

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»



# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И ЛОГИСТИКИ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,

посвященной 25-летию со дня образования кафедры  
«УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ  
И ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ»

Гомель 2024

ISBN 978-985-891-173-7



9 789858 911737

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И ЛОГИСТИКИ

Материалы Международной научно-технической  
конференции, посвященной 25-летию со дня образования кафедры  
«Управление автомобильными перевозками и дорожным движением»  
(Гомель, 30 мая 2023 г.)

Под общей редакцией кандидата технических наук,  
доцента *А. А. Ерофеева*

Гомель 2024

УДК 656.064  
ББК 65.40  
А43

Редакционная коллегия:

А. А. Ерофеев (отв. редактор), С. А. Аземша (зам. отв. редактора),  
В. Д. Чижонок (отв. секретарь), В. Я. Негрей, И. А. Еловой

**Актуальные** проблемы транспорта и логистики : материалы Меж-  
А43 дунар. науч.-техн. конф., посвящ. 25-летию образования кафедры  
«Управление автомобильными перевозками и дорожным движением  
(Гомель, 30 мая 2023 г.) / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Бела-  
русь, Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. А. А. Ерофеева. –  
Гомель : БелГУТ, 2024. – 235 с.  
ISBN 978-985-891-173-7

Рассматриваются современные проблемы транспорта и логистики, которые имеют место в организации перевозочного процесса, обеспечения его безопасности и эффективности на территории Союзного государства Беларуси и России.

Предназначено для преподавателей и студентов учебных заведений транспортного профиля, специалистов научных и инженерно-технических подразделений транспорта и работников логистических организаций.

**УДК 656.064**  
**ББК 65.40**

**ISBN 978-985-891-173-7**

© Оформление. БелГУТ, 2024

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный этап перевозочных технологий характеризуется интеграцией и взаимодействием различных видов транспорта. В этом процессе четко прослеживаются не только особенности, характерные для отдельных транспортных систем, но и закономерности, присущие транспортному комплексу в целом. Особенно очевидно проявляется это при разработке и внедрении логистических перевозочных технологий. Потребность в изучении данных систем была своевременно замечена ректором БелГУТа профессором Ярошевичем В. П., по инициативе которого было принято решение об образовании кафедры «Общественные транспортные проблемы». В последующем данная кафедра стала основой новой кафедры «Управление автомобильными перевозками и дорожным движением», двадцатипятилетие которой мы отмечаем в прошлом году.

За двадцать пять лет существования на кафедре подготовлено и издано около 40 учебников, учебных пособий, учебно-методических разработок. Практически все дисциплины кафедры изучаются студентами по собственным методическим пособиям.

Тесное взаимодействие в научной работе сложилось с коллективом автотракторного факультета Белорусского национального технического университета, через аспирантуру которого прошли подготовку и защитили кандидатские диссертации четыре сотрудника. Все это способствовало дальнейшему развитию научной деятельности на кафедре. В настоящее время научные исследования проводятся по следующим направлениям:

- формирование геоинформационной системы, т. е. системы сбора, хранения, систематизации, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информацией о необходимых объектах;
- моделирование транспортных потоков;
- оптимизация параметров светофорного регулирования, в том числе координированного регулирования с использованием современных программных средств;
- научно-технический анализ аварийности, исследование причин и последствий дорожно-транспортных происшествий.

Важным аспектом научных исследований на кафедре является повышение эффективности перевозок пассажиров общественным транспортом сообщения. Мобильность всё более явно становится одним из основных признаков современного общества. Жизнь человека, особенно городского,

сопровождается ежедневными перемещениями на значительные расстояния. С учётом реальной цены мобильности для человечества общественный пассажирский транспорт, несомненно, является наиболее рентабельным средством достижения городской мобильности, доступным при этом для всех слоёв населения. Поэтому профессорско-преподавательский состав кафедры выполняет широкий спектр работ по повышению эффективности перевозок пассажиров общественным транспортом. Среди них можно выделить следующие основные направления:

- расчет средней дальности поездки пассажира. Средняя дальность поездки пассажира является основным параметром, определяющим стоимость проезда. Профессорско-преподавательский состав кафедры разработал Методику расчёта средней дальности поездки пассажира на маршрутной сети общественного транспорта регулярного сообщения на основании выборочных исследований пассажиропотоков. Отличительной особенностью данной методики является определение научно-обоснованного объема выборочных обследований пассажиропотока, достаточного для выполнения расчета среднего расстояния поездки пассажиров, что позволяет сэкономить время, трудовые и материальные ресурсы на проведение данного вида работ до 60 %, в зависимости от величины объема перевозок и размеров маршрутной сети. Методика запатентована в УП «Белпатентсервис» Белорусской торгово-промышленной палаты;

- оптимизация вместимости и количества автотранспортных средств с распределением их по маршрутам работы с учетом неравномерности пассажирских потоков – разработана компьютерная программа, реализующая авторскую методику (получен патент на программу) оптимального закрепления автобусов различной вместимости на разных маршрутах, с учетом неравномерности и мощности пассажиропотока;

- корректировка расписания работы общественного транспорта с учетом дублированности маршрутов и необходимости согласованной работы с другими видами транспорта;

- оптимизация маршрутной сети городского пассажирского транспорта регулярного сообщения, в том числе с использованием программ макро-моделирования.

Достигнутые успехи за двадцать пять лет становления и развития кафедры являются залогом дальнейших достижений.

Заведующий кафедрой

«Управление автомобильными перевозками

и дорожным движением» канд. техн. наук, доцент С. А. Аземша

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ЛОГИСТИКИ**

*В. Д. ЧИЖОНОК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Логистика является наукой, призванной интегрировать достижения других наук в области рационализации способов и методов доставки материальных ценностей и перевозки пассажиров. Поэтому логистика – это комплекс наук о способах и методах управления материальными, информационными, финансовыми и другими потоками с целью оптимизации товародвижения за счет рационального взаимодействия производственной, транспортной, банковской, таможенной, информационной и других подсистем экономики. Глубокий анализ современных концепций логистики позволил определить, что объектом логистики является сфера товарообращения (логистическая система), включая информационное, финансовое и иное ее обеспечение. Предмет логистики – это способы и методы своевременной поставки с наименьшими затратами готовой продукции, сырья и комплектующих изделий в соответствии с потребностями предприятий, организаций и населения. Эти и другие определения терминов в области логистической деятельности закреплены в государственном стандарте СТБ 2047-2010 «Логистическая деятельность. Термины и определения».

Одним из важнейших понятий логистики является понятие логистической системы, которая представляет собой сложную, динамичную систему управления, целью которой является оптимизация товарообращения для своевременно-го обеспечения потребностей экономики и населения в товарах с наименьшими издержками. Основным элементом логистической системы являются логистические центры, т. е. одна организация или совокупность организаций различных форм собственности, расположенных на единой территории, находящиеся под единым управлением и обеспечивающие оказание комплекса логистических услуг в процессе движения материальных потоков от производителя к потребителю. В зависимости от назначения логистические центры подразделяются на информационно-логистические, транспортно-логистические, оптово-логистические, торгово-логистические и таможенно-логистические. При развитии национальной логистической системы необходимо учитывать мировой опыт логистической деятельности, а также объективно оценить состояние и уровень развития логистической инфраструктуры республики. Мировой опыт показывает, что развитие логистических систем в различных странах осуществляется в соответствии с разрабатываемыми государственными программами.

Одним из характерных процессов развития мировой экономики на грани XX–XXI веков является прогрессирующая глобализация, т. е. качественно новый этап в развитии интернационализации хозяйственной жизни. Одним из факторов, способствующих развитию и углублению глобализации, является современное состояние логистики, в том числе транспортной. Качественно новое поколение средств транспорта и связи и их унификация обеспечивают быстрое распространение товаров и услуг, ресурсов и идей с приложением их в наиболее благоприятных условиях. Практическая логистическая деятельность строится на основе законов логистики, среди которых необходимо выделить закон приближения запасов товарной продукции к потребителям; закон распределения промышленного производства между промышленно развитыми и развивающимися странами. Основными пунктами замедления товародвижения являются стыковые пункты между различными подсистемами экономики: производственной, транспортной, банковской, таможенной, торгово-закупочной и т. д. Ускорение товародвижения как в сфере производства, так и в сфере обращения возможно за счет налаживания рационального взаимодействия подсистем товародвижения посредством формирования единой логистической системы экономики. Учет взаимодействия подсистем экономики на процессы товародвижения является одной из закономерностей логистики.

Важнейшим условием дальнейшего развития и совершенствования логистических систем является использование системного подхода. Логистическая система должна развиваться как универсальная система, позволяющая оптимизировать экспортно-импортные и транзитные грузопотоки, а также способствовать ускорению продвижения торговых грузов внутри республики. Развитие логистической системы должно основываться на всестороннем изучении состояния рынка транспортных и логистических услуг, складской инфраструктуры, уровня механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ и возможностей основных транспортных коридоров по пропуску экспортных, импортных и транзитных грузов. Дальнейшая рационализация товарообращения предполагает развитие всех элементов логистической системы, а также совершенствование законодательства в области логистической деятельности и технологии предоставления логистических услуг.

Качественное транспортно-логистическое обслуживание невозможно без четких, сбалансированных нормативных правовых актов, которые призваны улучшать социально-экономическую ситуацию в стране. Для этого необходимо унифицировать нормативные правовые акты, действующие на различных видах транспорта республики, и гармонизировать их с нормами международного транспортного законодательства; создать нормативные документы по логистической деятельности. Совершенствование нормативных правовых актов Республики Беларусь в области транспортной деятельности позволит

обеспечить комплекс транспортных услуг более высокого качества, увеличение экспортных и транзитных грузопотоков, а также интеграцию республики в мировую транспортную систему.

Выполненный анализ показывает, что в Республике Беларусь имеются хорошо развитые грузовые терминалы, однако ощущается недостаток в крупных высокотехнологичных транспортно-логистических центрах. Для стимулирования их создания необходимо использовать классификатор, с помощью которого можно отслеживать процессы совершенствования складской инфраструктуры и повышения качества транспортно-логистического обслуживания. Сфера действия классификатора должна охватывать целостную экономическую систему государства, так как практически в любой отрасли экономики имеют место транспортировка грузов и товаров, их складирование и другие элементы логистического процесса. Достижению данных способствует разработанный в Республике Беларусь СТБ 2133-2010 «Классификация складской инфраструктуры».

Для стимулирования создания транспортно-логистических центров разработаны требования к их техническому оснащению, которые определяются обязательными и дополнительными параметрами. По обязательным параметрам технического оснащения определяется принадлежность объекта к категории транспортно-логистических центров. По дополнительным параметрам технического оснащения устанавливается класс транспортно-логистического центра. Эти требования положены в основу Государственного стандарта «Транспортно-логистический центр. Требования к техническому оснащению и транспортно-экспедиционному обслуживанию». Данный стандарт рекомендуется использовать в системе сертификации транспортно-логистических услуг и при предоставлении льгот и преференций инвесторам в развитие транспортно-логистических систем.

Одним из важнейших элементов логистической системы является контейнерная транспортная система. Основным недостатком организации контейнерных перевозок в республике является ориентация на перевозку грузов в универсальных контейнерах и неиспользование для расширения сферы контейнерных перевозок специализированных контейнеров. Технология контейнерных перевозок грузов должна разрабатываться вначале для каждого отдельно взятого груза с последующим объединением их в комплексную технологическую систему. На первом этапе целесообразно организовать внутриреспубликанские перевозки нефтепродуктов с нефтеперерабатывающих заводов в специализированных танк-контейнерах. В танк-контейнерах предположительно можно будет перевезти около 6 млн т нефтепродуктов, что составляет значительную долю общего объема внутриреспубликанских железнодорожных перевозок грузов. Удельная эффективность развития контейнерных перевозок на 1 млн т груза составляет экономию около 8,3 млн дол. США капитальных вложений и 1,3 млн дол. эксплуатационных

затрат. Аналогичные выводы могут быть получены и по другим категориям грузов. Для удовлетворения потребностей в технических средствах контейнерных перевозок рекомендуется:

- наладить массовый выпуск на Минском автомобильном заводе самопогружающихся и саморазгружающихся полуприцепов-контейнеровозов;
- расширить спектр выпускаемых контейнеров на Осиповичском вагоностроительном заводе за счет производства контейнеров-цементовозов, рефрижераторных контейнеров, контейнеров-минераловозов и контейнеров-дозаторов, универсальных контейнеров с боковыми дверными проемами, контейнеров для перевозки опасных грузов;
- выполнить технико-экономические обоснования и создать мощности по производству в республике фитинговых платформ, в том числе двухосных, а также средств механизации погрузочно-разгрузочных работ с контейнерами.

Значительный экономический эффект можно получить посредством реформирования системы управления транспортом, в которую входят подсистемы: административная, информационного обеспечения, экономическая, технологическая, организации транспортных процессов. Для формирования реальных рычагов экономического воздействия на эффективность управления транспортной отраслью, а также с учетом опыта Российской Федерации предлагается на базе Белорусской железной дороги образовать три самостоятельных субъекта хозяйствования:

- а) предприятие по управлению перевозочным процессом на железнодорожных магистральных линиях РУП «Белжелдормагистраль»;
- б) предприятие по организации пассажирских перевозок железнодорожным транспортом РУП «Белжелдорпассажирсервис»;
- в) предприятие по оказанию транспортно-экспедиционных и логистических услуг РУП «Национальная транспортно-логистическая компания».

Для государственного регулирования деятельности данных предприятий рекомендуется образовать в Министерстве транспорта и коммуникаций департамент железнодорожного транспорта. Реализация вышеизложенных предложений создаст предпосылки для перевода железнодорожного транспорта республики на двухзвенную систему управления. Целесообразно также провести технико-экономические обоснования по сужению сферы деятельности внутреннего водного транспорта. При этом представляется целесообразным рассмотреть вариант передачи мощностей речного транспорта в хозяйственное распоряжение предприятий строительной отрасли. Основными направлениями реформирования структуры управления автомобильным и городским пассажирским транспортом можно считать передачу автобусных парков в коммунальную собственность городов; приватизацию и передачу акций грузовых автотранспортных предприятий их трудовым коллективам. Реализация данных мероприятий позволит упразд-

нить областные объединения автотранспорта, не снизив качество обслуживания пассажиров, промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Необходимым условием создания и функционирования системы транспортно-логистических центров является информационное обеспечение их деятельности, так как решать задачи выбора схем доставки грузов невозможно без соответствующего сопровождения логистического процесса. Современные информационные технологии и их дальнейшее развитие на транспорте должны обеспечивать:

- предварительное декларирование грузов и электронную передачу грузовых документов в таможни пограничных переходов;
- автоматизированную подготовку перевозочных документов грузоотправителями, грузополучателями, экспедиторами и экспедиторскими фирмами на всех видах транспорта;
- решение задач обеспечения обратной или попутной загрузки транспортными средствами в пунктах доставки грузов;
- предоставление оперативной информации пользователям транспортных услуг о ходе перевозочного процесса и о предстоящем прибытии грузов, перевозимых с участием различных видов транспорта, а также электронную передачу перевозочных документов на прибывающие грузы;
- предоставление пользователям транспортных услуг информации об условиях перевозки грузов различными видами транспорта, маршрутах следования, стоимостных и временных параметрах доставки, об услугах в оформлении документов, погрузки, перевалки, таможенных и других операциях;
- централизованные расчеты по перевозкам и выполнение банковских операций на всех видах транспорта.

Для ускорения доставки грузов предлагается: а) осуществить концентрацию выполнения операций по погрузке и выгрузке грузов на ограниченном числе пунктов в пределах узлов; б) разработать и внедрить модель управления работой железнодорожных узлов, в которой была бы реализована специализация маневровых локомотивов не по районам станций, а по времени выполнения технологических операций; в) широко использовать формирование многогруппных поездов для сокращения времени нахождения вагонов на технических станциях под накоплением; г) организовать подвод вагонов под погрузку и выгрузку к областным и крупным промышленным центрам в утреннее время и их вывод в вечернее время. Новая система организации вагонопотоков, охватывающая всю дорогу, предусматривает формирование поездов 24 многогруппных назначений с перецепкой групп на технических станциях. Внедрение этой системы позволит увеличить участковую скорость движения поездов до 45 км/ч, а маршрутную до 37,2 км/ч. Простой вагонов в железнодорожных узлах и на крупных грузовых станциях сократится примерно в 1,5 раза. Это существенно скажется на изменении

времени оборота вагонов, который уменьшится на 0,59 суток. Такое снижение позволит сэкономить 2474 вагона в рабочем парке дороги и сократить потребность в инвестициях в подвижной состав примерно на 125 млн дол. США.

Для повышения эффективности использования вместимости железнодорожного пассажирского подвижного состава предлагается формировать пассажирские составы новым методом, основанным на применении универсального композиционного модуля. Основная отличительная черта предлагаемого метода заключается в том, что он предусматривает оперативное изменение структуры пассажирского состава, что позволяет более гибко реагировать на изменение пассажиропотока. Экономический эффект модульной системы формирования составов пассажирских поездов заключается в экономии топлива за счет уменьшения средней массы состава; снижении расходов на ремонт и техническое обслуживание вагонов; снижении расходов на заработную плату. Суммарный экономический эффект модульной системы формирования составов одной пары пассажирских поездов составляет около 200 тысяч дол. в год.

В настоящее время показатели работы пассажирских автотранспортных предприятий нельзя признать удовлетворительными. Изношенность подвижного состава, ремонтной базы, несоответствие структуры парка подвижного состава сложившемуся спросу на перевозки и нерациональная организация перевозочного процесса являются характерными условиями работы пассажирских предприятий автомобильного транспорта. Устойчивое и эффективное функционирование автомобильного пассажирского транспорта общего пользования будет обеспечиваться в первую очередь за счет обновления парка автобусов, в том числе на городских маршрутах. Реализация данного мероприятия позволяет повысить эффективность транспортной работы за счет сокращения затрат на текущий ремонт и техническое обслуживание парка автобусов. Значительный эффект можно получить также за счет использования на маршрутах автобусов различной вместимости. Это решение обусловливается неравномерностью пассажиропотоков на маршрутах, которая приводит к недоиспользованию вместимости транспортных средств; вызывает необходимость использования разрывного графика работы водителей; увеличивает интервал движения транспортных средств, вследствие чего возрастает время их ожидания пассажирами; снижает экономические показатели работы автотранспортных организаций; увеличивает себестоимость перевозок. Выполненные технико-экономические расчеты по конкурентоспособным вариантам в среднем по численности населения городе показали, что для обслуживания маршрутов в данном городе необходимо приобрести 34 автобуса вместимостью 12 пассажиров и 16 автобусов вместимостью 50 пассажиров. Общая стоимость вновь приобретаемого подвижного состава составит около 800 тыс. дол. США. Срок окупаемости

данных капитальных вложений за счет экономии средств автобусного парка составит 0,85 года, а с учетом экономии времени пассажиров на доставку срок окупаемости будет 0,47 года. Аналогичные исследования предлагается провести для всех городов областного подчинения. Их результатом может быть решение проблемы самоокупаемости городских пассажирских перевозок за счет формирования рациональной структуры парка автобусов по вместимости. На основе этих исследований может быть сформирована программа производства автобусов необходимой вместимости и в необходимом количестве.

Таким образом, выполненные комплексные исследования по развитию теоретических основ логистики и важнейших элементов логистической системы, а также решение некоторых прикладных задач транспортной логистики будут способствовать повышению эффективности товародвижения и снижению логистических издержек.

### Список литературы

1 **Чижонок, В. Д.** Теоретические основы и практические приложения логистики / В. Д. Чижонок. – М. : Новое знание, 2015. – 320 с.

УДК 656.132.6

## **ПРИНЦИПЫ ЭФФЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МАРШРУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА в г. МИНСКЕ**

*С. С. СЕМЧЕНКОВ, Д. Г. ЯСЮНАС, А. О. ЛОБАШОВ*  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Мобильностью населения можно назвать его способность быстро, эффективно перемещаться. Стоит отметить, что передвижения человека могут осуществляться пешком или с помощью различных транспортных средств.

В свою очередь передвижения на транспортных средствах можно разделить на моторизованные (на автомобиле, автобусе, троллейбусе, электробусе, воздушном судне и т. д.) и немоторизованные (на велосипеде, самокате и т. д.). Каждый человек выбирает способ передвижения, руководствуясь своими персональными требованиями, предпочтениями и возможностями.

Такое положение дел привело специалистов к пониманию недопустимости продолжения транспортной политики, основанной на приоритетности моторизованных передвижений личным транспортом. На основе этого понимания в конце прошлого века был предложен подход, направленный на обеспечение «устойчивой городской мобильности». Устойчивая городская

мобильность рассматривается как составляющая устойчивого социально-экономического развития общества, инструмент сохранения окружающей среды и обеспечения здоровья граждан [1].

Однако создание благоприятного городского пространства невозможно без развитой системы маршрутного пассажирского транспорта, представляющей чёткий и слаженный механизм, предлагающий достойную и эффективную альтернативу личным автомобилям. Рост автомобилизации, увеличение количества автомобилей, находящихся в частной собственности, является вызовом системе маршрутного пассажирского транспорта, который должен ответить на него рациональным подходом и эффективной организацией работы, своевременно реагирующими на изменяющуюся обстановку [2, 3].

Так, население г. Минска, расположенного на площади порядка 350 км<sup>2</sup>, составляет 2000 тыс. человек, основные перевозки пассажиров осуществляются наземным маршрутным пассажирским транспортом, которым в год перевозится около 500 млн пассажиров, и метрополитеном, который ежегодно перевозит около 300 млн пассажиров.

Протяжённость маршрутной сети наземного пассажирского транспорта г. Минска составляет 6,5 тыс. км, при этом на 215 городских автобусных маршрутов, 60 троллейбусных маршрутов и 8 трамвайных маршрутов выходит 1115 автобусов, 600 троллейбусов и 98 трамваев соответственно. Стоит заметить, что в г. Минске при этом зарегистрировано 900 тыс. автомобилей.

Проведя ряд исследований в данном направлении, сегодня мы видим развитие маршрутного пассажирского транспорта г. Минска, базирующееся на следующих принципах:

- доступность маршрутного пассажирского транспорта;
- удобное и безопасное ожидание на остановке;
- полное информирование пассажиров;
- безопасные, комфортные и быстрые поездки в маршрутных транспортных средствах;
- удобное и доступное приобретение билетов, гибкая тарифная система;
- клиентский сервис.

Во главу угла должна стать тесная интеграция маршрутного пассажирского транспорта с другими формами устойчивой мобильности в столице, создавая тем самым чистую, комфортную и уютную среду для жителей. Развитие мультимодальности, сочетание в поездке пассажира разных видов маршрутного пассажирского транспорта вместе с развитием инфраструктуры, модернизацией контактной сети троллейбуса, увеличением доли специальных полос, предназначенных для движения маршрутного пассажирского транспорта, гибкими способами оплаты позволят сделать поездку в марш-

рутном пассажирском транспорте быстрее и комфортнее, бесперебойнее и надёжнее.

Выбор вида транспорта для перевозки пассажиров в г. Минске должен строиться:

- на использовании экологичного маршрутного пассажирского транспорта;
- обеспечении снижения негативного влияния маршрутного пассажирского транспорта на экосистему;
- приверженности постулату, что маршрутные транспортные средства должны быть удобными, современными, быстрыми, экологичными и адаптированными к требованиям маломобильных категорий граждан;
- применении эффективных методик выбора вида маршрутного пассажирского транспорта, основанных на учёте экономических издержек, технических возможностях и перспективах различных видов транспорта.

Таким образом, мероприятия по повышению эффективности транспортной системы г. Минска должны быть:

- основаны на таких ключевых критериях, как повышение качества обслуживания, экологичности и финансовой стабильности системы перевозок маршрутным пассажирским транспортом;
- сопряжены с эффективным использованием существующей контактной сети городского электрического транспорта и другой существующей инфраструктуры системы маршрутного пассажирского транспорта;
- направлены на разработки в области алгоритмизации процессов приоритетного пропуска маршрутных транспортных средств с использованием особых режимов светофорного регулирования;
- реализованы в части выбора вида транспорта и проектирования маршрутов с использованием научно обоснованных методов;
- проведены путём реструктуризации маршрутной сети на основе оценки эффективности принимаемых решений с использованием наукоёмких методик;
- построены на цифровизации процессов управления предприятиями маршрутного пассажирского транспорта, цифровизации управления работой водителей, автоматизации проектирования режимов труда и отдыха водителей;
- исполнены в части повышения эффективности транспортной системы за счёт рационального использования рабочего времени водителей путём применения секторального метода для обслуживания маршрутной сети с использованием методик, применимых как при разработке расписаний движения на маршрутах, так и при проектировании самих маршрутов и реализации маршрутной технологии обслуживания пассажиров.

А одним из приоритетных направлений в увеличении роли маршрутного пассажирского транспорта является обеспечение качества, надёжности и его

привлекательности, которые определяются безопасностью (общественная безопасность, безопасность дорожного движения и перевозок); скоростью сообщения (снижение затрат для перевозчиков, повышение скорости сообщения для пассажира); комфортабельностью и доступностью (низкопольные маршрутные транспортные средства, инфраструктура, современные транспортные средства с системами климат-контроля и т. д.); удобством использования (различные способы оплаты проезда и т. д.); информативностью (доступность информации о маршрутном пассажирском транспорте и качественное её представление); удобным расписанием; гарантированной регулярностью движения; надёжностью.

При этом только совокупность всех перечисленных характеристик вселяет уверенность в маршрутный пассажирский транспорт и гарантирует привлечение к нему постоянных пассажиров. Развитие маршрутного пассажирского транспорта г. Минска на основе учёта данных предложений позволит повысить надёжность и эффективность его работы, предложит хорошую альтернативу личному транспорту и поспособствует развитию системы на пути к устойчивой мобильности.

#### Список литературы

- 1 Планирование устойчивой городской мобильности : учеб.-метод. пособие / А. О. Лобашов [и др.]. – Минск : БНТУ, 2022. – 175 с.
- 2 Семченков, С. С. Повышение эффективности работы предприятий маршрутного пассажирского транспорта в современных условиях / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Новости науки и технологий. – 2022. – № 5 (60). – С. 16–26.
- 3 Основы автоматизации интеллектуальных транспортных систем : учеб. / Д. В. Капский [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 412 с.

УДК 330.65

### ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ МЕХАТРОНИКИ В АВТОМОБИЛЬНЫЙ БИЗНЕС

*М. К. ЖУДРО, Н. В. ЖУДРО*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Проблематичность развития автотранспортного бизнеса, вызванная санкциями, продемонстрировала, насколько ошибочными могут быть прогнозы, которые ложатся в основу долгосрочной предпринимательской политики, ориентированной на достижение статического эффекта общего рыночного равновесия (англ. *general equilibrium effect*). Конечно, санкции – это форс-мажор. И, когда руководство многих компаний планировало перспек-

тивы развития автотранспортного бизнеса в современных условиях роста неопределенности экосистемы, оно исходило из ситуации «при прочих равных условиях». Однако хватило всего несколько месяцев, чтобы «санкцкризис» поставил под сомнение устойчивость выстроенной традиционной конструкции бизнеса.

Предвидеть международные кризисы такого масштаба, как санкции, немислимо. Однако фирмы могут смягчить влияние подобных чрезвычайных ситуаций, повысив уровень гибкости готовности цепочки поставок к сбоям. Необходимо действовать до возникновения особых обстоятельств, чтобы при столкновении с ними адаптировать к ним уже имеющийся план и использовать его, вместо того чтобы начинать с нуля каждый раз, когда компанию затронет новый «санкцкризис».

В ходе выполненных аналитических, эмпирических, экспериментальных исследований установлено, Smart-индустрия высокотехнологичных, высокопроизводительных и высокопривлекательных дизайнов автомобилей создает предпосылки для двух сценариев развития автотранспортного бизнеса.

Первый тренд развития автотранспортного бизнеса заключается в стремлении компаний проектировать и реализовывать стратегию производства большинства постоянно увеличивающихся и усложняющихся компонентов и деталей автомобилей несколько крупными и сотнями мелких поставщиков (более 60 % компонентов типичного автомобильного транспортного средства), а автопроизводители делают менее 40 % их в рамках собственного производства. Комплекующие детали, агрегаты под «капотом» автомобиля обычно затрудняют производителя транспортного средства отличить его от конкурента, а конечный его потребитель – владелец/оператор – обычно не заботится, даже не замечает, был ли, например, радарный датчик для адаптивной системы круиз-контроля изготовлен Bosch, Denso или другой фирмой до момента надежного его функционирования.

Второй противоположный тренд развития автотранспортного бизнеса заключается в стремлении компаниями – лидерами на автомобильном рынке или в определенном его сегменте осуществлять собственное производство большинства постоянно увеличивающихся и усложняющихся компонентов и деталей автомобилей.

В этой связи следует констатировать, что в среднесрочной и долгосрочной перспективе (в основном финансируемые венчурными фондами) компании с полным стеком (т. е. те, которые пытаются максимально реализовать все компоненты – как аппаратные, так и программные – внутри компании), работающие в области высокотехнологичных, высокопроизводительных и с высокопривлекательным дизайном автомобилей, столкнутся с ростом конфигурации альтернативных затрат и доходов в сферах исследования, проектирования, конструирования, организации индустрии, продаж, эксплуатации автотранспорта и его сервиса и сложностью их оптимизации с позиции требований покупателей.

Данный аргумент обусловлен тем, что в автотранспортном smart-бизнесе в соответствии с требованиями агрегированного сценария сетевого взаимодействия его стейкхолдеров и smart-клиентов, в отличие от традиционного бизнеса, ориентированного на достижения эффекта общего рыночного равновесия (англ. *general equilibrium effect*), т. е. если будет произведено лучшее изделие, то это приведет к снижению продаж его аналога, наблюдается сетевой эффект (англ. *network effect*) или композитный динамический синергетический эффект, источником которого выступает сетевое конкурентное их взаимовлияние друг на друга, используя мехатронику.

Сетевое взаимодействие компаний автотранспортного smart-бизнеса и smart-клиентов на основе внедрения мехатроники тем полезнее любой фирме, являющейся его стейкхолдером, чем больше у нее конкурентов-партнёров, которое генерирует динамико-дифференцированные сквозные, всеобъемлющие конкурентные преимущества smart-индустрии и консьюмерсервиса высокотехнологичных, высокопроизводительных с высокопривлекательным дизайном автомобилей для клиента, выражающееся в росте их маржинальности продаж.

Это обусловлено тем, что сформулированные динамико-дифференцированные всеобъемлющие, сквозные конкурентные преимущества мехатроники генерируют возможность для продуцента/продавца масштабирования комбинации динамических объемов, структур, скорости продаж, услуг консьюмерсервиса и премиальных (более маржинальных или «высоких») цен в процессе покупки, владения, распоряжения, использования, возможной последующей продажи, утилизации автомобилей в зависимости от кросс-эластичности спроса на них на рынке. То есть они направлены на создание, развитие и поддержку функционально-эмоциональной ценности для клиентов от начала взаимодействия компании до завершения сотрудничества с ними или на полный бизнес-цикл: до, во время и после их покупки.

В среднесрочной и долгосрочной перспективе автопроизводителям необходимо внедрять инженерные и виртуально-инженерные возможности мехатроники, основанные на данных предвидения движущих сил ценности автомобильных клиентов в современной экосистеме, включающей автономное вождение и сервисы данных (суррогатных моделей или виртуальных испытаний с участием водителя на основе искусственного интеллекта, современной архитектуры больших данных, состоящей из стека больших данных в бэкенде, эксплуатационных характеристик автомобилей).

Совместное использование мехатроники и технологий машинного обучения обеспечивает интеллектуальный сбор данных в масштабе и выявление «интересных ситуаций» для стимулирования разработки функций автономного вождения или оптимизации функций помощи водителю. Помимо улучшений, связанных с эксплуатацией автомобилей, мехатроника способствует повышению его производительности и эффективности благодаря предиктивному техническому обслуживанию или улучшению обнаружения дефектов. Аналогичным образом, проактивные действия по выявлению рисков и ошибок повысят общую производительность на основе предиктив-

ного обслуживания и алгоритмов машинного обучения, а также интеллектуальных методов управления гибкими профессиональными экономическими компетенциями и командами в автотранспортном smart-бизнесе.

Поэтому компаниям следует изучать и внедрять композитный или целостный подход к внедрению мехатроники или трансформацию традиционного бизнеса от обычного автомобиля в автомобильную экосистему разработки научно-технической продукции, ее производства, продажи и сервиса, которая позволяет оптимизировать инкрементальную совокупную стоимость инвестирования, финансирования владения, распоряжения и использования или экономическое обоснование действенной конкурентоспособности автомобиля на протяжении всего жизненного его бизнес-цикла, включая затраты, связанные со стратегической устойчивостью успешного их присутствия (включая штрафы за выбросы CO<sub>2</sub>) на всех сегментах мирового автомобильного рынка.

Таким образом, выполненное исследование сформулированных трендов развития автотранспортного бизнеса в условиях санкций свидетельствует, что его агенты имеют различную информацию о рыночной ситуации, и в окрестности равновесия в соответствии с традиционными концепциями и законами рынка (два вида колебаний (рациональные и спекулятивные около равновесных значений параметров рынка или равновесного взаимодействия спроса и предложения, поведения фирмы, потребителей и т. д.)), которые затрудняют ожидать скоординированное поведение его стейкхолдеров. В том случае, когда начинает доминировать какой-либо определенный стереотип бизнес-поведения, следует ожидать не роста порядка, а его разрушения. Именно это и случается, когда значительной частью агентов транспортно-логистического рынка начинает овладевать одна идея – вкладывать деньги в какой-то определенный вид деятельности или определенную компанию.

В то же время, внедрение мехатроники в автотранспортном бизнесе открывает новые возможности, новые модели бизнес-поведения, а множество таких возможностей у его стекхолдеров в принципе ничем не ограничено.

УДК 625.7:656

## **КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ВОПРОСА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ – ПРОГРАММА «ДОБРАЯ ДОРОГА»**

*В. В. ПАВЛОВА*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) являются самой опасной угрозой здоровью и жизни людей во всём мире. Согласно статистике Всемирной организации здравоохранения ежегодно жертвами ДТП становятся

1,3 млн человек, это 3,5 тыс. человек ежедневно, 1 человек каждые 24 секунды. Дополнительно 50 млн жителей планеты каждый год получают в ДТП травмы и увечья. Дорожно-транспортный травматизм является основной причиной смертности среди детей и молодежи в возрасте от 5 до 29 лет. ДТП на дорогах Республики Беларусь наносят экономике государства и обществу в целом колоссальный социальный, материальный и демографический ущерб. Травматизму в автоавариях подвергаются в основном люди наиболее активного трудоспособного возраста (26–40 лет), 20 % из которых теряют свою производительность либо полностью прекращают трудовую деятельность. Ежегодный экономический ущерб государства от ДТП достигает 2 % от внутреннего валового продукта.

За период с 1990 по 2006 г. в городе Минске жертвами автоаварий ежегодно становилось около 110 человек, этот уровень практически не менялся. В последующие 12 лет ежегодное число ДТП и величина ущерба демонстрируют снижение, в среднем в 4,5 раза: со 128 человек в 2006-м до 28 человек в 2018 году. Темпы снижения аварийности в столице на настоящий момент выше среднеевропейских. В целом показатели безопасности движения в городе Минске сопоставимы с показателями признанных самыми безопасными мегаполисами, таких как Берлин, Стокгольм, Прага и Вена.

В целом по Республике Беларусь темпы снижения аварийности ниже столичных – около 3 %. В 2006 г. на дорогах погибли 1 650 человек, в 2018 г. – 580 человек соответственно.

В связи с этим решением Минского городского Совета депутатов, дважды (в 2011 и 2016 годах), была утверждена Концепция обеспечения безопасности дорожного движения «Добрая дорога». Разработчики программы тогда обозначили стратегическую цель: снизить смертность в ДТП, снизить травматизм на дорогах, свести к нулю гибель детей [1].

Впервые проект «Добрая дорога» был опробован в городе Минске в 2011 году. Он направлен на повышение безопасности дорожного движения и сокращение числа смертельных исходов в ДТП. «Добрая дорога» опирается на научное исследование команды специалистов, состоящей из ученых и сотрудников УГАИ МВД. Они изучили системы, существующие в других странах, во многом опирались на шведские принципы безопасности дорожного движения. В итоге получился научный труд, который оформили в виде методических рекомендаций. Специалисты изучили каждое смертельное ДТП с 1990 по 2006 годы и разложили их на факторы риска [2].

В 2018 году на заседании Совета Министров было принято решение распространить программу «Добрая дорога» на всю Республику Беларусь. При каждой областной комиссии по безопасности дорожного движения создана рабочая группа, которая анализирует смертельные ДТП. Это позволяет выделить факторы риска и принять решение, которое позволит исключить подобные случаи на определенном участке дороги либо в целом ситуации, которые привели к аварии [2]. В итоге каждая областная комиссия по безо-

пасности дорожного движения разрабатывает свою программу с учетом дорожной ситуации в регионе.

Программа проекта расписана до 2025 года, за это время сотрудники областной ГАИ планируют максимально снизить смертность на дорогах. Практически во всех европейских дорожных системах безопасности в приоритете пешеходы. Современной тенденцией является адаптация дорожного движения для людей, а не автомобилей. В целях безопасности и для недопущения выхода пешеходов на автомагистрали необходимо:

- обустройство подземных и наземных пешеходных переходов, обеспечивающих удобство для людей, в том числе пожилых и с инвалидностью;
- установление ограждений в небезопасных местах;
- ликвидация переходов, на которых часто происходили ДТП.

Реализация концепции до 2025 года подразумевает следующие шаги:

1 Пролонгация работ по установке на аварийно-опасных участках улично-дорожной сети островков безопасности, «спящих полицейских»; сужение проезжей части, в целях уменьшения пропускной способности дороги; улучшение уличного освещения. Как показывают исследования, такие меры значительно снижают травматизм и гибель людей на дорогах (таблица 1).

**Таблица 1 – Принимаемые меры по успокоению скоростного режима и их влияние на снижение количества погибших в ДТП**

Меры, принимаемые в рамках проекта «Добрая дорога»	Снижение количества погибших в дорожно-транспортных происшествиях, %
Искусственные неровности трапециевидной формы	–100
Приподнятые пешеходные переходы	–83
Искусственные неровности перед нерегулируемыми перекрестками	–75
Искусственные неровности криволинейной (полукруглой) формы	–73
Островки безопасности с горизонтальной разметкой	–66,7
Островки безопасности на магистральных дорогах	–28,6

2 Контроль скоростного режима движения транспортных средств. Одним из требований ГАИ от проектировщиков и застройщиков белорусских городов является обеспечение в новых микрорайонах скорости не выше 50 км/ч, как это принято в некоторых европейских странах. На дорогах с высокой интенсивностью движения транспорта этот показатель оставить на отметке 60 км/ч с возможностью повышения, но при условии ограничения доступа пешеходов на проезжую часть. В жилых зонах скорость оставить прежней – 20 км/ч.

3 Весомые инженерные решения: обустройство парковок за пределами дворовых территорий в новых проектах жилых микрорайонов; оборудование колец малого радиуса на въездах в город, способствующее снижению скорости; добавление поворотных полос, позволяющее минимизировать конфликты между водителями.

Макрозадачами проекта «Добрая дорога» должны стать работа со средствами массовой информации, профилактика асоциального поведения, создание акций и образовательных программ для детей и подростков. В долгосрочном периоде перспективными видятся приоритетное развитие общественного городского транспорта, принятие мер по уменьшению загрузки дорог в пиковые часы, снижение уровня автомобилизации и концентрации транспорта в центральной части городов. Внедрение в жизнь элементов «интеллектуальной транспортной системы» позволит в автоматическом режиме управлять дорожным движением, контролировать инциденты, перераспределять потоки в случае ДТП.

#### Список литературы

1 Куда ведет «Добрая дорога». В ГАИ рассказали о программе обеспечения безопасности дорожного движения года [Электронный ресурс] // Информационное агентство «Минск – Новости». – Режим доступа : <https://minsknews.by/kuda-vedet-dobraaya-doroga-v-gai-rasskazali-o-programme-obespecheniya-bezopasnosti-dorozhnogo-dvizheniya/>. – Дата доступа : 19.01.2023.

2 **Козловская, В.** «Добрая дорога» для счастливого пути: как ученые и ГАИ «по науке» снижают аварийность [Электронный ресурс] // Гродзенская праўда. – Режим доступа : [https://grodnonews.by/news/bezopasnost/dobraaya\\_doroga\\_dlya\\_schastlivogo\\_puti.html](https://grodnonews.by/news/bezopasnost/dobraaya_doroga_dlya_schastlivogo_puti.html). – Дата доступа : 06.02.2023.

3 Ограничение скорости на городских улицах приведет к резкому сокращению смертности в результате ДТП [Электронный ресурс] // Новости ООН. Глобальный взгляд. Человеческие судьбы. – Режим доступа : <https://news.un.org/ru/story/2021/05/1403062>. – Дата доступа : 02.02.2023.

УДК 656.25

### ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ РИСКАМИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

*В. А. ОЛЕНЦЕВИЧ, Н. В. ВЛАСОВА*

*Иркутский государственный университет путей сообщения,  
Российская Федерация*

Формирование эффективного подхода к управлению рисками на железнодорожном транспорте позволяет принимать оптимальные управленческие

решения с учетом колебаний грузопотока и пассажиропотока, сезонности перевозки, изменения экономической и политической ситуации на рынке транспортных услуг, нестабильности внешней среды, вероятности наступления событий или обстоятельств, степени их влияния на достижение поставленных целей в области обеспечения безопасности и надежности работы ОАО «Российские железные дороги» (далее – ОАО «РЖД») [1].

Основные принципы формирования оптимальной системы управления рисками должны учитывать следующие составляющие элементы: идентификацию проблемы обеспечения заданного уровня безопасности движения, оценку текущей ситуации организации перевозочного процесса, безотказное управление всеми циклами перевозочного процесса, системный анализ результатов функционирования в заданных пределах, выбор возможных вариантов воздействия на риск при условии сравнения их эффективности влияния, мониторинг реализации оптимального метода воздействия при учете внешних и внутренних факторов [4].

Соблюдение данных принципов не предоставляется возможным без декомпозиции основных бизнес-процессов железнодорожной транспортной системы на задачи, а задач на подзадачи, выявления основных зон формирования рисков по направлениям деятельности, что в свою очередь позволяет установить критерии эффективной работы в области безопасности перевозочного процесса и надежности работы технических устройств инфраструктурного комплекса ОАО «РЖД».

