специальных помещениях. Современные стенды, как импортного, так и отечественного производства позволяют оперативно проводить испытания автомобилей, находящихся в эксплуатации в широком диапазоне нагрузок на ось, колесной формулы и прочих факторов – в том числе с целью допуска КТС к эксплуатации [13, 23].

В основе стендовых методов контроля лежит принцип «обратимости движения», т.е. автомобиль находится в неподвижном

состоянии, а его системы функционируют так, как они функционируют в условиях, близких к дорожным. Разнообразие конструкций стендов многими авторами классифицировано [3, 7, 12, 17] по различным классификационным признакам, например.

1. **По типу опорных органов** тормозные [12] стенды подразделяют на: площадочные (платформенные), барабанные (роликовые), ленточные.

Площадочные (платформенные) стенды в качестве рабочего органа имеют одну платформу под весь автомобиль (или сторону автомобиля) или отдельные площадки под каждое колесо [1].

На роликовых стендах каждое колесо КТС опирается на два параллельных ролика – передний и задний. По уровню расположения опорных роликов такие стенды делятся на симметричные и несимметричные [17]. Ведущими могут быть: передний, задний, либо оба опорных ролика.

Ленточные стенды характеризуются наличием опорного органа в виде бесконечной (замкнутой) эластичной ленты, надетой на вращающиеся барабаны [12].

2. **По принципу передачи тормозной силы:** через опорную поверхность шины или через ступицу колеса КТС [12].

3. **По способу нагружения** [12]: статические (силовые), динамические (инерционные).

Статические стенды характеризуются тем, что измерение тормозных сил выполняется при скорости равной нулю или близкой к ней.

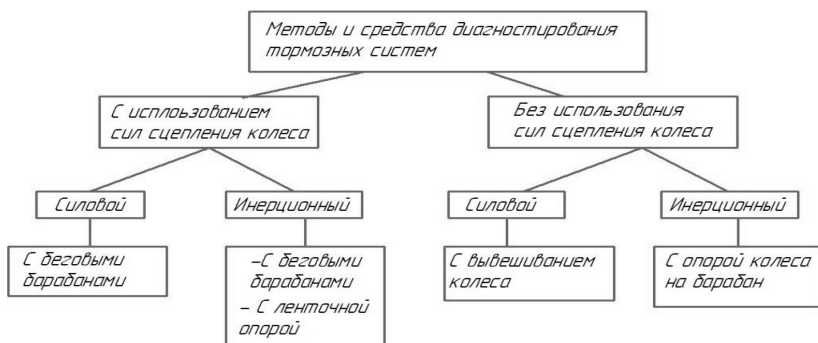
Динамические (инерционные) стенды по конструкции и действию можно разделить на две основные группы:

- с нагружением силой инерции КТС, въезжающего с определенной скоростью на стенд (например, площадочный);
- с поддержанием вращения колес неподвижного автомобиля за счет кинетической энергии вращения маховых масс стенда.

4. **По числу одновременно диагностируемых осей:** для диагностирования одной оси АТС, а также для диагностирования всех колес КТС (полноопорные).

5. **По назначению** стенды бывают для одного типа КТС и универсальные. На станциях технического обслуживания автомобилей (СТО) и АТП наибольшее применение находят стенды, специализированные только для легковых КТС или только для грузовых и автобусов.

Наиболее распространенная классификация [7] методов и средств диагностирования тормозных систем приведена на Рисунке 1.



**Рис. 1.** Классификация методов и средств диагностирования тормозных систем

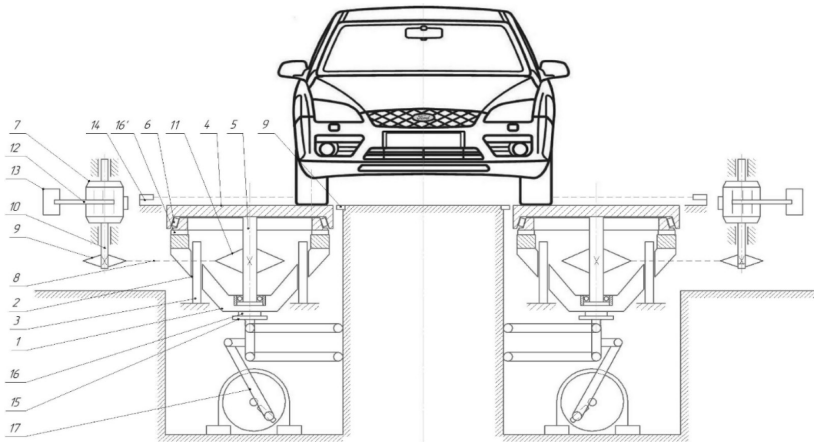
Наибольшее распространение в России и во всем мире получили силовые роликовые стенды [2-25]. Силовой метод позволяет определять тормозные силы каждого колеса при задаваемом усилии нажатия на педаль, время срабатывания тормозного привода, оценивать состояние рабочих поверхностей тормозных накладок и барабана и т.п. В подавляющем большинстве этих стендов при принудительном прокручивании заторможенных колес автомобиля имитируется скорость движения 2-5 км/ч, редко до 10 км/ч. Как показывают исследования отечественных ученых, начиная с середины прошлого века [3], при малых скоростях (менее 5-7 км/ч для гидропривода и 2-3 км/ч для пневмопривода) создаваемые на стендах тормозные силы больше реальных, получаемых в дорожных условиях. С ростом скорости достоверность диагностирования этого параметра возрастает, но применение быстроходного

привода роликов требует пропорционального увеличения мощности электродвигателей и значительного повышения стоимости стенда. Однако, при всех перечисленных достоинствах роликовых стендов, результаты испытаний ТС на них могут существенно отличаться от результатов дорожных испытаний. Одной из основных причин этого является несоответствие пятна контакта и действующих сил и реакций колеса на опорных роликах, пятну контакта и действующим силам и реакциям колеса ТС, движущегося по дороге. При испытаниях на роликовом стенде также не учитываются неровности дороги, которые могут существенно влиять на эффективность работы рабочей тормозной системы ТС, антиблокировочной и других современных вспомогательных систем помощи водителю.

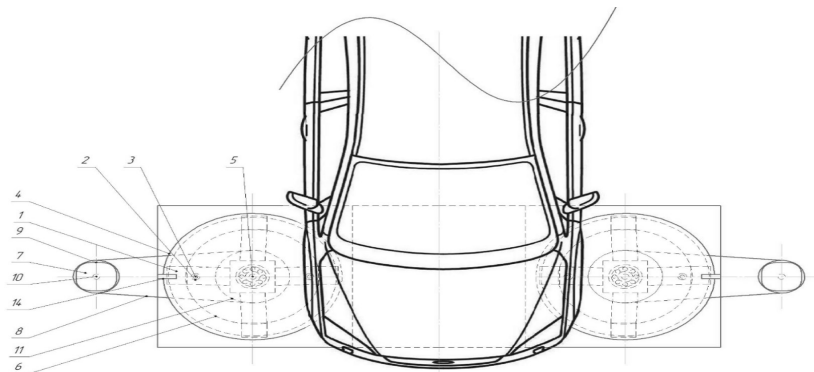
С целью повышения достоверности результатов испытаний авторами предлагается конструкция стенда [16] из двух модулей с оригинальными опорными устройствами – в виде горизонтального опорного диска, приводимого во вращение традиционным силовым приводом (см. Рисунки 2-3).