Для достижения высоких показателей обеспечения безопасности движения поездов и производства маневровой работы в сфере грузовых перевозок ОАО «РЖД» необходимо регулярное вовлечение в работу по обеспечению безопасности перевозочного процесса не только всех подразделений и работников отрасли, но и пользователей транспортными услугами [2].

В рамках реализации поставленной цели необходим постоянный мониторинг проблемы на всех этапах жизненного цикла, достижение оптимального уровня организации, управления и производства работ по вопросам обеспечения безопасности перевозочной деятельности, предупреждение процессов возможного возникновения и сокращение в целом количества транспортных рисков, снижение величины финансовых потерь, полученных в результате транспортных происшествий, на основе сочетания стратегического и оперативного подходов управления, что может быть основано на соблюдении ряда принципов:

- применение системного подхода к формированию количественных и качественных показателей по структурным подразделениям с учетом специфики их деятельности;
- составление прогнозных сценариев развития рисков;
- комплексный подход к обучению и приобретению новых компетенций персоналом;

– повышение надежности организационно-технологических процессов, документирование информации и норм по безопасности движения.

Применение методов системного подхода для обеспечения безопасности в железнодорожной транспортной системе позволяет достичь высокого уровня функционирования и исключения рисков или снижения степени их последствий для инфраструктурного комплекса в целом [3, 5].

В настоящее время выполнение заданных параметров бесперебойного движения поездов и производства маневровой работы на железнодорожном транспорте чаще всего возможно достичь за счет соблюдения следующих основных требований: организации работы в заданных пределах параметров, которые определяются нормативными документами и требованиями по недопущению уровней рисков с указанными последствиями, а также изменением параметров или нормативных требований в случае возникновения риска нарушения для недопущения ее дальнейшего развития или минимизации последствий.

Цель управления рисками в железнодорожной транспортной системе предусматривает повышение уровня безопасности движения во всех сферах функционирования, вовлечение в деятельность всех подразделений и работников, участвующих в перевозочном процессе, в рамках чего необходимо достижение единого понимания и единообразия в организации, связанной с обеспечением безопасности движения, и у всех работников, участвующих в перевозочном процессе, за счет решения ряда подзадач: изучения проблем, обеспечения высокой эффективности работы в вопросах обеспечения безопасности движения, предупреждения и сокращения числа транспортных происшествий, снижения размера финансовых расходов и потерь от транспортных происшествий на основе сочетания стратегического и оперативного подходов управления, привлечения к участию в управлении безопасностью движений руководителей всех уровней и рядовых сотрудников. Достижение плановых значений целевых показателей безопасности движения поездов и производства маневровой работы целесообразно осуществлять, основываясь на подходе непрерывного улучшения результатов деятельности дирекций и входящих в их состав структурных подразделений, что позволят проводить количественную оценку степени повышения эффективности данной деятельности [2, 6].

На количественные показатели в области обеспечения безопасности движения в ОАО «РЖД» оказывают влияние внешние и внутренние факторы (рисунок 1). При этом необходимо учитывать, что именно в результате воздействия внешних факторов возникает большое количество жертв как со стороны работников железнодорожного транспорта, так и со стороны населения прилегающих территорий, а также возможны значительные потери материальных ценностей, длительные и масштабные экологические загрязнения.

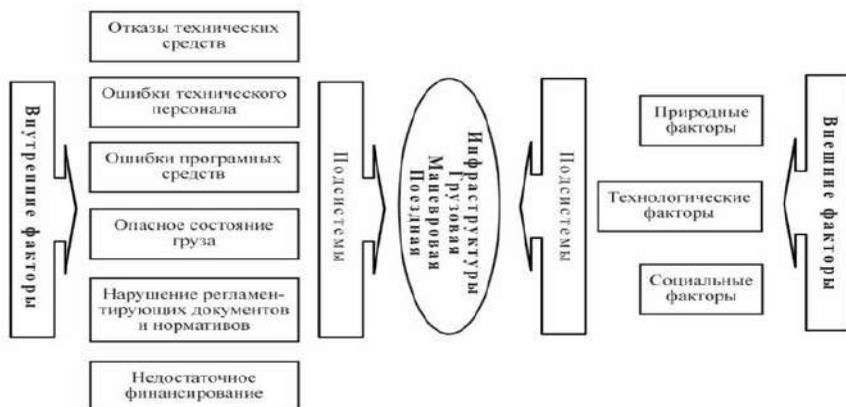


Рисунок 1 – Виды факторов, воздействующих на состояние безопасности движения в ОАО «РЖД»

При анализе состояния уровня безопасности на железных дорогах России и для выявления основных причин выхода данных параметров за установленные границы рисков при определенных отрицательных последствиях для безопасной работы инфраструктуры ОАО «РЖД» целесообразно использовать системный анализ, который позволяет исследовать динамику показателей во времени, что позволяет прогнозировать прирост показателей, темпы и общие тенденции их изменения.

### Список литературы

- 1 Стратегия развития Холдинга «РЖД» на период до 2030 года. – М. : ОАО «РЖД», 2013.
- 2 **Власова, Н. В.** Декомпозиция основных бизнес-процессов и зоны формирования рисков железнодорожной транспортной системы в сфере грузовых перевозок / Н. В. Власова, В. А. Оленевич // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4 (63). – С. 44–52.
- 3 **Оленевич, В. А.** Оценка удовлетворенности качеством услуг грузовых железнодорожных перевозок / В. А. Оленевич, Н. В. Власова // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2021. – № 8. – С. 187–188.
- 4 Российские железные дороги: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rzd.ru>. – Дата доступа : 20.12.2023.
- 5 **Фирсова, О. А.** Способы оценки степени риска / О. А. Фирсова. – М. : ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», 2000. – 257 с.
- 6 Automated calculation method effect values in load securing elements fixed on a rolling stock / N. V. Vlasova [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MEACS). – Novosibirsk, 2021. – Vol. 1064. – P. 012042.

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Н. В. ВЛАСОВА, В. А. ОЛЕНЦЕВИЧ*

*Иркутский государственный университет путей сообщения,  
Российская Федерация*

В настоящее время предъявляются повышенные требования к обеспечению гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса холдинга ОАО «РЖД», также возрастают требования к надежности технических средств, обеспечивающих безопасность движения, роль влияния человеческого фактора, что, в свою очередь остается стратегическим направлением работы всей транспортной отрасли Российской Федерации. Для достижения поставленных задач в ОАО «РЖД» реализуется Стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса, основанная на принципах стандартизации и унификации производственных процессов, ориентации на человека, культуре безопасности и доступности информации [1, 2].

Проведенный авторами анализ положения с обеспечением безопасности движения поездов в сфере грузовых перевозок за февраль 2023 года показал, что из общего объема погрузки Восточно-Сибирской железной дороги (далее – ВСЖД) подлежащих учету на ответственность ВСЖД отцеплено 6 вагонов, что на 4 вагона менее, чем за аналогичный период 2022 года, из них с нарушением Технических условий размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах (далее – ТУ) отцеплено 2 вагона. В аналогичном периоде 2021 года – 3 вагона, с расстройством погрузки в пути следования отцеплено 4 вагона, в аналогичном периоде 2022 года – 10 вагонов. При этом общая погрузка на ВСЖД за февраль 2023 года увеличена на 1 % в сравнении с аналогичным периодом 2022 года. Расчетный коэффициент надежности на 100 погруженных вагонов составил 0,01 [3, 4].

На основе проведенного анализа авторами предложен комплексный подход, направленный на повышение уровня безопасности движения [5, 6], снижение влияния рисков возникновения транспортных происшествий и иных событий в сфере грузовой работы (таблица 1).

*Таблица 1 – Мероприятия, направленные на обеспечение безопасности движения, снижение влияния рисков возникновения транспортных происшествий и иных событий на железнодорожном транспорте*

Содержание мероприятий	Ожидаемый результат
<i>Профилактические меры по контролю за достоверностью массы грузов</i>	
Проводить совещания с грузоотправителями, допустившими повторное отправление вагонов с превышением трафаретной грузоподъемности, с разработкой адресных корректирующих и предупреждающих действий	Сокращение количества случаев

Продолжение таблицы 1

Содержание мероприятий	Ожидаемый результат
Организовать работу с владельцами и пользователями железнодорожных путей необщего пользования по выполнению Программы установки вагонных весов на железнодорожных путях необщего пользования	Повышение уровня безопасности движения
Разработать модель распознавания рисков возникновения перегрузов вагонов сверхтрафаретной грузоподъемности	Идентификация рисков возникновения перегрузов
<i>Профилактические меры, направленные на снижение факторов риска нарушений ТУ</i>	
Организовать выполнение программы установки смотровых вышек на железнодорожных путях необщего пользования, осуществляющих погрузку навалочных, насыпных и лесных грузов	Повышение уровня безопасности движения
Организовать на станциях приема груза к перевозке, по согласованию с грузоотправителем, проведение внеплановых совместных проверок технического состояния габаритных ворот на соответствие очертания рамы ворот габаритам погрузки	
Обеспечить применение инновационных средств крепления грузов на открытом подвижном составе не менее 40 % от общего объема погрузки	
<i>Профилактические меры, направленные на уменьшение количества вагонов, пропущенных на ПКО с коммерческими неисправностями, угрожающими безопасности движения</i>	
Проводить мониторинг случаев пропуска вагонов на ПКО с коммерческими неисправностями, угрожающими безопасности движения, на основании которого определять имеющиеся риски и наиболее характерные несоответствия при проведении коммерческого осмотра	Повышение уровня безопасности движения
Организовать проведение дополнительных проверок соблюдения требований технологии проведения коммерческого осмотра на ПКО, имеющих наибольшие риски пропуска вагонов с нарушениями, угрожающими безопасности движения, на основании которого определять имеющиеся риски и наиболее характерные несоответствия при проведении коммерческого осмотра	
<i>Профилактические меры, направленные на снижение факторов риска возникновения инцидентов при перевозке опасных грузов</i>	
Проводить мониторинг причинно-следственных связей возникновения нарушений, приведших к возникновению инцидентов при перевозке опасных грузов (с применением инструментов улучшений – диаграмма Исикавы), и анализ динамики изменения причин возникновения инцидентов с опасными грузами с выработкой мер воздействия на основные причины нарушений	Повышение уровня безопасности движения при перевозке опасных грузов

Окончание таблицы 1

Содержание мероприятий	Ожидаемый результат
Рекомендовать причастным грузоотправителям опасных грузов предусмотреть в технологии прием к перевозке вагонов-цистерн с открытыми откидными крышками нижних сливных приборов вагонов-цистерн на местах приемо-сдаточных операций	Организация профилактической работы
Применять практику направления обращений в органы надзора о фактах необеспечения грузоотправителями требований безопасности при перевозке опасных грузов с инициативой проведения совместных проверок соблюдения требований правил перевозок опасных грузов	
Расследовать совместно с причастным грузоотправителем причины каждого допущенного инцидента с опасным грузом с определением причинно-следственных нарушений, приведших к его возникновению	
Рекомендовать грузоотправителям наливных опасных грузов применять индикаторные пломбы на сливных приборах вагонов цистерн для обеспечения контроля за случаями несанкционированного доступа к запорным клапанам цистерн	

С целью сокращения количества случаев риска, минимизации их последствий необходимо совершенствовать технику, технологию, уменьшать число опасных факторов и одновременно в большей степени согласовывать нормы, требования и правила со структурой и характером конкретной производственной деятельности.

### Список литературы

- 1 Стратегия развития Холдинга «РЖД» на период до 2030 года. – М. : ОАО «РЖД», 2013. – 49 с.
- 2 **Власова, Н. В.** Необходимость разработки новых проектных решений по реконструкции контейнерных терминалов в современных условиях / Н. В. Власова, В. А. Оленцевич // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : сб. тр. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – М., 2022. – С. 96–104.
- 3 Российские железные дороги: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rzd.ru>. – Дата доступа : 17.01.2024.
- 4 **Оленцевич, В. А.** Системный подход к управлению и контролю человеческих ресурсов в организации бесперебойной работы железнодорожной транспортной системы / В. А. Оленцевич, Ю. И. Белоголов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 2 (50). – С. 90–95.
- 5 **Turanov, K.** Calculating cargo securing elements on a railway platform under the impact of a spatial force system / K. Turanov, Y. Ruzmetov, N. Vlasova // E3S Web of Conferences. Innovative Technologies in Environmental Science and Education, ITSE 2019. – 2019. – С. 02006.

6 Верескун, В. Д. Влияние отказов технических средств на задержку поездов / В. Д. Верескун, В. С. Воробьев, И. В. Яньшина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 4 (76). – С. 42–48.

УДК 159.9.072+159.9.078+331.442+331.446.4

## **САМОРЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ (БОС)**

*Н. В. ЩЕРБИНА*

*Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, г. Минск*

Актуальность исследования продиктована ростом повышения нагрузки на интеллектуальную и эмоциональную деятельности машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад.

Профессия машиниста локомотива является одной из наиболее ответственных работ на железнодорожном транспорте. Отличительной чертой данной профессии является постоянный мониторинг ситуации в пути следования, мониторинг показаний приборов, узлов, механизмов всего локомотива. А это значит, что машинист локомотива должен обладать набором навыков и умений, таких как ответственность, пунктуальность, эмоциональная устойчивость, монотонно-устойчивость, стрессоустойчивость, повышенное внимание, бдительность, скорость и точность двигательных реакций, иметь чувство времени, способность зрительно оценивать габариты предметов и расстояний до них, готовность к экстренному действию в условиях монотонно действующих факторов, максимально концентрироваться на выполнении поставленной задачи [1].

Повышенная тревожность, утомляемость, снижение внимания, увеличение количества ошибок при выполнении трудовой деятельности и принятие решений способствуют развитию профессиональных заболеваний и влияют на трудоспособность работников локомотивной бригады, что способствует повышению риска возникновения аварий.

Выработка навыка релаксации позволит работнику локомотивной бригады преодолевать неблагоприятные условия стрессовых (экстремальных) ситуаций в трудовой деятельности, регулировать свое функциональное состояние на оптимальном уровне во время рабочего рейса и межрейсового отдыха, что благоприятно отразится на надежности выполнения алгоритмов трудовой деятельности и поспособствует сохранению здоровья и продлению трудового долголетия.

Прогнозирование способности к выработке навыка релаксации поможет сотрудникам психологической службы осуществлять индивидуальный подход к

разработке программ тренинга релаксации и проведению мероприятий по профилактике психологического здоровья.

Концепция модели саморегуляции функционального состояния человека и попытка развернутого ее изложения содержатся в научных трудах российских ученых В. Л. Марищук, О. А. Конопкина. Основной акцент делается на систематичность и регулярность занятий, направленных на достижение оптимального уровня жизнедеятельности человека.

О. А. Конопкиным создана концептуальная модель процесса осознанного регулирования деятельности [4]. В качестве основных функциональных звеньев процесса осознанного регулирования О. А. Конопкин выделил [4, 5]:

1 Принятую субъектом цель деятельности. Это звено выполняет общую системообразующую функцию, весь процесс саморегуляции формируется для достижения принятой цели в том ее виде, как она осознается субъектом.

2 Субъективную модель значимых условий деятельности. Звено отражает комплекс внешних и внутренних условий активности, учет которых сам субъект считает необходимым для успешной исполнительской деятельности. Такая модель несет функцию источника информации, на основании которой человек осуществляет программирование собственно исполнительских действий. Модель включает информацию о динамике в процессе деятельности.

3 Программу исполнительских действий. Реализуя это звено саморегуляции, субъект осуществляет регуляторную функцию построения, создания конкретной программы исполнительских действий. Такая программа является информационным образованием, определяющим характер, последовательность, способы и другие (в том числе динамические) характеристики действий, направленных на достижение цели в тех условиях, которые выделены самим субъектом в качестве значимых, в качестве основания для принимаемой программы действий.

4 Систему критериев успешности достижения цели. Звено несет функцию конкретизации и уточнения исходной формы и содержания цели. Общая формулировка цели очень часто не достаточна для точного, «остро направленного» регулирования, и субъект преодолевает исходную информацию неопределенности цели, формируя критерии оценки результата, соответствующего своему субъективному пониманию принятой цели.

5 Контроль и оценка реальных результатов. Регуляторное звено, несущее функцию оценки текущих и конечных результатов относительно системы принятых субъектом критериев успеха. Оно обеспечивает информацию о степени соответствия или «рассогласования» между запрограммированным ходом деятельности, ее эталонными и конечными результатами и реальным ходом достижения.

6 Решения о коррекции системы саморегулирования. Специфика реализации этой функции состоит в том, что если конечным моментом такого изменения является коррекция собственно исполнительских действий, то первич-

ной причиной этого может служить изменение, внесенное субъектом по ходу деятельности в любое другое звено регуляторного процесса, например коррекция модели значимых условий, уточнение критериев успешности и др.

На рисунке 1 представлены этапы осознанного регулирования деятельности согласно утверждениям О. А. Конопкина.



Рисунок 1 – Этапы процесса осознанного регулирования деятельности по работам О. А. Конопкина

По мнению О. А. Конопкина, все звенья регуляторного процесса, будучи информационными образованиями, системно взаимосвязаны и получают свою содержательную и функциональную определенность лишь в структуре целостного процесса саморегуляции [5].

В. Л. Марущук, В. И. Евдокимов рассматривают психологическую саморегуляцию как метод психопрофилактики и психогигиены, связанный с произвольным управлением психическими и психофизиологическими процессами [6].

Авторы считают, что одним из достоинств метода психической саморегуляции является то, что его упражнения доступны каждому и не требуют каких-то особых условий, специального оборудования. При овладении ими и повышении их эффективности главную роль играет систематичность и регулярность занятий [6].

Методы регуляции психологическим состоянием В. Л. Марищук схематично разделил на две группы: 1) оперативное управление – методы, основанные на замкнутых оперативных связях; 2) программное управление – методы, обусловленные заранее запланированными управляющими воздействиями [6].

Методы оперативного управления В. Л. Маришук подразделяет:

– на методы психической регуляции (аутогенная тренировка; специальные приемы психической регуляции, имеющие профессиональную направленность; самоконтроль-саморегуляция; музыкальное кондиционирование; аромофитотергономика);

– методы психофизиологической регуляции (физические упражнения в период профессиональной деятельности; массаж; рефлексотерапия; термовосстановительные процедуры; электрофизиологические методы: электростимуляция нервно-мышечного аппарата, электростимуляция ЦНС, электросон; комплексное воздействие в капсуле «Альфамассаж-33») [6].

Методы программного управления В. Л. Маришук подразделяет:

– на физиолого-гигиенические методы (организация рационального режима труда, отдыха и питания; активный отдых; закаливание; регуляция среды профессиональной деятельности);

– фармакологические средства (адаптагены, ноотропы, стимуляторы центральной нервной системы, транквилизаторы, витамины) [6].

В. Л. Маришук считает [6], что успех в приобретении навыков психической саморегуляции зависит от индивидуальных особенностей занимающихся. Время овладения методиками психической саморегуляции уменьшается, если занимающийся освоит некоторые ее приемы:

– сможет управлять психическими процессами (например, вниманием, сможет концентрировать его на желаемом; «суживать» его круг, когда нужно расслабиться или заснуть);

– научиться по своему желанию расслаблять скелетные мышцы, а когда необходимо, концентрировать их силу;

– уметь создавать эмоциональное состояние (на фоне мышечного расслабления при помощи мысленно обращенных к себе слов формировать состояние психического покоя или психической мобилизации);

– косвенно влиять на функции нервной системы путем воспроизведения в памяти образных представлений, связанных с ранее пережитыми и эмоционально окрашенными ощущениями.

В настоящее время индивидуальные особенности человека, влияющие на процесс саморегуляции, являются предметом исследований в области медицины, психологии, психофизиологии, психологии труда, гигиены труда, охраны труда и смежных наук.

Изучению влияния психофизиологических, личностных показателей человека на его способность к саморегуляции своего функционального состояния посвящены исследования таких отечественных и зарубежных ученых, как Г. Ш. Габдеева, Е. П. Ильин, К. Изард, А. И. Федотчев, А. Т. Бондарь, Е. В. Ким, Н. Н. Сентябрев, Д. В. Петухов, К. Г. Мажирин, С. В. Черный, С. И. Сороко, В. В. Трубачев, Ю. М. Каминская, Е. В. Бирюкова, А. Н. Долецкий, А. А. Брагин, P. Brauchli, D. R. Morse, N. A. Jones, R. Kaushik.

Рассмотренные научные труды свидетельствуют об индивидуальных теоретических взглядах на классификацию средств, методов и приемов саморегуляции функционального состояния человека. При этом отсутствует прогнозирование способности человека к саморегуляции функционального состояния, которое можно использовать при диагностике способности к обучению и разработке индивидуального подхода к выработке навыка саморегуляции.

В связи с вышеизложенным оценка и прогнозирование выработки навыка релаксации у работников локомотивных бригад в зависимости от психофизиологических, личностных показателей является актуальной научно-практической задачей, решение которой имеет важное значение для персонализированного подхода в повышении адаптации работников к нервно-эмоциональным нагрузкам.

В исследовании приняли участие 106 машинистов локомотивных бригад Моторвагонного депо г. Минска в возрасте от 18 до 65 лет, средний возраст мужчин по выборке составил  $32 \pm 11,4$  года. Стаж работы участников эксперимента в диапазоне от 1 до 36 полных лет [1, 2].

В качестве модуля обучения релаксации использована система БОС, позволяющая работнику самостоятельно оценивать успешность своего обучения навыкам релаксации аппаратно-программный комплекс NeuroDog (далее – АПК NeuroDog) экспериментальный образец 25.11.2013, разработанный АО «Нейроком» г. Москва, Россия. Это биоадаптивная игрушка (БАИ), которая предназначена для обучения пользователя навыкам релаксации путем визуализации его текущего уровня бодрствования на экране монитора. БАИ оценивает текущий уровень бодрствования пользователя путем измерения параметров электродермальной активности кожи (далее – ЭДА) с помощью специального датчика (браслет, перстень). В соответствии с текущим уровнем бодрствования пользователя один из анимационных фрагментов БАИ выводится на экран монитора. В качестве анимационной картинке на экране монитора пользователь видит виртуального щенка, положение которого соответствует его текущему состоянию (рисунок 2) [1, 2].

а)



б)



Рисунок 2 – Визуальное отображение уровня релаксации испытуемого для организации биологической обратной связи: а – состояние активного бодрствования; б – состояние полной релаксации (состояние спокойного бодрствования)

Процесс обучения навыкам релаксации включает в себя сеансы с визуальной биологической обратной связью по параметрам ЭДА с использованием АПК NeuroDog АО «Нейроком». Время одного сеанса составляет примерно 15 минут, во время которого испытуемому предлагается «уложить» щенка спать в результате достижения состояния спокойного бодрствования. Эксперимент представлен 10 сеансами. Сеансы проводились индивидуально в присутствии психолога психологической службы Моторвагонного депо г. Минска.

При мониторинге и обработке параметров ЭДА в АПК NeuroDog определяется интервал между последовательной регистрацией двух импульсов КГР (далее – МИ КГР) [1]. Интервалы со значением более 150 с между последовательной регистрацией двух импульсов КГР-150 считаем максимальными, так как испытуемый более 2 мин способен концентрировать внимание на поставленной задаче, не отвлекаясь при этом на внешние факторы. Известно, что при стандартном выполнении штатных алгоритмов деятельности машинистами и помощниками машинистов по управлению локомотивов 85 % МИ КГР не превышает 40 с, а 65 % – менее 20 с [7].

В ходе исследования значения МИ КГР изменялись в интервале 3/1538,9 с. Полученные данные по временным интервалам между «приходами» КГР обрабатывались следующим образом (рисунок 3).

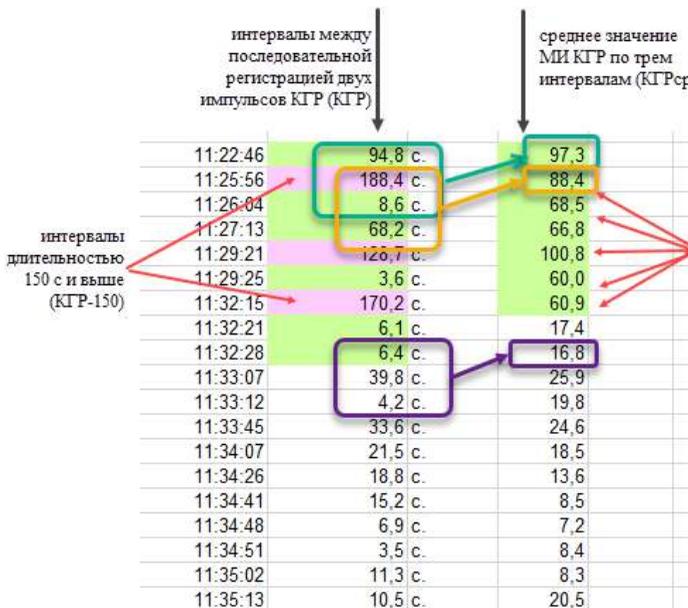


Рисунок 3 – Фрагмент первичных эмпирических данных

По результатам БОС-тренинга испытуемые распределены на три группы («успешная» (47 чел.); «менее успешная» (39 чел.); «неуспешная» (20 чел.)) по выделенным показателям релаксации [1, 2].

Для оценки профессионально важных психофизиологических и личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад использованы основные и дополнительные методики АПК УПДК-МК (АО «Нейроком»).

Выполнен сравнительный анализ трех групп по психофизиологическим, личностным показателям машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад. Результаты сравнения по средним показателям выявили различия между группами по оценке бдительности, оценке переключения внимания, по оценке эмоциональной устойчивости (помехоустойчивости), корректурной пробе, объему внимания [8].

Установлены взаимосвязи психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад и способности к выработке навыка релаксации. Проведен корреляционный анализ по Спирмену. В анализ включены 114 количественных показателей. Установлены достоверные корреляционные положительные и отрицательные взаимосвязи исследованных признаков (рисунок 4). Все связи статистически значимы на уровне  $p < 0,05$ .

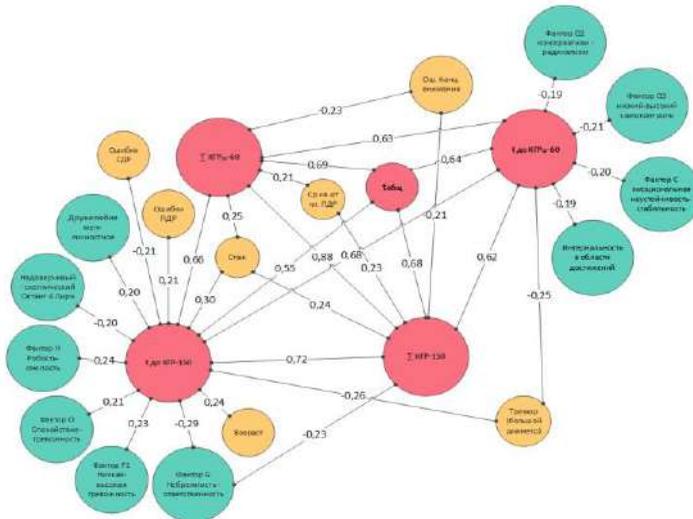


Рисунок 4 – Корреляционные плеяды показателей релаксации с психофизиологическими и личностными показателями испытуемых

Полученные данные позволяют заключить, что чем больше времени уделять на тренинги по выработке навыка релаксации, тем дольше работник

локомотивной бригады способен находиться в состоянии релаксации, при этом увеличивается время от начала сеанса до «погружения» в состояние релаксации. Чем старше и опытнее машинист, тем больше времени ему необходимо для перехода из состояния оперативного покоя в состояние покоя. Чем выше степень ситуативной тревожности, степень неприспособленности к условиям ситуации, которая не позволяет испытуемому выполнять требования и достигать желаемой цели ( $r_S = 0,23$ ); чем выше степень неуверенности в себе, тревоги, чувства вины, суетливости ( $r_S = 0,21$ ); чем больше количество допущенных ошибок в простой двигательной реакции, т. е. при оценке способности испытуемого быстро реагировать на появление значимого сигнала ( $r_S = 0,21$ ); чем выше уровень стремления личности к установлению дружелюбных отношений и сотрудничеству с окружающими ( $r_S = 0,20$ ); чем меньше степень ответственности, уравновешенности, стойкости и упорства ( $r_S = -0,29$ ); чем меньше степень общительности, смелости, чувствительности, импульсивности ( $r_S = -0,24$ ); чем меньше допущено ошибок при выполнении быстрых и точных действий в меняющейся обстановке ( $r_S = -0,21$ ); чем меньше степень подозрительности, замкнутости, скрытности ( $r_S = -0,20$ ), тем больше времени необходимо испытуемому для перехода из состояния оперативного покоя в состояние релаксации. Чем больше времени испытуемый тратит на сеансы ( $r_S = 0,64$ ); чем дольше он находится в состоянии релаксации ( $r_S = 0,63$ ) и ( $r_S = 0,62$ ); чем меньше степень тревожности, эмоционального возбуждения, усталости ( $r_S = -0,25$ ); чем меньше степень самоконтроля и целенаправленности ( $r_S = -0,21$ ); чем меньше степень эмоциональной стабильности: выдержанности, спокойствия, флегматичности ( $r_S = -0,20$ ); чем меньше степень гибкости мышления, быстроты принятия решения, склонности к экспериментам ( $r_S = -0,19$ ); чем меньше уровень субъективного контроля над эмоционально положительными событиями и ситуациями (т. е. приписывают свои успехи, достижения и радости внешним обстоятельствам: везению, счастливой судьбе или помощи других людей) ( $r_S = -0,19$ ), тем больше времени необходимо испытуемому для перехода из состояния спокойного бодрствования в состояние релаксации (т. е. требуется больше времени, чтобы расслабиться).

Факторный анализ позволил выявить структуру психофизиологических и личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад, которые успешно вырабатывают навык релаксации.

Факторная структура показана 13 факторами, объясняющими 60,23 % общей дисперсии переменных: «Переключение внимания» (собственное значение 6,37), «Стабильность» (собственное значение 4,62), «Эмоциональность» (собственное значение 4,13), «Психоэмоциональное состояние» (собственное значение 3,11), «Скорость реакции в ситуациях принятия решения» (собственное значение 3,09), «Чувство времени» (собственное значение 2,73), «Лидерские качества» (собственное значение 2,56), «Сензитивность и эмоциональная лабильность» (собственное значение 2,35), «Самоконтроль» (собственное значение 2,18), «Внимание» (собственное

значение 2,07), «Интеллект/мышление» (собственное значение 1,89), «Дружелюбие» (собственное значение 1,82), «Эмоциональная устойчивость» (собственное значение 1,63) [9, 10].

Выполнена кластеризация по показателям релаксации машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад. Получены три кластера испытуемых (таблица 1), различающихся по уровню сформированности навыка выработки релаксации в режиме биоуправления ( $\chi^2 = 65,25, p = 0,00000$ ).

**Таблица 1 – Распределение испытуемых групп: «успешная», «менее успешная», «неуспешная» в кластерах**

2-входовая итоговая: наблюдаемые частоты выделенных ячеек > 10				
	«Успешная»	«Менее успешная»	«Неуспешная»	Всего – по стр.
1 кластер (1-К)	14	0	0	14
строк. %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	
2 кластер (2-К)	31	20	0	51
строк. %	60,78 %	39,22 %	0,00 %	
3 кластер (3-К)	2	19	20	41
строк. %	4,88 %	46,34 %	48,78 %	
<i>Всего</i>	47	39	20	106

Установлены достоверные статистически значимые различия между кластерами по следующим переменным: количество ошибок при оценке концентрации внимания в виде ( $F(2, 103) = 6,38, p = 0,002436$ ); объем внимания, выраженный в количестве символов ( $F(2, 103) = 3,55, p = 0,032282$ ); фактор G: низкая высокая нормативность поведения ( $F(2, 103) = 8,67, p = 0,000332$ ); ММПИ L – шкала лжи ( $F(2, 103) = 3,11, p = 0,048922$ ) и ММПИ 2 – пессимистичность ( $F(2, 103) = 3,83, p = 0,024775$ ). Вычисленный апостериорный критерий Дункана показал различия. По количеству ошибок при оценке внимания статистически значимо 2-К отличается от 1-К ( $p = 0,012960$ ) и от 3-К ( $p = 0,015931$ ). По объему внимания (правильно воспроизведенные символы) статистически значимо 2-К отличается от 1-К ( $p = 0,01543$ ). По фактору G статистически значимо 3-К отличается и от 1-К ( $p = 0,010944$ ), и от 2-К ( $p = 0,003766$ ). По ММПИ L значимые различия обнаружены между 1-К и 2-К ( $p = 0,021301$ ). По шкале ММПИ 2 статистически значимо 1-К отличается от 2-К ( $p = 0,008121$ ).

Результаты расчета H-критерия Краскала – Уоллиса показали статистически значимые различия по психофизиологическим и личностным показателям (таблица 2), где группа 1 – «успешная», группа 2 – «менее успешная», группа 3 – «неуспешная».

Дискриминантный анализ оценки качества группирования представленных групп машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад оценил точность группирования для 84,91 % всех участников. Адекватность

полученной модели, позволяющей наилучшим образом предсказать, к какой группе («успешной», «менее успешной», «неуспешной») стоит отнести работника локомотивной бригады, равна 0,17 ( $F(72, 136) = 2,69, p = 0,000$ ). В модель включены 36 переменных (психофизиологических и личностных показателей работников локомотивных бригад) [11].

Таблица 2 – Результаты сравнительного анализа машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад по психофизиологическим и личностным показателям (непараметрический  $H$ -критерий Краскела – Уоллиса). Результаты множественного попарного сравнения групп

Психофизиологические и личностные показатели	Группа	N	Средний ранг	p значение (2-сторонние) для множественных сравнений		
				1 - R:	2 - R:	3 - R:
Время выполнения задания (эмоциональная устойчивость) $H(2, 106) = 5,875023, p = 0,0530$	всего	106		1 - R:46,021	2 - R:62,141	3 - R:54,225
	1	47	46,02128		<b>0,046475</b>	0,952656
	2	39	62,14103	<b>0,046475</b>		1,000000
	3	20	54,22500	0,952656	1,000000	
Концентрация, количество ошибок $H(2, 106) = 10,37622, p = 0,0056$	всего	106		1 - R:46,872	2 - R:51,872	3 - R:72,250
	1	47	46,87234		1,000000	<b>0,005967</b>
	2	39	51,87179	1,000000		<b>0,047846</b>
	3	20	72,25000	<b>0,005967</b>	<b>0,047846</b>	
Теппинг/2 $H(2, 106) = 5,764056, p = 0,0560$	всего	106		1 - R:60,596	2 - R:44,641	3 - R:54,100
	1	47	60,59574		<b>0,049740</b>	1,000000
	2	39	44,64103	<b>0,049740</b>		0,789813
	3	20	54,10000	1,000000	0,789813	
Внутриличностный октант 6 (Лири) $H(2, 106) = 6,423514, p = 0,0403$	всего	106		1 - R:45,245	2 - R:61,282	3 - R:57,725
	1	47	45,24468		<b>0,048081</b>	0,385125
	2	39	61,28205	<b>0,048081</b>		1,000000
	3	20	57,72500	0,385125	1,000000	
Внутриличностный октант 8 (Лири) $H(2, 106) = 5,770580, p = 0,0558$	всего	106		1 - R:52,649	2 - R:60,962	3 - R:40,950
	1	47	52,64894		0,635777	0,462176
	2	39	60,96154	0,635777		<b>0,053839</b>
	3	20	40,95000	0,462176	<b>0,053839</b>	
Доминирование внутриличностного октанта (Лири) $H(2, 106) = 5,654108, p = 0,0592$	всего	106		1 - R:60,213	2 - R:51,808	3 - R:41,025
	1	47	60,21277		0,620658	<b>0,058202</b>
	2	39	51,80769	0,620658		0,606665
	3	20	41,02500	<b>0,058202</b>	0,606665	
Фактор G (Кеттелла) $H(2, 106) = 6,805928, p = 0,0333$	всего	106		1 - R:45,181	2 - R:58,231	3 - R:63,825
	1	47	45,18085		0,150099	<b>0,069348</b>
	2	39	58,23077	0,150099		1,000000
	3	20	63,82500	<b>0,069348</b>	1,000000	

Результаты научных исследований подтверждают влияние психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад на способность к выработке навыка релаксации.

Выполненный кластерный анализ с использованием метода *k*-средних по показателям релаксации машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад выявил три кластера испытуемых, различающихся по уровню сформированности навыка выработки релаксации в режиме биоуправления ( $\chi^2 = 65,25, p = 0,00000$ ).

Кластер 1 на 100 % образован представителями «успешной» группы (14 чел.). Кластер 2 образован представителями «успешной» группы на 60,78 % (31 чел.) и на 39,22 % – представителями «менее успешной» группы (20 чел.). В кластере 3 оказалось примерно одинаковое количество представителей «менее успешной» и «неуспешной» групп. Они составили 46,34 % (19 чел.) и 48,78 % (20 чел.) соответственно от всего числа испытуемых в кластере. Доля в кластере 3 машинистов локомотивных бригад «успешной» группы незначительна – всего 4,88 % (2 чел.).

Результаты расчета *H*-критерия Краскела – Уоллиса показали статистически значимые различия по психофизиологическим и личностным показателям работников локомотивных бригад: время выполнения задания на эмоциональную устойчивость ( $H(2, 106) = 5,875023, p = 0,0530$ ); количество ошибок, допущенных при выполнении задания на концентрацию внимания ( $H(2, 106) = 10,37622, p = 0,0056$ ); теппинг/2 ( $H(2, 106) = 5,764056, p = 0,0560$ ); внутриличностный октант 6 (Лири) ( $H(2, 106) = 6,423514, p = 0,0403$ ); внутриличностный октант 8 (Лири) ( $H(2, 106) = 5,770580, p = 0,0558$ ), доминирование внутриличностного октанта (Лири) ( $H(2, 106) = 5,654108, p = 0,0592$ ); фактор *G* (низкая/высокая нормативность поведения) (Кеттелла) ( $H(2, 106) = 6,805928, p = 0,0333$ ).

### Список литературы

1 Щербина, Н. В. Исследование метода выработки навыка на релаксацию с биологической обратной связью по параметрам электродермальной активности / Н. В. Щербина, В. В. Савченко, К. Д. Яшин // Новости медико-биологических наук. – 2019. – № 1/2019. – Т. 19. – С. 65–73.

2 Щербина, Н. В. Первичная обработка и анализ данных для оценки состояния релаксации машинистов железнодорожного транспорта / Н. В. Щербина, В. В. Савченко, К. Д. Яшин // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 13–14 марта 2019 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2019. – С. 121–125.

3 Щербина, Н. В. Оценка состояния релаксации машинистов железнодорожного транспорта / Н. В. Щербина // Электронные системы и технологии : сб. тезисов докладов 55-й юбилейной науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22–26 апреля 2019 г. / отв. ред. А. Л. Радненок. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 607–608.

4 **Конопкин, О. А.** Психологические механизмы регуляции деятельности / О. А. Конопкин. – М. : ЛЕНАНД, 2011. – 320 с.

5 **Прохоров, А. О.** Технологии психической саморегуляции / А. О. Прохоров. – Х. : Гуманитарный Центр, 2017. – 360 с.

6 **Маришук, В. Л.** Поведение и саморегуляция человека в условиях стресса / В. Л. Маришук, В. И. Евдокимов. – СПб. : Издательский дом «Сентябрь», 2001. – 260 с.

7 **Savchenko, V. V.** Monitoring of an Operator's Vigilance Level by Skin Resistance Response / V. V. Savchenko // Journal of IFAC: 1996. Control Engineering Practice. – Vol. 4, no 1. – P. 67–72.

8 **Щербина, Н. В.** Анализ различий между группами машинистов локомотивных бригад по профессионально важным психофизиологическим и личностным показателям / Н. В. Щербина // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. науч. ст. VIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11–12 мая 2022 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2022. – С. 265–272.

9 **Щербина, Н. В.** Регуляция функционального состояния машинистов локомотивных бригад с применением БОС-тренинга: факторный анализ экспериментальных данных [Электронный ресурс] / Н. В. Щербина // Доклады БГУИР. – 2021. – Режим доступа : <https://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2021-19-4-28-36>. – Дата доступа : 17.01.2023.

10 **Щербина, Н. В.** Факторный анализ показателей индивидуальных психофизиологических и личностных характеристик машинистов локомотивных бригад / Щербина Н. В. // Актуальные проблемы практической психологии : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Тверь, 17 декабря 2021 г. / под ред. Т. А. Попковой, А. В. Антоновского. – Тверь : СФК-офис, 2021. – С. 262–267.

11 **Щербина, Н. В.** Дифференциальная диагностика способности к выработке навыка релаксации у машинистов локомотивных бригад [Электронный ресурс] / Н. В. Щербина // Доклады БГУИР. – 2022. – Режим доступа : <https://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-4-96-103>. – Дата доступа : 12.01.2023.

УДК 656.7

## **О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ АВИАЦИОННОЙ ЛОГИСТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*В. Ю. ПОДРЕЗ, Р. А. ВИШНЕВСКИЙ*  
*Белорусская государственная академия авиации, г. Минск*

Авиационная логистика является неотъемлемой частью современной глобальной логистической системы. В большинстве случаев услуги авиационных перевозок прочно закреплены в производственной цепочке транспортных компаний. Благодаря преимуществам авиационного транспорта количество доставляемых грузов по статистике в мире постоянно растет.

В настоящее время широкое применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) подтверждено научными исследованиями и применяется в различных областях человеческой деятельности.

В мировой практике БПЛА активно начинают внедрять для доставки грузов потребителям. В качестве примера можно привести компанию United Parcel Service (UPS), которая в партнерстве с разработчиком дронов Matternet в марте 2019 года начала ежедневную доставку образцов для анализов с помощью грузовых беспилотников в городе Роли (штат Северная Каролина). Это был первый подобный проект в США. В данной программе приняли участие такие компании, как Uber, FedEx, Intel и Qualcomm, а также такие стартапы, как Airmap и Flirtey [1].