Каждый модуль стенда состоит из рамы (1) с отверстиями (2), направляющими (3) вертикального перемещения рамы, закрепленными стационарно. На каждой раме смонтирован опорный диск (4) с осью (5), опирающийся на конический подшипник (6). Привод вращения опорного диска выполнен в виде вынесенного за контур рамы и установленного балансирно электромотора (мотор-редуктора) (7), гибкой зубчатой (ременной) передачи (8), ведущая звездочка (9) которой размещена на валу (10) электромотора, ведомая (11) – на оси (5) привода вращения опорного диска. На корпусе электромотора закреплен рычаг (12), воздействующий на датчик силы (13) при появлении реактивного момента. На специальном кронштейне установлен датчик (14) непрерывного определения положения плоскости вращения колеса диагностируемой оси автомобиля относительно оси вращения опорного диска. Рама опирается на виброплощадку (15) с установленным на ней датчиком (датчиками) веса (наезда) (16), дополнительные датчики веса

(16') также размещены между рамой и опорным подшипником (6) диска (4). Виброплощадка (15) опирается на шатун кривошипно-шатунного механизма (17) для совершения вертикальных колебаний.



**Рис. 2.** Компоновка стенда, вид спереди



**Рис. 3.** Компоновка стенда, вид сверху

Испытательный стенд работает следующим образом. На панели управления стендом оператор указывает информацию об автомобиле, такую как – марка и модель автомобиля, его регистра-

ционные данные, колесную формулу автомобиля, тип тормозных механизмов, параметры стояночной тормозной системы, ширина колеи каждой диагностируемой оси, размерность шин. Автомобиль устанавливается диагностируемой осью на опорные диски. Необходимо, чтобы ось вращения колеса (горизонтальная) находилась максимально близко к оси вращения опорного диска (к вертикальной оси). После въезда автомобиля на опорный диск, датчиком (датчиками) веса определяется масса, приходящаяся на каждое колесо, лазерным датчиком измеряется расстояние от колеса автомобиля до оси вращения опорного диска и рассчитываются величины плеча силы торможения. В ходе испытания автомобиль будет неизбежно перемещаться из стороны в сторону, вследствие чего будет изменяться плечо и крутящий момент, регистрируемый датчиком силы. Поэтому необходимо будет непрерывно отслеживать расстояние от центральной плоскости вращения шины, взаимодействующей с опорным диском, до оси вращения диска, что и реализуется оптическим (лазерным) датчиком измерения расстояния (14).

В режиме испытания тормозных качеств испытуемого автомобиля, электродвигатели с заданной невысокой скоростью приводят во вращение опорные диски, приводя во вращение испытуемые колеса. При воздействии водителя на педаль тормоза в приводах опорных дисков возникает реактивный момент, при этом датчиком 13 измеряется величина реактивной силы, а компьютер вычисляет величину реактивного крутящего момента. Далее, исходя из величины плеча (расстояния от плоскости вращения колеса диагностируемой оси автомобиля до оси вращения опорного диска), которое определяется посредством обработки сигнала от лазерного датчика (14) программное обеспечение компьютера рассчитывает величину тормозной силы в пятне контакта колеса с опорным диском, а с учетом веса, приходящегося на колесо, рассчитывается и удельная тормозная сила. В таком режиме предлагаемый стенд может осуществлять измерение тормозных сил как обычный роликовый тормозной стенд, но при этом форма пятна контакта колеса с опорной поверхностью будет близка к реальным дорожным условиям.

При включении привода колебаний виброплощадки (15) рама с опорным диском начинает совершать вынужденные колебания в вертикальной плоскости, т.е. имитирует «неровную» дорогу, что может позволить испытывать рабочую тормозную систему в условиях, максимально приближенных к реальной дороге. Регулируя амплитуду и частоту колебаний виброплощадки, а также скорость вращения опорного диска, можно моделировать широкий спектр дорожных условий и, при этом испытывать эффективность рабочей тормозной системы и современных электронных систем помощи водителю. Кроме того, с использованием режима виброколебаний обеспечивается возможность оценивать техническое состояние подвески автомобиля.

Анализ конструкции стенда позволяет сделать следующие предварительные выводы. В статическом состоянии пятно контакта колеса на таком диске полностью идентично пятну колеса на горизонтальном дорожном покрытии. При вращении диска и испытаниях тормозной системы форма пятна контакта колеса на опорном диске будет изменяться, но, по мнению авторов, незначительно – аналогично тому, как пятно контакта изменяется при криволинейном движении автомобиля, характерном для реальных условий эксплуатации, но насколько это будет происходить – является предметом дальнейших исследований.

### *Список литературы*

1. Анализ конструктивных возможностей площадочных стендов для контроля тормозных систем легковых автомобилей / Федотов А.И., Демин Н.А., Фоменко К.С. // Автомобиль для Сибири и Крайнего Севера: конструкция, эксплуатация, экономика. 90-я Международная научно-техническая конференция Ассоциации автомобильных инженеров в ИРНИТУ. 2015. С. 78-87.
2. Бойко А.В. Совершенствование метода диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: Дис. ...канд. техн наук, Иркутск, 2008. 217 с.

3. Бухарин Н.А. Тормозные системы автомобилей. М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. 292 с.
4. ГОСТ 33997-2016. Межгосударственный стандарт. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки. введ. 01.02.2018.
5. Грибенко С.М. Диагностика и обслуживание автомобилей. Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 1977. 287 с.
6. Ле Ван Луан. Диагностика тормозных систем АТС на основе измерения сил в пятнах контакта колес с беговыми барабанами стенда: дис. ... канд. техн. наук. Иркутск, 2015.
7. Мирошников Л.В. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях / Л.В. Мирошников, А.П. Болдин, В.И. Пал. М.: Транспорт, 1977. 264 с.
8. Портнягин Е.М. Метод контроля тормозной эффективности и устойчивости автомобилей с ABS при их диагностировании на роликовых стендах: Дис. ...канд. техн наук, Иркутск, 2009. 207 с.
9. Портнягин Е.М., Федотов А.И., Бойко А.В. Моделирование процесса торможения автомобиля с ABS на полноопорном диагностическом стенде с беговыми барабанами // Вестник ИрГТУ. Иркутск, 2008. Вып. 4. С. 95-100.
10. Потапов А.С. Динамический метод диагностирования противобуксовочных систем автотранспортных средств на стендах с беговыми барабанами: Дис. ...канд. техн наук, Иркутск, 2011. 260 с.
11. Смолин А.А. Метод дифференциального диагностирования тормозных систем автотранспортных средств на стендах с беговыми барабанами: Дис. ...канд. техн наук, Иркутск, 2009. 200 с.
12. Спичкин, Г. В. Диагностирование технического состояния автомобилей: [Учеб. пособие для сред. сел. ПТУ] / Г. В. Спичкин, А. М. Третьяков, Б. Л. Либин. М. : Высш. шк., 1983. 368 с.
13. Стенды тормозные малогабаритные «СТМ 3500 М». Руководство по эксплуатации М 220.000.00.00 РЭ. Жигулевск, 2012. 49 с.
14. Степанов А.Н. Метод последовательного диагностирования тормозной системы АТС с функционирующей ABS на одноплатформенном стенде с беговыми барабанами : автореферат дис. ... кандидата