Известный во всём мире онлайн-ритейлер Amazon анонсировал в 2022 году начало доставки товаров беспилотниками в калифорнийском городке Локфорд. Компания не первый год тестирует БПЛА и теперь ожидает разрешение от Федерального управления гражданской авиации (FAA) США для начала реализации коммерческого проекта. Использование БПЛА совершит настоящую революцию в сфере доставки товаров в городах. Компании Amazon, Wing, Walmart обещают наладить соответствующие масштабные сервисы в ближайшем будущем [2].

Применение БПЛА находят и для доставки грузов военного назначения. Так несколько БПЛА доставили грузы весом 22,68 кг на корабли военно-морских сил США. Это летательные аппараты компаний Skyways Air Transportation, Inc. и Martin UAV, которые совершили перелеты между кораблями и берегом на расстоянии более 370 километров.

Уже сейчас планируют доставлять при помощи БПЛА людей. Некоторые компании, включая Uber и Lyft, разрабатывают аэротакси. Аналогичные работы ведут и другие компании, включая стартап из Саудовской Аравии, Израиля и ряда других стран.

Вопросы логистики приобретают повышенное значение в условиях нарастающей конкуренции и применение беспилотной авиации является крайне важным. Сейчас основная часть логистических задач все еще возложена на пилотируемую авиацию. Однако полеты воздушных судов под управлением пилота намного более сложны в техническом отношении и дороги, чем использование беспилотников.

Аналитическое агентство Fact.MR оценивает объем рынка курьерских БПЛА в 2023 году в 10,58 млрд дол., и ожидается повышение объемов этого до 41,33 млрд дол. к концу 2033 года со среднегодовым приростом на уровне 14,6 %.

В Российской Федерации вопросам развития рынка БПЛА также уделяется большое внимание. Правительством Российской Федерации принята программа об поэтапной интеграции БПЛА в общее с пилотируемой авиацией воздушное пространство. Тем самым будет упрощен порядок реги-

страции и эксплуатации БПЛА, и это позволит наращивать усилия по развитию аэрологистики в Российской Федерации.

В Российской Федерации установлены зоны с экспериментальными правовыми режимами (ЭПР) для отработки вопросов безопасной эксплуатации БПЛА. Введение ЭПР позволяет применять БПЛА массой более 30 кг для доставки грузов от 0,1 кг до 500 кг, для аэросъемки и сельскохозяйственных работ. Пилотный проект по применению БПЛА планируется запустить в Санкт-Петербурге с использованием цифровой платформы «Небосвод», разработанной в НИЦ «Аэроскрипт». Доступ к этой платформе получают внешние пилоты, а также Комитет по транспорту Санкт-Петербурга и Санкт-Петербургское государственное казенное учреждение «Агентство внешнего транспорта».

Также на аэродромах малой авиации в Алферьево и Орловке испытывают доставку грузов БПЛА и планируют установить правовой режим «аэрологистика», что позволит испытывать летающие беспилотники для перевозки грузов.

На развитие беспилотной аэрологистики в Российской Федерации в период 2021–2024 обещают выделить 3,4 млрд руб. из фонда национального благосостояния и еще 300 млн из федерального бюджета. Это предусматривает взаимодействие заказчиков услуг доставки, разработчиков и изготовителей БПЛА. Заказчиками могут выступать, в частности, Почта России, Газпром, Транснефть, МЧС Российской Федерации. Среди разработчиков такие предприятия, как Аэромакс (АФК Система), Вертолеты России, НЦВ Миль и Камов, Уральский завод гражданской авиации. Определены также приоритетные регионы – это Чукотка, Камчатка, ЯНАО и ХМАО. По мнению экспертов, в крупных городах Российской Федерации беспилотная доставка появится через 10–15 лет.

В настоящее время в Республике Беларусь уделяется большое внимание конструированию и производству БПЛА различного назначения [3]. Примером могут являться такие БПЛА, как Бусел, Буревестник, Гриф, Беркут, Хантер и ряд других моделей. Однако стоит отметить, что доставка грузов и перевозка пассажиров БПЛА в Республике Беларусь отсутствует. Имеющаяся нормативно правовая база по использованию БПЛА в Республике Беларусь не позволяет развиваться такому направлению, как авиационная логистика. Имеющиеся правила использования воздушного пространства не позволяют рынку БПЛА занять свое место в доставке грузов и пассажиров в Республике Беларусь. Развитие рынка услуг БПЛА в значительной мере может принести экономическую выгоду государству в виде открытия новых рабочих мест, снижения себестоимости доставки грузов и пассажиров и в значительной мере уменьшения воздействия на окружающую среду.

В связи с введением санкций против авиационных предприятий Республики Беларусь объем авиационных перевозок в 2022 году показал падение

на 71,2 % от объемов 2021 года [4]. В связи с этим необходимо предпринимать меры, направленные на развитие аэрологистики в Республике Беларусь, в первую очередь надо стимулировать авиационное сообщество на создание условий для развития аэрологистики. Для этого необходимо:

1 Усовершенствовать нормативно-правовую базу в области авиации для стимулирования развития аэрологистики.

2 Разработать концепцию развития БПЛА в Республике Беларусь.

3 Создать условия для развития аэрологистики в городах.

4 Информировать бизнес-сообщество о возможностях БПЛА по доставке грузов и пассажиров.

В настоящее время рынок применения БПЛА растет с каждым годом. В Республике Беларусь надо предпринимать конкретные шаги по внедрению полетов БПЛА в общее воздушное пространство, в том числе и в городах, с учетом безопасности полетов. Это будет являться главным действующим толчком для развития аэрологистики в Республике Беларусь.

#### **Список литературы**

1 Геоаналитика: Государство, Бизнес, Технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.tadviser.ru>. – Дата доступа : 11.03.2023.

2 Мировая аналитика рынка БПЛА за 2018–2019 [Электронный ресурс] // Russian Drone. – Режим доступа : <https://russiandrone.ru/publications/mirovaya-analitika-rynka-bpla-za-2018-2019-god/>. – Дата доступа : 10.03.2023.

3 ИКАО, Doc 10019. AN/507. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС) : утв. Генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. Издание первое – 2015.

4 Сферы применения беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/base-module/sphere/sphere.html>. – Дата доступа : 17.03.2023.

УДК 612.845.5:004.42

## **ОПТИМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТЕСТИРОВАНИЯ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ МАШИНИСТОВ НА НАЛИЧИЕ АНОМАЛЬНОЙ ТРИХРОМАЗИИ**

*В. В. СИНИЦЫНА*

*Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, г. Минск*

Наибольшее количество информации об окружающем мире человек получает посредством зрения, а потому для комфортного существования в пространстве постоянно циркулирующего потока данных необходимо воспринимать визуальную информацию наиболее корректно. Возможными

препятствиями на пути правильной интерпретации характеристик объектов окружающего мира являются аномалии цветового зрения.

Аномалии цветового зрения генетического происхождения свойственны примерно 8 % мужского и 0,5 % женского населения Земли. Аномальная трихромазия является наиболее распространенным видом аномалий цветового зрения. Например, такая форма аномальной трихромазии, как дейтераномалия, встречается у 5 % мужского населения земного шара [1].

Наличие у машинистов аномалий цветового зрения способно привести к серьезным последствиям. Так, особенно серьезные последствия имело крушение поезда в Лагерлунде в 1875 году: цветнослепой машинист принял красный сигнал за зеленый [2]. Кроме того, сложности с определением цвета моргающих ламп на приборной панели испытывают также пилоты с цветовой слепотой [3].

В современном технически совершенствующемся мире актуальным стало не просто выявление отклонений цветового зрения предполагаемого машиниста от нормы, но и предоставление ему возможности корректно воспринимать окружающий мир, что не просто позволит машинисту с цветоаномалией овладеть ранее недоступной профессией, но и будет способствовать его социализации.

Однако для возможности коррекции визуальной информации для машинистов с аномальной трихромазией необходимо вначале правильно определить форму аномалии и ее степень тяжести. Таким образом, цель работы – определить наиболее оптимальные методы и средства для выявления формы и степени тяжести аномальной трихромазии у машинистов.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить особенности аномальной трихромазии;
- выполнить анализ существующих методов и средств тестирования цветового зрения машинистов на наличие аномальной трихромазии той или иной формы и степени тяжести;
- сделать выводы о приемлемых методах и средствах для выявления формы и степени тяжести аномальной трихромазии у машинистов.

Итак, сперва необходимо рассмотреть особенности аномальной трихромазии.

*Аномальная трихромазия* выражена в следующих формах: протаномалия (недостаток в глазах человека фотопигмента красного цвета), дейтераномалия (недостаток фотопигмента зеленого цвета), тританомалия (недостаток фотопигмента синего цвета).

По тяжести аномалии выделяют три степени аномальной трихромазии: А, В и С. Так, степень А – наиболее тяжелая форма аномальной трихромазии, а С – наиболее легкая. Определить, какая именно форма аномальной трихромазии характерна для человека, возможно благодаря имеющемуся у

него порогу цветоразличения, так как для каждой степени аномалии данные показатели варьируются.

Кроме того, степень тяжести аномальной трихромазии оценивается посредством значений от 0,1 до 0,9, где 0,1 представляет собой практически полное отсутствие аномальной трихромазии, а 0,9 указывает на наличие тяжелой степени аномалии (более близкой к дихромазии).

*Тестирование при помощи аномалоскопа.* Выявить пороги различения красного, зеленого и синего цветов у нормальных и аномальных трихроматов возможно благодаря аномалоскопу, что представляет собой классический способ, применяемый в современной медицине. Однако для адаптации результатов данного тестирования с целью дальнейшего использования в программах по коррекции изображений для людей с аномальной трихромазией более подходящим вариантом будет применение значений степеней тяжести от 0,1 до 0,9. Данные показатели степеней тяжести аномалий эффективнее выявлять благодаря более современным компьютерным методам тестирования.

*Тестирование при помощи классического Farnsworth-Munsell 100 Hue Test.* Для проведения тестирования необходимо взять бумажные карточки красного, желтого, зеленого, синего, фиолетового и промежуточных между данными цветами оттенков. Всего таких карточек 85. Далее испытуемому предлагается расположить предложенные карточки в таком порядке, чтобы цвета и их оттенки становились более или менее насыщенными от карточки к карточке. Затем вычисляется определенный числовой показатель для каждой карточки в зависимости от расположенных рядом карточек. В соответствии с полученными числовыми показателями карточек строится круговая диаграмма [4]. На основании полученной диаграммы определяется, с различением каких цветов испытуемый испытывает сложности, то есть какая форма аномальной трихромазии ему свойственна, а также рассчитывается степень тяжести аномалии.

Однако бумажные карточки с цветами имеют и свои недостатки, например со временем возможно изменение цвета карточки, также можно столкнуться со сложностью ориентации в довольно большом количестве карточек, с отсутствием автоматического построения круговой диаграммы.

*Тестирование при помощи онлайн-версии Farnsworth-Munsell 100 Hue Test.* В настоящее время имеются средства, помогающие пройти тестирование по выявлению формы и степени аномальной трихромазии, а также предоставляющие возможность автоматического построения диаграммы. В качестве наиболее часто применяемых средств тестирования используются онлайн-тесты под названиями *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test* и *Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 Test*. Последний представляет собой упрощенную версию *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test*, но его использование

возможно лишь для получения данных о наличии или отсутствии у испытуемого цветовой слепоты.

Однако онлайн-версия *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test* также сокращена, если провести сравнение с классическим вариантом данного теста, так как количество используемых для онлайн-тестирования цветов – 40 [5]. Кроме того, онлайн-версия имеет и свои недостатки, например, перетаскивать «карточки» с цветами допускается в пределах отдельных рядов, в которые данные «карточки» упорядочены, что способно помешать точно выявить ту или иную форму аномальной трихромазии.

*Тестирование при помощи компьютерной программы Farnsworth-Munsell 100 Hue Test.* В отличие от онлайн-версии теста, в компьютерной программе «карточек» с цветами всего 85, а располагать их разрешено не только в пределах конкретных рядов, но между абсолютно любыми «карточками», что позволит выявить форму и степень аномальной трихромазии более точно [6].

Таким образом, на основании рассмотренных выше методов и средств выявления форм и степеней аномальной трихромазии можно сделать вывод о том, что в современном мире для разрабатываемых на данный момент алгоритмов реколоризации изображений в соответствии с корректным восприятием данных изображений машинистами с аномалиями цветового зрения лучше всего использовать *Farnsworth-Munsell 100 Hue Test* (онлайн-версия и компьютерная программа). Однако так как в программной версии используется большее количество цветов и отсутствуют ограничения в перетаскивании «карточек», то, хотя данный вид тестирования и более затратен по времени, он имеет самый высокий показатель точности результатов, что особенно важно машинистам для осуществления безопасных железнодорожных перевозок.

### Список литературы

- 1 **Шиффман, Х. Р.** Ощущение и восприятие / Х. Р. Шиффман. – СПб. : Питер, 2003. – 222 с.
- 2 **Луизов, А. В.** Цвет и свет / А. В. Луизов. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинград. отделение, 1989. – 256 с.
- 3 **Chaparro, A.** Applications of Color in Design for Color-Deficient Users / A. Chaparro, M. Chaparro // Journal of Ergonomics in design. – 2017. – Vol. 25, no. 1. – P. 23–30.
- 4 **Farnsworth, D.** The Farnsworth-Munsell 100-Hue Test for the examination of Color Discrimination / D. Farnsworth. – New York : Macbeth, Division of Kollmorgen Instruments Corp., 1957. – 7 p.
- 5 Farnsworth-Munsell 100-Hue Test [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.colorblindnesstest.org/farnsworth-munsell-100-hue-test/>. – Дата доступа : 15.04.2023.
- 6 FM100 Colour Vision Test [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sourceforge.net/projects/fm100/>. – Дата доступа : 15.04.2023.

## **ГРУЗОБОРОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА РФ: МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОДЕЛИ, ПРОГНОЗ**

*П. В. ГЕРАСИМЕНКО*

*Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I, Российская Федерация*

Автомобильный транспорт совместно с трубопроводным и железнодорожным обеспечивает по объему основные грузовые перевозки в России. Автомобильные грузоперевозки – довольно гибкий способ доставки товаров и некоторого вида сырья. Благодаря минимальному времени на процесс загрузки – выгрузки он пользуется большой популярностью, в особенности для небольших мини-оптовых закупок. Но в России из-за специфики дальних расстояний и определенной недоступности дорог надлежащего качества между некоторыми отдаленными регионами он не является лидирующим по востребованности. Хотя при доставке товаров из категории продукты питания именно этот вариант является лидирующим. В сфере промышленности в силу своей ограниченности по перемещаемому объему и дороговизне он мало востребован.

Следует отметить, что в 2018 году объем грузоперевозок (тоннаж перевезенных грузов) в России составил 8,3 млрд т, при этом наибольшая доля пришлось на автомобильный транспорт – 67,1 %. Динамика изменения грузооборота за последние допандемийных 5 лет (2015–2019 г.) показывает, что с каждым годом он увеличивался, однако в 2019 году наблюдалось снижение грузооборота на железнодорожном, морском и воздушном транспорте. Спад вызван последствиями негативного влияния пандемии COVID-19.

Вместе с тем на автомобильном транспорте произошел рост грузооборота. Он вызван вводом в эксплуатацию большого количества новых высокоскоростных дорог, которые, несмотря на взимание платы, позволяют проезжать длинные участки быстрее, что дает экономию на эффекте масштаба. Также это связано с обновлением автопарков. Новые автомобили несут меньше убытков и простоев. Увеличилось количество междугородных рейсов на расстояние от 300 км и более [1]. На рисунке 1 представлена гистограмма динамики грузооборота автомобильного транспорта в РФ за период с 2004 по 2021 годы [2, 3], которая подтверждает относительное его постоянство в допандемийный период и рост в 2019 году.

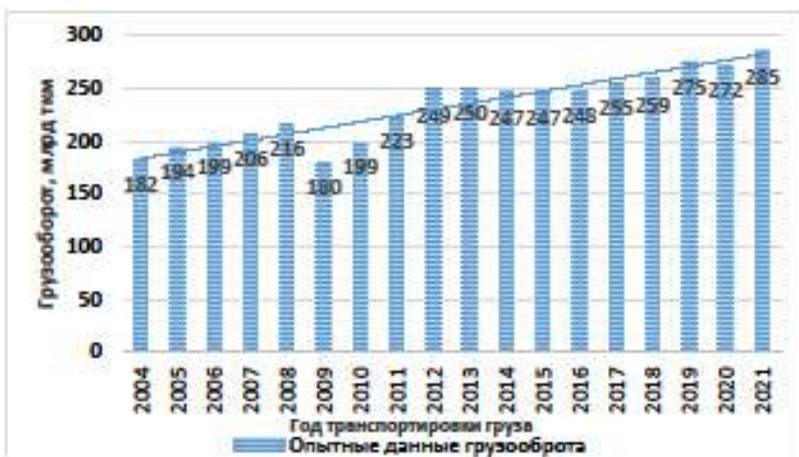


Рисунок 1 – Гистограмма объема перевезенного груза от года доставки

Представленные данные легли в основу моделирования и проведения исследования по оценке краткосрочного прогнозирования грузооборота автомобильным транспортом на период с 2023 по 2025 годы. Для проведения исследования использован инструмент «Регрессия» пакета анализа данных Excel. Он позволил по статистическим данным, представленным на рисунке 1, получить для линейной модели значения выборочных коэффициентов корреляции и детерминации, разложения общей суммы квадратов на объясненную и остаточную, расчетное значение критерия Фишера, а также значения регрессионных параметров [4, 5]. Основные величины в результате применения «Пакета анализа» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Выборочные значения параметров моделирования объемов груза

Коэффициенты регрессии		Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	Табличное значение статистики Фишера
<i>a</i>	<i>b</i>	0,94	0,88	113,8
-11464	5,81	Общая	Факторная	Остаточная
Суммы квадратов разностей		18668	16367	2301
Суммы квадратов разностей на одну степень свободы		1098	16367	143

Оценка максимальной и средней относительных погрешностей составила соответственно 9,5 и 3,7 процентов, что позволяет заключить об удовлетворительных результатах предложенной наиболее простой модели. Проведена также оценка качества моделирования с помощью коэффициента

детерминации [5]. Из таблицы 1, в которой приведен коэффициент детерминации, равный 0,88, видно, что связь между результатами применения моделей и фактором достаточно тесная.

Для расчета значения критерия Фишера использованы суммы квадратов разностей на одну степень свободы, приведенные в таблице 1. Применительно к решенной в работе задаче число степеней свободы для общей суммы равно 17, для факторной суммы – 1 и для остаточной суммы – 16. Сопоставляя факторную и остаточную дисперсии в расчете на одну степень свободы, получили величину статистики Фишера, равную 113,8. Сравнивая ее с табличным значением статистики Фишера, которое равно 4,5, приходим к заключению, что факторная дисперсия существенно больше остаточной. В работе сделан вывод о наличии существенной связи между объемом доставляемого груза и годом доставки [4].

Построенная модель (функция регрессии) позволяет использовать ее для прогнозных расчетов объемов доставки груза. Для этого, если принять за  $T^*$  прогнозируемый год перевозки груза и обозначить через прогнозируемое ожидаемое значение груза  $\hat{Y}(T^*)$ , его можно вычислить по построенной функции регрессии. Такой прогноз считают точечным прогнозом. Он несет в себе ошибку, поскольку доставка груза  $Y(T)$  зависит от многих факторов, в том числе случайной природы. Более корректным прогнозом является прогноз с использованием интервальной оценки доставки груза. Доверительный интервал (окрестность) точечной оценки позволяет «накрыть» с определенной вероятностью истинное значение результата. Для этого точечный расчет результирующей переменной  $\hat{Y}(T^*)$  необходимо сместить влево на числовой оси от точечного значения на величину предельной ошибки прогноза  $m_{Y(T^*)}$  и на эту же величину вправо. Тогда прогнозный доверительный интервал составит  $2m_{Y(T^*)}$ . Результаты выполненных расчетов интервальных оценок, выполненных по алгоритму [6], представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты расчета точечного и интервального прогнозов**

Прогнозный год		2023	2024	2025
Точечное прогнозное значение	$\hat{Y}(T^*)$	294	299	305
Прогнозный доверительный интервал	$2m_{Y(T^*)}$	27	28	28
Левая доверительная граница	$\hat{Y}(T^*) - m_{Y(T^*)}$	280	286	291
Правая доверительная граница	$\hat{Y}(T^*) + m_{Y(T^*)}$	307	313	319

В таблице 2 представлены предельные значения доверительных интервалов для точечных прогнозных значений грузооборота по модели с 2023 по 2025 годы.

## Список литературы

1 Динамика грузооборота по видам грузов и формам транспортного обслуживания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://scienceforum.ru/2021/article/2018026220>. – Дата доступа : 10.04.2023.

2 Транспорт в России 2022 [Электронный ресурс] : стат. сб. / Росстат. – М., 2022. – 101 с. – Режим доступа : [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Transport\\_2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Transport_2022.pdf). – Дата доступа : 10.04.2023.

3 Транспорт в России 2020 [Электронный ресурс] : стат. сб. / Росстат. – М., 2020. – 108 с. – Режим доступа : <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/UbzIvBZj/Transport>. – Дата доступа : 10.04.2023.

4 **Кударов, Р. С.** Мониторинг пассажиропотоков, формирующих входной пассажиропоток на станции «Пушкинская» в часы «пик» / Р. С. Кударов, П. В. Герасименко // Шаг в будущее. Неделя науки-2006 : материалы науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / ред. В. В. Сапожников. – 2006. – С. 189–191.

5 **Герасименко, П. В.** Оценивание рисков необеспечения своевременной доставки груза железнодорожным транспортом / П. В. Герасименко, Г. Б. Титов // Проблемы экономики и управления на железнодорожном транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Киев : Гос. экон.-технол. ун-т трансп., 2013. – С. 293–295.

6 **Герасименко, П. В.** Прогнозирование доставки грузов железнодорожным транспортом РФ по 2025 год // Транспорт в интеграционных процессах мировой экономики : материалы III Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 117–120.

УДК 531.1:004

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ MATHCAD ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ

*Э. Ф. МУРЗИНА*

*Бакирский государственный аграрный университет, г. Уфа,  
Республика Башкортостан*

Математические дисциплины являются базой для последующего изучения инженерных дисциплин и закладывают основы инженерного мышления будущего специалиста. Несмотря на то, что в нашем университете придерживаются традиционного подхода к обучению инженерных дисциплин, использование прикладных программ при решении задач давно стало требованием [1, 331]. В связи с этим, студентам направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» предлагается на первой лабораторной работе по дисциплине «Математическая обработка экспериментальных данных» произвести математическую обработку в пакете MathCAD [2, 80] классической задачи кинематики, аналитическое решение которой они знают. Колесико радиуса  $R = 0,4$  м катится по прямолинейной балке без скольжения. Центр колесика имеет скорость по-

стоянную и равную  $v_c = \pi/2$  м/с. Точка  $M$  лежит на продолжении радиуса  $CA$  колесика,  $MA = a = 0,2$  м. В начальный момент радиус  $CA$  занимал нижнее вертикальное положение. Нам требуется составить уравнения движения точки  $M$  по заданному движению механизма в декартовой системе координат; найти траекторию движения точки  $M$ ; определить скорость, касательное, нормальное и полное ускорение точки  $M$ ; вычислить радиус кривизны траектории; построить графики зависимостей скорости и касательного ускорения точки  $M$  от времени [4] (рисунок 1).

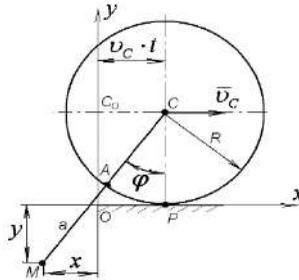


Рисунок 1 – Кинематическая схема

Аналитическое решение производят в тетрадах, но проверку своих расчетов студенты проводят в пакете MathCAD [3], что представлено на рисунке 2.

$$\begin{aligned}
 R &:= 0.4 & V_c &:= \frac{\pi}{2} & a &:= 0.2 & MA &:= a & i &:= 0..12 & t(i) &:= 0.133 \cdot i \\
 CCo(t) &:= V_c \cdot t(i) & OP(t) &:= V_c \cdot t(i) & AP(t) &:= V_c \cdot t(i) & \varphi(t) &:= \frac{V_c \cdot t(i)}{R} \\
 x(i) &:= V_c \cdot t(i) - (R + a) \cdot \sin\left(\frac{V_c \cdot t(i)}{R}\right) & y(i) &:= R - (R + a) \cdot \cos\left(\frac{V_c \cdot t(i)}{R}\right) \\
 V_x(i) &:= V_c \cdot \left[1 - \frac{(R + a) \cdot \cos\left(\frac{V_c \cdot t(i)}{R}\right)}{R}\right] & V_y(i) &:= V_c \cdot \frac{(R + a) \cdot \sin\left(\frac{V_c \cdot t(i)}{R}\right)}{R} \\
 V(i) &:= \sqrt{V_x(i)^2 + V_y(i)^2} \\
 a_x(i) &:= V_c^2 \cdot \frac{(R + a) \cdot \sin\left(\frac{V_c \cdot t(i)}{R}\right)}{R^2} & a_y(i) &:= V_c^2 \cdot \frac{(R + a) \cdot \cos\left(\frac{V_c \cdot t(i)}{R}\right)}{R^2} \\
 a(i) &:= \sqrt{a_x(i)^2 + a_y(i)^2} & a_T(i) &:= \frac{V_x(i) \cdot a_x(i) + V_y(i) \cdot a_y(i)}{V(i)} \\
 a_n(i) &:= \sqrt{a(i)^2 - a_T(i)^2} \\
 p(i) &:= \frac{V(i)^2}{a_n(i)} & \tau &:= \frac{2\pi \cdot R}{V_c}
 \end{aligned}$$

Рисунок 2 – Фрагмент решения задачи в среде MathCAD

Конечные результаты представленной задачи, а именно скорость, касательное, нормальное и полное ускорение точки  $M$ , радиус кривизны траектории, приведены на рисунке 3.

$t(i) =$	$x(i) =$	$y(i) =$	$Vx(i) =$	$Vy(i) =$	$V(i) =$	$ax(i) =$	$ay(i) =$	$a(i) =$	$ar(i) =$	$an(i) =$	$p(i) =$
0	0	-0.2	-0.785	0	0.785	0	9.253	9.253	0	9.253	0.067
0.133	-0.09	-0.12	-0.471	1.175	1.266	4.616	8.019	9.253	5.725	7.269	0.221
0.266	-0.101	0.099	0.387	2.037	2.074	8.001	4.647	9.253	6.06	6.992	0.615
0.399	0.027	0.398	1.562	2.356	2.827	9.253	0.036	9.253	5.142	7.693	1.039
0.532	0.314	0.697	2.738	2.047	3.419	8.037	-4.584	9.253	3.693	8.494	1.378
0.665	0.741	0.918	3.604	1.191	3.795	4.679	-7.983	9.253	1.936	9.048	1.592
0.798	1.249	1	3.927	0.019	3.927	0.073	-9.252	9.253	0.029	9.253	1.667
0.931	1.758	0.922	3.622	-1.159	3.803	-4.553	-8.055	9.253	-1.88	9.06	1.596
1.064	2.188	0.705	2.77	-2.028	3.433	-7.964	-4.71	9.253	-3.644	8.505	1.386
1.197	2.48	0.407	1.599	-2.356	2.847	-9.252	-0.109	9.253	-5.104	7.717	1.05
1.33	2.613	0.107	0.42	-2.056	2.098	-8.073	-4.521	9.253	-6.044	7.006	0.628
1.463	2.606	-0.115	-0.453	-1.207	1.289	-4.741	7.946	9.253	-5.776	7.228	0.23
1.596	2.516	-0.2	-0.785	-0.037	0.786	-0.145	9.252	9.253	-0.29	9.248	0.067

Рисунок 3 – Кинематические характеристики точки  $M$

По результатам вычислений построена траектория и графики изменения скорости и ускорения точки  $M$  (рисунок 4).

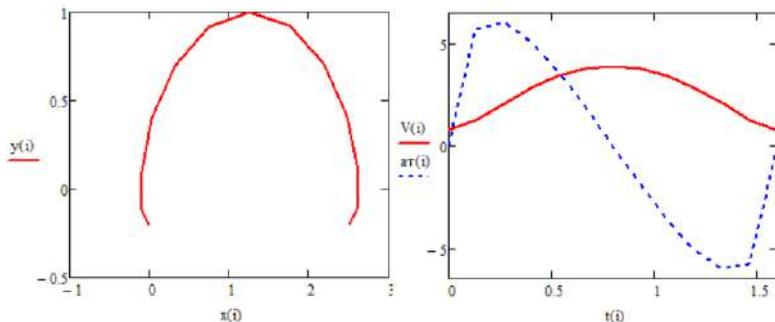


Рисунок 4 – Траектория точки  $M$  и графики скорости и полного ускорения в среде MathCAD

Таким образом, поставленная задача выполнена. Студенты получили более глубокие знания в рамках выбранного направления подготовки: исследовали кинематику точки, а именно – установили математический способ задания (описания) движения точки, определили закон движения точки и кинематические характеристики этого движения, усилили навыки работы на MathCAD. Продемонстрированная практика обработки кинематической задачи в программе MathCAD позволяет реализовать требования выполнения общепрофессиональных компетенций ОПК-1 и ОПК-4 ФГОС ВО по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» [5].

## Список литературы

1 **Арсланбекова, С. А.** Использование прикладных программ как составляющая цифровизации образования / С. А. Арсланбекова, Ф. Н. Галлямов, Э. Ф. Мурзина // Конструирование стратегических приоритетов развития образования как ответ на вызовы третьего тысячелетия : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. – Уфа, 2022. – С. 330–334.

2 **Дик, Е. Н.** Реализация прикладных задач в программе МATHCAD в процессе обучения математике в высшей школе / Е. Н. Дик // Преподавание математики в высшей школе и работа с одаренными студентами в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. семинара / ред. М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2022. – С. 79–82.

3 **Дик, Е. Н.** Соотношение энергетики биологически активных точек и интеллекта в системе индивидуальности : дис. ... канд. психол. наук : 19.00.02 / Е. Н. Дик // БГАУ. – Уфа, 1999. – 150 с.

4 **Нафиков, М. З.** Теоретическая механика. Раздел кинематика. Конспект лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие по направлениям подготовки бакалавра: 110800 Агроинженерия, 140100 Теплотехника и теплоэнергетика / М. З. Нафиков. – Уфа : Башкирский ГАУ, 2012. – 67 с. – Режим доступа : <http://megaobuchalka.ru/5/34401.html>. – Дата доступа : 17.01.2023.

5 Об утверждении федерального образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» : приказ М-ва науки и высшего образования РФ от 07 августа 2020 г. № 916.

УДК 656.072.6

## **АКТУАЛИЗАЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СТАНДАРТОВ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННЫМ ТРАНСПОРТОМ**

*К. В. СИНЮТИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Управление системой перевозок пассажиров общественным транспортом в регулярном сообщении невозможно без определения правил, нормативов, минимального набора параметров, стандартов функционирования системы, при анализе которых можно сделать вывод о работе общественного транспорта. В РБ параметры и аспекты функционирования организаций общественного транспорта регламентированы такими нормативными правовыми актами, как Законы, Кодексы, Постановления Совета министров, государственными стандартами (СТБ, ГОСТ), решениями местных исполнительных комитетов.

В данном исследовании акцент сделан на анализе действующих в Беларуси стандартов, затрагивающих сферу общественного транспорта, принятых Советом Министров Республики Беларусь и Государственным комитетом по стандартизации РБ. Цель исследования – оценить актуальность действующих стандартов и выработать рекомендации по совершенствованию стандартов транспортного обслуживания населения системой общественного транспорта.

Минимальные социальные стандарты в сфере обслуживания населения общественным транспортом представлены в Постановлении Совета Министров [1]. Данным документом в области транспорта определены следующие параметры обслуживания: охват транспортным обслуживанием административных центров сельсоветов –  $\geq 16$  рейсов в нед., агрогородков с населением более 1 тыс. чел. –  $\geq 28$  рейсов в нед., населенных пунктов с населением от 20 до 50 чел. –  $\geq 4$  рейсов в нед., свыше 50 чел. –  $\geq 8$  рейсов в нед.; для городов и гор. поселков с численностью населения от 10 до 30 тыс. чел. – один автобус на 8 тыс. чел., от 30 до 50 тыс. чел. – один автобус на 4 тыс. чел., от 50 до 250 тыс. чел. – один автобус (троллейбус, трамвай) на 2 тыс. чел., от 250 до 1 млн чел. – один автобус (троллейбус, трамвай) на 1,5 тыс. чел., свыше 1 млн чел. – один автобус (троллейбус, трамвай, вагон метрополитена) на 2 тыс. чел. Норматив обслуживания населения на маршрутах междугородных внутриобластных автомобильных перевозок: ежедневно один оборот (два рейса) между районным и областным центрами.

В данных стандартах зафиксированы показатели по минимальному количеству рейсов в населенные пункты в зависимости от численности населения, при этом временной период, дни недели выполнения рейсов в стандарте не конкретизированы. Транспортное обслуживание населенных пунктов с численностью населения меньше 20 человек не предусмотрено. Сезонное транспортное обслуживание садовых товариществ стандартами в области транспорта не регламентировано. Предельное расстояние до остановки: 3 км. Преодоление такого расстояния для маломобильных категорий граждан может быть затруднительно. При этом в стандарте не определено, каким образом должно быть определено это расстояние (по дорогам или по прямой линии, проведенной между населенным пунктом и местом остановки общественного транспорта).

Норматив обслуживания населения для городов и городских поселков указан в виде числа автобусов, троллейбусов, вагонов трамвая и/или метрополитена на определенное число жителей, при этом не конкретизировано время и/или дни работы, максимальные или минимальные интервалы движения пассажирских транспортных средств, минимальные требования к этим средствам. Таким образом, формальным выполнением указанного стандарта для города с численностью населения в 29000 человек может

быть наличие в городе у перевозчиков 3 автобусов категории М2, при этом каждым автобусом может выполняться минимум 1 рейс в неделю, что недостаточно для современного качественного транспортного обслуживания населения.

Минимальные требования к обустройству остановочных пунктов указаны в технической документации. На автомобильных дорогах [2] автобусные остановки должны быть оборудованы остановочными и посадочными площадками со скамьями и урнами для мусора, а также павильонами или навесами для пассажиров с информацией о названии остановки и с устройством для размещения расписания движения автобусов. В населенных пунктах требования [3] к остановочным пунктам конкретизированы: расстояния между остановками должны составлять от 800 до 1200 м для скоростных автобусов и трамваев и от 350 до 600 м для остального транспорта, а требования по оборудованию остановок укрытием от дождя не регламентированы.

В то же время в Правилах автомобильных перевозок пассажиров [4] расстояния между остановочными пунктами определены следующим образом: городские автомобильные перевозки пассажиров должны иметь промежуточные остановочные пункты с расстоянием между ними при многоэтажной застройке 350–800 м, при малоэтажной – 500–1000 м, в пригородном сообщении – не более 6000 м (при наличии жилых строений) и не менее 1500 м.

Строительными нормами определена дальность пешеходных подходов к остановочным пунктам пригородного пассажирского транспорта её следует принимать не более 1 км. Дальность пешеходных подходов к ближайшей остановке нескоростных видов пассажирского транспорта составляет не более 250–800 м в крупных и больших городах и не более 150–600 м (в зависимости от функциональной зоны).

Учитывая разрозненность документов, регламентирующих стандарты транспортного обслуживания населения Республики Беларусь, с целью унификации указанных в разных документах стандартов предлагают реализовать следующие мероприятия:

1 Разработать единый нормативный акт, содержащий все существующие стандарты и нормативы в сфере общественного транспорта.

2 Администрациям областных и Минскому городскому исполнительным комитетам совместно с операторами регулярных пассажирских перевозок предлагается уточнить принятые исполкомами социальные стандарты в области транспорта, включив в эти стандарты следующие аспекты работы общественного транспорта: время начала и окончания работы транспорта в городах; предоставление услуг общего пользования в ночное время, в праздничные дни; максимально допустимый интервал движения общественного транспорта; рекомендации по выбору вида общественного транс-

порта при проектировании новых микрорайонов, промышленных предприятий, объектов притяжения (крупных торговых центров, кинотеатров, парков и т. п.); приемлемый или максимальный уровень наполнения автобусов, троллейбусов, трамваев в чел./м<sup>2</sup> свободной площади пола; минимальные технические требования к оборудованию, доступности транспортных средств общественного транспорта и объектов транспортной инфраструктуры; зону охвата всех сельских населенных пунктов независимо от числа жителей в них с учетом интересов маломобильных категорий граждан.

Анализ документов показывает, что отдельные стандарты транспортного обслуживания отличаются между собой, хотя и регламентируют одни и те же аспекты транспортного обслуживания. Параметры качества транспортного обслуживания, например периодичность рейсов в течение суток или недели, предельные или минимальные интервалы движения общественного транспорта, допустимый уровень заполненности пассажирских транспортных средств, на основании проанализированных документов не могут быть определены, обслуживание населенных пунктов с численностью населения меньше 20 чел. не предусмотрено, установленное предельное расстояние подхода к остановочным пунктам общественного транспорта в пригородной зоне в 3 км может быть непреодолимо маломобильными категориями граждан, сезонное транспортное обслуживание садовых товариществ стандартами в области транспорта не регламентировано. Для решения данных вопросов были предложены мероприятия по унификации стандартов в области общественного транспорта.

### Список литературы

1 Приложение к постановлению Совета Министров РБ 30.05.2003 № 724 «О мерах по внедрению системы государственных социальных стандартов по обслуживанию населения республики», п. 25–30 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://etalonline.by/document/?regnum=C20300724>. – Дата доступа : 21.02.2023.

2 Об установлении перечня государственных социальных стандартов по обслуживанию населения города Минска [Электронный ресурс] : решение Мин. гор. исполн. ком. от 26 июня 2003 г. № 1013. – Режим доступа : <https://etalonline.by/document/?regnum=r90301013>. – Дата доступа : 21.02.2023.

3 Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-227-2010 (02250) «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования», п. 6.1, 13.14. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2011. – 46 с.

4 О некоторых вопросах автомобильных перевозок пассажиров, п. 80, 85 : постановление Совета Министров РБ от 30 июня 2008 г. № 972 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://etalonline.by/document/?regnum=c20800972>. – Дата доступа : 21.01.2023.

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ И РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СОТРУДНИКОВ СЛУЖБЫ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Т. М. РЕЗНИК*

*Институт повышения квалификации и переподготовки  
Белорусская государственная академия авиации, г. Минск*

С началом пандемии коронавируса авиационная отрасль, как и многие другие направления, столкнулась с новыми вызовами и сложностями, которые требовали изменений в различных направлениях функционирования отрасли, в том числе и в вопросе отбора и подготовки персонала. Глобальный кризис авиаперевозок, связанный с разразившейся пандемией коронавируса, затронул всю мировую гражданскую авиацию и привел к огромному снижению объемов работы подавляющего большинства авиационных организаций. Ситуация неопределенности в мировой авиации показала необходимость консолидации совместных усилий по борьбе с последствиями пандемии, прежде всего в расширении объема обмена информацией и практическим опытом, унификацию и гармонизацию национальных стандартов подготовки специалистов авиационной безопасности с международными требованиями.

Во многих международных нормативных стандартах по организации авиационной безопасности говорится о важности человеческого фактора в деле осуществления мер по авиационной безопасности. Также подчеркивается тот факт, что соответствующие полномочные органы, ответственные за вопросы авиационной безопасности, должны исходить из того, что главную ценность в этой работе представляют люди. Несмотря на значительный прогресс в создании технических средств обеспечения безопасности, никакая технология не в состоянии заменить хорошо подготовленных или обладающих высокой мотивацией сотрудников службы авиационной безопасности [1].

В сфере обеспечения безопасности на воздушном транспорте актуальным остается вопрос о профессиональной пригодности и качественном профессиональном отборе кандидатов, поступающих на работу в службу авиационной безопасности.

Кроме этого, в последнее время в образовательном процессе на всех этапах произошла переориентация оценки результатов образования с понятий «профессиональная подготовленность», «образованность», «воспитанность» на понятия «компетентность» и «компетенция». В связи с чем, в образовательном пространстве подготовки авиационного персонала возникла насто-

тельная потребность в организации образовательного процесса с учетом новых требований.

Несмотря на современное техническое оснащение служб авиационной безопасности, человек остается ключевым элементом данной системы. Как показала практика, именно от профессиональных действий сотрудников службы авиационной безопасности зависит эффективность отдельных мероприятий и работа системы в целом. Подбор подходящих, надежных кадров для работы в области обеспечения безопасности гражданской авиации чрезвычайно важен для поддержания и повышения нынешнего уровня безопасности полетов и авиационной безопасности в системе воздушных перевозок [1].

Специфика работы по обеспечению авиационной безопасности и использование для этого высокотехнологичного оборудования предъявляют к сотрудникам служб авиационной безопасности особые требования. В связи с этим вопросам отбора и подготовке сотрудников службы авиационной безопасности должно уделяться постоянное и серьезное внимание на всех уровнях.

Высокая нагрузка на авиационный персонал и длинные очереди пассажиров, в частности в европейских аэропортах летом 2022 года, объясняются, прежде всего, нехваткой персонала, в том числе и сотрудников службы авиационной безопасности, большая часть которых была уволена во время пандемии коронавируса. Попробуем выделить несколько доминирующих факторов произошедшего. Во-первых, авиакомпании и аэропорты оказались не готовы к резкому открытию границ и не успели набрать и обучить необходимое количество сотрудников службы авиационной безопасности для качественного выполнения профессиональных задач. Во-вторых, в авиационной отрасли предъявляются высокие требования к квалификации и надежности сотрудников. Например, проверка так называемой безопасности кандидата может занять пару недель. В-третьих, начальное обучение сотрудников службы авиационной безопасности по международным стандартам ИКАО (Международная организация гражданской авиации) длится в среднем три недели. Несмотря на то, что данные программы подготовки сотрудников периодически обновляются, стало понятно, что их необходимо пересматривать и обновлять также в зависимости от современных вызовов и угроз гражданской авиации. В-четвертых, отметим, что конвейерная интенсивность и спешка в вопросе отбора и подготовки персонала авиационной безопасности может привести к негативным последствиям в системе организации безопасности на воздушном транспорте.

Также отметим тот факт, что в состоянии неопределенности в авиационной отрасли руководству служб авиационной безопасности следует создавать кадровый резерв сотрудников или кандидатов на должности, что зна-

чительно упростило бы в условиях дефицита времени поиск и набор квалифицированных сотрудников.