- технических наук : 05.22.10 / Степанов Алексей Николаевич; [Место защиты: Иркут. гос. техн. ун-т]. Иркутск, 2010. 22 с.
15. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / под ред. Крамаренко Г.В. М.: Транспорт, 1983.
  16. Стенд для испытания тормозных качеств и элементов подвески автомобилей. ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности» / Реестр заявок на выдачу патента российской федерации на изобретение: официальный сайт. URL: [https://www1.fips.ru/register-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPATAP&DocNumber=2022103555&TypeFile=html](https://www1.fips.ru/register-doc-view/fips_servlet?DB=RUPATAP&DocNumber=2022103555&TypeFile=html) (дата обращения 07.01.2022).
  17. Харазов А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей : [Справ. пособие]. М.: Высш. шк., 1990. 205 с.
  18. Экспериментальные исследования нормальных касательных напряжений в пятне контакта эластичной шины с цилиндрической опорной поверхностью бегового барабана и плоской поверхностью дороги / Федотов А.И., Бойко А.В., Халезов В.П. // Материалы 83-й международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров. Под общей редакцией: А.И. Федотова, А.С. Потапова; Ответственный редактор: А.С. Потапов. 2013. С. 269-277.
  19. Analytical identification of parameters influencing measurement quality using flat brake tester / Fedotov A.I., Młyńczak M. // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2016. Vol. 470. P. 147-155.
  20. Circulation of power during braking of tyre of vehicle wheel on support rollers of the diagnostic stand / Fedotov A.I., Krivtsov S.N., Yankov O.S. // *Advances in Engineering Research. Proceedings of the International Conference “Aviamechanical engineering and transport” (AVENT 2018)*. 2018. P. 147-151.
  21. Influence of tire tread pattern wear on characteristics of its longitudinal adhesion with bearing surface / Fedotov A.I., Markov A.S., Makhno D.E., Vikulov M.A. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* this link is disabled, 2019, vol. 632(1), 012026.
  22. IW / MBT LON. Силовые роликовые тормозные стенды. Руководство по эксплуатации. ВА022301 - RU. Представительство в России ООО «МАХА Руссия». г. Санкт-Петербург. 62 с.

23. Simulation and experimental analysis of quality control of vehicle brake systems using flat plate tester / Fedotov A.I., Młyńczak M. // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2016. Vol. 470. P. 135-146.
24. Traction control and diagnostics of electric and unmanned vehicles on roller stands/ Fedotov A., Yankov O., Chernyshkov A. // *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 157, 01021.

### *References*

1. Fedotov A.I., Demin N.A., Fomenko K.S. *Avtomobil' dlya Sibiri i Kraynego Severa: konstruksiya, ekspluatatsiya, ekonomika. 90-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya Assotsiatsii avtomobil'nykh inzhenerov v IRNITU* [Car for Siberia and the Far North: design, operation, economics. 90th International Scientific and Technical Conference of the Association of Automotive Engineers in IRNITU], 2015, pp. 78-87.
2. Boyko A.V. *Sovershenstvovanie metoda diagnostiki tormoznykh sistem avtomobiley v usloviyakh ekspluatatsii na silovykh stendakh s begovymi barabanami* [Improving the method for diagnosing brake systems of cars in operating conditions on power stands with running drums]. Irkutsk, 2008, 217 p.
3. Bukharin N.A. *Tormoznye sistemy avtomobiley* [Brake systems of cars]. M.-L.: Mashgiz, Leningradskoe otd-nie, 1950, 292 p.
4. GOST 33997-2016. Interstate standard. Wheeled vehicles. Requirements for safety in operation and methods of verification. input. 02/01/2018.
5. Gribenko S.M. *Diagnostika i obsluzhivanie avtomobiley* [Car diagnostics and maintenance]. Stavropol: Stavropol book publishing house, 1977, 287 p.
6. Le Van Luan. *Diagnostika tormoznykh sistem ATS na osnove izmereniya sil v pyatnakh kontakta koles s begovymi barabanami stenda* [Diagnostics of the brake systems of ATS based on the measurement of forces in the contact patches of wheels with running drums of the stand]. Irkutsk, 2015.
7. Miroshnikov L.V. *Diagnostirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley na avtotransportnykh predpriyatiyakh* [Diagnostics of the technical condition of vehicles at motor transport enterprises] / L.V. Miroshnikov, A.P. Boldin, V.I. Pal. M.: Transport, 1977, 264 p.