Кроме этого, несмотря на то, что существует достаточно большое количество работ по проблемам формирования и оценки компетенций, на сегодня отсутствует научно-обоснованная методика формирования и мониторинга профессиональных компетенций в области авиационной безопасности.

Что же касается вопроса профессиональной подготовки сотрудников в условиях коронакризиса, отметим, что здесь имеются свои сложности. Анализируя особенности профессиональной подготовки сотрудников в условиях коронавирусных ограничений на примере учебного центра по авиационной безопасности РУП «Национальный аэропорт Минск» отметим, что учебный процесс продолжался в условиях традиционного образования с применением дистанционных образовательных технологий, а также с соблюдением рекомендованных противоэпидемиологических мероприятий. Отметим, что цифровое образование, несмотря на его достоинства, в системе подготовки по авиационной безопасности не всегда качественно выполнимо. В частности, на практических занятиях, когда необходим четкий педагогический контроль над выполнением технологии работы сотрудника (например, досмотр пассажира с помощью ручного металлодетектора).

Таким образом, современные условия подготовки персонала службы авиационной безопасности, в том числе условия неопределенности в отрасли, новых рисков и угроз, дефицита времени на подготовку или же, наоборот, сокращения персонала, демонстрируют необходимость перехода к системной, непрерывной модели развития профессиональной компетентности персонала, закладывая в стратегию реализации учебных программ возможные риски.

По мнению автора, для этого необходимо реализовывать следующие направления: 1) трансформация образовательной системы развития профессиональных компетенций сотрудников в зависимости от современных вызовов и запросов авиационной отрасли, поиск эффективных механизмов обеспечения качества профессионального образования в новых условиях; 2) развитие адаптивной системы образовательного пространства посредством организации комплексного сопровождения профессионального обучения и развития сотрудников службы авиационной безопасности, а также внедрение проектов мотивационного и личностного развития, как одних из компонентов модели профессиональных компетенций сотрудников; 3) помимо развития основных профессиональных индикаторов рабочего поведения в новых реалиях необходимо также делать упор на развитие у сотрудников службы авиационной безопасности так называемых «гибких» навыков (soft skills), что позволит им активнее адаптироваться к изменяющимся условиям функционирования авиационной отрасли.

В психологии и педагогике принято положение о том, что умения, навыки и способности, в том числе и профессиональные компетенции не только проявляются, но и формируются в процессе самой деятельности под влиянием ее целей и задач [ 2, с. 101].

Поэтому на сегодня одним из наиболее актуальных способов построения новой образовательной парадигмы в области профессиональной подготовки сотрудника службы авиационной безопасности должен быть компетентностный подход как одно из условий дополнительного профессионального образования [ 3, с. 3].

Если ранее подготовка специалиста авиационной безопасности сводилась к усвоению им обязательного стандартного набора знаний, умений и навыков, то компетентностный подход предполагает также способности ориентироваться в разнообразии возникающих ситуаций, в том числе развитие так называемых «soft-skills», иметь представления о последствиях своей деятельности, а также нести за них ответственность.

Современное образовательное пространство в системе подготовки авиационного персонала, прежде всего, должно быть направлено на развитие профессионально-деятельностной координаты профессиональной компетенции специалиста. В организации профессиональной подготовки специалистов службы авиационной безопасности в современных реалиях необходимо делать упор на традиционные подходы – сознательно-практическое и интенсивное обучение.

Кроме этого, актуальным остается вопрос качественного профессионального отбора кандидатов, который должен представлять собой процедуру непрерывного изучения актуального состояния и динамики профессионально значимых качеств с целью прогнозирования успешности обучения и деятельности, выдачи учебных и кадровых рекомендаций (принцип пролонгированного отбора).

Таким образом, все перечисленные факты указывают на необходимость в разработке и внедрении технологии формирования профессиональных компетенций сотрудников службы авиационной безопасности, которая будет раскрываться в содержании специализированных дисциплин, выборе эффективных методов обучения и мониторинге с сохранением ранее накопленного положительного опыта в системе профессионального образования [4].

Увеличение напряженности деятельности, высокая «цена» и ответственность за принимаемые решения, выполнение действий в условиях дефицита времени – все это постоянно ужесточает требования к современным сотрудникам службы авиационной безопасности.

Из этого получается, что процесс постоянного развития профессиональных компетенций сотрудника службы авиационной безопасности в процессе непрерывного профессионального образования в современных условиях требует поиска дополнительных, а иногда и новых методов и ресурсов

профессиональной подготовки и переподготовки сотрудников, отражающих специфику их труда, позволяющих построить индивидуальный график развития профессиональных компетенций каждого сотрудника, а также учитывающих состояние авиационной системы в формате «здесь и сейчас».

### Список литературы

1 Воздушный кодекс Республики Беларусь от 16 мая 2006 г. № 117-З, статья 77 «Обеспечение авиационной безопасности».

2 **Тенищева, В. Ф.** Интегративно-контекстная модель формирования профессиональной компетенции : дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.01 / В. Ф. Тенищева ; Московский государственный лингвистический университет. – М., 2008. – 404 с.

3 **Калинин, С. В.** Технология формирования профессиональных компетенций сотрудников полиции МВД России: на примере специальности «Правоохранительная деятельность»: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.08 / С. В. Калинин ; Алт. гос. пед. ун-т. – Барнаул, 2015. – 189 с.

4 Кодекс Республики Беларусь об образовании : 13 янв. 2011 г. – Минск : Национальный центр правовой информации Респ. Беларусь, 2022. – 510.

УДК 331:629.44

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРИЙ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ВАГОННОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

*А. Г. ОТОКА*

*Белорусская железная дорога, г. Гомель*

В связи с возрастанием требований к уровню профессиональных знаний и необходимостью освоения современных методов решения производственных задач закономерно организация повышения квалификации сотрудников [1]. В условиях постоянно меняющегося рынка, чтобы быть в тренде, многие компании проводят образовательные программы для своих сотрудников, удовлетворяя тем самым потребность работника в непрерывном расширении знаний, т. е. повышении его потенциала. Однако данный подход к совершенствованию деятельности недостаточно распространен среди многих предприятий, которые не считают определяющим для развития показатель образовательного уровня своих сотрудников. Поэтому проблема низкого уровня квалификации персонала в период освоения, например, модернизированного оборудования или компьютерных технологий актуальна и требует особого внимания со стороны руководителей предприятий [2].

Всем известно, что способность работника выполнять определенные функциональные обязанности характеризует его компетенция. В связи с этим уровень персонала должен быть высоким и на первом плане, т. к. от этого зависит качество выполняемой работы. Сегодня на Белорусской железной дороге безопасность на транспорте зависит в первую очередь от квалифицированного персонала в своей области деятельности. Зачастую наличие современного оборудования не гарантирует качество проделанной работы в условиях отсутствия квалифицированного персонала. Поэтому сегодня на железной дороге уделяется огромное значение подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров.

В статье хотелось бы остановиться подробно на формировании компетенций специалистов в сфере неразрушающего контроля (далее – НК) на железнодорожном транспорте. Неразрушающий контроль является частью технологии изготовления, ремонта и технического обслуживания железнодорожных вагонов, их деталей и частей. Работы по НК деталей и узлов вагонов выполняют работники, занимающие штатные единицы лаборатории, являющейся самостоятельной организационно-структурной единицей, или структурного участка, внутри которого имеется подразделение (рабочие участки с персоналом). При этом подразделение не является самостоятельной единицей в рамках организации. Лаборатория (подразделение) должна иметь постоянный штат сотрудников (специалистов по НК), включая руководителей, имеющих соответствующую профессиональную подготовку, теоретические знания и практический опыт.

Обучение (подготовка, переподготовка) инженерно-технического персонала по НК, первичное обучение персонала по НК рабочих профессий, а также повышение квалификации персонала проводится организациями, получившими право на указанную деятельность в соответствии с законодательством Республики Беларусь [3]. Белорусская железная дорога имеет свой Дорожный центр по подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров (г. Барановичи). Центр проводит обучение рабочих по профессии «дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю» (далее – дефектоскопист) на 2–4 квалификационный разряд с выдачей свидетельства установленного образца. Повышение квалификации для руководящих работников и специалистов, ответственных за НК, проводится 1 раз в 3 года. Повышение квалификации в виде обучающих курсов для дефектоскопистов проводится 1 раз в 2 года. Повышение квалификационного разряда также засчитывается как повышение квалификации кадров [4].

Из-за сложной конфигурации деталей вагонов, а также высокой трудоемкости в условиях больших объемов и номенклатуры в соответствии с [5] дефектоскопист на Белорусской железной дороге должен иметь квалификационный разряд не ниже 5-го. Персонал, осуществляющий разработку нормативной и технологической документации по НК, выполнение НК, оценку

качества деталей (объектов контроля), должен быть сертифицирован на II уровень компетентности по применяемым методам в соответствии с СТБ ISO 9712.

В вагонном хозяйстве на Белорусской железной дороге широкое применение получили магнитопорошковый, ультразвуковой, вихретоковый методы НК. Сейчас, чтобы сертифицироваться на СТБ ISO 9712, необходимо пройти подготовку (обучение) для дальнейшей сдачи экзамена в органе по сертификации. На сегодня в Республике Беларусь имеются различные центры подготовки. К признанным можно отнести учебные центры таких предприятий, как ЗАО «БМЦ», Институт прикладной физики НАНБ, УП «Белгазпромдиагностика», ОАО «Грест Белпромналадка», ГУВПО «Белорусско-Российский университет», ОАО «Белгорхимпром», ОАО «Белгазстрой» [6].

В качестве учебного центра у железнодорожников пользуется популярностью УП «Белгазпромдиагностика», а в качестве органа по сертификации профессиональной компетентности персонала в области неразрушающего контроля выбирают УО «Белорусский государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров по стандартизации, метрологии и управлению качеством» и ГУО «РИВШ».

В соответствии с [7] специалист, сертифицированный на 2-ой уровень, должен продемонстрировать компетентность проводить НК в соответствии с методиками по контролю, уметь расшифровывать и оценивать результаты в соответствии с действующими техническими нормативно-правовыми актами. После успешной сдачи экзамена в органе по сертификации выдача сертификата осуществляется только после выполнения требований по минимальному производственному стажу. К примеру, для магнитопорошкового контроля минимальный производственный стаж составляет 3 месяца, а для вихретокового и ультразвукового – 9 месяцев. Если кандидат претендует на сертификацию более чем по одному методу, общий опыт является суммой опыта по каждому методу.

Периодическая проверка знаний дефектоскопистов по НК рабочих профессий проводится на предприятии (в вагонном депо) не реже одного раза в год комиссией, согласно действующему на предприятии положению с обязательным участием начальника (инженерно-технического персонала) лаборатории НК. Положительные результаты проверки знаний являются условием допуска к выполнению НК. Стоит отметить, что лаборатории (подразделения) неразрушающего контроля (далее – ЛНК) аккредитованы в соответствии с СТБ ИСО/МЭК 17025 или аттестованы в соответствии с требованиями СТП БЧ 47.393.

Один раз в 3 года руководители совместно с дефектоскопистами проходят проверку квалификации (межлабораторные сличения) по применяемым методам – «Контроль механических свойств и дефектов металлов, сплавов и

сварных соединений». Провайдером проверки квалификации поверочных, калибровочных и испытательных лабораторий является РУП «БелГИМ» (рисунок 1). Если кратко, то межлабораторные сличения – это проведение и оценка одинаковых или похожих измерений, проверок, в которых принимают участие две и более ЛНК. Выдается образец специалисту, в котором могут присутствовать определенные дефекты или же вовсе отсутствовать. При обнаружении дефекта методом НК определяются его размеры. Результаты измерений оформляются участниками в виде протокола по форме, утвержденной руководством по качеству ЛНК. В целях конфиденциальности всем участникам тура присваивается буквенное обозначение, и по итогам тура выдается отчет в виде выписки с заключением. На основании статистического анализа результатов измерений и оценивания их функционирования с помощью количественного показателя делается вывод по каждому участнику (характеристика функционирования сомнительная или удовлетворительная). Также участникам рекомендуется, на что обратить внимание в целях получения достоверных результатов.

Руководители ЛНК постоянно участвуют в международных научно-практических форумах. Одним из таких является форум «Методы, приборы контроля качества и диагностики состояния объектов», который проходит в УО «БГАА». Форум запланирован как дискуссионная и выставочная площадка для создания и укрепления партнерских связей между исследователями, учеными, специалистами различных производственных направлений, инвесторами, экспертными сообществами.



Рисунок 1 – На переднем плане руководители ЛНК Белорусской железной дороги выполняют магнитопорошковый и вихретоковый контроль выданных образцов

Нельзя не отметить также участие ЛНК в конкурсе «Лучший специалист неразрушающего контроля Республики Беларусь» при поддержке Департамента по надзору за безопасным ведением работ в промышленности (Госпромнадзор), Института прикладной физики НАНБ, Белорусской ассоциации неразрушающего контроля, лаборатории Белорусской железной дороги неоднократно становились призерами (рисунок 2).

Ежегодно Белорусская железная дорога проводит конкурс на звание «Лучший по профессии на железнодорожном транспорте среди дефектоскопистов». Конкурс состоит из теоретической и практической части и проводится на базе Барановичского подразделения дорожного центра (рисунок 3).

Для дальнейшего развития профессиональной карьеры следует признать учебу в магистратуре и аспирантуре в высших учебных заведениях. Однако поступление в магистратуру и аспирантуру, конечно, не для всех желающих. Специалист, изъявивший желание поступить в магистратуру, должен иметь склонность к научной работе, что позволит ему решать конкретные задачи на практике.



Рисунок 2 – Представители ЛНК Белорусской железной дороги среди различных организаций Республики Беларусь (практическая часть – ультразвуковой контроль)



Рисунок 3 – Дефектоскописты ЛНК выполняют практические испытания, которые включают в себя настройку оборудования, нахождение дефектов и оформление протокола контроля

В заключение хотелось бы отметить, что на примере системы формирования компетентности персонала ЛНК Белорусской железной дороги можно увидеть заинтересованность руководства в квалифицированных работниках. Безопасность движения поездов, перевозки грузов и пассажиров всегда будут приоритетом. Поэтому постоянное участие персонала ЛНК Белорусской железной дороги в конкурсах, обучающих курсах, межлабораторных сличениях, международных научно-практических форумах, международных конференциях и других мероприятиях способствует повышению уровня квалификации, растет компетентность специалиста за счет приобретения новых знаний, накопленного опыта и сравнения его наряду с другими предприятиями в комплексе. Конечно, формирование профессиональных компетенций во многом определяется и собственными усилиями специалиста. Остается только пожелать всем предприятиям иметь высококвалифицированных специалистов, неравнодушных и любознательных к своей работе, а также стремящихся к саморазвитию, повышению своего уровня компетентности.

#### Список литературы

1 **Григорьева, И. В.** Формы и способы повышения квалификации в контексте реализации профессиональных стандартов / И. В. Григорьева // Вестник Российского университета кооперации, 2019. – № 1(35). – С. 29–34.

2 **Гайсарова, А. А.** Низкий уровень квалификации персонала в сфере услуг: проблемы и подходы к преодолению / А. А. Гайсарова, Т. А. Хачатурян // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2018. – Т. 4(14). – С. 39–45.

3 СТП БЧ 47.322. Система неразрушающего контроля деталей и узлов вагонов в вагонном хозяйстве Белорусской железной дороги. Основные положения. – Введ. 2015-11-04. – Минск, 2015. – 26 с.

4 Барановичское подразделение дорожного центра [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.rw.by/corporate/structure/dorozhnyj\\_centr\\_po\\_podgotovke\\_perepodgot/baranovichskoe\\_podrazdelenie\\_dorozhnogo](https://www.rw.by/corporate/structure/dorozhnyj_centr_po_podgotovke_perepodgot/baranovichskoe_podrazdelenie_dorozhnogo). – Дата доступа : 17.04.2023.

5 Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. Вып. 1. Разд. Профессии рабочих, общие для всех отраслей экономики. Общие положения : утв. постановлением М-ва труда Респ. Беларусь, 30 марта 2004 г., № 63 (с изм. и доп.) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 8/25701.

6 Признанные учебные центры [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bgipk.by/sertifikatsiya-personala-v-oblasti-nerazrushayushchegokontrolya/priznannye-uchebnye-tsenty>. – Дата доступа : 17.04.2023.

7 СТБ ISO 9712. Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала в области неразрушающего контроля. – Введ. 29.12.2016. – Минск, 2016. – 27 с.

## РАЗРАБОТКА КАМЕРЫ ДЛЯ СВЧ-СУШКИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*К. А. АЙМУРЗИН*

*Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа,  
Республика Башкортостан*

При выборе способов сушки зерна необходимо понять, какой из них наиболее подходит для получения качественного итогового продукта. Существует множество различных способов сушки, наиболее эффективным и универсальным из которых является СВЧ-сушка. При выборе данного способа необходимо учесть некоторые факторы:

- особенности обрабатываемого материала (зерно);
- невозможность полностью локализовать электромагнитное поле в обрабатываемом материале;
- вредное воздействие интенсивного электромагнитного поля на организм человека.

Если принимать в расчёт всё перечисленное выше, можно сделать вывод, что микроволновую обработку зерна целесообразно производить в металлических СВЧ-камерах. При разработке и конструировании таких камер также важно учитывать все эти факторы.

В сконструированных СВЧ-камерах на этапе сушки зерна могут быть установлены различные режимы обработки: бегущих волн для сильно поглощающих материалов, стоячих волн для слабо поглощающих материалов и смешанных волн в остальных случаях. Их применение зависит от размеров камеры, способов её подключения к источнику СВЧ-энергии и электродинамических характеристик обрабатываемого материала.

Для равномерного нагрева материала в рабочем объёме необходимо осуществлять перемешивание (перемещение) материала. Поэтому для осуществления непрерывных технологических процессов нагрева материала (в т. ч. семян) необходима реализация СВЧ-камеры с относительно небольшими поперечными и большими продольными размерами. При этом во время движения семян будет устранена неравномерность их нагрева.

При проектировании установки необходимо выполнение целого ряда условий [5]:

- возможность регулировки температуры обработанного материала;
- возможность регулировки времени нахождения обрабатываемого материала в микроволновом поле в течение 15–30 мин;
- производительность по обработанному материалу при максимальной температуре 100–150 кг/час;
- эффективная система защиты от паразитного излучения.

Все эти условия позволяют оценить необходимую мощность СВЧ и выбрать соответствующие параметры конструкции отдельных узлов установки и генератор для её работы. Необходимую максимальную мощность вычисляют по формуле, воспользовавшись уравнением теплового баланса, где средняя теплоёмкость зерна 750–1760 кДж/кг, К. С учётом того, что нагрев массы  $m$  осуществляется от начальной температуры  $t_0 = 20$  °С до максимальной  $t_{\text{макс}}$ ,

$$Q = mc(t_{\text{макс}} - t_0) \quad (1)$$

Данная технология СВЧ-сушки была реализована на базе системы активного вентилирования. Зерносушильные агрегаты данного типа применяются для просушки и временного консервирования. Принцип работы данных агрегатов заключается в том, что сырьё интенсивно продувается атмосферным или дополнительно подогретым воздухом. Для оптимизации работы система активного вентилирования была дополнена рециркуляционным каналом и зоной СВЧ, при помощи которой значительно повышается эффективность и производительность сушки зерна.

Данная СВЧ-технология, заложенная в основу метода воздействия на зерновую массу, инвертирует классический способ по термическому параметру. В отличие от стандартного конвективного способа, где более сухое зерно имеет повышенную температуру, СВЧ-излучение в первую очередь воздействует на полярные молекулы воды, что позволяет в большей степени подвергнуть нагреву влажный материал. Плюс ко всему, микроволновое излучение, воздействующее на семена, создает повышенное давление жидкости, что позволяет ускорить диффузионные процессы влаги, ускоряя её выведение к поверхности зерна и в межзерновое пространство. Подобное воздействие на зерновой материал способно оказывать различный эффект, зависящий от исходных показателей влажности и коэффициента рециркуляции. При загрузке зерна в агрегат на начальных этапах показатели термического воздействия отличаются по трём зонам, где в центре зерновки, как наиболее влажной области, более низкая температура на поверхности зёрен и самая низкая в зоне скажистости. Сам слой зерна в своей массе имеет неоднородный нагрев, поэтому для оптимизации влагоёмных процессов целесообразно производить несколько итераций нагрева с промежуточным перемешиванием зерна.

Принцип работы агрегатов заключается в том, что зерно из активно-вентилируемого бункера перемещается по вертикальным каналам в зону воздействия СВЧ-поля. Далее происходит цикличное трехкратное перемешивание и последующая обработка СВЧ-излучением. После достижения гигрометрического равновесия в зоне рециркуляции удаление влаги прекращается. Далее зерно отправляют на досушку в бункер активного вентилирования, в котором применяется классический конвективный способ сушки. Особенность этого метода в том, что возможность управления технологическим процессом основывается на двух критериях: минимизация энергозатрат или времени сушки. Для оптимальной минимизации энергоза-

трат с применением СВЧ в рециркуляционной сушке зерна необходимо, чтобы исходная влажность поступающего сырья не превышала 17,7 %, а коэффициент рециркуляции находился в промежутке значений 1,5–2,7. Для оптимизации скорости сушки по параметру скорости необходимо, чтобы дельта влажности в зерновой массе не превышала 8 %, а коэффициент рециркуляции находился в диапазоне 1,3–2,7. С учётом соблюдения данных параметров возможно достижение увеличения энергоэффективности на 14 % или увеличение скорости сушки зерна на 30 %.

Рециркуляционная сушка зерна способом активного вентилирования с использованием СВЧ-излучения позволяет достичь сразу нескольких положительных эффектов в сравнении с классическими способами, а именно увеличенную производительность при сушке зерна и её более равномерную просушку по всей толщине слоя с одновременным уменьшением энергозатрат.

### Список литературы

1 **Морозов, С. М.** Электродинамическое моделирование СВЧ установок / С. М. Морозов, В. А. Реут // Теория и практика современной науки. – 2016. – № 12 (18). – С. 877–882.

2 **Кузьмин, К. А.** Оценка инфокоммуникационных факторов в рамках концепции устойчивого развития предприятия / К. А. Кузьмин, Е. Н. Кучерова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 6 (71). – С. 387–394.

3 **Кузьмин, К. А.** Моделирование автоматизированной системы охлаждения испытательного стенда для агрегата управления АУ-38-Б / К. А. Кузьмин // Теория и практика современной науки. – 2016. – № 12 (18).

4 **Григорьев, А. Д.** Электродинамика и техника СВЧ / А. Д. Григорьев. – М. : Высш. шк., 1990. – 335 с.

5 **Морозов, М. С.** Микроволновая установка для сушки зерна [Электронный ресурс] / М. С. Морозов, С. М. Морозов, В. А. Реут // Молодой ученый. – 2016. – № 30 (134). – С. 83–86. – Режим доступа : <https://moluch.ru/archive/134/37631/>. – Дата доступа : 27.04.2023.

6 Применение СВЧ при рециркуляционной сушке зерна [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.prosushka.ru/1971-primenenie-svch-pri-recirkulyacionnoy-sushke-zerna.html>. – Дата доступа : 27.04.2023.

УДК 656

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ИЗ УКРАИНЫ

*В. В. ДЕНЬКЕВИЧ*

*Научный руководитель – И. А. Еловой (д-р экон. наук, профессор),  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных условиях полностью поменялась логистика отправляемых украинских грузов. Раньше предприятия имели возможность отгружать

вагоны со своих железнодорожных путей необщего пользования, и грузы следовали транзитом через Беларусь, Россию напрямую в Среднюю Азию. Сейчас прямого сообщения между Беларусью и Украиной нет, а соседнее государство Польша имеет узкую колею.

Сравним возможные варианты доставки грузов из Украины в Среднюю Азию.

*Первый способ доставки:*

1 Вывоз из Украины груза на автомобилях до польского терминала, граничащего с белорусской границей.

2 Перегруз из автомобилей в вагон на польском терминале (ст. Семянувка или Малашевичи).

3 Движение вагона по БЧ, РЖД, КЗХ.

*Второй способ доставки:*

1 Вывоз автомобилями груза в порт Ильичевск (Одесская область).

2 Посадка авто на паром до порта Поти Грузия через Чёрное море.

3 В порту Поти перегруз груза из авто в вагон.

4 Следование вагона до порта Алят Азербайджан.

5 Погрузка вагона на паром через Каспийское море.

6 Сдача вагона на железную дорогу Казахстана по ст. Курык-портовая.

7 Следование груза по железной дороге до станции назначения.

Сравнительный анализ данных вариантов представлен в таблице 1.

Большинство железнодорожных терминалов в Польше не применяют ручной труд. А если терминалы предлагают свои услуги по ручной загрузке, то стоимость данных работ начинается от 2500 дол. за вагон. При этом вес одного места не должен превышать 25 кг. Отправитель заранее должен продумать размещение груза на поддонах, что в целом положительно сказывается на сохранности груза при транспортировке. А с другой стороны, повышает стоимость продукции, так как сюда входят затраты на приобретение поддонов, стрэйч-плёнки, утягивающих ПВХ лент.

**Таблица 1 – Сравнительный анализ вариантов перевозки грузов**

Способ доставки	Стоимость авто, у. е.	Морской фрахт через Чёрное море, у. е.	Стоимость перегруза в вагон, у. е.	Морской фрахт через Каспийское море, у. е.	Стоимость частного вагона на тех. рейс, у. е.	ЖД тариф, у. е.	Итого, у. е.	Сроки доставки, дн.
Традиционный (рисунок 1)	Нет	Нет	Нет	Нет	2000	3500	5500	20
Через Польшу (рисунок 2)	7500	Нет	1800	Нет	2500	3000	14800	25
Через Грузию (рисунок 3)	4000	6000	2000	5000	3000	2000	22000	30

При заказе собственного подвижного состава по маршруту Семяновка/Малашевичи – Казахстан также возникают трудности, не все Российские собственники рискуют заезжать на территорию ЕС, и поэтому отказываются предоставлять свой подвижной состав по данному маршруту. При этом очень много подвижного состава осталось на территории Украины как собственного подвижного состава, так и вагонов перевозчика белорусского и российского. Ощущается острый дефицит вагонов, в связи с этим ставки предоставления вагонов на рейс значительно выросли.

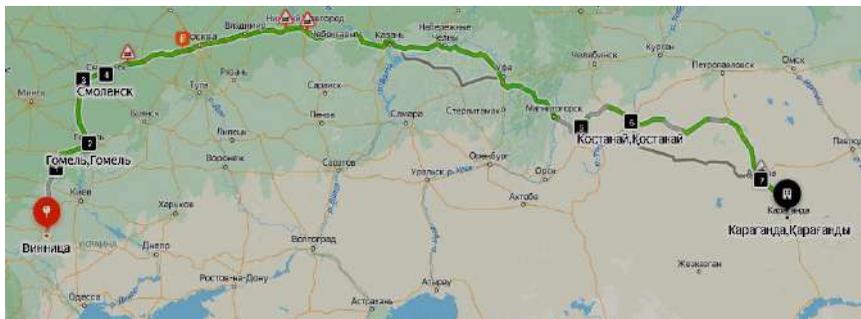


Рисунок 1 – Традиционный маршрут (3900 км)

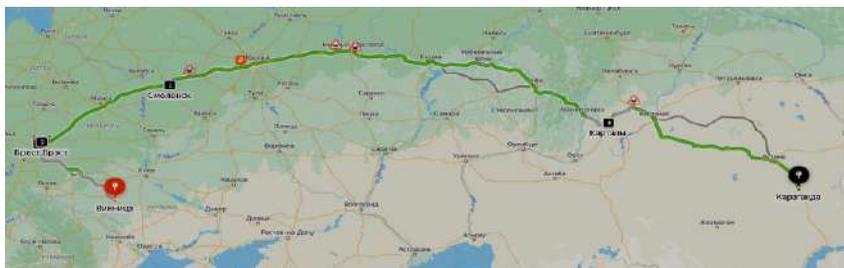


Рисунок 2 – Маршрут через Польшу (4850 км)



Рисунок 3 – Маршрут через Грузию (6700 км)

При первом способе доставки существует риск потери груза на территории Российских железных дорог в связи с контрсанкциями в отношении украинских грузов. Поэтому многие украинские грузоотправители выбирают второй способ доставки без транзита по территории РЖД через порт Грузии несмотря на то, что он значительно дороже.

В стоимость альтернативных перевозок также входят услуги экспедиторских организаций, так как в перевозках задействовано множество поставщиков услуг, и на предприятиях зачастую отсутствуют специалисты по организации перевозок либо существуют проблемы с оплатами и оперативным заключением договоров.

УДК 656.073

## **ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА КАК ОБЪЕКТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ**

*А. В. БЕГУН*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Цифровая трансформация как новый этап развития экономики связывается с освоением цифровых технологий для повышения уровня цифровизации процессов и кардинальным повышением производительности труда и ценности предприятий и экономики в целом. В современных реалиях решение вопросов развития и продуктивной деятельности экономических субъектов все более часто связывается с их способностью функционировать в цифровой среде.

В современных реалиях, продиктованных беспрецедентными изменениями в мировой экономике (пандемия, изменение геополитической ситуации и др.), транспортная система в наибольшей степени подвергается трансформации на цифровой основе. Цифровая трансформация транспортной системы (далее – ЦТТС) – это преобразование структур, форм и способов, целевой направленности деятельности системы за счет освоения инновационных и цифровых технологий, результатом которого является создание цифровой системы, где бизнес-модели, жизненные циклы и бизнес-процессы построены на первичности цифрового представления ее основных продуктов и услуг. Цель трансформации транспортной системы – обеспечение устойчивого развития системы. Оно заключается в придании системе способности создавать добавленную стоимость длительный период на более высоком уровне, чем до проводимых мероприятий, что возможно за счет решения задач обеспечения ее эластичности, адаптивности, гибкости и эффективности. Цифровая трансформация затрагивает количественный и качественный

состав ее элементов и их взаимосвязи, изменяя их внутреннюю упорядоченность и согласованность во времени [1].

В основе выбора методов и инструментов трансформации транспортной системы должно лежать четкое понимание, каких результатов необходимо достичь. Каждый из элементов и процессов может быть изменен с помощью технологических инноваций. Обеспечение конкурентных преимуществ за счет синергетического взаимодействия разных организационно-технологических мероприятий основано на системных решениях. При этом ранее разработанные методы достижения высокой эффективности дополняются и обогащаются использованием современных организационных технологий. Осуществление ЦТТС предусматривает ряд работ (рисунок 1).



Рисунок 1 – Комплекс работ по цифровой трансформации транспортной системы

Трансформация транспортной системы включает в себя:

- внедрение моделей цифровой экономики;
- обеспечение требуемыми в цифровой экономике трудовыми ресурсами, интеллектуальным, производственным и финансовым капиталом и рыночной информацией;

- обеспечение гибкости, мобильности, ориентации на клиента в условиях высокого риска и усиления нестабильности внешней среды;
- формирование условий для продолжения и улучшения процесса ее функционирования и обеспечения инновационного развития;
- эффективное использование ограниченных финансовых ресурсов на развитие в условиях неопределенности и риска;
- создание сбалансированной, сопряженной по качеству процессов системы и поддержание функционирования системы с высокой степенью использования организационно-технического и интеллектуального потенциала;
- обеспечение скорости и эффективности преобразования ресурсных потоков в товары и услуги должного количества и высокого качества с низкими издержками функционирования системы;
- синергетический эффект структурного характера [2].

Формируется исполнительный механизм цифровой трансформации, решающий задачи создания органа управления цифровой трансформации, определения его роли и полномочий, ответственности и бюджета, а также создания системы управления результативностью цифровой трансформации, включая механизмы расчета целевых показателей и отчетов по ходу исполнения программы, ее корректировки, вознаграждения и санкций по итогам этапов цифровой трансформации. Механизм цифровой трансформации включает ресурсное и инфраструктурное обеспечение. В каждом цикле ЦТТС выполняется подготовка программы трансформационных изменений, организация изменений, осуществление и освоение новых технологий, оценка достигнутых значений целевых показателей. Стратегическое видение цифровой трансформации предусматривает выбор бизнес-модели функционирования системы, установление системы целей и показателей оценки эффективности и выбор направлений цифровой трансформации.

В рамках ЦТТС в Республике Беларусь активно ведутся разработки программного обеспечения в области предоставления транспортных услуг. Наиболее известные IT-предприятия – это СП ЗАО «Международный деловой альянс» (IBA Group), ООО «Софтклуб», ОАО «Агат – системы управления», ОАО «ЦНИИТУ», ООО «Бэлл Интегратор» (Bell Integrator), ООО «ИнТуСофт», ООО «Леверекс Интернешнл», «Прикладные системы» и другие [3, с. 319–327]. Наша страна является флагманом среди стран – союзниц ЕАЭС по совокупному показателю объема экспорта компьютерных, телекоммуникационных и информационных услуг и пропорциональному соотношению экспорта – импорта данного вида услуг, что свидетельствует о наличии достаточного потенциала для цифровой трансформации транспортной системы [4].

В ходе трансформации происходит освоение нововведений, повышающих степень, в которой транспортная система определена, управляема, измерима, контролируема и результативна. Основные преимущества от циф-

ровой трансформации транспортной системы заключаются в повышении эффективности перевозок за счет мультимодальности, планирования состыковки транспорта в режиме реального времени, сокращения ожидания, ускорения процессов, сокращения ошибок и более оптимального распределения задач, увеличения пропускной способности транспортной инфраструктуры, что, в свою очередь, дает положительную динамику развития показателей работы как отдельного транспортного предприятия, так и транспортной системы государства в целом.

#### Список литературы

- 1 Мясникова, О. В. Трансформация производственно-логистической системы в умную сеть поставок: теоретико-методологические аспекты / О. В. Мясникова // *Новости науки и технологий*. – 2021. – № 2 (57) – С. 53–62.
- 2 Экономический механизм развития транспортно-логистической деятельности на предприятиях / Р. Б. Ивуть [и др.]. – Минск : БНТУ, 2022. – 240 с.
- 3 Транспортная логистика в Беларуси: состояние, перспективы : [монография] / М. М. Ковалев, А. А. Королева, А. А. Дутина. – Минск : Изд. центр БГУ, 2017. – 327 с.
- 4 Бегун, А. В. Цифровая трансформация рынка транспортных услуг / А. В. Бегун // *Социально-экономические предпосылки и результаты развития новых технологий в современной экономике : материалы IV Междунар. науч. конф.* – Н. Новгород, 2022. – С. 12–16.

УДК: 629.3.018

### ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КУЗОВА ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

*С. Н. НАУМЕНКО, А. А. КРЫЛОВ, П. О. МУСЕРСКИЙ*

*Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта  
(АО «ВНИИЖТ»), г. Москва, Российская Федерация*

Вопрос энергоэффективности транспортного сектора и экономия топливно-энергетических ресурсов является одной из важнейших мировых проблем. В 1970 году ведущими странами мира подписано Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (далее – СПС), ратифицированного к настоящему моменту 50 странами, включая Республику Беларусь. Данный документ должен содействовать улучшению условий сохранения качества скоропортящихся пищевых продуктов во время их перевозки, в частности, в рамках международной торговли, считая, что улучшение условий сохранности этих продуктов может

способствовать развитию торговли ими. С этой целью периодически проводятся теплотехнические испытания, в результате которых определяется комплексный параметр кузова транспортного средства – общий коэффициент теплопередачи –  $K$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ). Испытания по определению  $K$  не только трудоемки, но и связаны со значительными затратами времени и энергии, а именно более 72 часов нахождения в испытательной станции с поддержкой стабильной температуры. Для ускорения испытательного процесса предлагается использовать экспресс-метод, основанный на расчете значения  $K$  по экспериментальным данным, полученным за первые 10 часов проведения испытаний.

В мировой практике существуют различные методы по определению общего коэффициента теплопередачи. В большинстве случаев используют метод внутреннего обогрева [1–4]. Он характеризуется достижением устойчивой во времени разницы средних температур воздуха внутри и снаружи теплоизолированного корпуса транспортного средства при стабильной мощности электронагревателей, установленных внутри этого корпуса. Испытания должны проводиться в специализированных боксах на территориях аккредитованных испытательных станций, но как показано на рисунке 1, зачастую такие испытания могут проводиться в обычном складском помещении или гараже.



Рисунок 1 – Бокс для проведения теплотехнических испытаний

В основе подхода – определение величины общего коэффициента теплопередачи кузова специального транспортного средства –  $K$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ) и ее изменение при прогнозировании маршрута перевозки.

Величина общего коэффициента теплопередачи –  $K$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ) рассчитывается по результатам проведения теплотехнических испытаний по формуле

$$K = \frac{W}{S\theta}, \quad (1)$$

где  $W$  – тепловой поток, расходуемый внутри кузова, средняя поверхность которого равна  $S$ , и необходимый для поддержания при постоянном режиме

абсолютной разности  $\theta$  между средней внутренней температурой и средней наружной температурой воздуха, когда средняя наружная температура является постоянной.

Авторами были выполнены исследования, которые позволили установить, что процессу нагрева системы воздух – ограждение кузова транспортного средства присущи два принципиально различных режима, условно названные нерегулярным и регулярным [5]. В нерегулярном режиме в начальном периоде нагрева теплоемкость ограждения кузова транспортного средства меняется от некоторой максимальной величины до меньшего постоянного значения за счет первоначального аккумуляирования тепла. В некоторый момент времени нерегулярный режим плавно переходит в регулярный. В дальнейшем – в регулярном режиме – теплоемкость ограждения остается постоянной.

В нерегулярном режиме скорость изменения перепада температур происходит в соответствии с уравнением

$$\frac{d\theta}{d\tau} = v = \frac{1}{AB} \theta^{1-B}, \quad (2)$$

где  $\theta$  – перепад температур воздуха внутри и снаружи кузова транспортного средства;  $\tau$  – время;  $v$  – скорость изменения перепада температур;  $A$  и  $B$  – постоянные коэффициенты.

Переход от нерегулярного режима к регулярному происходит в точке касания, после чего скорость изменения перепада температур определяется известным уравнением теплового баланса [6]

$$\frac{d\theta}{d\tau} = V = \frac{P}{W} - \frac{KH}{W} \theta, \quad (3)$$

где  $P$  – мощность источника тепла;  $W$  – водяной эквивалент кузова транспортного средства;  $K$  – общий коэффициент теплопередачи кузова транспортного средства;  $H$  – площадь теплопередающей поверхности кузова транспортного средства.

Совместное решение уравнений после ряда преобразований приводит к выражению, позволяющему рассчитать значение общего коэффициента теплопередачи:

$$KH = P_1 = \left[ \frac{A_1 \left( \frac{B_1 - 1}{B_1} \right)^{B_1 - 1}}{A_2 \left( \frac{B_2 - 1}{B_2} \right)^{B_2 - 1}} \right]^{\frac{1}{B_1 - B_2}}, \quad (4)$$

где  $A_{1,2}$ ,  $B_{1,2}$  – коэффициенты аппроксимации.

Отклонение значений  $K$ , полученных при помощи экспресс-метода от значений, полученных по равновесному методу, не превышает 0,3 % [7].

Используя полученные результаты исследований и несколько усовершенствовав их в части требований СПС [8], был разработан расчетно-программный комплекс «Олимп» (далее – РПК Олимп) [9], применение которого дает возможность автоматизировать расчет значения  $K$  по экспериментальным данным, полученным за первые десять часов проведения теплотехнических испытаний в соответствии с методом внутреннего обогрева, изложенным в СПС.

Расчетно-программный комплекс предназначен для испытательных центров, аккредитованных на проведение теплотехнических испытаний кузовов транспортных средств. Программное обеспечение содержит нормативную и методическую базу по проведению теплотехнических испытаний и автоматически способно создавать стандартные формы выходных протоколов.

Для расчета значения  $K$  экспериментальные данные импортируются из ПО испытательных станций в РПК или могут передаваться по другим каналам связи.

К ним относятся:

$S$  – площадь внешней поверхности кузова транспортного средства,  $m^2$ ;

$W$  – мощность нагревательных элементов, располагаемых в кузове транспортного средства, кВт;

$T_e$  – температура воздуха в испытательной станции при проведении испытаний,  $^{\circ}C$ ;

$\Delta = T_i - T_e$  – среднеарифметическая разница температур воздуха в кузове транспортного средства и в испытательной станции при проведении испытаний.

После получения экспериментальных данных автоматически производится расчет значения  $K$ , которое, как показано на рисунке 2, визуализируется в нижней части диалогового окна справа.

Здесь следует отметить, что в первой ячейке указывается значение  $K$  с точностью 4 разряда, полученное при задаваемой и поддерживаемой в испытательной станции температуре воздуха  $T_e$ . Во второй ячейке приводится значение рекомендованной в СПС допустимой величины относительной погрешности  $\Delta (\pm 0,5 \%)$ .

В третьей ячейке – значение  $K$  с точностью 4 разряда, приведенное в соответствии с требованиями СПС к средней температуре стенки транспортного средства, равной  $20^{\circ}C$ , с указанным значением допустимой величины относительной погрешности  $\Delta (\pm 0,5 \%)$ .

После проведения расчета  $K$  при необходимости осуществляется формализация полученных расчетных данных в диалоговом окне. При этом на экране монитора отражается стандартизированная форма протокола (часть 1) СПС в виде таблицы с исходными данными заказчика и представленного для проведения теплотехнических испытаний ТС. На рисунке 3 приведен пример заполненной формы части 1 протокола.