8. Portnyagin E.M. *Metod kontrolya tormoznoy effektivnosti i ustoychivosti avtomobiley s ABS pri ikh diagnostirovanii na rolikovykh stendakh* [Method for monitoring the braking efficiency and stability of vehicles with ABS when diagnosing them on roller stands]. Irkutsk, 2009, 207 p.
9. Portnyagin E.M., Fedotov A.I., Boyko A.V. Modelirovanie protsessa tormozheniya avtomobilya s ABS na polnoopornom diagnosticheskom stende s begovymi barabanami [Modeling the braking process of a car with ABS on a full-support diagnostic stand with running drums]. *Vestnik IrGTU*. Irkutsk, 2008, issue 4, pp. 95-100.
10. Potapov A.S. *Dinamicheskii metod diagnostirovaniya protivobuksovochnykh sistem avtotransportnykh sredstv na stendakh s begovymi barabanami* [Dynamic method for diagnosing traction control systems of vehicles on stands with running drums]. Irkutsk, 2011, 260 p.
11. Smolin A.A. *Metod differentsial'nogo diagnostirovaniya tormoznykh sistem avtotransportnykh sredstv na stendakh s begovymi barabanami* [Method of differential diagnosis of brake systems of vehicles on stands with running drums]. Irkutsk, 2009, 200 p.
12. Spichkin G. V. *Diagnostirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobiley* [Diagnostics of the technical condition of cars] / G. V. Spichkin, A. M. Tret'yakov, B. L. Libin. M. : Vyssh. shk., 1983, 368 p.
13. Compact brake stands "STM 3500 M". Operation manual M 220.000.00.00 RE. Zhigulevsk, 2012, 49 p.
14. Stepanov A.N. *Metod posledovatel'nogo diagnostirovaniya tormoznoy sistemy ATS s funktsioniruyushchey ABS na odnoplatformennom stende s begovymi barabanami* [A method for successive diagnostics of the brake system of an automatic telephone exchange with a functioning ABS on a single-platform stand with running drums]. Irkutsk, 2010, 22 p.
15. *Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley: uchebnik dlya vuzov* [Technical operation of cars: a textbook for universities] / ed. Kramarenko G.V. M.: Transport, 1983.
16. Stand for testing the braking qualities and suspension elements of cars. FSBI "Federal Institute of Industrial Property" / Register of applications for the issuance of a patent of the Russian Federation for an invention:

- official website. URL: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPATAP&DocNumber=2022103555&TypeFile=html](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPATAP&DocNumber=2022103555&TypeFile=html)
17. Kharazov A.M. *Diagnosticheskoe obespechenie tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley* [Diagnostic support for the maintenance and repair of vehicles]. M.: Vyssh. shk., 1990, 205 p.
  18. Fedotov A.I., Boyko A.V., Khalezov V.P. Eksperimental'nye issledovaniya normal'nykh kasatel'nykh napryazheniy v pyatye kontakta elastichnoy shiny s tsilindricheskoy opornoй poverkhnost'yu begovogo barabana i ploskoy poverkhnost'yu dorogi [Experimental studies of normal shear stresses in the contact patch of an elastic tire with a cylindrical bearing surface of a running drum and a flat road surface]. *Materialy 83-y mezhduнародnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Assotsiatsii avtomobil'nykh inzhenerov* [Proceedings of the 83rd International Scientific and Technical Conference of the Association of Automotive Engineers], 2013, pp. 269-277.
  19. Fedotov A.I., Młyńczak M. Analytical identification of parameters influencing measurement quality using flat brake tester. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2016, vol. 470, pp. 147-155.
  20. Fedotov A.I., Krivtsov S.N., Yankov O.S. Circulation of power during braking of tyre of vehicle wheel on support rollers of the diagnostic stand. *Advances in Engineering Research. Proceedings of the International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018)*, 2018, pp. 147-151.
  21. Fedotov A.I., Markov A.S., Makhno D.E., Vikulov M.A. Influence of tire tread pattern wear on characteristics of its longitudinal adhesion with bearing surface. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [this link is disabled](#), 2019, vol. 632(1), 012026.
  22. IW/MBT LON. Power roller brake stands. Manual. BA022301 - EN. Representation in Russia LLC MAHA Russia. St. Petersburg, 62 p.
  23. Fedotov A.I., Młyńczak M. Simulation and experimental analysis of quality control of vehicle brake systems using flat plate tester. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2016, vol. 470, pp. 135-146.
  24. Fedotov A., Yankov O., Chernyshkov A. Traction control and diagnostics of electric and unmanned vehicles on roller stands. *E3S Web of Conferences*, 2020, vol. 157, 01021.

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

**Блянкинштейн Игорь Михайлович**, профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспортных средств, доктор технических наук

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

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

*blyankinshtein@mail.ru*

**Тарасов Павел Михайлович**, аспирант кафедры «Транспорт»

*ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»*

*пр. Свободный, 79, г. Красноярск, Красноярского края, 660041, Российская Федерация*

*tarasov\_pasha@bk.ru*

## DATA ABOUT THE AUTHORS

**Igor M. Blyankinstein**, Professor of the Department “Technical Operation of Vehicles, Doctor of Technical Sciences

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

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

*blyankinshtein@mail.ru*

**Pavel M. Tarasov**, Postgraduate student of the Department of Transport

*Siberian Federal University*

*79, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, Krasnoyarsk Territory, 660041, Russian Federation*

*tarasov\_pasha@bk.ru*

Поступила 09.02.2022

После рецензирования 16.02.2022

Принята 20.02.2022

Received 09.02.2022

Revised 16.02.2022

Accepted 20.02.2022

## **AUTHOR GUIDELINES**

<http://ijournal-as.com/>

**Volume of the manuscript:** 7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7-10.

**Margins all margins** – 20 mm each

**Main text font** Times New Roman

**Main text size** 14 pt

**Line spacing** 1.5 interval

**First line indent** 1,25 cm

**Text align** justify

**Automatic hyphenation** turned on

**Page numbering** turned off

**Formulas** in formula processor MS Equation 3.0

**Figures** in the text

**References to a formula** (1)

### **Article structure requirements**

**TITLE** (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

**Abstract** (in English)

**Keywords:** separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

**1. Introduction.**

**2. Objective.**

**3. Materials and methods.**

**4. Results of the research and Discussion.**

**5. Conclusion.**

**6. Conflict of interest information.**

**7. Sponsorship information.**

## **8. Acknowledgments.**

### **References**

References text type should be Chicago Manual of Style

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Surname, first name (and patronymic) in full**, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

*E-mail address*

*SPIN-code in SCIENCE INDEX:*

*ORCID:*

*ResearcherID:*

*Scopus Author ID:*

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

<http://ijournal-as.com/>

**Объем статей:** 7-12 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-9. Рукописи большего объема принимаются по специальному решению Редколлегии.

**Поля** все поля – по 20 мм.

**Шрифт основного текста** Times New Roman

**Размер шрифта основного текста** 14 пт

**Межстрочный интервал** полуторный

**Отступ первой строки абзаца** 1,25 см

**Выравнивание текста** по ширине

**Автоматическая расстановка переносов** включена

**Нумерация страниц** не ведется

**Формулы** в редакторе формул MS Equation 3.0

**Рисунки** по тексту

**Ссылки на формулу** (1)

**Обязательная структура статьи**

**УДК**

**ЗАГЛАВИЕ** (на русском языке)

**Автор(ы):** фамилия и инициалы (на русском языке)

**Аннотация** (на русском языке)

**Ключевые слова:** отделяются друг от друга точкой с запятой (на русском языке)

**ЗАГЛАВИЕ** (на английском языке)

**Автор(ы):** фамилия и инициалы (на английском языке)

**Аннотация** (на английском языке)

**Ключевые слова:** отделяются другот друга точкой с запятой (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

**1. Введение.**

**2. Цель работы.**

**3. Материалы и методы исследования.**

**4. Результаты исследования и их обсуждение.**

**5. Заключение.**

**6. Информация о конфликте интересов.**

**7. Информация о спонсорстве.**

**8. Благодарности.**

**Список литературы**

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

**References**

Библиографическое описание согласно требованиям журнала

**ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Фамилия, имя, отчество полностью,** должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