Рисунок 2 – Визуализация расчетных значений К

Станция, уполномоченная проводить испытания	
Название (фамилия)	Рефрижераторное вагонное депо "Троицк" – филиал АО "Рефсервис"
Адрес	Челябинская обл., г. Троицк, ул. Им. Т.Д. Дерибаса, д.30
Тип транспортного средства	
Изотермический вагон (вагон-термос), модернизированный с продлением срока службы в соответствии с проектом ТУ 3182-041-01124336-2016	
Заводская марка	16-6950
Регистрационный номер	90822073
Сервизный номер	Введите номер...
Дата начала эксплуатации	Введите дату...
Тара, кг	31600 (выписка из книги перевозки грузов)
Грузоподъемность, кг (указать источник информации)	54000 (технический паспорт вагона)
Кузов	Введите текст...
Марка и тип	Теплоизолированный, термос
Опознавательный номер	9082073
Изготовлен (кем)	Рефрижераторное вагонное депо "Троицк" – филиал АО "Рефсервис"
Принадлежит (кому) или эксплуатируется (кем)	АО "Рефсервис"
Представлен (кем)	АО "Рефсервис"
Дата изготовления	20.01.2018 г.
Спецификация стенок кузова	
Крыша	Металл оцинкованный 1,00 мм, плита пенополистирольная 250,00 мм, металл 1,50 мм
Пол	Резина 4 мм, доска 45 мм, плита пенополистирольная 120,00 мм, металл 2,00 мм
Боковые стенки	Металл оцинкованный 1,50 мм, плита пенополистирольная 200,00 мм, металл 1,50 мм
Торцевые стенки	Металл оцинкованный 1,50 мм, плита пенополистирольная 200,00 мм, металл 1,50 мм
Конструктивные особенности кузова: количество, положение и размеры	
Дверей	Две (2200x2000 мм); расположены по обеим сторонам боковых стен
Вентиляционных отверстий	Нет
Отверстий для загрузки льда	Нет (не предусмотрены проектом ТУ-3182-041-01124336-2016)
Дополнительные приспособления	Введите текст...
Коэффициент К – Вт/м <sup>2</sup> ·К	0,5022 Вт/м <sup>2</sup> ·К

Рисунок 3 – Пример заполненной формы части 1 протокола СПС

После заполнения исходных данных о заказчике и представленном для проведения теплотехнических испытаний типе транспортного средства значение  $K$ , полученное в результате расчета и приведенное к средней температуре стенки транспортного средства, автоматически отражается в форме нижней части 1 протокола (см. рисунок 3).

С целью формализации результатов расчета  $K$  и представления полученных значений в компетентном органе аналогично заполняется часть 2 формы протокола СПС (рисунок 4, 5).

#### Приложение 2

##### Часть 2

Измерение общего коэффициента теплопередачи транспортных средств, не являющихся цистернами, предназначенными для перевозки жидких пищевых продуктов, в соответствии с подпунктом 2.1 добавления 2 к приложению 1 к СПС

Метод, использованный для испытания		Внутренний обогрев			
Дата и время закрытия дверей и других отверстий транспортного средства		22.05.2019 10:00:00			
Средние величины, полученные за	6 Часов функционирования в постоянном режиме с	24.05.2019 03:20:00	до	24.05.2019 09:20:00	часов
a)	средняя наружная температура кузова $T_n$ -	18,37	°C	0,21	К
b)	средняя внутренняя температура кузова $T_i$ -	44,64	°C	0,31	К
c)	полученная средняя разница температур $T$ -	44,64			К
<b>Максимальная разность температур:</b>					
Снаружи кузова		1,20			К
Внутри кузова		3,77			К
Средняя температура стенок кузова $\frac{T_n+T_i}{2}$		31,32			°C
Рабочая температура теплообменника		Введите текст...			°C
Точка росы воздуха снаружи кузова во время функционирования в постоянном режиме		-	°C	-	К
Общая продолжительность испытания		49,25			Ч
Продолжительность постоянного режима		12,00			Ч
Мощность, затраченная в теплообменниках: $W1$		4578,33			Вт
Мощность, затраченная в теплообменниках: $W2$		0			Вт
Общий коэффициент теплопередачи, определенный по формуле:					

Рисунок 4 – Пример заполненной формы части 2 протокола СПС

Испытание на внутренний обогрев $K = \frac{W1 - W2}{S \cdot \Delta T}$	
$K =$	0,5473789 Вт/м <sup>2</sup> ·К
Максимальная погрешность измерения при проведенном испытании	0,02736895 %
Значение общего коэффициента теплопередачи, приведенное к температуре стенок кузова +20, составляет	0,5022702 Вт/м <sup>2</sup> ·К с учетом погрешности 0,02511351
Замечания: Вт/м <sup>2</sup> ·К, что составляет не более 0,5273837 Вт/м <sup>2</sup> ·К	
(Заполняется только для транспортного средства, не имеющего термического оборудования) Исходя из приведенных выше результатов испытания, транспортное средство может признаваться пригодным на основании свидетельства, выданного в соответствии с добавлением 3 к приложению 1, к СПС, действительного в течении не более шести лет, транспортное средство имеет опознавательное буквенное обозначение IN. Однако использование настоящего протокола испытания в качестве свидетельства официального утверждения транспортного средства в соответствии с пунктом 6	
a) добавление 1 к приложению 1 к СПС возможно только в течении не более шести лет, т.е. до	24.05.2025
Составлен в	Введите текст...
Дата	24.05.2019
Ответственный за испытание	Князев А.А.

Рисунок 5 – Пример формализованной формы части 2 протокола СПС

Для удобства и проведения расчета в соответствии с требованиями СПС в диалоговом окне РПК «ОЛИМП» приведены необходимые справочные данные, которые предоставляются пользователю путем активации соответствующего диалогового окна: «СПС Схема расстановки датчиков температуры», «Основные требования проведения испытаний по СПС», «Метод испытаний по СПС».

Сегодня институтом ведется работа по апробации РПК «Олимп» в испытательных станциях.

### Список литературы

1 ГОСТ Р 53828-2010. Автомобильные транспортные средства. Система обеспечения микроклимата. Технические требования и методы испытаний. – Введ. 2010-09-15. – М. : Стандартинформ, 2010. – 19 с.

2 ГОСТ Р 50697-94 (ИСО 1496-2-88). Контейнеры грузовые серии 1. Технические требования и методы испытаний. Ч. 2. Контейнеры изотермические. – Введ. 2010-09-15. – М. : Изд-во стандартов, 1994. – 72 с.

3 ГОСТ Р 50992-2019. Автомобильные транспортные средства. Климатическая безопасность. Технические требования и методы испытаний. – Введ. 2021-05-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 28 с.

4 ГОСТ Р 51825-2001. Услуги пассажирского автомобильного транспорта. Общие требования. – Введ. 2001-07-01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 9 с.

5 **Теймуразов, Н. С.** Ускоренные методы оценки коэффициента теплопередачи кузовов изотермических транспортных средств / Н. С. Теймуразов, С. Н. Науменко // Вестник ВНИИЖТ. – 2009. – № 5. – С. 18–21.

6 **Бартош, Е. Т.** Энергетика изотермического подвижного состава / Е. Т. Бартош. – М. : Транспорт, 1976. – 304 с.

7 **Голубин, А. А.** Экспресс-оценка величины коэффициента теплопередачи изотермического вагона : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / А. А. Голубин ; Науч.-исслед. ин-т ж.-д. трансп. – М., 2018. – 24 с.

8 Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://unece.org/sites/default/files/2022-09/2201321R\\_pdf\\_web%20with%20corrections.pdf](https://unece.org/sites/default/files/2022-09/2201321R_pdf_web%20with%20corrections.pdf). – Дата доступа : 15.02.2022.

9 Расчётно-программный комплекс по определению общего коэффициента теплопередачи кузова изотермического транспортного средства «Олимп» : свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022617514, 21.04.2022 / М. И. Мехедов [и др.]. – № 2022616303 от 08.04.2022.

УДК 656

## ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОПИЛОТА НА ДОРОГАХ

*С. В. ВАСИЛЕВСКИЙ, Н. А. ГЕРАСИМЁНОК, В. Д. ВЛАДЫМЦЕВ*  
*Белорусский государственный университет информатики*  
*и радиоэлектроники, г. Минск*

Рост потребности в перевозках товаров и в услугах является естественным следствием экономического развития и увеличения населения. Однако

рост объемов грузоперевозок может привести к проблемам с пропускной способностью городских дорог. Одной из основных причин увеличения проблем являются ограниченность дорожной инфраструктуры и её неспособность быстро адаптироваться к изменяющимся потребностям. Недостаточное количество дорог, пробки, ограничения на движение транспорта в центре города, а также неэффективное использование транспортной инфраструктуры могут привести к задержкам и перебоям в поставках. Следствием чего является непосредственное повышение стоимости товара и ухудшение экологии.

Развитие инфраструктуры с использованием новых технологий, таких как нейронные сети, может помочь автоматизировать управление и улучшить процессы транспортировки грузов и пассажиров. Примеры использования нейронных сетей в контексте процессов включают прогнозирование трафика и оптимизацию маршрутов. Например, одна из задач, решаемых с помощью нейронных сетей, – это моделирование процессов распределения трафика на основе сетей сложных перекрестков. Это позволяет повысить эффективность дорожного движения и уменьшить время в пути. Кроме того, нейронные сети могут прогнозировать спрос на транспортные услуги или подбирать альтернативные маршруты транспортных средств, которые могут привести к уменьшению затрат на топливо и повышению производительности.

Хорошим решением является использование нейросети в качестве автопилота, они же *autonomous vehicles (AVs)*. Одним из основных преимуществ является повышенная безопасность и уменьшение выбросов. Хотя автономные транспортные средства, или *AVs*, привлекают большое внимание средств массовой информации, приложения искусственного интеллекта на транспорте выходят далеко за рамки беспилотных транспортных средств и уже оказывают влияние. В гораздо более широком масштабе искусственный интеллект может помочь решить целый ряд проблем на транспорте, связанных с безопасностью, надежностью и предсказуемостью, а также эффективностью и устойчивостью.

Безопасность дорожного движения как для водителей, так и для пешеходов является серьезной проблемой общественного здравоохранения. Число погибших в результате дорожно-транспортных происшествий достигло 1,2 миллиона в 2021 году. Хотя неадекватная инфраструктура – в частности, плохие дороги и транспортные средства, не оснащенные современным оборудованием для обеспечения безопасности – играет определенную роль в представленной статистике, человеческий фактор становится причиной в разы чаще. Исследователи полагают, что *AVs* может снизить смертность в дорожно-транспортных происшествиях до 90 процентов к 2050 году в некоторых развитых странах [1]. Первая попытка Tesla внедрить *AV* снизила уровень аварийности на 40 процентов, когда были активированы техноло-

гии самостоятельного вождения [2]. Хотя AVs, возможно, не будут готовы к массовому внедрению на развивающихся рынках в краткосрочной перспективе, по некоторым амбициозным оценкам, в 2030 году 1 из 4 автомобилей будет беспилотным [3].

Транспорт, способствующий перемещению людей и товаров, зависит от стабильной работы и способности прогнозировать время прибытия и отправления. В общественном транспорте предоставление своевременной и точной информации о времени в пути может привлечь пассажиров и повысить удовлетворенность пользователей транзитных перевозок [4]. Программа Всемирного банка Индекс эффективности логистики (LPI) включает своевременность в качестве одного из шести аспектов торговли для разработки показателя управления цепочками поставок в стране. Неопределенная и ненадежная инфраструктура, а также перегруженность дорог оказывают влияние на надежность и предсказуемость. Поставщики решений для городской мобильности, такие как Uber и Lyft, используют искусственный интеллект различными способами, чтобы обеспечить надежное время прибытия и высадки на своих маршрутах, и такие технологии могут быть использованы для повышения качества решений в области общественного транспорта во всем мире. Одним из примеров является Via, которая предлагает свою технологию новому Департаменту образования города Нью-Йорка, чтобы разработать «умные» автобусные маршруты и обеспечить прозрачность при посадке и высадке [5].

Развивающиеся страны, к категории которой и относится Беларусь, часто занимают низкие позиции в LPI, поскольку расходы на логистику в процентах от ВВП обычно выше, отчасти из-за недостаточной эффективности, вызванной неадекватной инфраструктурой и плохими таможенными процедурами. В то время как развитые страны обычно тратят на логистику от 6 до 8 процентов ВВП, в некоторых развивающихся странах эти расходы могут составлять от 15 до 25 процентов. Искусственный интеллект может помочь оптимизировать движения для достижения максимальной эффективности. В частности, область электронной логистики, в которой технологии, связанные с Интернетом, применяются к цепочке спроса и предложения, включает искусственный интеллект несколькими способами, например согласование грузоотправителей с поставщиками услуг доставки.

Необходимо отметить и значительное улучшение экологической обстановки при использовании AVs. Точность прогнозирования нейронных сетей непосредственным образом влияет на эффективность построения логистических цепей и более грамотное использование ресурсов. Так же использование нейронных систем в автопилотах может снизить количество пробок на дорогах, поскольку автоматический контроль скорости и расстояния между транспортными средствами позволит более плавно и быстро двигаться по дорогам. Кроме того, автоматика способствует экономии топлива,

в связи с отсутствием человеческого фактора. Они могут автоматически оптимизировать скорость движения или темп под разные типы дорог, чтобы достичь максимальной эффективности топлива.

Современный автопилот является сложной системой, основанной на машинном обучении и искусственном интеллекте. Для того, чтобы автопилот мог эффективно работать, ему необходимо иметь доступ к большому объему данных. Данные, используемые автопилотом, могут быть разного типа, включая географические данные, информацию об условиях дорожного движения, метеорологические данные, данные о состоянии транспортного средства и многие другие. Эти данные используются для создания моделей поведения, которые позволяют автопилоту принимать решения на основе анализа текущей ситуации и предсказания будущих событий. Кроме того, для обучения автопилота необходимо использовать большой объем данных, чтобы улучшить его точность и надежность. Обучение может происходить как на реальных данных, собранных в ходе эксплуатации транспортного средства, так и на симуляторах, которые имитируют различные условия и сценарии.

Важно отметить, что сбор и обработка данных для автопилота является сложным и длительным процессом, который требует значительных ресурсов и экспертизы. Однако благодаря современным технологиям сбор и обработка данных становятся все более эффективными и автоматизированными. Уже сегодня наша инфраструктура способна собирать подобные данные с государственных транспортных средств, таких как автобусы, пожарные машины, милицейские машины, скорые и другие. Также данные могут быть собраны с помощью обычных автомобилистов на добровольной основе. Например, существуют мобильные приложения, которые собирают данные о движении и состоянии дороги с помощью смартфонов автомобилистов. Эти данные могут быть использованы для создания карты дорожной сети, которая позволяет автопилотам и другим системам искусственного интеллекта планировать маршруты и принимать решения на основе актуальной информации о дорожной ситуации. Однако следует отметить, что сбор и использование данных с видеорегистраторов и других устройств должно быть совершенно легальным и соответствовать законодательству о защите персональных данных. Кроме того, сбор данных должен осуществляться с согласия владельцев транспортных средств и автомобилистов, а также с учетом приватности и безопасности этих данных.

После сбора определенного количества данных имеет смысл на их основе создать симулятор дорожных происшествий. В нем сталкиваются две нейронные сети: автопилот и сеть, симулирующая допустимые дорожные сценарии, с указанными ограничениями. Сценарии, представляют из себя нестандартное, однако реальное поведение других участников движения. Чаще всего они будут представлять из себя потенциальные дорожно-

транспортные происшествия. Целью автопилота в данном случае является получение наименьшего ущерба всеми участниками движения. Данный подход является реализацией состязательного алгоритма обучения, который способствует развитию автопилота. Состязательный подход позволяет создавать более точные модели, которые лучше соответствуют реальным данным. Генератор может адаптироваться к изменчивым условиям, создавая данные, которые соответствуют новым требованиям. Описанные процессы помогут уменьшить проблемы с пропускной способностью городской дорожной инфраструктуры и поспособствуют развитию более эффективной и устойчивой транспортной системы.

### Список литературы

1 **Lafrance, Adrienne.** Self-Driving Cars Could Save 300,000 Lives Per Decade in America [Electronic resource] / Adrienne Lafrance // The Atlantic. – 2015. – Mode of access : <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2015/09/self-driving-cars-could-save-300000-lives-per-decade-in-america/407956/>. – Date of access : 10.02.2023.

2 **Sears, Alec.** The Future of AI: These Four Industries Will Change By 2030 [Electronic resource] / Alec Sears // Bold Business. – 2018. – Mode of access : <https://www.boldbusiness.com/digital/ai-will-change-four-major-industries-by-2030/>. – Date of access : 10.02.2023.

3 **Garret, Olivier.** 10 Million Self-Driving Cars Will Hit The Road By 2020: Here's How to Profit / Olivier Garret // Forbes Guest Post. – 2017. – Mode of access : <https://www.forbes.com/sites/oliviergarret/2017/03/03/10-million-self-driving-cars-will-hit-the-road-by-2020-heres-how-to-profit/#8c0d98c7e508>. – Date of access : 10.02.2023.

4 **Jeong, R.** Bus arrival time prediction using artificial neural network model / R. Jeong, L. Rilet // Paper presented at Proceedings : 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, ITSC 2004, Washington DC, United States. – P. 988–993.

5 **Anzilotti, Eillie.** New York City's School Buses Will Now be Automatically Routed and Tracked Using Via's Algorithm [Electronic resource] / Eillie Anzilotti // Fast Company, Compass. – Mode of access : <https://www.fastcompany.com/90393225/new-york-citys-school-buses-will-now-be-automaticallyrouted-and-tracked-using-vias-algorithm>. – Date of access : 10.02.2023.

УДК 656.96:656.025:004:33.330.3

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА: ЭКСПОРТ, ИМПОРТ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

*Д. Н. МЕСНИК, Д. А. ВЕЧЁРКО*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Значение автомобильного транспорта общеизвестно. Именно автомобильный транспорт позволяет организовать доставку грузов «до двери» ко-

нечного получателя. В Республике Беларусь международный автотранспорт является видом деятельности, значение которого в экономике возрастает на протяжении последних 20 лет. Последние годы именно международный автотранспорт формирует положительное сальдо торговых операций транспортных услуг республики.

На рисунке 1 представлен экспорт перевозок грузов по видам транспорта Республики Беларусь за период 2010–2021 годов.

В 2021 году экспорт грузовых транспортных услуг продемонстрировал рост в 1,44 раза к базисному 2010 году. По видам грузового транспорта значительный рост экспорта пришёлся на прочие виды грузового транспорта – 6,86 раз; воздушный транспорт – 3,42 раза; автомобильный транспорт – 2,66 раза; железнодорожный – 1,36 раз; морской – 1,35 раз. Наблюдалось падение объёмов экспорта и передача электроэнергии около 46,71 % к 2010 году и 24,65 % к 2019 году трубопроводным транспортом, а также грузовым железнодорожным транспортом к 2019 году на 3,82 %, тогда как по отношению к 2010 году отмечен прирост экспорта по грузовому железнодорожному транспорту 36,14 %.

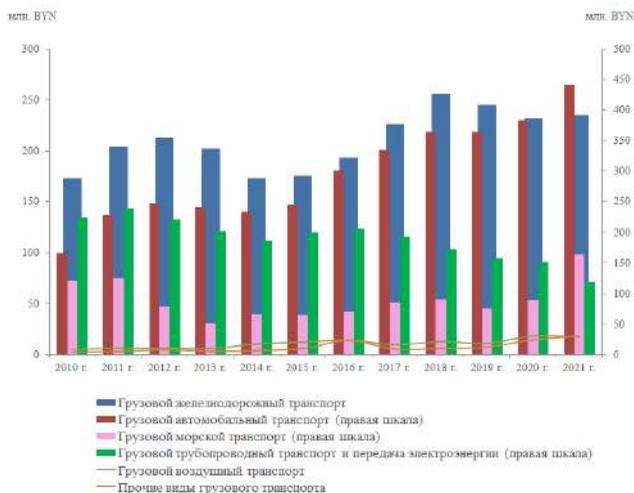


Рисунок 1 – Экспорт грузовых транспортных услуг Беларуси, млн BYN (2010 = 100 %)

Структурные изменения экспорта произошли по видам грузовых транспортных перевозок (рисунок 2).

Если в 2010–2011 годах наблюдалась максимальная доля грузового экспорта по трубопроводному транспорту и передаче электроэнергии, то с 2012 года по 2021 год по доле экспорта грузовых перевозок лидирует автомобильный транспорт, который в 2021 году показал увеличение на 0,20 п. п.

к 2010 году. Трубопроводный транспорт и передача электроэнергии наоборот продемонстрировали снижение доли экспорта на 0,20 п. п. Долю в экспорте снизили железнодорожный и морской транспорт на 0,01 п. п. (каждый). За рассматриваемый период доля в экспорте грузовых перевозок выросла по воздушному и прочему виду грузового транспорта на 0,01 п. п. (по каждому).

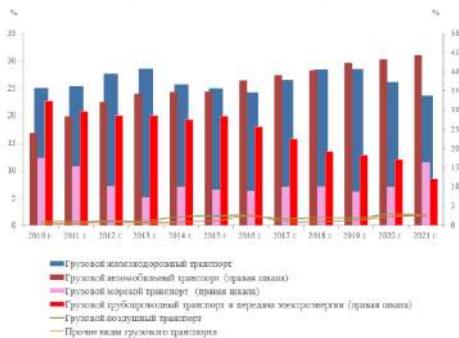


Рисунок 2 – Структура экспорта грузовых транспортных услуг Беларуси, % (2010 = 100 %)

Объёмы импорта по видам грузового транспорта приведены на рисунке 3.

По объёмам импорта грузовых перевозок наибольший рост был в 2021 году – 4,77 раз к 2010 году по воздушному транспорту, а к 2019 году показали прочие виды грузового транспорта и морской – 2,46 раз и 2,02 раза соответственно. Импорт грузовых поставок автомобильным транспортом отмечен темпами сокращения – 13,59 % в 2021 году к 2019 году, тогда как по отношению к 2010 году темп прироста составил 153,89 %. Значительный темп прироста импорта показали воздушный транспорт к 2010 году – 376,89 %, железнодорожный транспорт к 2019 году – 41,42 %. В 2021 году по всем видам грузового транспорта объём импорта к 2019 году вырос в 1,32 раза, а к 2010 году – в 1,85 раз.

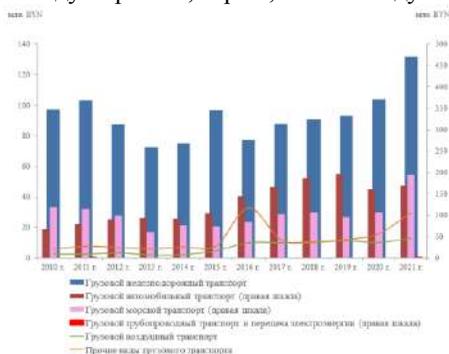


Рисунок 3 – Импорт грузовых транспортных услуг Беларуси, млн BYN (2010 = 100 %)

Изменение структуры импорта грузовых транспортных услуг представлено на рисунке 4. Данные рисунка свидетельствуют, что в 2021 году по отношению к 2010 году рост доли импорта грузовых перевозок показали автомобильный транспорт (8,54 %), воздушный транспорт (1,48 %), прочие виды грузового транспорта (3,49 %), сокращение доли импорта по железнодорожному и морскому транспорту – на 8,83 и 4,87 % соответственно. Примечательно, что импортные грузовые услуги морского и автомобильного транспорта асинхронны (с ростом доли в структуре грузовых импортных перевозок одних, другие демонстрируют снижение).

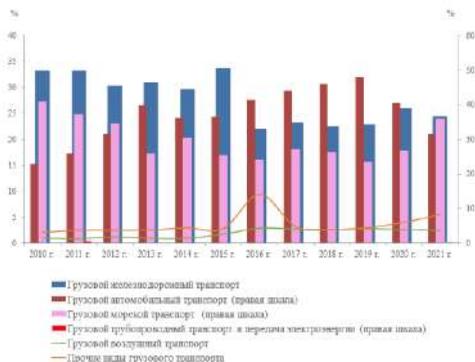


Рисунок 4 – Структура импорта грузовых транспортных услуг Беларуси, % (2010 = 100 %)

Сальдо торговых операций по транспортным услугам изображено на рисунке 5.

За период 2010–2021 годы сальдо торговых операций транспортных услуг сформировалось положительным и продемонстрировало рост в 1,16 раз к 2010 году.

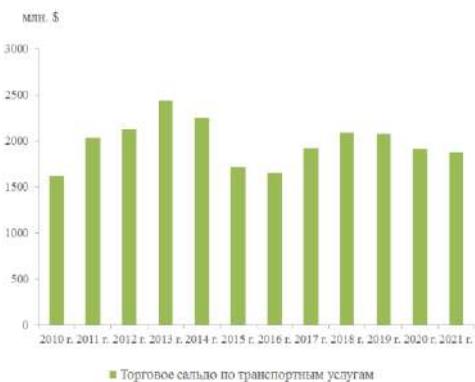


Рисунок 5 – Сальдо торговых операций транспортных услуг Республики Беларусь, млн дол. США

Рассмотрим динамику экспорта и импорта услуг автомобильного транспорта и соотнесем ее основными тенденциями, имевшими место на рынке международных перевозок в этот период. На рисунке 1 хорошо видны два кризиса, затронувших сферу перевозок: это 2014–2015 и 2020 годы.

Показатель экспорта услуг тесно связан с показателем валовой выручки предприятий транспортной отрасли. В 2014–2015 годах эксперты особенно выделяют действие следующих негативных факторов, повлиявших на рынок международных автоперевозок:

- снижение объемов автомобильных перевозок между европейскими странами и Российской Федерацией;
- снижение уровня деловой активности в Республике Беларусь, Российской Федерации;
- усиление конкуренции как на европейском, так и на отечественном рынке международных автоперевозок.

В результате на наиболее востребованных направлениях произошло следующее снижение фрахтовых ставок: в направлении Италии – на 15 %, Германии – на 21 %, Франции – на 23 %.

Также необходимо учитывать тот факт, что соотношение евро / доллар США в период с 2011 по начало 2014 года составляло значение в диапазоне 1,39–1,33, а в течение 2014 года – к началу 2015 стало равным 1,15, т. е. при оценке экспорта транспортных услуг в долларах США размер полученных доходов еще более снизился.

Затем отрасль международных автоперевозок вошла в фазу уверенного роста: росло количество подвижного состава, занятого на международных перевозках (рост в 2019 к 2015 составил 128,7 %); белорусские перевозчики стали вытеснять своих иностранных коллег с рынка. Так, если при экспортных перевозках из Республики Беларусь в европейские страны отечественные перевозчики в период 2014–2019 гг. стабильно держали долю перевозок в диапазоне 56–58 % от общего количества, то в части импорта за этот же период произошел значительный рост с 49 % (2015) до 64 % (2019).

Это находит свое отражение в динамике изменения экспорта услуг автомобильного транспорта (см. рисунки 1, 2).

Следующий кризис – системный кризис 2020 года, связанный с коронавирусными ограничениями.

Ограничение перевозок по странам, закрытие границ, удлинение маршрутов, усложнение логистических процедур негативно сказались на ситуации в транспортной отрасли.

Помимо указанных проблем в этот период имели место следующие:

- дефицит разрешений, который ограничивал доступ отечественных перевозчиков к перевозкам на наиболее прибыльных направлениях;
- снижение деловой активности на основных рынках;

- уменьшение ставок на перевозку грузов и одновременное увеличение расходной составляющей перевозок;
- невысокие ставки на перевозки, выполняемые в (из) Республику Беларусь;
- высокий удельный вес себестоимости в выручке при перевозках в Республику Беларусь и, как следствие, низкая рентабельность.

Надо отметить, что вместе с указанными тенденциями в течение последних десяти лет имела место еще одна. Белорусские компании, в первую очередь частные, в жесткой конкурентной борьбе с иностранными перевозчиками стремились находить новые эффективные формы ведения деятельности. Одно из основных направлений – создание дочерних предприятий на территории других, чаще всего сопредельных, государств – России, Польши, Литвы. В последние годы – в Казахстане, Узбекистане.

Увеличивающийся объем транспортной работы выполнялся в том числе за счет привлечения иностранных перевозчиков как сторонних, так и дочерних компаний. Таким образом, растущий бизнес международных автоперевозок все более активно пользовался услугами иностранного транспорта. Это хорошо видно на рисунке 3, где отображен рост импорта услуг автомобильного транспорта в период с 2014 по 2019 г.

Опережающий рост экспорта услуг был обусловлен в том числе и тем, что управление транспортом осуществлялось из Республики Беларусь. А значит, общая выручка от оказания транспортно-экспедиционных услуг попадала в республику.

Исходя из проанализированных тенденций можно сделать прогноз, касающийся отдельных аспектов дальнейшего формирования экспорта услуг международных автоперевозок.

В 2022 году произошло существенное ухудшение условий хозяйствования белорусских перевозчиков, связанное с закрытием западных границ, санкционными ограничениями, изменением структуры внешней торговли. Произошло уменьшение числа транспортных средств, занятых на международных перевозках грузов, с примерно 20 тыс. до 17–18 тыс. единиц. Поскольку такое снижение происходило, главным образом, за счет вывоза транспорта в другие страны, напрямую или путем продажи в республике и покупки его за рубежом, то равноценного снижения экспорта услуг не возникло в силу «экспедиционной» природы показателя экспорта услуг. Такая же тенденция может иметь место в течение 2023 года.

Однако в случае, если негативные условия продлятся в 2023–2024 гг., отток транспорта приведет к перемещению за рубеж управляющих экспедиционных компаний. А такая тенденция однозначно негативно скажется на сальдо торговых операций транспортных услуг.

Формирование положительного сальдо транспортных услуг является важнейшей задачей, выполнение которой зависит от большого числа внеш-

них (международная деловая активность, изменение цен на топливо на мировом рынке и др.) и внутренних (условия хозяйствования транспортных компаний в стране) факторов. Детальный анализ изменений показателей экспорта и импорта услуг позволяет сделать прогноз дальнейших сценариев развития международного автотранспорта.

### Список литературы

1 Статистический ежегодник 2022 / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск : Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2022. – 374 с.

УДК 656.13

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ПАССАЖИРОПОТОКА ПРИ МЕЖДУГОРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ В РЕГУЛЯРНОМ СООБЩЕНИИ

*В. Н. СЕДЮКЕВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Для принятия обоснованных решений по необходимой провозной способности на маршруте перевозок пассажиров в регулярном сообщении требуется информация об интенсивности пассажиропотока (среднем значении, законе распределения и его основных параметрах).

Исходя из физики процессов, интенсивность потоков на обслуживание, в том числе пассажиропотоки, обычно имеют распределение по закону Пуассона. Это распределение описывает случайную дискретную величину, представляющую собой число событий, произошедших за фиксированное время при условии, что данные события происходят с некоторой фиксированной средней интенсивностью и независимо друг от друга. Однако применительно к суточным пассажиропотокам, интенсивность которых может составлять несколько сотен, дискретные распределения неприменимы. Поэтому распределение суточных пассажиропотоков при больших значениях интенсивности могут быть описаны с помощью непрерывных распределений, предположительно таких как нормальное и Эрланга [1, с. 573]. В свою очередь распределение Эрланга при больших значениях параметра  $k$ , который зависит от коэффициента вариации  $\nu$  случайной величины ( $k = \max(\text{сint}(1/\nu)^2; 1)$ , где  $\text{сint}(\dots)$  – функция округления), приближено к нормальному распределению, например, при  $\nu = 0,20$  соответственно  $k = 25$ , и распределение Эрланга и нормальное различаются незначительно.

Наиболее подходящий закон распределения интенсивности пассажиропотока на маршруте может быть выбран на основе сбора и обработки статистической информации, например по минимуму значения критерия Романовского.

В работе был исследован пассажиропоток в будние дни недели при рейсах, выполняемых по установленному расписанию, т. е. в регулярном сообщении, на маршруте Минск – Могилев, на которые были проданы билеты через кассы филиала «Автовокзал» государственного предприятия «Минсктранс».

Размер выборки определен исходя из необходимости интервальной оценки математического ожидания с относительной погрешностью 0,05 и вероятностью 0,90 при предварительно принятом коэффициенте вариации  $v = 0,19$  и принят соответственно равным 39.

Результаты статистической обработки полученных данных с помощью компьютерной программы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки данных о пассажиропотоке

Закон распределения	Параметры закона распределения	Число степеней свободы	Критерий Романовского	Уровень вероятности p-value по критерию Пирсона $\chi^2$	Уровень вероятности p-value по критерию Мизеса – Смирнова $w^2$
Нормальный	$a = 100$ $\sigma = 16,7$	1	0,297	0,23	0,696
Логарифмически нормальный	$a_1 = 4,60$ $\sigma^2 = 0,00271$	1	1,45	0,08	0,336
Релея	$\sigma_p = 80,1$	1	26,6	<0,001	<0,001
Эрланга	$\lambda\varepsilon = 0,359$ $k = 36$	1	1,02	0,11	0,443
Равномерный	$a = 71,6$ $b = 129$	2	10,5	<0,001	<0,001

Полученные результаты позволили определить закономерности распределения интенсивности междугородных пассажиропотоков при автомобильных перевозках.

Для исследованного суточного пассажиропотока выборочное математическое ожидание составило  $Q_{\text{пм}} = 100$  пас./сут, среднеквадратическое отклонение –  $\sigma_p = 16,7$ , коэффициент вариации  $v = 0,167$ . Для нормального закона распределения получены статистика критерия Пирсона  $\chi^2 = 1,42$  и статистика критерия Мизеса – Смирнова  $w^2 = 0,562$ , для закона Эрланга –  $\chi^2 = 2,45$  и  $w^2 = 0,865$ .

Для оценки согласованности эмпирического распределения с теоретическим законом применялись критерии Пирсона, Романовского и Мизеса –

Смирнова. Для критерия Пирсона принят предельный уровень значимости  $\gamma = 0,10$  и для Мизеса – Смирнова –  $\alpha = 0,2$  (чем больше уровень значимости, тем выше требования к согласованности). Табличное значение критерия Пирсона при принятом уровне значимости  $\gamma = 0,1$  и числе степеней  $r = 1$  имеет значение  $\chi_{\gamma,r}^2 = 2,71$ , а для критерия Мизеса – Смирнова при уровне значимости  $\alpha = 0,2$  табличное значение  $\omega_{\alpha}^2 = 1,42$  [2].

Поскольку для нормального закона распределения суточного пассажиропотока статистика критерия Пирсона  $\chi^2 = 1,42$  менее табличного значения  $\chi_{\gamma,r}^2 = 2,71$  (p-value, равное 0,23, более  $\gamma = 0,10$ ), статистика критерия Романовского 0,297 менее 3,0 и статистика критерия Мизеса – Смирнова  $\omega^2 = 0,562$  менее  $\omega_{\alpha}^2 = 1,42$  (p-value, равное 0,696, более  $\alpha = 0,20$ ), то гипотеза, что выборка распределена по нормальному закону, не может быть отвергнута.

Аналогично для закона распределения Эрланга статистика критерия Пирсона  $\chi^2 = 2,45$  менее табличного значения  $\chi_{\gamma,r}^2 = 2,71$  (p-value, равное 0,11, более  $\gamma = 0,10$ ), статистика критерия Романовского 1,02 менее 3,0 и статистика критерия Мизеса – Смирнова  $\omega^2 = 0,865$  менее  $\omega_{\alpha}^2 = 1,42$  (p-value, равное 0,443, более  $\alpha = 0,20$ ), и поэтому нет оснований отвергать также гипотезу о том, что выборка распределена по закону Эрланга.

Таким образом, исследование интенсивности пассажиропотока подтвердило предположение, что ее распределение согласуется с нормальным законом распределения или законом распределения Эрланга. Однако по рассматриваемым критериям более предпочтительным является нормальный закон распределения. Альтернативным допустимым вариантом является закон распределения Эрланга. В то же время из результатов расчетов, приведенных в таблице 1, следует, что при принятых уровнях значимости логарифмически нормальный закон распределения не по всем критериям согласуется с опытными данными, а такие законы распределения, как Релея и равномерное, вообще не приемлемы.

Наличие информации о величине суточной интенсивности пассажиропотока и закономерности ее распределения могут быть положены в основу оптимизации необходимой провозной способности на маршруте автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении [3].

#### Список литературы

1 Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 832 с.

2 ГОСТ Р 8.736-2011. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ntcexpert.ru/documents/gost-r-8-736-2011.pdf>. – Дата допуска : 17.01.2023.

3 **Медушевская, Н. А.** Оптимизация провозной способности на междугородных автобусных маршрутах регулярного сообщения / Н. А. Медушевская, Ю. В. Шибeko; науч. рук. В. Н. Седюкевич // НИРС-2019 [Электронный ресурс] : материалы 75 студенческой науч.-техн. конф. / редкол.: А. С. Поварехо [и др.] ; под общ. ред. А. С. Поварехо ; сост. А. С. Поварехо. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 101. – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/63810>. – Дата доступа : 17.01.2023.

УДК 656.136

## **РАССМОТРЕНИЕ ВОПРОСОВ ПЕРЕЦЕПКИ И ПЕРЕВАЛКИ В УСЛОВИЯХ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

*О. А. ДОВГУЛЕВИЧ, Д. П. МИХАЛЬКЕВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Международные автомобильные перевозки являются одним из важнейших инструментов развития международной торговли. Несомненным преимуществом автомобильного транспорта является его маневренность, мобильность, а также высокая скорость доставки грузов по сравнению с железнодорожным и водным транспортом.

При осуществлении перевозочного процесса главную роль играет время выполнения перевозки от загрузки до разгрузки. Перевозчику и заказчику перевозки выгодно как можно быстрее доставить груз из начального пункта в конечный. А при выполнении международной перевозки важными условиями являются своевременная обратная загрузка, минимизация порожнего пробега и необоснованных простоев.

На время выполнения перевозки влияют следующие показатели: время выполнения погрузочно-разгрузочных работ, время таможенного оформления, скорость сообщения, время прохождения пунктов пограничного контроля. На многие из них перевозчик не может повлиять, например время прохождения пунктов пограничного контроля зависит только от эффективности работы пункта пограничного контроля и количества автомобилей в очереди (которое является случайным числом); время таможенного оформления тоже в свою очередь зависит только от эффективности пункта таможенного оформления и числа обслуживаемых автомобилей; увеличение скорости сообщения упирается в Правила дорожного движения и, соответственно, влияет на безопасность перевозки.

В современной геополитической ситуации рынок международных автомобильных перевозок Республики Беларусь переживает трудные времена в связи с нарушением многолетних цепей поставок грузов. Наложенный в марте 2022 года санкционный запрет затронул транспортно-логистическую

индустрию нашей страны – автомобильные грузоперевозки в странах Европейского Союза белорусским транспортом запрещены, в том числе транзитные [1]. Несмотря на некоторые отступления для ряда товаров, это исключает передвижение белорусских тягачей по европейской территории. Как ответные меры, Республика Беларусь в апреле 2022 года установила запрет на перемещение по своей территории грузовых автомобилей и тягачей, зарегистрированных в Европейском Союзе [2] (с исключениями для некоторых категорий товаров). Европейский автомобиль должен следовать через определенные пункты пропуска в приграничные транспортно-логистические центры и сервисные зоны для осуществления грузовых операций и перецепки (перегрузки). Непосредственно перецепка может быть осуществлена и в зоне ожидания от Республиканского пункта таможенного оформления.

С 10 октября 2022 года Транспортная инспекция Республики Беларусь начала оформлять автомобильным перевозчикам иностранных государств Европейского союза разрешения на международную перевозку грузов автомобильным транспортом по территории Республики Беларусь. Тем самым раздвинулись границы территории доступа для иностранных перевозчиков, но условия получения разрешений все еще сдерживают таковых от широкого использования данной возможности.

Анализ практики осуществления международных автомобильных перевозок позволяет выделить две логистические стратегии развития международных автомобильных перевозок в санкционных условиях:

1 Перевалка (перегрузка) товаров с одного транспортного средства на другое со сменой перевозчика на территории Республики Беларусь.

2 Перецепка европейского полуприцепа со сменой тягача на территории Республики Беларусь.

Согласно постановлению [2] грузовой автомобиль или тягач имеет возможность въехать на территорию Республики Беларусь только на расстояние 50 км от Республиканского пункта таможенного оформления до места перецепки или перегрузки. Допуск в место перецепки (перегрузки) осуществляется по прибытии двух водителей – европейского и белорусского. При этом водители в обязательном порядке должны иметь на руках все необходимые транспортные, коммерческие документы и документы с описанием товаров на русском языке. После проверки документов таможенными органами водители одновременно заезжают в транспортно-логистический центр или в другое установленное законодательством место для перецепки (перегрузки). Имеется взимание платы за услугу размещения транспортных средств в транспортно-логистическом центре или в зоне ожидания. Кроме того, европейский перевозчик вправе отказаться от перецепки (перегрузки), однако в таком случае он будет вынужден вернуться в сопредельное государство, из которого въехал на территорию Республики Беларусь.

Самым непродолжительным по времени выступает процесс перецепки (обмена прицепами). Процесс перегрузки продолжительнее, связан с рядом дополнительных условий. Предпочитая перецепку перегрузке, автомобильный перевозчик сокращает время выполнения погрузочно-разгрузочных работ, тем самым сокращая время доставки груза.

После перецепки или перегрузки груз на восточное направление доставляется белорусскими транспортными средствами. В связи с этим, ответственность за сохранность груза полностью переходит белорусским перевозчикам. В документах делается отметка о перецепке или перегрузке, а белорусский перевозчик становится «последующим перевозчиком». Если осуществляется перегрузка, то это указывается в качестве указаний отправителя как таможенная и рабочая обработка.

В обратном направлении процесс аналогичен. Экспортируемый груз передается европейскому перевозчику, на которого переходит ответственность за сохранность груза, а также прицепа транспортного средства в случае осуществления перецепки.

Место происхождения (нахождения) товара (груза) напрямую влияет на необходимость наличия разрешения на осуществление международных перевозок грузов по территории некоторого количества стран. Имея договорные отношения с иностранным перевозчиком и вступая с ним в процесс экспортной или импортной перевозки грузов, белорусский перевозчик должен быть уверен в добропорядочности партнера, но не исключать проверку документации на перевозку тщательным образом для того, чтобы минимизировать свои риски.

Что касается вопросов таможенного транзита, то при нем товары помещаются под таможенную процедуру таможенного транзита, открывается транзитная декларация. В связи с изменениями до ввоза товаров обязательным является электронное предварительное информирование. Согласно Таможенному кодексу Евразийского экономического союза, до введения санкций оно выступало в качестве транзитной декларации, а в современных условиях рассматривается как транзитная декларация только от Республиканского пункта таможенного оформления до транспортно-логистического центра. После перецепки или перегрузки на белорусский автомобиль открывается внутренний транзит под обеспечение белорусского перевозчика, что тоже сопряжено с большим количеством новых рисков. При перецепке в таком случае сложно проверить количество груза и сам груз, что упрощается в процессе перегрузки, когда водитель полностью контролирует процесс, сверяет количество мест и сам груз с имеющимися документами. Тем самым снижаются некоторые риски.

Таким образом, в сложившихся политических условиях процесс перевозки экспортного и импортного груза может осуществляться белорусскими автомобильными перевозчиками с использованием процессов перецепки

или перегрузки грузов. Эти процессы имеют свои особенности и связаны с достаточным количеством рисков для самих автомобильных перевозчиков. Эти условия значительно повышают стоимость доставки груза.