*Электронный адрес*

*SPIN-код в SCIENCE INDEX:*

**DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Фамилия, имя, отчество полностью,** должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций,полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

*Электронный адрес*

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПУТЕВОЙ ЛИСТ В ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В.М. Курганов, А.Н. Дорофеев, М.В. Грязнов,  
Н.А. Филиппова* .....7

### АНАЛИЗ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЭКСПЕДИТОРОВ В РЯДЕ СТРАН СНГ

*М. Польшак, Е.С. Саламахина* .....34

### РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ЗАПРАВКЕ КОМПРИМИРОВАННЫМ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

*М.В. Банкет, И.А. Эйхлер, С.А. Зырянова* .....52

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ В ВИБРОРЕЖИМЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ САЙЛЕНТБЛОКОВ

*В.С. Барадинов* .....76

### ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Р.В. Гусейнов, К.А. Алиева, М.Н. Нажмудинова* .....92

### СОСТОЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЕЁ РАЗВИТИЯ

*О.Н. Миркина* .....104

**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД  
И КОНСТРУКЦИЯ СИЛОВОГО ТОРМОЗНОГО СТЕНДА  
ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**  
*И.М. Блянкиштейн, П.М. Тарасов* ..... 123

**ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ** ..... 138

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DRIVER'S TRIP TICKET IN A DIGITAL MODEL<br>OF AN EFFICIENT MOTOR TRANSPORT COMPANY<br><i>V.M. Kurganov, A.N. Dorofeev, M.V. Gryaznov, N.A. Filippova</i> .....                                                                    | 7   |
| ANALYSIS OF THE RESPONSIBILITY OF FREIGHT<br>FORWARDERS IN A NUMBER OF CIS COUNTRIES<br><i>M. Poliak, E.S. Salamakhina</i> .....                                                                                                  | 34  |
| DEVELOPMENT OF A MECHANISM FOR DETERMINING<br>THE DOWNTIME AT REFUELING COMPRESSED NATURAL<br>GAS OF LPG CARS<br><i>M.V. Banket, I.A. Eychler, S.A. Zyryanova</i> .....                                                           | 52  |
| MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS<br>OF CHANGING THE AMPLITUDE-FREQUENCY<br>CHARACTERISTICS OF THE CAR SUSPENSION<br>IN VIBRATION MODE WHEN THE TECHNICAL CONDITION<br>OF THE SILENT BLOCKS CHANGES<br><i>V.S. Baradiev</i> ..... | 76  |
| DIAGNOSIS OF BRAKE SYSTEMS OF MOTOR VEHICLES<br>IN OPERATING CONDITIONS<br><i>R.V. Huseynov, K.A. Alieva, M.N. Nazhmudinova</i> .....                                                                                             | 92  |
| STATE OF TRANSPORT INDUSTRY OF RUSSIA<br>AND MAIN TRENDS OF ITS DEVELOPMENT<br><i>O.N. Mirkina</i> .....                                                                                                                          | 104 |
| MODIFIED METHOD AND DESIGN OF A POWER BRAKE<br>STAND FOR VEHICLE TESTING<br><i>I.M. Blyankinstein, P.M. Tarasov</i> .....                                                                                                         | 123 |
| RULES FOR AUTHORS .....                                                                                                                                                                                                           | 138 |



### *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 30.03.2022. Дата выхода в свет 30.03.2022.  
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 8,76. Тираж 999 экз. Свободная цена.  
Заказ 121/022. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии  
«Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии:  
ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.