### Список литературы

1 Об ограничительных мерах Евросоюза в отношении автомобильных перевозчиков Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://bamar.org/information/news/2022\\_04\\_11\\_181620/](http://bamar.org/information/news/2022_04_11_181620/). – Дата доступа : 12.04.2023.

2 О перемещении транспортных средств : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 22 апр. 2022 г. № 247 [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200247&p1=1>. – Дата доступа : 15.04.2023.

УДК 656.055

## МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ДОРОГЕ В УСЛОВИЯХ МИГРАЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ

*О. А. ДОВГУЛЕВИЧ, А. В. МАШУРИКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Непрерывный рост автомобилизации требует решения вопросов безопасности на дороге. ДТП с дикими животными – существенная проблема, наносящая урон не только транспортной системе, но и экологии. При возведении земляного полотна дороги происходит фрагментация ареала обитания животных и нарушаются пути их миграции. Этим, в основном, обусловлен выход животных на автомобильную дорогу. Самыми опасными периодами суток для ДТП с участием копытных являются вечерние и утренние сумерки – в это время снижается острота зрения и внимательность водителей, а животные повышают активность, перемещаясь ближе к пище или возвращаясь на ночевку в глубину леса. Некоторых животных привлекает разбросанная в осенне-зимний период года дорожными службами соль. Нередко дикие животные выбегают на дороги при преследовании их хищниками.

Дикое животное воспринимает движущийся автомобиль как хищника, который пытается отрезать пути отступления, поэтому в последний момент бросается через дорогу. Адекватно оценить скорость автомобиля животное не в состоянии, в результате на полном ходу может произойти столкновение. Столкновение автомобиля с дикими животными часто приводит к гибели самих животных, а также людей, находящихся в автомобиле.

На дорогах Беларуси в 2022 году зарегистрирован 3021 факт ДТП с участием охотничьих животных (на 43 случая больше, чем в 2021 году). В ре-

зультате инцидентов погибло или травмировано 3080 животных (на 27 особей больше, чем в 2021 году). К самым неблагоприятным в плане аварий с животными относят в Беларуси трассы М6, М2, М1, М4, М5 и М8. Обусловлено это тем, что эти автодороги республиканского значения проходят по территории Беларуси в зоне густого лесного массива, биозаповедников с крупными популяциями животных и земноводных, разделяя миграционные коридоры и ядра.

Если рассматривать аварийность с участием диких животных в Гомельской области с 2010 по 2021 года, то можно сделать следующие выводы. За рассматриваемый период произошло 39 учетных ДТП с участием диких животных. В основном, это прямой участок двухполосной проезжей части с асфальтобетонным покрытием. Самыми активными месяцами года являются сентябрь (25 % ДТП) и июль (16 % ДТП). Самым опасным временем суток выделились 21 час (15 % ДТП), 22 час (13 % ДТП) и 18 час (11 % ДТП). Большее количество жертв и последствий ДТП установлено на участках с неисправным освещением или при его отсутствии. Тенденции к снижению числа ДТП, погибших и раненых в них не наблюдается. Изменение абсолютных и относительных значений этих показателей свидетельствует об их возрастании.

Мероприятия, которые направлены на предотвращение ДТП с участием диких животных и сокращение ущерба, можно разделить на мероприятия, предупреждающие водителя о выходе животных на проезжую часть, и мероприятия, препятствующие такому выходу. Первые – это дорожные знаки и иные акцентирующие внимание водителей мероприятия. Вторые представляют собой защитные ограждения, экодуги, трассировку дорог и отпугивание. Ниже рассмотрены некоторые из них.

Участок дороги, проходящий по территории заповедников (охотничьих хозяйств, лесных массивов и т. п.), на котором возможно появление диких животных, согласно Правилам дорожного движения обозначается дорожным знаком 1.25 «Дикие животные». Водитель, увидев данный знак, должен снизить скорость и быть готовым объехать или пропустить выбежавшего на проезжую часть дикого зверя. Однако установка только лишь знаков зачастую недостаточно эффективна, так как водители могут не заметить или проигнорировать предупреждение, что приводит к ДТП. Опять же возникает вопрос, каким должно быть снижение скорости водителем. По данным о длине остановочного пути в зависимости от начальной скорости транспортного средства видно, что даже при скорости транспортного средства, равной 10 км/ч, длина остановочного пути составляет 3 м [1]. Для предотвращения наездов на дикое животное водителям рекомендуется перед знаком 1.25 снижать скорость транспортного средства до 60–80 км/ч. Однако при таких значениях скорости движения остановочный путь составит 37–59 м и дикое

животное, внезапно появившееся на проезжей части, будет непременно сбито.

В нашей стране имеется практика использования забора из сетки, которая представляет собой направляющую конструкцию к проходу животных под (над) дорогой. В сеточном заборе предусматриваются одиночные выходы или открытые лесотехнические дороги для того, чтобы животное, которое упирается в сетку возле дороги, не шло вдоль нее и не выходило к проезжей части там, где забор заканчивается.

В Гомельской области при решении вопроса безопасности движения в условиях миграции диких животных на одном из участков М10 между Гомелем и Речицей введен в эксплуатацию комплекс «Оптический забор». На сигнальные столбики вдоль дороги смонтированы рефлекторы. Попадающий на них свет фар отражает в сторону леса голубой проблеск, отпугивая животных. На дорогу они в большинстве своем не выходят.

В Республике Беларусь первый экодук – специальный мост-коридор над проезжей частью с естественной растительностью, по которым животное может перейти трассу без воздействия с ней – был введен в эксплуатацию в начале 2019. Он расположен на участке трассы М6 Минск – Гродно. Строительство пяти новых экодучков запланировано в рамках реконструкции автомагистрали М7. Нужно отметить, что строительство различных переходов и экодучков – сложный и дорогостоящий процесс. Возможен только при строительстве или реконструкции автодорог.

Если попытаться обобщить информацию и определить проблему, то можно сделать вывод, что в настоящее время в Республике Беларусь отсутствует опыт массового применения мероприятий, направленных на предотвращение ДТП с участием диких животных – экодучков, отпугивающих барьеров, предупреждающих табло, а также не сформирована нормативная база и порядок обоснования применения указанных мер.

Для наиболее эффективного решения проблемы выхода диких животных на проезжую часть и правильного подбора защитных мероприятий некоторые исследования предлагают оценивать степень опасности дикого животного на дороге с помощью коэффициента, который зависит от масс, габаритов, скоростей передвижения и высот центров тяжести транспортного средства и животного над уровнем поверхности проезжей части [2]. Чем выше коэффициент, тем тяжелее последствия при ДТП как для животного, так и для человека и транспортного средства. Использование предлагаемого коэффициента обеспечивает эффективное управление размещением защитных конструкций на региональной дорожной сети, ориентированное на повышение безопасности дорожного движения.

В качестве мер снижения риска ДТП с участием животных на участках автомобильных лесных дорог всех категорий в зоне действия знака 1.25 «Дикие животные» с целью предотвращения неминуемого наезда на живот-

ное предлагается ограничить скорость движения транспортных средств до 40 км/ч, о чем необходимо внести дополнения и изменения в Правила дорожного движения Республики Беларусь. Также требуется внести зону действия знака как зону запрещения выполнения обгона. Полоса отвода всех категорий лесных дорог не должна быть менее 30 м. Соблюдение Правил дорожного движения, в том числе скоростного режима, и особая осторожность в зоне действия знака «Дикие животные» существенно снизят риск аварий, связанных с внезапным появлением животных на дорогах.

Обобщение отечественного и зарубежного опыта применения предупреждающих и защитных мероприятий, сокращающих количество ДТП с животными, и дальнейшая разработка методики оценки их эффективности, внедрение мер профилактики и снижения рисков подобных ДТП являются актуальными задачами в обеспечении безопасности дорожного движения.

#### Список литературы

1 Расследование и анализ аварийных ситуаций на автомобильных дорогах постоянного действия / М. В. Драпалюк [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 2 (42). – С. 108–120.

2 Драган, В. В. Оценка влияния миграционных процессов диких животных на обеспечение безопасности дорожного движения / В. В. Драган, А. Е. Кравченко // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2019. – Т. 1 – С. 38–40.

УДК 665.21

### РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И СРЕДЫ ANYLOGIC

*А. В. ДУДАКОВА, Н. Ю. ГОНЧАРОВА, Р. Ю. УПЫРЬ*  
*Иркутский государственный университет путей сообщения,*  
*Российская Федерация*

Железнодорожный транспорт обеспечивает перевозку пассажиров и грузов, обеспечивая внутригосударственные и международные транспортные связи. Многие ученые изучают систему железнодорожных перевозок, ее нелинейное поведение [1, 2]. Наиболее эффективным методом системного анализа в подобных случаях является имитационное моделирование – способ создания цифровых моделей реальных систем для анализа и прогнозирования. Он включает использование математических и статистических

подходов для моделирования поведения системы в различных условиях. Имитационное моделирование широко используется во многих областях: в производстве, экономике, на транспорте, в здравоохранении, государственном управлении, образовании и науке.

Известны три основных подхода к имитационному моделированию: системный, дискретно-событийный и агентное моделирование. Принято считать, что дискретное моделирование подходит для анализа оперативных/тактических проблем, тогда как системная динамика – идеальная парадигма для стратегического планирования и создания экономических моделей. Агентное моделирование позволяет задавать интерактивные правила между компонентами и понимать, как взаимодействие агентов влияет на систему; подходит для детального изучения процессов во многих сферах, в том числе на транспорте и в логистике.

При имитационном моделировании применяется специальное программное обеспечение. Среди современных инструментов популярна среда AnyLogic, объединяющая все три современные парадигмы построения имитационных моделей [3]. Зарубежные и отечественные исследователи в области транспорта отмечают преимущества данного продукта при исследовании широкого спектра реальных задач. Например, модель Екатеринбургского ж. д. узла, построенная в AnyLogic, подробно рассмотрена в статье [4], имитационная модель, позволяющая оценивать время занятия прямо-отправочных путей технической станции приводится в [5], работа [6] посвящена исследованию транспортно-логистических интермодальных терминалов.

В настоящий момент на железнодорожном транспорте существует проблема обеспечения высокой скорости движения поездов в связи с тем, что она непосредственно влияет на подавляющее большинство эксплуатационных показателей. Так, маршрутная скорость грузовых поездов составляет 460 км/сут. В решении обозначенной проблемы большую роль играют сортировочные станции (СС), так как на скорость движения поездов напрямую влияет маршрутная скорость, учитывающая время на разгон, замедление и остановку на всех технических станциях. Одним из направлений решения данной проблемы является совершенствование инфраструктуры сортировочных станций для повышения производительности системы. Поскольку проведение натурных исследований в контексте рассматриваемого вопроса весьма проблематично, единственным возможным решением является применение методов математического и компьютерного моделирования. Использование имитационного моделирования и так называемых «цифровых двойников» (digital twins) становится все более популярным в различных отраслях, включая транспорт. Цифровые двойники транспортной инфраструктуры – это виртуальные реплики физических транспортных систем, воспроизводящие их функционирование в реальном времени, предоставля-

ющие высокоточное и интерактивное представление транспортной инфраструктуры, такой как пути сообщения, терминалы, различные искусственные сооружения (железнодорожные сортировочные горки, мосты, туннели) и др.

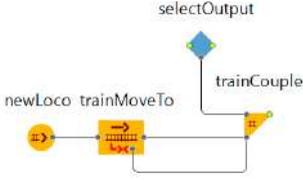
В данном исследовании авторы использовали агентный и процессный методы моделирования с обращением к железнодорожной библиотеке AnyLogic. Модель имитирует процесс расформирования/формирования составов поездов на железнодорожной сортировочной станции. Технологические процессы, выполняемые на сортировочной станции, достаточно сложные. Моделирование таких объектов часто сопряжено с необходимостью выполнения вычислений, проверки условий в зависимости от значений свойств объектов, использования вероятностных распределений, разработки нестандартных алгоритмических структур.

Одним из достоинств AnyLogic является возможность использовать для задания сценариев полнофункциональный объектно-ориентированный язык программирования Java с высокой производительностью. Моделируемый процесс работы сортировочной станции включает поступление поездов в парк приема, отправление поездного локомотива в локомотивное хозяйство, прибытие маневрового локомотива, расформирование вагонов по назначениям, поступление готовых сформированных составов в парк отправления. В модели задействовано три локомотива: поездной, два маневровых (для работы на горке и в районе формирования). Пример описания операций в среде AnyLogic приведен в таблице 1.

Главным результатом проведенной работы является то, что разработан программно-алгоритмический инструментарий, позволяющий проводить предварительное изучение работы сортировочной системы, разыгрывая различные сценарии, получить модельные решения с количественной оценкой влияния изменения показателей на эффективность выполнения технологических процессов всех подсистем.

При использовании методов аналитики данных и машинного обучения цифровые двойники могут помочь транспортным компаниям принимать обоснованные управленческие решения, оптимизировать использование инфраструктуры, повысить безопасность и эффективность. Аналогично, цифровые двойники железнодорожных сортировочных систем обеспечивают полное представление о происходящих процессах на сортировочных станциях, позволяют принимать оперативные решения, тестировать и внедрять новые технологии. Использование цифровых двойников потенциально может изменить способ управления и оптимизации транспортных систем, что приведет к повышению безопасности и сокращению финансовых издержек.

Таблица 1 – Пример описания операций с поездами своего формирования в среде AnyLogic

<p>Заезд маневрового локомотива и прицепка к составу</p>		<p>1 NewLoco – локомотив появляется на пути, заданном переменной trackReadyToDepart.                  2 SelectOutput проверяет имеется ли достаточное количество вагонов одного типа на пути или еще нет. При выходе (false) секции:                  – trackReadyToDepart = agent.getTrack( true );                  – newLoco.inject().                  3 TrainMoveTo – движение локомотива к готовым к перестановке вагонам;                  4 TrainCouple – прицепка маневрового локомотива к составу</p>
<p>Перестановка состава в парк отправления на свободный путь, технический и коммерческий осмотры</p>		<p>При перестановке свободный прием-отправочный путь задается функцией chooseTrack():                  – тело функции –  <b>if</b>( availableTracks.size() &gt; 0 ){                      <b>int</b> i = uniform_discr( 0, availableTracks.size()-1);                      <b>return</b> availableTracks.remove( i );}                  finishSimulation();                  getExperimentHost().showMessageDialog( "No empty tracks." );  <b>return null</b>;                  – delay – моделирование процесса технического и коммерческого осмотра</p>

### Список литературы

- 1 Моделирование крупнейшей в мире железнодорожной сортировочной станции с использованием теории массового обслуживания / М. Л. Жарков [и др.] // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (51). – С. 4–14.
- 2 Гончарова, Н. Ю. Использование методов имитационного моделирования в железнодорожном транспорте / Н. Ю. Гончарова, Р. Ю. Упырь, А. В. Дудакова // Мировые научные парадигмы в цифровую эпоху: взгляд в будущее : материалы VIII Международ. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 года. Т. 2. – Ростов н/Д : Общество с ограниченной ответственностью «Манускрипт», 2022. – С. 72–75.

3 AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.anylogic.ru/>. – Дата доступа : 04.05.2023.

4 Дискретно-событийная модель железнодорожного узла в среде AnyLogic / А. А. Любченко [и др.] // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 88–93.

5 Тимченко, В. С. Разработка системы поддержки принятия решений в среде AnyLogic для оценки длительностей занятия приемо-отправочных путей технической станции / В. С. Тимченко, К. Е. Ковалев // Информационные технологии в экономике : материалы. – 2018. – С. 138.

6 Неупокоева, Е. О. Обзор транспортно-логистических имитационных моделей платформы ANYLOGIC CLOUD / Е. О. Неупокоева, В. В. Быстров, С. Н. Малыгина // Труды Кольского научного центра РАН. – 2020. – Т. 11, № 8 (11). – С. 46–57.

УДК 004.946:629.7

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ VR/AR-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА

*А. Г. КАПУСТИН, А. С. ФЕДОРОВИЧ*

*Белорусская государственная академия авиации, г. Минск*

Современное развитие информационных технологий предопределило создание систем виртуальной и расширенной реальности. VR (*Virtual Reality*) переводится как виртуальная реальность. Предложенный термин обозначает полностью созданный компьютером цифровой мир, который никак не связан с местоположением. Чтобы погрузиться в него используют шлем или очки виртуальной реальности. Так же еще используются VR джойстики или сенсорные контроллеры. Система виртуальной реальности погружает пользователя в виртуальную среду, которая генерируется компьютером в интерактивном режиме, а система расширенной реальности «искусственно» изменяет окружающий мир с помощью виртуальной реальности. AR (*Augmented Reality*) переводится как дополненная реальность, в отличие от VR это проникновение в реальный мир цифрового. В образовательных системах под «дополненной реальностью» понимают компьютерную технологию, позволяющую ученику увидеть реальный мир с наложенными на него виртуальными объектами, что создает эффект их присутствия в едином пространстве. MR (*Mixed Reality*) с английского переводится как смешанная реальность. Можно считать, что это разновидность дополненной реальности, когда виртуальные объекты привязаны к местности. В современном мире образовательная сфера конкурирует с развлекательной и нуждается в современном инновационном механизме восприятия информации и формирования интереса к обучению.

В работе авторы рассматривают возможность использования технологий виртуальной реальности *VR (Virtual Reality)* и дополненной реальности *AR (Augmented Reality)* в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации» в качестве инструмента, дополняющего процесс обучения и направленного на повышение эффективности процесса обучения, путем ввода дополнительных интерактивных объектов в поле визуального восприятия обучаемого с целью увеличения эффективности усвоения учебной информации. Дидактические возможности *VR/AR*-технологий преподаватели рассматривают в контексте развития мышления будущих авиационных специалистов.

В образовании эффективность технологии *AR* основана на нескольких факторах: наглядность, визуализация, познавательный интерес, основанный на вовлечении и фокусировке внимания, и безопасность.

Научная новизна *AR*-технологий характеризуется следующими факторами:

- не требуется кардинальное изменение методики обучения (бумажные учебные пособия не ликвидируются и расширяют свои возможности);

- резко расширяются функции традиционного учебного материала, позволяя передавать обучаемому информацию не по узкому каналу «текст + неподвижное изображение», а по гораздо более широкому каналу «объемная анимация + звук»;

- вводится функция интерактивности в двух вариантах. Первый – подготовка к взаимодействию с реальными объектами (тренажеры, симуляторы, виртуальные лабораторные работы). Второй – взаимодействие с объектами, в реальной жизни недоступными (например, перетаскивание атомов и молекул при моделировании химических реакций и т. д.);

- повышается привлекательность учебного процесса за счет использования электронных устройств;

- обогащается визуальное и контекстуальное обучение, улучшая содержательность информации настолько, что до 80 % из нее удерживается в кратковременной памяти по сравнению с 25 % при восприятии на слух (традиционные учебные занятия) или чтении текста. Это связано с тем, что человеческий мозг предназначен для обработки образов, а не текста;

- применяется к любым активным формам проведения учебных занятий;

- не требуется больших затрат в условиях ограниченного финансирования: при внедрении *VR/AR*-технологий обучаемые пользуются своими собственными электронными устройствами, а учебники не потребуется переиздавать.

Авторы рассматривают *AR* как наглядное средство, т. к. *AR* дает материал в форме впечатлений и наблюдений, на который опираются косвенное познание, мыслительная деятельность, а также разного вида учебно-

практическая деятельность учащихся. AR в процессе обучения выполняет несколько функций: познавательную; формирующую; дидактическую; мотивационную; информационную; оптимизационную. Использование AR позволяет широко применять графику, видео анимацию и мультипликацию в интерактивном режиме и тем самым расширяет рамки применения принципа наглядности. Это позволяет доходчивее передавать информацию обучаемому, увеличивает объем информации, сообщаемой на учебном занятии, облегчает ее понимание, способствует развитию интуиции, образного мышления. С помощью AR-технологии обучения могут быть визуализированы невидимые объекты и явления, частицы, звук, абстрактные теоретические понятия, т. е. создан дидактический образ – модель, которой всегда присущи три функции: изоморфно-отражательная, чувственно-визуальная, интегративно-абстрактная. Авторами разработано и внедрено в учебный процесс 3 учебных пособия с элементами AR-технологии. Использование пособий в учебном процессе показало преимущества образовательного ресурса с использованием технологии дополненной реальности, которые характеризуются следующим образом:

- повышается привлекательность учебного процесса для современной молодежи, привыкшей к постоянному использованию электронных устройств;
- функции традиционных учебных пособий значительно расширяются за счет передачи обучаемому информации не по каналу «текст – неподвижное изображение», а по более широкому каналу «объемная анимация – звук»;
- вводится функция интерактивности (подготовка к взаимодействию с реальными объектами и с объектами, в реальной жизни недоступными);
- не требуется кардинальное изменение методики преподавания (бумажные учебные пособия, к которым привыкли и преподаватели и обучаемые, не ликвидируются, но возможности данных пособий расширяются, причем значительно;
- учебные пособия с дополненной реальностью устраняют «цифровой разрыв между поколениями (*digital gap*)» – пособие имеет свой привычный вид, но его обычные страницы являются маркерами, распознаваемыми приложением для дополненной реальности;
- в условиях ограниченного финансирования образования внедрение технологии дополненной реальности в учебный процесс не потребует значительных затрат – обучаемые пользуются своими личными электронными устройствами, а пособия не нужно издавать вновь.

Новые технологии и сервисы помогают расширять горизонты познания, формируют новые компетенции, позволяют осваивать инструменты, которые актуальны в обучении, учат применять компьютеры и мобильные устройства для получения и закрепления новых знаний. Изучение основных теоретических положений о включении элементов AR/VR-технологий в учебные издания, а также принципов создания интерактивных пособий поз-

воляет сделать вывод, что включение элементов *AR/VR*-технологий в издания является логичным развитием концепции иллюстрирования, сложившейся в учебном книгоиздании к настоящему моменту. При этом такие интерактивные учебники являются такой формой представления контента, которая отвечает и специфике взаимодействия целевой аудитории с гаджетами, и тенденциям к персонализации, востребованным в современном образовании.

Таким образом, можно сделать вывод, что реализация *AR/VR*-технологий в учебном процессе учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации» в качестве инновационного механизма восприятия учебного материала, а также как инструмента, дополняющего процесс обучения, позволит повысить эффективность образовательного процесса специалистов по авиационным специальностям.

УДК 625.033.3

## **ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДРЕЛЬСОВОГО СКРЕПЛЕНИЯ И ОЦЕНКА ИХ НАДЕЖНОСТИ**

*В. В. РОМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одним из условий обеспечения безопасности движения поездов является соответствие состояния элементов верхнего строения пути (ВСП) их нормативно-техническим требованиям и условиям эксплуатации. Каждый из элементов ВСП имеет свое назначение, должен быть надежным и отвечать требованиям, зависящим от вида железнодорожного пути (общего и необщего пользования), грузонапряженности, скоростей движения поездов, параметров кривых и т. п.

Обеспечение стабильной ширины рельсовой колеи в значительной степени зависит от вида и состояния подрельсового основания. Подрельсовое основание выполняется в виде шпал (для путей), переводных брусьев (для стрелочных переводов), мостовых брусьев (для мостов с ездой на балласте) и т. д. На Белорусской железной дороге (БЖД) подрельсовое основание изготавливают деревянным либо железобетонным. Сфера применения каждого из видов зависит от различных факторов и имеет как положительные, так и отрицательные стороны их эксплуатации. Все деревянные элементы ВСП для нужд БЖД выпускаются ОАО «Борисовский шпалопропиточный завод» (БШПЗ), в частности – пропитанные деревянные шпалы.

Для выпуска продукции БШПЗ закупает лесоматериалы, которые должны соответствовать требованиям СТБ 1711-2007, а именно – сосна либо ель

1, 2 и 3-го сортов, диаметром 0–26 см и длиной 5,50–6,00 м. Из этого лесоматериала нарезают шпалы и переводные брусья. Длина стандартной шпалы составляет 2,75 м, таким образом, из бревна длиной 5,50 м можно изготовить две шпалы, использовав это бревно полностью либо с незначительным остатком. В отличие от шпал, переводные брусья имеют различную длину – от 3,00 м до 5,50 м. После их нарезки образуются остатки лесоматериала максимальной длины 2,50 м и, так как их длина меньше 2,75 м, они не могут быть применены для изготовления шпал.

Ежегодная потребность белорусского рынка оценивается в 130 тыс. шт. деревянных шпал и 630 комплектов переводных брусьев. С учетом такого производства можно сделать вывод о значительных объемах остатков бревен различной длины – от 0,25 м до 2,50 м с шагом 0,25 м.

Ввиду существующей и перспективной потребности БЖД в деревянном основании применение таких остатков брусьев для изготовления подрельсового основания сможет снизить потребность в деловой древесине, пригодной для изготовления шпал. Конструктивным решением подобной задачи может стать изготовление составных деревянных шпал с максимально-рациональным применением остатков.

При разработке конструктивных схем составных шпал необходимо учитывать ряд требований, первым из которых является обеспечение надежности с целью недопущения снижения уровня безопасности движения поездов со скоростями, которые соответствуют условиям эксплуатации. На сегодня деревянные шпалы применяются на станционных путях и путях необщего пользования. Требования к содержанию таких путей несомненно ниже, чем к главным, но актуальность обеспечения движения поездов не снижается.

Проектирование новых конструкций шпал должно быть основано на проверке условий предельных состояний несущей способности и эксплуатационной пригодности. Целью проверки является обоснование того, что материал изделия, выбранные размеры и системы конструктивных соединений удовлетворяют всем необходимым требованиям, а также, что в процессе эксплуатации шпал в пути они будут воспринимать все возникающие воздействия от подвижного состава.

Проверка соответствующих предельных состояний несущей способности предусматривает применение сочетания воздействий путем использования метода частных коэффициентов с проверкой расчетного значения эффекта проектных воздействий, которое не должно превышать расчетное значение эквивалентного сопротивления. Поэтому расчет необходимо проводить при действии расчетного значения воздействия, которое оказывает наибольшее влияние на проектируемую конструкцию. В данном случае это горизонтальная сила, которую должен выдержать узел рельсового скрепления в поперечном направлении пути, равная 50 кН.

Для обеспечения надежности конструкции составной шпалы в пределах всего эксплуатационного срока службы необходимо учитывать следующие факторы:

- назначение конструкции составной шпалы и особенности ее работы в пути;
- условия хранения шпалы до укладки ее в путь и защита от атмосферных воздействий во время эксплуатации;
- состав, свойства и особенности применяемых материалов;
- форму элементов и деталей конструкций, а также способ соединений составных элементов;
- качество работ и степень контроля при изготовлении и укладке шпалы в путь и т. п.

Перечисленным выше требованиям должны отвечать выбор соответствующих лесоматериалов, расчетных моделей, назначение необходимых контрольных параметров при изготовлении, монтаже рельсошпальной решетки и эксплуатации шпалы.

При расчетах следует рассматривать все возможные условия, в которых конструкция выполняет свои функции, и выбирать наиболее неблагоприятные расчетные ситуации, для которых проверяются условия соответствующих предельных состояний.

Частично условия по данным требованиям решаются на БШПЗ, например для замедления процессов гниения шпалы в процессе эксплуатации она высушивается до определенной влажности и проходит механическую обработку в наколочном комплексе, а также подвергается обработке методом «вакуум – давление – вакуум», при которой обеспечивается равномерная пропитка антисептиком всей поверхности.

Для решения задач по надежности конструкции существует большое многообразие способов продольной стыковки элементов. Одним из них является «ласточкин хвост» – соединение, образованное шипами на одной детали и прорезанным пазом на второй. Оба элемента имеют формы равнобедренной трапеции, напоминающие хвост ласточки и при правильной подготовке они входят в точное зацепление, образуя надежную конструкцию даже без наличия клея или дополнительного крепления.

Шпалы, в зависимости от размеров поперечного сечения делятся на три типа, каждый из которых имеет свою сферу применения. Сорт древесины определяет ее прочностные характеристики (класс прочности), поэтому размеры элементов соединения будут отличаться. Размеры определены расчетным путем, и наиболее рациональные представлены в таблице 1. Показатели прочности на изгиб и растяжение против волокон приняты для класса прочности С-24.

Таблица 1 – Проверка прочности соединения составной шпалы

Тип шпалы	Длина шипа, мм	Длина узкой части шипа, мм	Длина неразрезаемой части шпалы, мм	Длина противолежащего тангенса угла шипа, мм	Длина широкой части шипа, мм	Момент сопротивления поперечного сечения элемента, м <sup>3</sup>	Нормальное напряжение при изгибе, МПа
1	120	80	40	45	170	16,24	16,44
	115	80	40	45	170	16,06	16,44
	110	80	40	45	170	15,87	16,44
	105	80	40	45	170	15,65	16,44
2	150	60	30	55	170	15,03	15,79
	120	65	32,5	50	165	15,98	16,10
	100	65	35	47,5	160	16,11	16,27
	115	65	32,5	50	165	15,77	16,10
	110	65	32,5	50	165	15,54	16,10
3	145	55	30	57,5	170	15,03	15,65
	105	55	35	52,5	160	15,24	15,95
	140	60	30	55	170	15,75	15,79
	100	60	35	50	160	16,00	16,10

Проверка прочности выполняется при условии, что величина момента сопротивления поперечного сечения элемента не превышает величину нормального напряжения при изгибе. Из таблицы видно, что изготовление составных деревянных шпал для всех типов возможно. Так как в расчеты заложено максимальное значение воздействия, оказывающее наибольшее влияние на поверхность шпалы в зоне подрельсового узла, которое соответствует условиям эксплуатации главных путей, можно сделать вывод, что применение составных шпал на станционных путях и путях необщего пользования будет обеспечивать безопасность движения поездов в полной мере.

УДК 625.03

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КРИВЫХ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В. В. РОМАНЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одной из основных задач обеспечения безопасности движения поездов для путевого хозяйства является диагностика железнодорожного пути с целью установления и мониторинга его технического состояния. Диагностика

выполняется с целью определения объемов работ по текущему содержанию и ремонту устройств и сооружений, приоритетности их выполнения, обеспечения быстрого, экономически обоснованного реагирования на происходящие процессы, приводящие к снижению работоспособности железнодорожного пути, а также прогнозирования дальнейшего изменения состояния объектов. В рамках решения данных задач актуальна проблема содержания криволинейных участков пути, обеспечение соответствия их характеристик установленным скоростям движения поездов, контроль положения криволинейных участков, совершенствование методики их проверок и расчетов для приведения кривых в проектное положение, подготовка и формирование исходных данных для работы путевых машин.

В процессе эксплуатации железнодорожного пути от колес подвижного состава на колею передается силовое воздействие, которое можно разложить на вертикальные и горизонтальные составляющие, вертикальное давление, вызывающее осадку пути, и вертикальный изгиб рельсов, боковое давление, стремящееся сдвинуть путь в сторону, а также продольные силы, которые являются причиной угона рельсошпальной решетки.

При движении поезда на рельсовую колею действуют переменные горизонтальные поперечные силы: рамное (силы, действующие на кузов) и боковое давление, вызванное поворотом состава в кривых (вписывание подвижного состава в кривые). Рельсы, соединенные со шпалами посредством промежуточного скрепления, воспринимают также и горизонтальные продольные силы (силы угона, торможения и продольные усилия от действия температуры). При совершенствовании элементов конструкции верхнего строения пути и ходовых частей подвижного состава стремятся достигнуть возможно более благоприятного их взаимодействия.

Анализ процесса взаимодействия подвижного состава на путь определяет, что одним из основных факторов влияния является геометрическое положение рельсовой колеи в плане, а именно – отклонение от необходимой кривизны.

Диагностика геометрического положения кривых выполняется силами дистанций пути постоянно, не реже двух раз в год. Для главных путей характеристика кривой определяется по проходу путеизмерительного вагона. На станционных путях контроль выполняется путем измерения стрел изгиба с последующим определением радиуса кривой, фактических длин переходных кривых. Как правило, «съемка» кривой выполняется в точках через 10 м от середины хорды длиной 20 м (вариант 1), однако при сходе подвижного состава в криволинейном участке пути, а также при контроле кривых малых радиусов или имеющих небольшое протяжение измерение стрел изгиба производится от хорды длиной 10 м соответственно в точках через 5 м (вариант 2).

Существующие на сегодня методики оценки состояния рельсовой колеи в кривой не предполагают наличие разницы в стрелах изгиба, измеренных 1-м и 2-м вариантами. Однако, как показывает анализ величин стрел изгиба, результаты по обоим вариантам не идентичны, из чего можно предположить, что измерение стрел изгиба 2-м вариантом необходимо для уточнения отклонения кривизны, а не для его оценки. Так как на протяжении всей кривой кривизна может изменяться от незначительных отклонений до появления «угла», то для оценки взаимодействия подвижного состава и кривизны целесообразно рассматривать не всю кривую в целом, а конкретные места с отступлениями.

Для подробного исследования результатов анализа сравнения разницы в величинах радиуса при различных вариантах съемки были спроектированы модели кривых различных радиусов, для которых определены участки с имеющейся разницей в величинах радиусов  $\Delta R$  более 20 %. Так как в ряде случаев измерение в точках через 5 м актуально, необходимо определить случаи, в которых результаты измерения для обоих вариантов могут не совпадать. Каждый из участков характеризуется своими индивидуальными параметрами, которые математически описывают характер изменения кривизны. Для углубленного изучения изменения кривизны кроме радиусов в каждой точке определены величины отводов в каждой точке относительно предыдущей и следующей. Отвод кривизны непосредственно показывает, каким образом изменяется кривизна в данной точке, а также на сколько фактический отвод отличается от проектного (таблица 1).

Таблица 1 – Исследование участка с выявленными отклонениями кривизны

№ точки	Стрела изгиба, мм, $f_{20}$ от середины хорды 20 м	Разница радиусов при $f_{20}$ и $f_{10}$ , мм	Положение точки в отклонении (n – наружу кривой, в – внутрь кривой)		Кривизна отвода, мм/м (хорда 20 м)		Кривизна отвода, мм/м (хорда 10 м)		Порядок изменения радиуса с большей величины на меньшую ( $R \rightarrow r$ ), с меньшей на большую ( $r \rightarrow R$ )	
			вершина	отвод	от предыдущей точки	до следующей точки	от предыдущей точки	до следующей точки	хорда 20 м	хорда 10 м
7	-121	-29	-	90н	9,0	20,0	3,2	10,0		
8	110	0	-	200н	20,0	31,0	10,0	17,0	$R \rightarrow r$	$R \rightarrow r$
9	110	10	310н	-	31,0	18,4	17,0	6,6	$R \rightarrow r$	$R \rightarrow r$
10	126	28	-	184н	18,4	18,6	6,6	9,6	$r \rightarrow R$	$r \rightarrow R$
11	2	3	-	186н	18,6	11,6	9,6	0,6	$R \rightarrow r$	$R \rightarrow r$

Например, для участка (точки № 7–11):

– в точке 8 отвод при измерении стрел изгиба от середины хорды длиной 20 м относительно точки 7 составляет  $i = 200 / 10 = 20$  мм/м (графа 6), при этом величина радиуса меняется с большей на меньшую;

– в точке 8 отвод при измерении стрел изгиба от середины хорды длиной 10 м относительно точки 7 составляет  $i = 50 / 5 = 10$  мм/м (графа 8), при этом величина радиуса также как и в предыдущем случае меняется с большей на меньшую;

– в точке 8 отвод при измерении стрел изгиба от середины хорды длиной 20 м относительно точки 9 составляет  $i = 310 / 10 = 31$  мм/м (графа 7), при этом величина радиуса меняется с большей на меньшую;

– в точке 8 отвод при измерении стрел изгиба от середины хорды длиной 10 м относительно точки 9 составляет  $i = 85 / 5 = 17$  мм/м (графа 9), при этом величина радиуса меняется с большей на меньшую.

Постоянно изменяющаяся величина отвода подтверждает наличие отклонения кривизны от проектной  $R = 250$  м, для которого отвод должен составлять

$$f = 1000 \cdot 20^2 / (8 \cdot 250) = 200 \text{ мм}; \quad i = 200 / 10 = 20 \text{ мм/м.}$$

При съемке кривой с хордой длиной 20 м величина средних радиусов практически во всех моделях ближе к величине проектных, что подтверждает адекватность принятого варианта съемки на Белорусской железной дороге. Однако съемка с хордой 10 м позволяет уточнить величину кривизны кривой, а именно в части величины отвода.

В процессе эксплуатации кривые расстраиваются не системно, т. е. геометрическое положение отклонения кривизны возможно получить любое: во внутрь колеи, наружу колеи, наружу колеи либо во внутрь с несколькими «вершинами», симметричное либо несимметричное.

Максимальное количество расхождений выявлено на участках, имеющих несимметричные отклонения (аналогичных участку, приведенному в таблице 1). На наличие таких отклонений указывает постоянно меняющаяся величина отвода кривизны  $i$ , определенная как от варианта съемки от середины хорды длиной 20 м, так и от середины хорды длиной 10 м. В ряде случаев при значительном несовпадении  $R_{20}$  и  $R_{10}$  установлено, что в предыдущих точках имеет место несоответствие порядка изменения, например при съемке от хорды 10 м –  $R \rightarrow r$ , а при съемке от хорды 20 м –  $r \rightarrow R$  в одной и той же точке.

Таким образом, для оценки состояния криволинейного участка целесообразно проводить съемки кривой от хорды длиной 20 м в точках через 10 м. Съемку в точках через 5 м от середины хорды 10 м целесообразно выполнять не на всей кривой, так как полного подтверждения параметров получить не удастся, а только на участке с несимметричным очертанием отклонения.

## **О ПОСТРОЕНИИ ПЛЕЧ ВЫПРЯМИТЕЛЬНО-ИНВЕРТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА БАЗЕ IGBT-ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОВЗОВ С КОЛЛЕКТОРНЫМ ТЯГОВЫМ ПРИВОДОМ**

*В. Н. ЗНАЕНОК, О. В. МЕЛЬНИЧЕНКО, А. О. ЛИНЬКОВ  
Иркутский государственный университет путей сообщения,  
Российская Федерация*

Особенно востребованными на сегодня являются железнодорожные магистрали Восточного полигона ОАО «РЖД». В 2022 году провозная способность восточного направления достигла 158 млн тонн. Рост достигается путем непрерывного повышения весовых норм, пропуска соединенных и длиннооставных поездов. Пропорционально увеличивается нагрузка, возлагаемая на путь, электроснабжение и тяговый подвижной состав. В связи с чем остро стоят вопросы их совершенствования и в особенности той части, что лимитирует рост качественных показателей.

Одно из таких направлений – это усиление системы тягового электро-снабжения, постройка дополнительных подстанций. Связано это с тем, что введение тяжеловесных поездов на перегон значительно снижает напряжение в контактной сети, из-за чего увеличивается межпоездной интервал, уменьшается пропускная способность участка. Усиление тягового электро-снабжения является дорогостоящим решением и в долгосрочной перспективе не решит проблему ограничения пропускной способности.

Сегодня 50 % мощности в контактной сети приходится на реактивную составляющую, которая курсирует в системе электроснабжения и не затрачивается на тягу поездов. Генерируют значительную реактивную мощность потребители – электровазозы переменного тока. Даже самые современные из них оборудованы тиристорными выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП), и их коэффициент мощности не превышает в режиме тяги 0,78 и 0,65 в режиме рекуперативного торможения. ВИП электровазоза на базе тиристоров, схемотехническое решение которого остается неизменным уже более 50 лет, не способен реализовать энергоэффективное преобразование энергии. Длительная коммутация вызывает просадки и искажения напряжения в контактной сети, которые также приводят к увеличению минимального угла открытия тиристоров, снижению напряжения на тяговых двигателях, росту сдвига фаз между током и напряжением в первичной обмотке трансформатора. Генерация значительной реактивной энергии не позволяет рационально использовать заложенные запасы по мощности в контактной сети и ограничивает максимальное количество пар поездов на тяговом участке. Опираясь на вышесказанное, считаем актуальным разра-

ботку энергоэффективного тягового подвижного состава переменного тока. Для этого необходимо построение преобразователей осуществлять на современных полностью управляемых полупроводниках.

Учеными Иркутского государственного университета путей сообщения ведется разработка ВИП на базе IGBT-транзисторов для электровозов переменного тока с коллекторным тяговым приводом. Коэффициент мощности такого преобразователя составляет 0,95 в режимах тяги и рекуперации. Увеличение возврата электроэнергии в сеть, а также снижение просадок напряжения в три раза за счет практически мгновенной коммутации IGBT-транзисторов позволит увеличить пропускную способность сети, снизить межпоездной интервал и эффективно использовать современные способы пропуска поездов, таких как виртуальная сцепка.

Силовой блок ВИП на базе IGBT-транзисторов состоит из 9 плеч. Один из важных вопросов при построении преобразователя – обеспечение надежной работы каждого плеча. Исходя из необходимого запаса по току, в плечах преобразователя применяется параллельное соединение нескольких ветвей, содержащих последовательно соединенные силовые диод и IGBT-транзистор, снабженные и выравнивающие цепи. Подавляющее количество эксплуатируемых электровозов на Восточном полигоне реализуют потележечное регулирование, когда к каждому ВИП подключают параллельно два тяговых электродвигателя. При такой схеме в плече преобразователя, с учетом существующих на рынке предложений силовых полупроводников, необходимо параллельное соединение 4-х IGBT-транзисторов. Габариты преобразователя при воздушном охлаждении и ограниченном пространстве внутри электровоза вызывают сложности симметричного подключения параллельных ветвей. Это приводит к проблеме неравномерного распределения токов, что в ходе эксплуатации является причиной перегрузок и прожогов сперва отдельных ветвей, а после и плеча в целом. Целью исследования является разработка конструкции плеча ВИП на базе IGBT-транзисторов с оптимальным распределением токов по ветвям.

Из известного уровня техники рассмотрены способы симметрирования токов по ветвям. На распределение влияет подключение силовых шин к плечу. Так для тиристорного ВИП с целью выравнивания токов применяется диагональный подвод тока. Однако достаточным это решение не является. Для обеспечения надежной работы плеч последовательно в каждую ветвь включены индуктивные делители. Введение последовательно в цепь элементов снижает надежность, приводит к увеличению габаритов и росту затрат на медь. Дополнительная индуктивность в цепи с учетом быстрой коммутации IGBT-транзисторов вызывает значительные перенапряжения.

Исследованы способы снижения неравномерности распределения токов, применяемые за рубежом. Различные компании (Siemens, Hitachi, Fuji Electric и др.) предлагают разнообразные варианты исполнения шинного монтажа для групп параллельно соединенных силовых полупроводников. Большинство предложений связаны со специальной конструкцией и особым

размещением токоведущих шин на малоудаленном расстоянии таким образом, чтобы обеспечивалось встречное протекание тока по ним и осуществлялось снижение «паразитных» параметров силовых шин. Работа оборудования электровозов осуществляется в условиях запыленности, и сближение шин повышает риск пробоя. Необходимо предусматривать дополнительные изоляционные пластины либо разносить разнопотенциальные шины в пространстве, однако при этом заложенный эффект выравнивания пропадает. Компанией Delta Electronics предложена конструкция многослойной шины, представляющая из себя прессованный набор медных пластин, залитых изоляционным компаундом, что обеспечивает защиту от пробоя между токоведущими пластинами. Производство многослойных шин требует высокого качества точности и ведет к значительному удорожанию конструкции. Растрескивание компаунда в условиях резко континентального климата, значительных отрицательных и положительных температур повышает риск короткого замыкания в силовой цепи.

Проведенные аналитические исследования распределения токов по параллельным ветвям показали, что на симметрию токов в плече значительно влияет индуктивность силовых шин, и тривиальные способы подвода тока, такие как диагональный или односторонний, являются недопустимыми для плеч ВИП на базе IGBT-транзисторов. При исследовании приняты допущения, что параметры IGBT-транзисторов во всех параллельных ветвях идентичны, для упрощения расчетов используется спрямленная ВАХ. Учитывая паразитные параметры, разработали конструкцию силовых шин, обеспечивающую равномерное распределение токов по параллельным ветвям. Для получения предварительных результатов проведено математическое моделирование с помощью компьютера. Диаграммы, полученные в ходе моделирования, подтверждают, что предложенная конструкция силовых шин обеспечивает оптимальное распределение токов.

Для оценки адекватности разработанного решения в условиях лаборатории выполнено физическое моделирование протекания токов по параллельным ветвям плеча ВИП на базе IGBT-транзисторов. В качестве шинного монтажа построение силовой цепи плеча осуществлялось из медных проводников с учетом геометрии и габаритных размеров, подобных плечу, применимых к электровозам переменного тока. При этом параллельные ветви изготовлены также в виде медного проводника в целях допущения при моделировании идентичности параметров всех параллельных ветвей. Испытание выполнялось путем кратковременного пропуска тока короткого замыкания через модель плеча. Изменение тока в ветвях отслеживается с помощью катушек Роговского с последующим интегрированием сигнала и выводом диаграмм цифровым осциллографом Tektronix TDS 2024C. Диаграммы, полученные в результате физического моделирования протекания токов в параллельных ветвях плеча с предложенной конструкцией силовых шин плеча ВИП, свидетельствуют о равномерном распределении токов.

Таким образом, по результатам исследования разработана конструкция силовых шин плеча ВИП на базе IGBT-транзисторов, обеспечивающая рав-

номерное распределение токов по параллельным ветвям. В условиях лаборатории выполнено физическое моделирование протекания токов по параллельным ветвям с предложенной конструкцией силовых шин плеча, подтверждающее адекватность разработанного решения.

Исследование процессов протекания токов по параллельным ветвям плеча с учетом влияния паразитных параметров силовых шин на цепи управления затворами IGBT-транзисторов представляет направление для дальнейшей научной проработки.

УДК 656.08:65.11

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВМЕСТИМОСТИ МОДУЛЯ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

*С. А. АЗЕМША, И. М. КОБЯК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Городской общественный пассажирский транспорт играет огромную роль в жизни современных городов. В то же время его финансовое состояние оставляет желать лучшего.

Наполняемость общественного транспорта является очень важным показателем. Низкие значения наполняемости приводят к низкой окупаемости перевозок. Ввиду того, что в настоящее время показатели экономической эффективности городского пассажирского транспорта низки, а окупаемость работы маршрута общественного транспорта зависит от показателей вместимости пассажирских транспортных средств, актуальной является задача определения оптимальной вместимости модуля пассажирского транспортного средства [1].

Разработанная методика определения оптимальной вместимости модуля маршрутного транспортного средства для регулярных перевозок пассажиров в городском сообщении включает следующие этапы.

1 Для каждого маршрута в прямом и обратном направлениях определяются интервалы времени  $[t_1; t_2]$ , ...,  $[t_i; t_{i+1}]$ , ...,  $[t_{m-1}; t_m]$ , в течение которых количество модулей маршрутного транспортного средства (МТС) будет постоянным (например, час пик, межпиковые периоды).

Методами дисперсионного анализа для каждого маршрута в прямом и обратном направлениях определяется значимость влияния времени суток на пассажиронапряженность  $P$ .

2 Для интервалов времени  $[t_i; t_{i+1}]$  по каждому маршруту в прямом и обратном направлениях определяется величина пассажиронапряженности  $P_{\max i}$  и количество рейсов  $R_i$  на этом маршруте.

3 Маршруты в прямом и обратном направлениях для каждого интервала времени  $[t_i; t_{i+1}]$  ранжируются в порядке возрастания (неубывания) величины пассажиронапряженности  $P_{\max i}$ .

4 В зависимости от величины пассажиронапряженности  $P_{\max i}$  маршруты разбиваются на группы.

К первой группе относится маршрут в интервале времени  $[t_i; t_{i+1}]$ , для которого

$$0 < P_{\max i} \leq V_M, \quad (1)$$

где  $V_M$  – вместимость модуля МТС.

К  $k$ -й группе относится маршрут в интервале времени  $[t_i; t_{i+1}]$ , для которого

$$(k-1)V_M < P_{\max i} \leq kV_M. \quad (2)$$

В результате сформировано  $N$  групп.

При этом  $n_1$  – количество элементов в первой группе,  $n_2$  – количество элементов во второй группе, ...,  $n_N$  – количество элементов в группе  $N$ .

Номер группы, к которой относится маршрут, определяет количество модулей МТС.

5 Определение оптимальной величины  $V_M^*$  вместимости модуля маршрутного транспортного средства.

Целевая функция для определения оптимальной величины вместимости модуля маршрутного транспортного средства имеет следующий вид:

$$Z = \sum_{i=1}^{n_1} V_M^* - P_{\max i} R_i + \sum_{i=n_1+1}^{n_2} 2V_M^* - P_{\max i} R_i + \dots + \sum_{i=n_{N-1}+1}^{n_N} NV_M^* - P_{\max i} R_i \rightarrow \min. \quad (3)$$

Расчеты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Пример расчета целевой функции для оптимальной величины вместимости модуля маршрутного транспортного средства  $V_M^*$

Количество модулей $k$	Период суток $[t_i; t_{i+1}]$	Номер маршрута	Направление	Количество рейсов $R_i$	Максимальная пассажиронапряженность $P_{\max i}$	$kV_M^* - P_{\max i} R_i$
1	$[t_1; t_2]$	$M_k$	прямое / обратное	$R_1$	$P_{\max 1}$	$V_M^* - P_{\max 1} R_1$
	$[t_2; t_3]$	$M_k$	прямое / обратное	$R_2$	$P_{\max 2}$	$V_M^* - P_{\max 2} R_2$
	...	...	...	...	...	...
	$[t_{n_1-1}; t_{n_1}]$	$M_k$	прямое / обратное	$R_{n_1}$	$P_{\max n_1}$	$V_M^* - P_{\max n_1} R_{n_1}$
2	$[t_{n_1+1}; t_{n_1+2}]$	$M_k$	прямое / обратное	$R_{n_1+1}$	$P_{\max n_1+1}$	$2V_M^* - P_{\max n_1+1} R_{n_1+1}$
	$[t_{n_1+2}; t_{n_1+3}]$	$M_k$	прямое / обратное	$R_{n_1+2}$	$P_{\max n_1+2}$	$2V_M^* - P_{\max n_1+2} R_{n_1+2}$
	...	...	...	...	...	...
...						
Значение целевой функции						$Z$

В результате для каждого маршрута в прямом и обратном направлениях будут определены количество модулей в интервале времени  $[t_i; t_{i+1}]$ , время смены модулей, количество смены модулей в течение рабочего дня.

При определении оптимальной вместимости модуля также необходимо учитывать максимальную длину маршрутного транспортного средства, равную 18,75 метров, и целесообразность смены модулей, на которую оказывает влияние время прицепа / отцепа каждого модуля.

Таким образом, наличие парка из модулей пассажирских транспортных средств одинаковой вместимости позволит перевозчику более гибко подстраиваться под существующую мощность пассажиропотока, повышая тем самым коэффициент пассажиронапряженности и уменьшая разброс его значений относительно среднего. Все это приведёт к повышению эффективности работы городского общественного пассажирского транспорта.

### Список литературы

1 **Аземша, С. А.** Исследование наполняемости автобусов при городских перевозках пассажиров в г. Могилёве / С. А. Аземша, Т. В. Грищенко, О. О. Ясинская // Вестник ПГУ. Промышленность. Прикладные науки. – № 11. – 2020. – С. 62–69.

2 **Аземша, С. А.** Оценка неравномерности использования вместимости общественного пассажирского транспорта / С. А. Аземша // Логистический аудит транспорта и цепей поставок : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., 26 апреля 2019 г. / отв. ред. С. А. Эртман. – Тюмень : ТИУ, 2019. – С. 16–23.

3 **Azemsha, S.** The Study of the Trolley Buses Occupancy [Electronic resource] / S. Azemsha // Global Journal of Management and Business Research: F Real Estate, Event and Tourism Management. – 2019. – Vol. 19, is. 1, Version 1.0. – P. 6–15. – Mode of access : [https://globaljournals.org/GJMBr\\_Volume19/2-The-Study-of-the-Trolley-Buses.pdf](https://globaljournals.org/GJMBr_Volume19/2-The-Study-of-the-Trolley-Buses.pdf). – Date of access : 17.04.2023.

4 Average Vehicle Occupancy Factors for Computing Travel Time [Electronic resource]. – Mode of access : [https://www.fhwa.dot.gov/tpm/guidance/avo\\_factors.pdf](https://www.fhwa.dot.gov/tpm/guidance/avo_factors.pdf). – Date of access : 17.04.2023.

5 Traveling heterogeneity in public transportation [Electronic resource] / Caio Ponte [et al.]. – Mode of access : <https://epjdatascience.springeropen.com/articles/10.1140/epjds/s13688-018-0172-6>. – Date of access : 17.04.2023.

УДК 656.08:65.11

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПИСАНИЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НА ДУБЛИРУЮЩИХ УЧАСТКАХ В ГОРОДЕ ЛИДА МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*С. А. АЗЕМША, И. Н. КРАВЧЕНЯ, А. В. БУЧИХИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одним из показателей качественной работы городского общественного транспорта является регулярность движения маршрутных транспортных средств, которая напрямую зависит от грамотно составленного расписания.

Расписание движения должно разрабатываться с учетом необходимости обеспечить:

- удовлетворение потребности населения в перевозках по каждому маршруту;
- использование вместимости автобусов по установленным нормам;
- минимальные затраты времени пассажира на поездки;
- регулирование движения автобусов на всем протяжении маршрутов;
- создание необходимых удобств в пути следования;
- соблюдение режима и условий труда водителей и кондукторов, согласно трудовому законодательству;
- эффективное использование автобусов.

При составлении расписания чаще всего не учитывается влияние совместимых участков следования маршрутных транспортных средств. Наличие дублирующих участков маршрутов сопровождается образованием очередей транспорта на остановочных пунктах, а также неравномерностью интервалов движения и наполняемости транспортных средств, что приводит к увеличению времени ожидания пассажирами транспорта и негативно отражается на комфортности поездки. Таким образом, задача повышения качества обслуживания пассажиров и эффективности работы городского общественного транспорта заключается в выравнивании расписания разных маршрутов на дублирующих участках, что способствует более равномерному интервалу движения и наполняемости транспортных средств.

Для оптимизации расписания движения предложена методика оптимизации расписания городского общественного транспорта путем выравнивания интервалов времени между следующими друг за другом маршрутными транспортными средствами разных маршрутов на дублирующих участках [1, 2]. Для апробации методики оптимизации расписания разработана имитационная модель дублирующих участков.

Имитационная модель оптимизации расписания городского общественного транспорта на дублирующих участках апробирована на существующей транспортной сети г. Лида.

В настоящее время в городе Лида перевозка пассажиров осуществляется по 18 маршрутам. При изучении данной схемы было выявлено пять дублирующих участков, на которых предусмотрено движение автобусов двух и более маршрутов. В качестве примера рассмотрен первый дублирующий участок «ОАО «Лакокраска» – Детская поликлиника». Данный дублирующий участок является общим для автобусных маршрутов № 4 и № 12 на протяжении восьми остановочных пунктов.

Графическое изображение перемещения пассажиров на маршрутных транспортных средствах дублирующего участка представлено на рисунке 1.

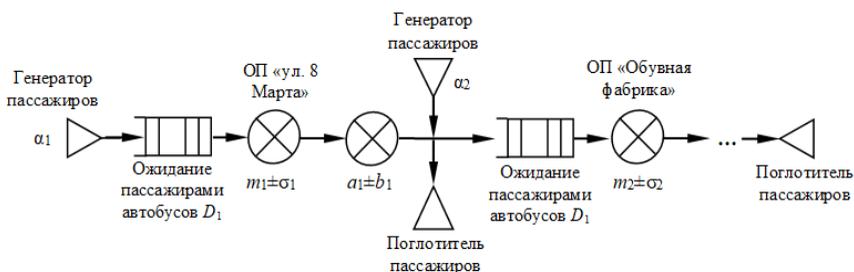


Рисунок 1 – Перемещение пассажиров автобусами первого дублирующего участка

Графическое изображение движения маршрутных транспортных средств по первому дублирующему участку приведено на рисунке 2.

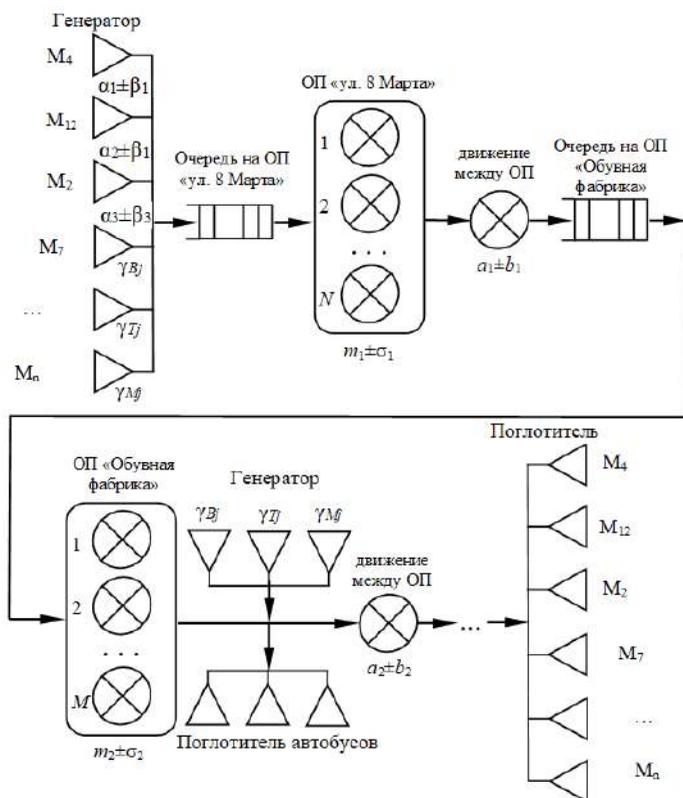


Рисунок 2 – Концептуальная модель первого дублирующего участка

Предложенная модель массового обслуживания первого дублирующего участка реализована в пакете автоматизации имитационного моделирования GPSS World [3, 4]. В качестве исходной информации использовано существующее и оптимизированное расписание автобусных маршрутов № 4 и № 12 на дублирующем участке.

По результатам оптимизации расписания движения автобусов № 4 и № 12 на первом дублирующем участке «ОАО «Лакокраска» – Детская поликлиника» можно сделать следующие выводы:

– среднее время ожидания одним пассажиром автобуса первого дублирующего участка в промежутке времени с 7 до 9 часов сократилось на 2,19 минут (с 11,46 до 9,27 минут), что составило 19 %; с 16 до 19 часов сократилось на 1,68 минут (с 12,27 до 10,59 минут), что составило 14 %;

– суммарное время ожидания пассажирами транспортных средств сократилось на 17 %.

С помощью предложенной методики оптимизации расписания городского общественного транспорта были выравнены интервалы времени между следующими друг за другом маршрутными транспортными средствами разных маршрутов на дублирующем участке. Это позволило увеличить равномерность движения транспортных средств, сократить время ожидания автобусов пассажирами, перевозка которых возможна несколькими вариантами маршрутов, а также была увеличена равномерность наполняемости автобусов.

### Список литературы

1 **Кравченя, И. Н.** Оптимизация расписания городского общественного транспорта разных маршрутов на дублирующих участках / И. Н. Кравченя, А. М. Подколзин // Организация и безопасность дорожного движения. – Тюмень : ТИУ, 2019. – Т. 2. – С. 54–61.

2 **Аземша, С. А.** Оценка эффективности оптимизации расписания движения городского пассажирского транспорта на дублирующих участках / С. А. Аземша, И. Н. Кравченя // Вестник СибАДИ. – № 18 (1). – 2021. – С. 72–85.

3 **Кравченя, И. Н.** Математические модели в транспортных системах. Моделирование систем массового обслуживания и задач управления запасами : пособие / И. Н. Кравченя, Д. Н. Шевченко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 145 с.

4 **Шевченко, Д. Н.** Имитационное моделирование на GPSS : учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей / Д. Н. Шевченко, И. Н. Кравченя. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 97 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНТРОЛЬНО-РЕВИЗОРСКОЙ СЛУЖБЫ ПАССАЖИРСКОГО ПЕРЕВОЗЧИКА**

*С. А. АЗЕМША, И. Н. КРАВЧЕНЯ, А. А. ЕРЁМИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Качество услуг на общественном транспорте находится в прямой зависимости от добросовестности оплаты проезда. В целом, безбилетный проезд – это серьезная проблема, которая может иметь значительные последствия для перевозчика, пассажиров и общества в целом.

Из оплаты билетов складываются зарплаты водителей, персонала, отвечающего за безопасность пассажиров и эксплуатацию транспортных средств, а также покрываются расходы на закупку новых автобусов, троллейбусов и электробусов и т. п. Таким образом, система общественного транспорта имеет возможность развиваться благодаря средствам, полученным от оплаты стоимости проезда в городском пассажирском транспорте.

Для контроля за оплатой проезда перевозчики (операторы перевозок) имеют контрольно-ревизорскую службу (КРС). Работники КРС отвечают за проверку наличия у пассажиров билета и при отсутствии оплаты проезда подвергают пассажиров штрафу. Наличие и неотвратимость наказания за безбилетный проезд являются основными стимулами для оплаты проезда пассажирами. Поэтому КРС позволяет не только пополнять бюджет за счет штрафов, но и обеспечивать оплату проезда, т. е. повышать выручку перевозчика.

Таким образом, задача анализа работы контрольно-ревизорской службы КУП «Горэлектротранспорт» и разработки мероприятий по повышению эффективности работы служб контроля оплаты проезда пассажирами общественного транспорта в городе Гомеле является актуальной. Целью работы является установление наличия (отсутствия) влияния показателей работы КРС КУП «Горэлектротранспорт» на его выручку и разработка мероприятий по повышению эффективности работы КРС КУП «Горэлектротранспорт».

Для достижения цели исследования были проанализированы и сгруппированы исходные данные, которые представляют собой перечень значений за каждый месяц периода с января 2020 г. по август 2022 г.:

1 Количество привлеченных к административной ответственности за безбилетный проезд лиц (Кл, шт.).

2 Сумма штрафов за безбилетный проезд (Сш, руб.).

3 Число оборотных рейсов (Ро, шт.).

4 Число пассажирских транспортных средств, прошедших через точки контроля (Т, шт.).

5 Число пассажирских транспортных средств, проверенных в точках контроля (Тп, шт.).

6 Доля пассажирских транспортных средств, проверенных в точках контроля от общего числа пассажирских транспортных средств, прошедших через такие точки (Дп, %).

7 Доля пассажирских транспортных средств, проверенных в точках контроля от общего числа оборотных рейсов (Д, %).

8 Выручка от реализации всей проездной продукции (В, руб.).

Было выполнено исследование статистической связи между показателями работы КРС и выручкой за реализацию проездной продукции. Различные виды анализа указывают на то, что на выручку от реализации проездной продукции оказывают влияние разные переменные, характеризующие работу КРС.

Установлено, что на выручку от реализации проездной документации значимо влияет один из показателей работы КРС – доля пассажирских транспортных средств, проверенных в точках контроля от общего числа оборотных рейсов.

В соответствии с результатами исследования были разработаны предложения по повышению эффективности деятельности КРС КУП «Горэлектротранспорт».

Результаты моделирования изменения численности КРС представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты моделирования изменения численности штата КРС**

Показатель	Текущий вариант	Увеличение на 4 бригады	Увеличение на 2 бригады	Уменьшение на 2 бригады	Уменьшение на 4 бригады
Изменение Сш, %	0	50	25	-25	-50
Ежемесячные затраты на содержание КРС, руб./мес.	107520	161280	134400	80640	53760
Среднемесячная Сш за рассматриваемый период, руб./мес.	19538	29307	24422,5	14653,5	9769
Среднемесячная Д за рассматриваемый период, %	40,68	61,01	50,84	30,51	20,34
Среднемесячная В за рассматриваемый период по модели 1, руб./мес.	974360	1166584	1070359,35	877910,1	781685,4
Среднемесячная В за рассматриваемый период по модели 2, руб./мес.	974360	1074719	1060785,732	932754,8	898165
Эффект от изменения штата КРС по модели 1, руб./мес.	0	138464	69119,35	-69570	-138915
Эффект от изменения штата КРС по модели 2, руб./мес.	0	46599,08	59545,732	-14725,2	-22435

Из таблицы 1 видно, что для увеличения выручки от реализации проездной документации целесообразно увеличить численность работников КРС. Увеличение численности КРС кроме увеличения выручки доходов от реализации проездной продукции влечет за собой увеличение затрат на содержание КРС. Установлено, что оптимальным будет увеличение численности КРС на две бригады.

Для повышения эффективности работы каждого сотрудника КРС за счет повышения его мотивации к увеличению числа установленных безбилетных проездов предложена новая система их премирования, заключающаяся в формировании месячного фонда премиальных средств и его распределении между работниками КРС пропорционально количеству установленных фактов безбилетного проезда.

Ежемесячный расчетный экономический эффект от реализации предложенных мероприятий составит 205 тыс. рублей.

Таким образом, для повышения эффективности работы контрольно-ревизорской службы КУП «Горэлектротранспорт» предложено увеличение численности КРС на две бригады.

Еще одним предложением является повышение мотивации работы сотрудников КРС. Предлагаемая система начисления премиальных денежных средств сотрудникам КРС позволит дифференцировать их заработную плату пропорционально количеству установленных фактов безбилетных проездов.

#### **Список литературы**

1 **Аземша, С. А.** Оценка целесообразности деятельности и направлений развития контрольно-ревизионной службы пассажирского перевозчика / С. А. Аземша, И. Н. Кравченя, А. А. Еремина // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2023. – № 1 (63). – С. 56–63.

2 **Кравченя, И. Н.** Разработка направлений повышения эффективности работы контрольно-ревизионной службы пассажирского перевозчика совершенствованием оплаты труда ее сотрудников / И. Н. Кравченя, А. А. Еремина // Техника и технологии строительства. – 2023. – № 1 (33). – С. 9–13.

УДК 629.3.027:629.4.016.2

### **ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЯ КОЛЕС НА ТОПЛИВНУЮ ЭКОНОМИЧНОСТЬ**

*С. Л. ЛАПСКИЙ, А. С. АТАМАНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одно из наиболее важных свойств автомобиля с точки зрения его эксплуатации и потребительских свойств является топливная экономичность. На дорогах общего пользования влияние сопротивления качению во многом

зависит от размеров и характера неровностей дороги, обуславливающих повышенное деформирование шин и подвески и, следовательно, дополнительные затраты энергии.

Спротивление качению – это сила сопротивления, приложенная к колесу при качении. Величина сопротивления качению зависит от ряда факторов, которые большую часть времени действуют вместе и не могут быть четко разделены. Спротивление качению шин и расход топлива автомобилем возрастают по мере увеличения нормальной нагрузки, снижения внутреннего давления воздуха и увеличения скорости движения автомобиля.

Основными причинами сопротивления качению колеса в движении являются:

- деформация шины;
- трение между шиной и поверхностью дороги;
- давление воздуха в шине;
- нагрузка на колесо;
- деформация дорожного покрытия.

Коэффициент сопротивления качению во многом зависит от типа шины, который обусловлен рисунком протектора: у шин с полностью изношенным рисунком протектора это уменьшение достигает по сравнению с новой шиной 20–25 %. Уменьшение сопротивления качению шин на 1 % эквивалентно снижению расхода топлива автомобилем на 0,25–0,35 %.

При увеличении вертикальной нагрузки на колесо коэффициент сопротивления качению существенно возрастает на деформируемых дорогах и незначительно – на дорогах с твердым покрытием.

На дорогах с твердым покрытием при уменьшении давления воздуха в шине коэффициент сопротивления качению повышается. На деформируемых дорогах при снижении давления воздуха в шине уменьшается глубина колеи, но возрастают потери на внутреннее трение в шине. Поэтому для каждого типа дороги рекомендуется определенное давление воздуха в шине, при котором коэффициент сопротивления качению имеет минимальное значение.

Затраты на топливо в процессе эксплуатации коммерческого транспорта достигают 30 % от всех затрат на перевозку грузов, кроме того, сжигание транспортом углеводородного топлива оказывает значительное негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека.

Путем сравнительного анализа показателей определено, насколько влияет коэффициент сопротивления качению в зависимости от вида дороги на расход топлива. Ключевыми критериями в данном случае являются тип покрытия дороги, скорость движения автомобиля.

На основе проведенных расчетов автомобиля BMW E34 в кузове 520 i по разным видам дорожного покрытия построены зависимости путевого расхода топлива автомобиля от коэффициента сопротивления качению для 4 зна-

чений скоростей: 50; 70; 90 и 110 км/ч. Значения коэффициентов сопротивления качению объединены в три условных зоны дорожного покрытия.

Зона 1 – это зона влияния коэффициента сопротивления качению шин на расход топлива при асфальтобетонном покрытии.

Зона 2 – это зона влияния коэффициента сопротивления качению шин на расход топлива при гравийном покрытии.

Зона 3 – это зона влияния коэффициента сопротивления качению шин на расход топлива при булыжном покрытии.

Для каждой зоны произведен анализ, на сколько процентов увеличится путевой расход при увеличении скорости на 20, 40 и 60 км/ч.

По данному проведенному исследованию можно сделать вывод, что коэффициент сопротивления качения колес значительно влияет на расход топлива. Чем лучше условия покрытия поверхности дороги и выше скорость движения, тем более выраженным становится перерасход топлива.

УДК 504.06

## **К ВОПРОСУ О НОРМАТИВНО-ПРАВОВОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)**

*С. А. НОВИКОВА*

*Иркутский государственный университет путей сообщения,  
Российская Федерация*

Под загрязнением окружающей среды понимается поступление в среду вещества или энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывает на нее негативное воздействие [7]. Одним из видов такого воздействия является акустическое загрязнение. В крупных городах автомобильный транспорт – главный источник шума. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), второй по величине после загрязнения атмосферного воздуха экологической причиной проблем со здоровьем является уровень шума [15].

В крупных городах и, в частности, Иркутской области увеличение количества автотранспорта, в основном за счет числа легковых автомобилей, приводит к повышению уровня внешнего шума, его проникновению в жилые дома, общественные и служебные здания. По данным ГИБДД по Иркутской области, за период с 2012 по 2018 гг. количество автотранспортных средств в области увеличилось практически на 50 тыс. единиц [11]. Следует отметить, что большинство регионов России, включая Иркутскую область, ежегодно вводят весенние ограничения для грузовых автомобилей [4]. На некоторых участках дорог проезд закрыт ежедневно с 7:00 до 10:00 ч и с

16:00 до 20:00 ч. Временные запреты на проезд грузовых автомобилей позволяют уменьшить количество заторов на дорогах города в часы пик. Однако утвержден большой список перевозок-исключений, на которые ограничения не распространяются. Усугубляет ситуацию, связанную с шумовым дискомфортом, и тот факт, что в вечернее и ночное время в черте городов Иркутской области нередко проводятся несогласованные с администрацией соревнования среди любителей дрифта мото- и автовладельцы.

В Российской Федерации законодательные меры борьбы с шумовым загрязнением базируются на ряде законов [6–8], в которых содержатся требования, предъявляемые к шуму, проведению мероприятий по защите населения от акустического воздействия. Федеральный закон [8] определяет отдельные правовые нормы по вредному шумовому воздействию на здоровье граждан. Так, правовые нормы статьи 27 устанавливают, что условия работы с машинами, механизмами, установками, устройствами, которые являются источниками физических факторов воздействия на человека (шум, вибрация), не должны оказывать вредного воздействия на человека.

Нормативная база в области ограничения воздействия шума основывается на документах [2, 3, 9; 10], однако Российская Федерация в настоящее время в этой области существенно отстает. Например, в странах Европейского Союза существует практика принятия Директив Европейского Парламента [12–14], перечень и состав которых регулярно пополняется и пересматривается.

В соответствии с существующими санитарными правилами и нормами [9] максимальные уровни звука проникающего шума в дневное время должны составлять не более 55 дБА, в ночное время – не более 45 дБА. Это противоречит данным медицинских исследований, согласно которым у людей ухудшается самочувствие при длительном воздействии шума, уровень которого достигает 40 дБА. Так, специалистами ВОЗ проведена оценка рисков для здоровья людей, проживающих вблизи автодорог, в результате чего предложено сокращение установленных нормативов до 40 дБА в дневное время и до 30 дБА – в ночное [16]. Стоит также отметить, что в настоящее время допустимые уровни шума от автотранспортных средств, обусловленные их заводскими характеристиками, составляют 77–82 дБА в зависимости от категории транспортного средства [1], что ставит под сомнение достижение уровня звукового давления, регламентируемого санитарными правилами и нормами [9]. Таким образом, создаются противоречия одних нормативно-правовых актов другим.

Несмотря на то, что в законодательстве РФ и других стран шум, вибрация и инфразвук являются компонентами загрязнения окружающей среды, они не входят в систему учетно-отчетной документации природоохранных органов. За этот вид загрязнения среды не установлены платежи, в отличие от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов в водные объекты, отходов производства и потребления. Следовательно, отсут-

ствуют и экономические механизмы стимулирования мероприятий по борьбе с шумом. В Иркутской области введен закон [5], согласно которому время тишины в городах наступает с 23:00 до 7:00 ч. Стоит отметить, что закон [5] затрагивает лишь небольшую часть рассматриваемых проблем. Согласно статье 3 для нарушителей предусматривается предупреждение или наложение административного штрафа. Однако размер штрафа незначительный – от 500 до 5000 рублей. Более того, в законе ничего не сказано об ответственности за нарушение санитарных норм шума, проникающего в жилые зоны в результате передвижения транспортных средств по дорогам.

Таким образом, ограничение шумового загрязнения окружающей среды является важной проблемой, требующей проведения целого ряда мероприятий, одним из которых является создание в РФ единого федерального закона, систематизирующего нормативно-правовую базу, регламентирующую защиту граждан, территорий и окружающей природной среды от вредных шумовых воздействий в виду увеличения количества источников шума. Кроме того, требуется совершенствование законодательства в направлении детализации правовых предписаний, касающихся обеспечения соблюдения нормативов качества окружающей среды, порядка проведения работ, являющихся источником шума, административной ответственности, в части пересмотра системы платежей (штрафов) нарушителям санитарных норм по шуму. Нормативно-правовое регулирование вопроса транспортного шума позволит улучшить экологическую обстановку урбанизированных территорий.

### Список литературы

1 ГОСТ 33555-2022. Межгосударственный стандарт. Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний. – Введ. 2022-12-30. – М. : Институт стандартизации. – С. 23.

2 ГОСТ 31296.2-2006 (ИСО 1996-2:2007). Межгосударственный стандарт. Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Ч. 2. Определение уровней звукового давления. – Введ. 2008-03-04. – М. : Стандартинформ, 2008. – С. 30.

3 ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности – Введ. 1984-07-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – С. 11.

4 ДорИнфо. Ограничения для большегрузов на дорогах России – 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dorinfo.ru/stat/infografika/ogranicheniyadlya-bolshegruzov-vesna-2023/>. – Дата доступа : 01.05.2023.

5 Об административной ответственности за отдельные правонарушения в сфере охраны общественного порядка в Иркутской области : Закон Иркутской области от 12.11.2007 № 107-оз (ред. от 29.11.2022) : принят постановлением Законодательного Собрания Иркутской области от 24.10.2007 № 35/4/4-СЗ.

6 Об охране атмосферного воздуха : Федер. закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ivo.garant.ru/#/document/12115550/paragraph/28:0>. – Дата доступа : 05.03.2023.

7 Об охране окружающей среды : Федер. закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 14.07.2022).

8 О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения : Федер. закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 04.11.2022).

9 СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Введ. 2011-03-01.

10 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс]. – Введ. 2008-03-01. – Режим доступа : <https://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/>. – Дата доступа : 05.03.2023.

11 Справка ГУ МВД России по Иркутской области «О количестве зарегистрированных транспортных средств и прицепов к ним на территории Иркутской области» от 27.01.2020 № 3/205400382255.

12 Directive 2002/30/EC of the European Parliament and of the Council of 26 March 2002 on the establishment of rules and procedures with regard to the introduction of noise-related operating restrictions at Community airports [Electronic resource]. – Mode of access : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/30/oj>. – Date of access : 05.03.2023.

13 Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise // Official Journal of the European Communities [Electronic resource]. – Mode of access : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:en:PDF>. – Date of access : 05.03.2023.

14 Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) [Electronic resource]. – Mode of access : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:042:0038:0044:EN:PDF>. – Date of access : 05.03.2023.

15 European Commission (2006). Noise. Health effects of noise [Electronic resource]. – Mode of access : [http://ec.europa.eu/environment/noise/health\\_effects\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/noise/health_effects_en.htm). – Date of access : 12.03.2023.

16 Night noise guidelines (NNGL) for Europe. Final implementation report. – World Health Organization, 2007. – 319 p.

УДК 656.072.52

## **КОНЦЕПЦИЯ ЕДИНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В РЕГУЛЯРНОМ СООБЩЕНИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*А. С. ГУЦЕВА*

*Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, г. Минск*

*С. В. ПРИДЫБАЙЛО*

*Иностранное производственно-унитарное предприятие  
«АйБиЭй АйТи Парк», г. Минск, Республика Беларусь*

Современное общество характеризуется интенсивными коммуникационными процессами. Без обмена веществом и энергией невозможно существование экономики. Информационные технологии во многом определяют научно-технический потенциал общества, формируют новый жизненный стиль. Однако все процессы движения во времени и пространстве вещества,

энергии и информации являются вторичными по отношению к процессу перемещения людей. Перемещение людей в пространстве является жизненно необходимой биологической функцией организма и осуществляется благодаря наличию у человека опорно-двигательного аппарата. Общественная среда предопределяет необходимость перемещения людей в пространстве как функцию их социального поведения, стимулирует прогрессивное расширение доступных территорий и скорости передвижения.

Уже на ранних этапах развития человека общественные отношения требовали объединения людей во времени и пространстве для эффективного осуществления процессов производства, потребления материальных и культурных ценностей, научной, общественно-политической, военной, учебной и иной деятельности. Так возникли населенные пункты. Со временем территориальное расширение населенных пунктов вступило в противоречие с необходимостью быстрого перемещения людей от места проживания к месту временного пребывания. Разрешение этого противоречия обеспечил городской пассажирский транспорт.

Пассажирское сообщение между отдельными населенными пунктами постоянно развивалось. Усиление транспортных экономических связей между соседними населенными пунктами привело к возникновению более крупных сообществ, сформировавшихся в отдельные регионы и государства. Между регионами и государствами также развивались транспортные связи.

В современном мире транспортная инфраструктура является одним из ключевых факторов развития экономики и обеспечения благополучия граждан.

Важным аспектом развития транспортной инфраструктуры являются пассажирские перевозки, которые обеспечивают быстрое и удобное перемещение людей в пределах городов и между ними.

Рост количества автомобилей, находящихся в собственности граждан, приводит к заторам на дорогах, увеличению выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и снижению общего уровня безопасности дорожного движения. В таких условиях для роста популярности общественного пассажирского транспорта необходимо постоянно совершенствовать его работу, создавая дополнительные условия и стимулы для повышения скорости перевозки пассажиров, улучшения комфортности транспортных средств и повышения качества обслуживания пассажиров.

Большинство людей ежедневно затрачивают на транспортные передвижения значительное время. Прежде всего, это касается жителей городов, в которых проживает около 68 % белорусов, а также жителей пригородных зон. Свободное время работающего человека составляет примерно 7 часов в сутки (8 часов – работа и 9 часов – сон и личное время). Следовательно, при средних затратах времени на поездки 1 час 30 минут в сутки транспорт «забирает» более 1/5 свободного времени.

В Беларуси особое внимание уделяется развитию общественного маршрутизированного транспорта. Сущность задачи на современном этапе его развития сводится к разработке новых методов организации движения пассажирского транспорта на основе автоматизированных систем управления движением; совершенствованию традиционных видов городского пассажирского транспорта, включая изменение конструкции подвижного состава и путевых устройств; разработке новых видов маршрутизированного пассажирского транспорта. Характерными чертами современного периода являются специализация городских улиц и дорог по назначению и виду движения с целью повышения однородности транспортных потоков; системный подход к решению вопросов городской транспортной сети в свете увязки и резервирования линий всех видов городского транспорта; максимальное исключение конфликтных точек и разводка транспортных потоков в разных уровнях; развитие городских скоростных дорог [1].

Однако растущая нагрузка на транспортные системы и повышение требований к качеству транспортных услуг обуславливают необходимость разработки и внедрения новых технологий и систем управления процессами пассажирских перевозок.

В условиях постоянного роста городского населения и увеличения спроса на транспортные услуги в Республике Беларусь существует необходимость в создании единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок для обеспечения эффективности и качества транспортных услуг.

Создание такой системы обусловлено следующими факторами:

1 Рост городского населения: по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, на 2021 год уровень урбанизации страны составлял около 79 % [2]. Это означает, что более 7 млн человек проживают в городах и населенных пунктах. Ожидается, что этот показатель будет продолжать расти, что повышает спрос на транспортные услуги и создает дополнительные сложности в управлении транспортной инфраструктурой.

2 Увеличение количества пассажирских перевозок: согласно статистическим данным, за последние 10 лет объем пассажирских перевозок в Республике Беларусь вырос на 15–20 % [3]. В частности, число пассажиров, перевезенных автомобильным, железнодорожным и городским электрическим транспортом, увеличилось с 1,8 млрд в 2010 году до 2,1 млрд в 2020 году [4]. Этот рост требует более эффективного управления пассажирскими перевозками и координации между различными видами транспорта.

3 Использование устаревших систем управления: несмотря на интенсивное развитие транспортной инфраструктуры и услуг, в Республике Беларусь все еще используются устаревшие системы управления пассажирскими перевозками, что снижает их эффективность и удобство для пассажиров. Например, долгое время отсутствовала единая система оплаты проезда для всех видов транспорта, и лишь недавно был запущен проект «Белкарт» [5], который предлагает интегрированное решение для оплаты проезда на раз-

личных видах транспорта. Однако его внедрение еще не завершено, и существует множество проблем, требующих доработки и модернизации.

4 Необходимость интеграции транспортных систем: в контексте глобализации и роста международного сотрудничества актуальность темы единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок также связана с необходимостью интеграции транспортных систем Беларуси в европейские и мировые сети. Это повысит привлекательность страны для иностранных инвестиций, развития туризма и обеспечит более удобное и быстрое перемещение пассажиров.

5 Улучшение экологической ситуации: автоматизация управления пассажирскими перевозками может помочь снизить выбросы загрязняющих веществ и уменьшить экологическое воздействие транспортного сектора. Согласно данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, транспорт является одним из основных источников загрязнения воздуха, отвечая за 18,6 % общих выбросов [6]. Внедрение единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок позволит оптимизировать маршруты и использование транспортных средств, что, в свою очередь, приведет к снижению выбросов и улучшению экологической ситуации.

Таким образом, разработка и внедрение такой системы позволит существенно повысить качество и эффективность транспортных услуг, удовлетворить потребности населения, обеспечить устойчивое развитие транспортной инфраструктуры и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Необходимо учесть, что в последние годы в Республике Беларусь наблюдается снижение объёма перевозок пассажиров и пассажирооборота.

Тенденция по снижению объёма перевозок и пассажирооборота автомобильного, городского электрического транспорта, наблюдаемая в 2020–2021 гг. во многом обусловлена социально-экономическими последствиями пандемии коронавируса COVID-19, при этом большинство потребителей отдали предпочтение ходьбе пешком, личному транспорту, услугам автомобилей-такси, каршерингу и др. (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Объёмы перевозок пассажиров автомобильным, городским электрическим транспортом, а также автомобилями-такси в 2017–2021 гг.



Рисунок 2 – Пассажирооборот на автомобильном, городском электрическом транспорте, а также при выполнении перевозок пассажиров автомобилями-такси в 2017–2021 гг.

По данным статистической отчетности за 2022 год объем перевозок пассажиров автомобильным, городским электрическим транспортом и метрополитеном составил 1455,4 млн пас., что на 1,9 % меньше, чем за тот же период 2021 г. (1483,8 млн пас.).

При этом пассажиروоборот автомобильного, городского электрического транспорта и метрополитена за январь – декабрь 2022 г. составил 11630,6 млн пас.·км, что соответственно на 4,5 % больше по сравнению с данными показателями за январь – декабрь 2021 г. (11123,0 млн пас.·км).

Однако этот рост свидетельствует об увеличении спроса на поездки большой дальности, а также обуславливает необходимость повышения эффективности управления транспортными потоками и оптимизации работы транспортных систем.

В настоящее время диспетчерское управление и контроль за выполнением автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении возложены на операторов автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении. На территории Республики Беларусь таких операторов 7.

Необходимо отметить, что на территории республики 11 крупных автомобильных перевозчиков с долей государственной собственности (примерно 31 тыс. автомобильного транспорта для перевозки пассажиров). А также около 650 иных (частных) автомобильных перевозчиков (10,5 тыс. автобусов).

Существующая система пассажирских перевозок сталкивается с рядом проблем и слабых сторон, которые влияют на качество транспортных услуг и удовлетворенность пассажиров:

1 Недостаточная координация между различными видами транспорта, перевозчиками и операторами, что приводит к неэффективному использованию транспортной инфраструктуры и непредсказуемым изменениям в расписаниях.

2 Отсутствие единой системы оплаты и бронирования билетов, что усложняет процесс покупки билетов и создает проблемы с контролем доступа на транспорт.

3 Отсутствие единой системы и недостаточное информирование пассажиров о расписаниях, маршрутах и статусе рейсов, нестандартных ситуациях текущего дня, что затрудняет планирование поездок и может вызывать опоздания и снижение качества обслуживания пассажиров.

4 Ограниченные возможности планирования и оптимизации маршрутов в существующих системах управления, что приводит к перегрузкам на некоторых участках и недостаточному использованию транспортного потенциала.

В связи с этим, разработка и внедрение единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок в Республике Беларусь является важным шагом для повышения эффективности и качества транспортных услуг, так как автоматизированные системы диспетчерского управления (далее – АСДУ) играют ключевую роль в повышении эффективности работы транспорта. Они позволяют осуществлять мониторинг и контролировать передвижение транспортных средств в режиме реального времени, а также предоставлять оперативную информацию о состоянии движения транспорта и возможных изменениях в расписаниях. В Беларуси началось внедрение АСДУ в 2015 году, однако по состоянию на 2022 год еще не все города страны полностью оснастили свою транспортную инфраструктуру в единую АСДУ [7].

Внедрение мониторинга необходимо для контроля транспортных средств. В автоматизированных системах диспетчерского управления и контроля заинтересованы организации, осуществляющие перевозку пассажиров.

В таком случае целесообразна установка GPS мониторинга. С помощью системы GPS мониторинга возможно осуществлять контроль:

- за передвижением объекта;
- отклонениями от схемы маршрута;
- использованием топлива (контроль расхода);
- транспортными средствами, пропавшими вследствие угона.

На транспортном средстве, работающем под управлением автоматизированной системы диспетчерского управления и контроля устанавливается бортовой навигационно-связной терминал (навигационный комплекс), который обеспечивает прием сигналов с навигационных спутников и хранение координат положения транспортного средства на местности. Навигационно-связной терминал имеет модульную конструкцию и предусматривает возможность наращивания функциональности за счет подключения дополнительных модулей. Средства навигационно-связного терминала позволяют транслировать сигналы по различным нестандартным ситуациям (рисунок 3).

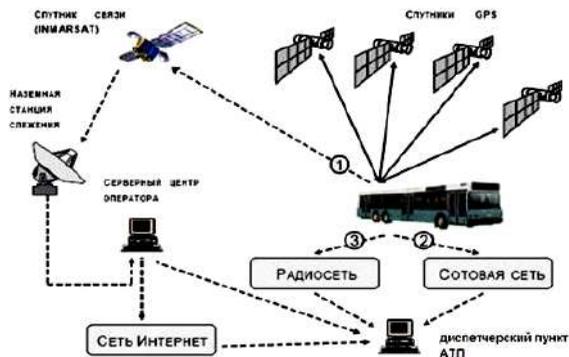


Рисунок 3 – Принципиальная схема работы спутниковой навигационной системы

С помощью автоматизированной системы диспетчерского управления для всех транспортных средств, задействованных в перевозке пассажиров в регулярном сообщении, ежедневно проводится проверка соблюдения условий договора об автомобильной перевозке пассажиров в регулярном сообщении, а именно, выпуск автобусов на линию, при выполнении автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении использовать автобусы, внесенные в договор с оператором автомобильных перевозок, осуществлять автомобильные перевозки пассажиров в регулярном сообщении автобусами с установленными и подключенными навигационно-связными терминалами, предоставлять оператору автомобильных перевозок информацию об изменении дорожно-транспортных условий на маршруте (маршрутах), возникающих аварийных и сбойных ситуациях при выполнении перевозок пассажиров для принятия необходимых мер, обеспечение регулярности выполняемых рейсов по маршруту в соответствии с расписанием движения и др.

Необходимо отметить, что в последние годы в Беларуси также активно внедряются системы покупки электронного билета и бронирования, такие как Белкарт, Т-Рау, Оплати и InfoBus, которые позволяют упростить процесс оплаты проезда и сократить время на поиск и покупку билетов. Согласно данным проекта Белкарт, на конец 2021 года около 30 % всех оплат проезда на общественном транспорте осуществлялось с использованием данной системы [5].

При этом системы информирования пассажиров предоставляют актуальную информацию о расписаниях, маршрутах и ожидаемом времени прибытия транспортных средств. В Беларуси такие системы начали внедряться в середине 2010 годов, и сейчас они доступны во всех крупных городах страны. Однако по состоянию на 2023 год многие малые города и сельские населенные пункты еще не оборудованы подобными системами [8].

В свою очередь, системы планирования и оптимизации транспорта позволяют автоматически определить оптимальные маршруты и составить расписание движения транспортных средств с учетом пассажиропотока, дорожных условий и других факторов. В Беларуси такие системы находятся на стадии внедрения и разработки. Однако крупные города, такие как Минск, уже начали использовать такие системы для оптимизации маршрутов общественного транспорта и сокращения времени ожидания пассажиров [9].

Использование технологий автоматизации управления процессами пассажирских перевозок в Республике Беларусь имеет большой потенциал для улучшения качества транспортных услуг и обеспечения комфорта и безопасности пассажиров. Однако для достижения максимальной эффективности необходимо продолжать внедрение и совершенствование существующих систем для формирования единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок в Республике Беларусь (далее – единая система, платформа).

Унификация и стандартизация технологий и систем являются ключевыми принципами разработки единой системы. Согласно данным о системе ИВА АVM и «Транспорт ВУ», существующие автоматизированные системы диспетчерского управления и информирования пассажиров уже интегрированы на 80 % транспортной отрасли пассажирских перевозок в регулярном сообщении и поддерживаются исполкомами, операторами перевозок, государственными и частными перевозчиками [7]. Однако для создания единой системы автоматизации управления стандартизация должна распространяться на все уровни, в т. ч. оплату проезда, бронирование проездных документов (билетов) и планирование маршрутов.

Единая система должна быть гибкой и масштабируемой, чтобы удовлетворять потребности различных регионов и перевозчиков, а также адаптироваться к изменениям в инфраструктуре, городской планировке и технологических трендах. Гибкость системы позволит быстро внедрять новые функции и обновления, а также поддерживать интеграцию с другими системами и платформами, а масштабируемость обеспечит возможность применения системы как в крупных городах, так и в малых населенных пунктах, адаптируясь к местным особенностям и потребностям.

Безопасность и надежность являются критическими факторами для успешного функционирования платформы. Система должна предоставлять защиту от внешних угроз и обеспечивать сохранность данных пассажиров и операторов. Для этого следует использовать современные методы шифрования, аутентификации и авторизации пользователей, а также проводить мониторинг и анализировать потенциальные угрозы и уязвимости в режиме реального времени. Надежность системы заключается в обеспечении стабильного и непрерывного функционирования всех ее компонентов, минимизации простоев и технических сбоев.

Для обеспечения надежности и безопасности системы необходимо будет применять регулярное тестирование и проведение аудитов безопасности,

обновление программного обеспечения и оборудования, а также использование резервных серверов и систем для обеспечения непрерывности работы в случае аварий или сбоев.

Таким образом, разработка единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок в Республике Беларусь должна опираться на принципы унификации и стандартизации технологий и систем, гибкости и масштабируемости системы, а также безопасности и надежности. Эти принципы позволят создать эффективную, устойчивую и удобную для пользователей систему, которая будет способствовать развитию транспортной инфраструктуры и улучшению качества транспортных услуг в Республике Беларусь.

Для успешного развертывания и внедрения платформы необходима разработка организационной и организационно-технической схемы. Она включает в себя определение ключевых участников проекта, их взаимодействие, а также технические и программные решения для создания интегрированной системы.

Организационная схема должна также включать в себя такие важные составляющие, как единая система информирования пассажиров (далее – ЕСИП) и единая система оплаты проезда и бронирования билетов (далее – ЕСОБ) (рисунок 4).



Рисунок 4 – Организационная схема

Такая платформа должна быть гибкой, масштабируемой и обеспечивать безопасность и надежность функционирования, а также интегрировать автоматизированные системы диспетчерского управления, системы оплаты (билетирования) и бронирования, системы информирования пассажиров, системы планирования и оптимизации.

Разработка стандартов и процедур для обмена данными между компонентами системы обеспечит унификацию и стандартизацию технологий и систем, а также упростит взаимодействие между участниками проекта.

При этом внедрение системы мониторинга и анализа данных для определения текущего состояния транспортной сети, выявления возможных проблем и определения мер по их решению позволит оперативно реагировать на изменения в ситуации и улучшить качество транспортных услуг.

Разработка программы обучения и повышения квалификации сотрудников – участников системы, включая перевозчиков и операторов перевозок, должна быть направлена на освоение новых технологий, навыков работы с автоматизированными системами и понимание принципов единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок.

Создание механизма постоянного сотрудничества и взаимодействия между участниками системы, обеспечивающего координацию действий, обмен опытом и знаниями, а также совместное решение возникающих проблем приведет к развитию системы в долгосрочной перспективе (рисунок 5).



Рисунок 5 – Организационно-техническая схема

Преимущества и ожидаемые результаты внедрения единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок:

1 Улучшение качества транспортных услуг, так как внедрение такой системы позволит улучшить качество транспортных услуг за счет более точного и оперативного планирования маршрутов, снижения пробок и оптимизации использования транспортных средств, что приведет к улучшению обслуживания пассажиров и повышению их удовлетворенности услугами общественного транспорта.

2 Эффективность использования транспортной инфраструктуры позволит более рационально использовать транспортные средства и остановки, а также снизит нагрузку на дорожную сеть и улучшит условия движения.

3 Автоматизация управления процессами пассажирских перевозок и оперативная информация о движении транспорта позволит сократить время ожидания пассажиров на остановках, а также уменьшить время передвижения за счет оптимизации маршрутов и снижения пробок.

4 Снижение издержек и экологического воздействия. Платформа позволит снизить издержки транспортных предприятий за счет оптимизации маршрутов, сокращения простоев транспортных средств и повышения их использования. Кроме того, благодаря сокращению времени передвижения и пробок уменьшаются выбросы вредных веществ в атмосферу, что положительно влияет на экологию.

5 Развитие транспортной индустрии в Республике Беларусь, так как внедрение единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок способствует развитию транспортной индустрии в Республике Беларусь. Улучшение качества транспортных услуг и снижение издержек может привлечь больше пассажиров к использованию общественного транспорта, что в свою очередь стимулирует инвестиции в транспортную инфраструктуру и технологии. Кроме того, успешное внедрение такой системы может стать основой для экспорта белорусских технологий в другие страны.

Таким образом, единая система автоматизации управления процессами пассажирских перевозок имеет большие перспективы развития и возможности для дальнейшего исследования. Возможные направления развития включают интеграцию с системами реализации билетов и бронирования, разработку алгоритмов искусственного интеллекта для оптимизации маршрутов и управления транспортными потоками, а также применение интернета вещей (IoT) для сбора и анализа данных о состоянии транспортной инфраструктуры и пассажирских потоках.

Возможности для дальнейшего исследования могут включать изучение влияния интеграции различных видов транспорта (автобусы, трамваи, метро, электрички) на эффективность системы, разработку методов повышения доступности транспортных услуг для людей с ограниченными возможностями, а также анализ влияния системы на экономические показатели транспортных предприятий и регионов.

Также необходимо уделить внимание сотрудничеству между государственными и частными транспортными предприятиями для обеспечения бесшовной интеграции различных видов транспорта и улучшения общей эффективности системы.

В целом, разработка и внедрение единой системы автоматизации управления процессами пассажирских перевозок является актуальной и перспективной задачей, способной внести значительный вклад в развитие транспортной индустрии Республики Беларусь и повышение качества жизни граждан.

#### **Список литературы**

1 **Антюшеня, Д. М.** Грузовые и пассажирские автомобильные перевозки : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-27 02 01 «Транспортная логистика» : в 2 ч. Ч. 1. / Д. М. Антюшеня. – Минск : БНТУ, 2020. – 62 с.

2 Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Уровень урбанизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/demograficheskaya-i-sotsialnaya-statistika/naselenie/uroven-urbani-zatsii\\_2/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/demograficheskaya-i-sotsialnaya-statistika/naselenie/uroven-urbani-zatsii_2/). – Дата доступа : 17.04.2023.

3 Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Транспорт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/otrasli-statistiki/transport/>. – Дата доступа : 17.04.2023.

4 Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Объём пассажирских перевозок в Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/otrasli-statistiki/transport/statisticheskie-pokazateli\\_7/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/otrasli-statistiki/transport/statisticheskie-pokazateli_7/). – Дата доступа : 17.04.2023.

5 Проект Белкарт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://belkart.by>. – Дата доступа : 17.04.2023.

6 Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Загрязнение воздуха [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minpriroda.gov.by/ru/ecology-ru/view/zagryaznenie-vozduha-203/>. – Дата доступа : 17.04.2023.

7 Внедрение автоматизированных систем диспетчерского управления в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://example.com/asdu\\_belarus](https://example.com/asdu_belarus). – Дата доступа : 17.04.2023.

8 Газета «Транспорт Беларуси» (2021). Обзор систем информирования пассажиров в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://example.com/passenger\\_information\\_systems\\_belarus](https://example.com/passenger_information_systems_belarus). – Дата доступа : 17.04.2023.

9 Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь (2021). Проекты по оптимизации маршрутов общественного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://mtc.gov.by/optimization\\_projects](https://mtc.gov.by/optimization_projects). – Дата доступа : 17.04.2023.

УДК 656.07

## **ЦИФРОВЫЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК**

*А. А. ХОРОШЕВИЧ*

*Унитарное предприятие «Минское отделение  
Белорусской железной дороги»,*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Наблюдаемые в последнее десятилетие процессы цифровой трансформации транспортного комплекса и постоянное совершенствование процессов управления привели к значительным изменениям в функционировании транспортных организаций. Внедрение цифровых инструментов в работу транспортных компаний существенно повысило эффективность предоставления транспортно-логистических услуг за счет более качественной реализации каждой из управленческих функций.

В общем виде под цифровой трансформацией понимается общекорпоративное явление, характеризующееся существенными организационными последствиями и предусматривающее изменение бизнес-модели организации на основе применения цифровых технологий [1, с. 892]. Цифровая трансформация на транспорте предполагает практически полную автоматизацию большинства бизнес-процессов и охватывает три фундаментальных составляющих перевозочного процесса: организацию перевозок; транспортные средства (подвижной состав); технические средства инфраструктуры.

Первоначально в рамках цифровизации реализуются меры, направленные на информатизацию и автоматизацию перевозочного процесса, включающие разработку и внедрение единой автоматизированной системы управления и системы отслеживания, а также автоматизацию отношений с клиентами, в том числе с использованием электронного документооборота. Одновременно осуществляется модернизация транспортных средств (подвижных составов) через внедрение систем навигации и систем управления подвижными составами. Последней областью цифровизации выступает транспортная инфраструктура, в рамках которой обеспечивается использование современных датчиков и устройств на транспортной сети и применение цифровых технологий для диагностики объектов инфраструктуры.

Включение цифровой составляющей в каждую из отмеченных областей управления (система организации перевозок, транспортные средства (подвижной состав) и транспортная инфраструктура) приводит к возникновению конкретных экономических и социальных эффектов.

Использование цифровых инструментов в рамках системы управления и организации перевозок способствует повышению производительности управленческой деятельности, а также существенному снижению возможности совершения ошибок за счет реализации функционала систем поддержки принятия решений. Перевод перевозочных документов в электронный формат обеспечивает их ускоренную передачу, обработку и регистрацию, а также существенно повышает прозрачность оказываемых услуг. Использование цифровых платформ для взаимодействия с клиентами, партнерами и государственными органами сокращает время на осуществление всех операций, уменьшает количество звеньев цепочек поставок и обеспечивает прослеживаемость движения грузов. Внедрение в работу специалистов систем моделирования предоставляет возможность планирования пропускной и провозной способности при различных условиях внешней среды.

Применение цифровых программно-технических решений в рамках работы транспортных средств (подвижных составов) одновременно обеспечивает рост безопасности перевозок и информационного обмена, а также улучшение качественных характеристик перевозочного процесса. Повышение безопасности перевозок достигается за счет широкого использования

средств автоматизации, а также систем предикативной аналитики, позволяющих контролировать состояние транспортных средств в режиме реального времени и осуществлять эффективное планирование мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту. Улучшение информационного обмена и рост сохранности персональных данных обеспечиваются внедрением технологий коммуникации между транспортными средствами и объектами транспортной инфраструктуры. Кроме того, в существенной степени безопасность обеспечивается использованием систем беспилотного (высокоавтоматизированного/автономного) вождения в сегменте автомобильных перевозок, беспилотных авиационных средств в рамках воздушного транспорта и систем автономного или дистанционного управления в беспилотных (автономных) морских судах.

Цифровая трансформация транспортной инфраструктуры позволяет организовывать более эффективное функционирование ее объектов, а также открывает новые возможности для установления связи данных объектов с различными системами, поставщиками логистических услуг и органами государственного управления. Использование современных датчиков и устройств на транспортной сети обеспечивает своевременное обнаружение повреждений и препятствий на пути следования и передачу соответствующей информации лицам, управляющим транспортными средствами (подвижными составами). Внедрение цифровых инструментов в работу объектов транспортной инфраструктуры также предусматривает возможность организации их высокооточного обслуживания, обеспечивающего их дальнейшее эффективное функционирование.

В совокупности все вышеотмеченное формирует цифровые способы повышения эффективности организации грузовых перевозок (рисунок 1).



Рисунок 1 – Цифровые способы повышения эффективности организации грузовых перевозок

Таким образом, повышение эффективности организации грузовых перевозок во многом обеспечивается осуществлением цифровой трансформации основных составляющих перевозочного процесса: системы организации перевозок, транспортных средств (подвижных составов) и транспортной инфраструктуры. Включение цифровых инструментов в данные области способствует организации централизованного управления движением на основе обеспечения электронного взаимодействия всех участников цепи поставок, а также стимулирует одновременный рост эффективности функционирования объектов инфраструктуры и повышение надежности транспортных средств (подвижных составов). В результате отмеченного наблюдается существенное сокращение эксплуатационных расходов, основанное на уменьшении трудоемкости управленческих операций, упрощении процесса обмена информацией и более эффективном обслуживании объектов инфраструктуры.

#### Список литературы

1 Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda / P. C. Verhoef [et al.] // Journal of Business Research. – 2021. – № 122. – P. 889–901.

УДК 629.06

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В ГОРОДСКОМ ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ С УЧЕТОМ ГЕНДЕРНЫХ АСПЕКТОВ**

*А. Э. ВОЛКОВА*

*Академия «Высшая инженерная школа»  
Российского университета транспорта (МИИТ), г. Москва*

В современном городе в связи с ростом урбанизации и автомобилизации населения большое внимание уделяется развитию общественного транспорта: наземного городского, рельсового, а также средств индивидуальной мобильности. В плотной городской застройке все больше людей предпочитают пользоваться общественным транспортом.

Каждый пассажир сталкивается с опасностью на транспорте. При этом согласно результатам исследования, проведенного Министерством транспорта Великобритании, существуют глубокие различия между мужским и женским восприятием опасности. Так, 62 % женщин испытывают страх на многоярусных автостоянках, 60 % – на железнодорожных платформах, 49 % – на автобусных остановках, 59 % – на пути от остановки до дома,

метро или станции ж/д. Для мужчин эти показатели составляют, соответственно, 31, 25, 20, 25 % [1].

Причин, по которым женщины ощущают опасность и страх сильнее мужчин, множество. В Калифорнии, в Институте транспорта Mineta Transportation Institute проводили несколько глубинных интервью, которые позволили выявить основные страхи женщин в общественном транспорте [1]. Многие опрошенные подчеркивали взаимосвязь безопасности в транспорте с другими вопросами, важными как для женщин, так и для мужчин – безопасность в транспорте связана с экономической безопасностью (то есть доступ к лучшим рабочим местам, лучшему образованию), что приводит к улучшению жилищных условий в окрестностях. Однако для женщин безопасный общественный транспорт наиболее важен для выполнения повседневных задач – у многих женщин нет машин, они пользуются наземным транспортом для того, чтобы добраться до магазина или отвезти ребенка в детский сад или школу. Это подтверждают и отечественные исследования в Москве. В 2020 году ТАСС проводил опрос, который подтверждает, что большинство пользователей общественного транспорта – женщины (личный автомобиль чаще всего выбирают мужчины – 22,7 % (против 18,3 % среди женщин), а вот общественным транспортом чаще пользуются женщины – 53,3 против 47,7 %) [2].

Реальность транспортных систем выявила закономерность: гендерный состав профессии планировщика привел к тому, что предпочтение отдавалось транспортным структурам, подходящим для мужчин среднего класса на автомобилях, поскольку сами планировщики принадлежали к этой социальной группе. При таком планировании игнорировался тот факт, что работающие женщины, в частности, могут иметь другой опыт и другие потребности в общественном транспорте.

Неизменный элемент, который присутствует при планировании любой транспортной сети – пешеходные маршруты. По статистике большинство пешеходов – женщины, а также большинство пешеходов с маленькими детьми, которым требуется коляска, тоже женщины. В 2015 году в Лондоне был проведен опрос, посвященный передвижениям. Среди респондентов, оценивших состояние дорог и тротуаров в момент их последнего пешего перехода как удовлетворительное, женщин было значительно меньше, чем мужчин – возможно, потому что женщины не только чаще мужчин ходят пешком, но и обычно вынуждены везти перед собой детскую коляску [3].

Еще одна проблема, с которой чаще всего сталкиваются женщины-пассажиры – необходимость составных маршрутов. Количество поездок, которые входят в классическое понятие «досуг» или «поездки по магазинам», которые ежедневно выполняют женщины для обеспечения необходимым семье или для ухода за детьми, почти равно количеству поездок, связанных с работой. К примеру, в Лондоне женщинам чаще приходится

делать пересадки, так как система общественного транспорта здесь радикальная [3]. При сравнении дальности поездок из одного района в другой (по типично «женским» маршрутам, связанным с домашней работой или уходом за детьми) на каршеринге или автобусе, каршеринг является более выгодной по времени альтернативой. Из исследования, проведенного авторами статьи, видно, что порой поездка на личном автомобиле или каршеринге занимает в три раза меньше времени, чем на автобусе, где необходимо, помимо ожидания, сделать несколько пересадок. Такие короткие ежедневные поездки нагружают улично-дорожную сеть.

Помимо отсутствия уделения должного внимания пешеходным маршрутам и улучшению транспортной сети, существует еще одна важная проблема, с которой сталкиваются женщины в общественном транспорте, она же связана с острым ощущением «небезопасности».

В России не так много исследований на тему домогательств в общественном транспорте, однако в информационном поле достаточно жалоб, связанных с этой проблемой. К примеру, «Газета.Ru» проводила исследование в 2021 году, в ходе которого выявила домогательства как в трамваях Санкт-Петербурга, так и в автобусах в Саратове, Москве и других городах [4]. В декабре 2022 года такое исследование проводило издание MSK1, в мае 2023 года подобный материал выпустила и «Лента.Ru» [5, 6].

Психологи считают, что любое домогательство наносит вред здоровью, а также может привести к развитию тревожных расстройств. «Может развиться социальная фобия, боязнь езды в общественном транспорте, страх по отношению к противоположному полу, тревожно-депрессивные расстройства», – сообщает психотерапевт Владимир Дашевский. Это же подтверждают данные глубинных интервью, которые проводили авторы данного исследования – некоторые респондентки были вынуждены выбрать для себя профессию фитнес-тренера для защиты себя и других женщин от подобных ситуаций, другие отказывались от ношения юбок и платьев и даже пользования метро.

Открытые данные о харассменте в общественном транспорте, с которыми чаще всего сталкиваются женщины, отсутствуют – это связано, прежде всего, с отсутствием наказания за домогательства. В данном случае, принуждение к сексуальному деянию в общественном транспорте не может считаться «домогательством», поскольку чаще всего отсутствует шантаж, угроза уничтожением, повреждением или изъятием имущества. Сами пострадавшие отмечают, что не жаловались в полицию на данные события в связи с отсутствием правового поля, которое может как-либо их защитить.

Еще одна проблема отсутствия статистических данных о домогательствах – невозможность четко зафиксировать происходящее, поскольку камеры видеонаблюдения либо просто отсутствуют в салонах подвижного состава, либо не охватывают детально каждого пассажира.

Третья причина отсутствия статистики – стыдливость жертвы, боязнь оказаться в состоянии «сама виновата» и осуждения общества, сложность проживания психической травмы. Все это приводит к тому, что обоснования необходимости внедрения какой-либо защиты пассажиров от домогательств нет.

Авторами статьи был проведен опрос о социальных проблемах в городском транспорте. Примерно каждый 5 респондент сталкивается с ощущением небезопасности (21 %), из них большинство – женщины. Из всех респондентов большинство, к примеру, не сталкивалось с домогательствами в автобусах (42 %), но при этом большинство слышали о домогательствах в других видах транспорта, а лично сталкивались или видели со стороны 16 % (если речь идет об автобусах) и 31 % (если речь о других видах транспорта).

Из 33 % респондентов, которые готовы были рассказать подробности произошедшего, большинство сталкивались с домогательствами в настоящее время и нигде не обращались. Лишь один респондент обратился к психотерапевту и один – в полицию. Если просмотреть ответы каждого респондента и проследить аналогию, то все эти люди – женщины.

Согласно вышесказанному, с харассментом в общественном транспорте сталкиваются, в основном, женщины. При этом, согласно проведенному исследованию, чаще всего пассажирки не могут как-либо повлиять на объект, причиняющий дискомфорт – пассажиры, готовые закричать или уйти встречаются реже, чем те, кто находится в состоянии паралича.

Борьба с домогательствами – это не только про улучшение частной жизни конкретного человека. При решении проблемы гендерного насилия в общественном транспорте повышается безопасность, эмоциональное и физическое благополучие работников и пассажиров, прибыльность операторов (согласно исследованию, проведенному в Великобритании, количество пользователей общественного транспорта увеличилось бы на 10 %, если бы пассажиры, особенно женщины, чувствовали себя в большей безопасности) [7]. Также повышается доверие как у пассажиров, что улучшает репутацию транспортных компаний и перевозчиков, так и у инвесторов, а за счет повышения мобильности женщин стимулируется и экономический рост страны.

В качестве предложений, как снизить уровень домогательств в общественном транспорте, можно считать:

1 Улучшение освещения вокруг транспортных узлов – там, где пассажиры ходят пешком, а также вокруг остановок и платформ, где пассажиры ожидают транспорт.

2 Увеличение количества подвижного состава в пиковые часы, так как в условиях переполненности салона возрастает риск домогательства.

3 Создание четкого кодекса поведения, который бы разъяснял пассажирам и работникам транспорта, как сообщать об акте домогательства и связанных с ним проблемах.

4 Снижение количества помещений вне зоны видимости и без физического присутствия работников транспорта – охранников, кондукторов либо без систем видеонаблюдения.

5 Внедрение аварийных кнопок для пассажиров.

Выделение отдельных единиц подвижного состава негативно скажутся на удобстве пассажиров всех групп населения, экономической модели работы перевозчиков, и, следовательно, не являются целесообразными. По этой причине предлагается рассмотреть все вышеописанные пункты и их применение в РФ – прежде всего, улучшение освещения, увеличение камер видеонаблюдения, внедрение аварийных кнопок и создание кодекса поведения.

Оснащение подвижного состава дополнительным количеством камер и аварийными кнопками – один из вопросов решения указанной проблемы. Однако размещение и принцип работы аварийной кнопки должен предполагать определенную логику: необходимо защитить кнопку от незапланированных нажатий, оснастить ее звуковым и световым сигналом, создать связь между камерой и кнопкой. Поэтому предлагается создание кнопки, которая будет включать режим повышенного внимания при двойном касании. В случае, если на кнопку нажали дважды, срабатывает механизм включения звука и переключения камер видеонаблюдения на зону расположения кнопки. Звук на кнопке должен быть непривычным, резким (общий предел – от 20 до 20 тыс. Гц, с учетом затрагивания частоты у слабослышащих людей). Также необходимо наличие большого количества камер видеонаблюдения – для лучшего просмотра салона, так как сейчас либо камеры видеонаблюдения отсутствуют, либо их недостаточно для детального рассмотрения ситуации в салоне.

#### Список литературы

1 How to Ease Women's Fear of Transportation Environments: Case Studies and Best Practices [Electronic resource]. – 2009. – Mode of access : <http://transweb.sjsu.edu/sites/default/files/2611-women-transportation.pdf>. – Date of access : 08.05.2023.

2 ТАСС. Исследование: более 50 % москвичей используют общественный транспорт для поездок по городу [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа : <https://tass.ru/moskva/10093213/>. – Дата доступа : 06.05.2023.

3 Travel in London: Understanding our diverse communities. A summary of existing research [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access : <http://content.tfl.gov.uk/travel-in-london-understanding-our-diverse-communities-2019.pdf>. – Date of access : 04.02.2023.

4 Россиянки пожаловались на домогательства в общественном транспорте. Исследование «Газеты.Ру» [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : <https://www.gazeta.ru/social/2021/10/29/14150335.shtml>. – Дата доступа : 28.12.2022.

5 Откровенные истории москвичек о домогательствах в метро и автобусах. Что советуют юрист и психолог об этой социальной проблеме? Статья от MSK1.RU Москва онлайн [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа : <https://msk1.ru/text/incidents/2022/12/14/71893181/>. – Дата доступа : 09.05.2023.

6 Россиянки рассказали о случаях домогательств в общественном транспорте. Статья от Lenta.Ru [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа : <https://lenta.ru/news/2023/05/03/domogatelstva/>. – Дата доступа : 09.05.2023.

7 Women's Safety and Security. A Public Transport Priority [Electronic resource]. – 2018. – Mode of access : [https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/womens-safety-security\\_0.pdf](https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/womens-safety-security_0.pdf). – Date of access : 08.05.2023.

## РАЗВИТИЕ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ГОРОДА ГОМЕЛЯ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ТРАНСПОРТНО-ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА ЮСТ

*А. Э. ЮНИЦКИЙ, Е. Н. ВЛАСОВЕЦ, О. В. КУЛИК*

*Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск,  
Республика Беларусь*

Устойчивые тенденции развития и роста городских агломераций, сопровождающиеся концентрацией населения в крупных городах, а также ростом количества автомобильного парка личного и общественного пользования, приводят к исчерпыванию возможностей существующей городской транспортной инфраструктуры. Подобная ситуация прослеживается и в Гомеле – полумиллионном городе, которому также присущи характерные проблемы несовершенства развития транспортной системы, рост количества легковых автомобилей (рисунок 1), износ подвижного состава общественного транспорта, недостаточные темпы строительства новых объектов транспортной инфраструктуры, связывающие районы густонаселённой перспективной застройки города с историческим центром и объектами социально значимой инфраструктуры и т. д. [1].

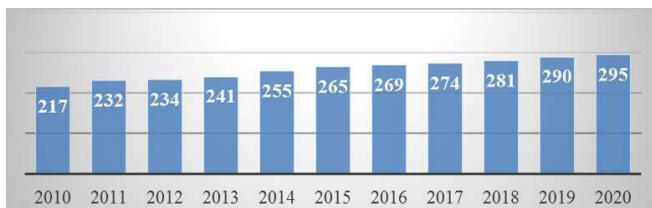


Рисунок 1 – Динамика обеспеченности населения Гомеля и Гомельской области легковыми автомобилями на 1000 человек населения за период 2010–2020 гг. [2]

Одним из возможных вариантов решения проблемы повышения уровня транспортной доступности городского населения и развития городской маршрутной сети может стать создание и эксплуатация автоматизированного транспортно-инфраструктурного комплекса на основе запатентованной технологии Unitsky String Technologies (ЮСТ) на базе беспилотных рельсовых электромобилей на стальных колёсах (юнимобилей) с осуществлением движения на «втором» уровне.

Транспортно-инфраструктурный комплекс ЮСТ – это наиболее эффективное комплексное решение из всех известных и перспективных транспортно-логистических решений, имеющее высокие показатели безопасности, энергоэффективности и производительности [3]. Комплекс ЮСТ

обладает рядом следующих преимуществ по сравнению с традиционными транспортными решениями:

- возможность интеграции в любую городскую среду и ландшафт;
- минимальный, точечный под опоры, землеотвод (из расчёта до 0,1 га/км при аналогичном значении 2–3 для железнодорожного транспорта и 3–5 – для автомобильного);
- низкие капитальные затраты на строительство за счёт отсутствия земляных насыпей, выемок, мостов, развязок и водопропускных сооружений;
- низкие эксплуатационные затраты за счёт высокой энергоэффективности транспорта, автоматизации процесса перевозки и минимальной численности обслуживающего персонала;
- высокий уровень безопасности и исключение ДТП благодаря поднятию рельсо-струнной путевой структуры над землёй, наличию противосходной системы на каждом колесе юнимобилиа;
- экологичность транспортного комплекса благодаря практически нулевому уровню загрязнения и минимальному уровню шума;
- адаптивность к пассажиропотоку с возможностью регулирования интервалов движения и количества юнимобилей на маршруте в зависимости от пассажиропотока в режиме реального времени.

Одним из возможных вариантов размещения комплекса ЮСТ в Гомеле может стать маршрут, связывающий территорию активно развивающегося Новобелицкого района с центральной частью города с преодолением водной преграды (р. Сож), что эскизно представлено на рисунке 2. Возведение объектов жилой недвижимости, социально значимых объектов, а также производственной инфраструктуры на территории Новобелицкого района Гомеля привело к повышению уровня маятниковой миграции населения, постоянно проживающего в данном районе или имеющего рабочие места на территории района [4].



Рисунок 2 – Схема возможного маршрута в г. Гомеле с использованием технологии ЮСТ

Транспортно-инфраструктурный комплекс ЮСТ по маршруту «Новобелицкий район – Центральный район» является альтернативой мосту. В то же время при одинаковой распределённой нагрузке эстакада ЮСТ в 5 раз

жестче и в 3 раза прочнее традиционного балочного моста [3]. Также при возведении эстакады ЮСТ необходимо значительно меньшее количество строительных материалов, чем при сооружении традиционной эстакады. При этом оценочная стоимость 1 км транспортно-инфраструктурного комплекса ЮСТ находится в диапазоне 5–10 млн дол. США, что в десятки раз ниже стоимости строительства традиционных мостов (таблица 1).

Предполагаемый эффект от реализации комплекса ЮСТ на территории г. Гомеля заключается:

- в повышении транспортной доступности населения Новобелицкого района города Гомеля;
- снижении нагрузки на существующие транспортные артерии, а также уровня транспортных заторов;
- повышении общей презентабельности транспортной инфраструктуры благодаря инновационному дизайну, уникальности и эксклюзивности исполнения элементов комплекса ЮСТ, который сможет стать узнаваемым объектом городского масштаба;
- росте величины налоговых отчислений в бюджет региона за счёт создания нового эксплуатирующего транспортного предприятия, созданию новых рабочих мест.

**Таблица 1 – Стоимость возведения мостов в пересчёте на 1 км**

Наименование	Пешеходный мост в Израиле Beer Sheva North Station Foot-bridge	Пешеходный мост в Киеве через Владимирский спуск	Вантовый мост во Владивостоке на остров Русский	Вантовый мост через бухту Золотой Рог во Владивостоке	Мост через реку Неман в Лидском районе
Стоимость, млн дол. США/км	119	74	355	221	40 (проектная стоимость)

Таким образом, реализация и эксплуатация нового для города Гомеля транспортно-инфраструктурного комплекса ЮСТ в качестве пассажирской маршрутной транспортной сети на основе её интеграции в существующую транспортную инфраструктуру позволит повысить не только уровень транспортной доступности для населения города, но и стать драйвером социально-экономического роста и развития всего Гомеля и региона в целом.

#### Список литературы

1 Сергей Казачок: сделано не мало, предстоит не меньше [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.newsgomel.by/news/society/sergey-kazachok-sdelano-nemalo-predstoit-ne-menshe-73436.html>. – Дата доступа : 30.04.2023.

2 Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации Национального статистического комитета

Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dataportal.belstat.gov.by/>. – Дата доступа : 23.04.2023.

3 Юницкий, А. Э. Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе / А. Э. Юницкий. – Силакрогс : «ПНБ принт», 2019. – 576 с.

4 Развитие транспортной инфраструктуры г. Гомеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nashkraj.info/razvitie-transportnoj-infrastruktury-g-gomelya/>. – Дата доступа : 02.05.2023.

УДК 656.222.3

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ УЧЕТА КОЛЕБАНИЙ ПОЕЗДОПОТОКОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ**

*К. М. ШКУРИН*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Складывающаяся на Белорусской железной дороге с 2022 года тенденция к перенаправлению значительной части грузопотоков с «западного» направления (в государства Европейского союза) на «восточное» (в Российскую Федерацию, государства Кавказа и Средней Азии) обусловила существенные изменения в интенсивности грузового движения на ряде участков. Так, например, заметно возросли размеры движения на железнодорожных участках, которые используются для доставки продукции белорусских грузоотправителей в порты Северо-Западного федерального округа Российской Федерации.

В условиях высокой нестабильности грузопотоков на Белорусской железной дороге проводится работа, направленная на поддержание максимальной экономической эффективности перевозочного процесса, неотъемлемой частью которой является повышение эффективности использования тягового подвижного состава. Эта работа включает в себя, в частности, мероприятия, направленные на обеспечение высокой эффективности использования мощности локомотивов (например, за счет формирования поездов повышенного веса и повышенной длины), мероприятия по сокращению расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов, а также мероприятия по оптимизации потребности в локомотивном парке (в том числе путем совершенствования технологии организации перевозочного процесса).

Одной из ключевых составляющих работы по повышению эффективности организации перевозочного процесса является совершенствование плана формирования грузовых поездов. Белорусской железной дорогой осуществляется постоянная работа по оптимизации плана формирования поездов с учетом изменяющихся направлений следования грузов (например,

путем установления дополнительных назначений грузовых поездов для сортировочных станций или их отмены).

Следует отметить, что задача своевременного приведения плана формирования грузовых поездов в соответствие со складывающейся структурой вагонопотоков становится особенно сложной в условиях высокой нестабильности грузопотоков, на которые оказывают влияние многочисленные внешние факторы. Так, в период с марта по декабрь 2022 года на Белорусской железной дороге: размеры ежемесячной погрузки назначением в Казахстан изменялись с коэффициентом вариации 17 %, в Азербайджан и Литву – с коэффициентом вариации около 50 %, в Латвию – с коэффициентом вариации 69 %, назначением в Китайскую Народную Республику – с коэффициентом вариации более 80 %, что свидетельствует о значительных колебаниях грузопотоков.

С 2019 года при разработке плана формирования поездов на Белорусской железной дороге внедрена методика проверки целесообразности выделения маломощных струй вагонопотока в самостоятельные назначения с использованием параметра экономии эксплуатационных расходов при следовании подвижного состава в сквозных поездах (далее – методика проверки целесообразности), подробное описание которой содержится в работе [1].

При использовании указанной методики: после разработки плана формирования поездов с использованием традиционных методов расчета для участков, на которых имеются маломощные сквозные струи вагонопотока, не выделенные в самостоятельные назначения, рассчитывается разница между средней продолжительностью следования по участку сквозного и участкового поезда; после этого для каждого из таких участков определяется экономия эксплуатационных расходов при следовании подвижного состава в сквозных поездах, приходящаяся в среднем на один вагон. Далее на основании полученных данных для маломощных сквозных струй вагонопотока выполняется расчет экономии эксплуатационных расходов, достигаемой при следовании локомотивов и вагонов в сквозных поездах, и устанавливается экономическая целесообразность выделения таких струй в самостоятельные назначения.

Поскольку применение методики проверки целесообразности требует выполнения достаточно большого объема вычислений, актуальным является исследование вопроса о необходимой периодичности обновления условно-постоянных данных, используемых в расчетах.

Важную роль в вычислениях при использовании методики проверки целесообразности играет такой показатель, как разница между средней продолжительностью следования сквозного и участкового поезда, или, иными словами, экономия времени, достигаемая при следовании локомотивов и вагонов в сквозных поездах.

Для того чтобы оценить влияние колебаний поездопотоков на вышеуказанный параметр, на ряде участков Белорусской железной дороги была про-

анализирована динамика изменения участковой скорости грузовых поездов различных категорий в зависимости от размеров движения грузовых поездов в период с 2017 по 2022 год. При этом в целях минимизации влияния пассажирского движения на результаты анализа были выбраны железнодорожные участки, на которых нормативные размеры движения пассажирских поездов в указанный период не изменялись или изменялись незначительно.

Результаты анализа показали, что на большинстве исследованных участков экономия времени, достигаемая при следовании локомотивов и вагонов в сквозных поездах, оставалась достаточно стабильной вне зависимости от изменения размеров грузового движения.

На двухпутных участках с интенсивным движением коэффициент корреляции между участковой скоростью и среднесуточным количеством следующих по участку грузовых поездов не превышал по модулю 0,3, а в большинстве случаев составлял менее 0,1, что по шкале Чеддока свидетельствует о слабой или очень слабой корреляции между параметрами.

Например, на двухпутном участке Смолевичи – Борисов, на котором в рассматриваемый период среднесуточные размеры движения грузовых поездов изменялись в достаточно широком диапазоне (от 22 до 29 пар грузовых поездов в сутки), средняя участковая скорость грузовых поездов с незначительными отклонениями сохранялась на уровне 47,5 км/ч при превышении средней скорости сквозных поездов над средней скоростью участковых поездов, составляющем около 15 %. На участке Жлобин – Осиповичи, на котором размеры движения грузовых поездов изменялись от 6 до 10 пар поездов в сутки, средняя участковая скорость грузовых поездов составляла порядка 51,0 км/ч при превышении средней скорости сквозных поездов над средней скоростью участковых поездов около 4–6 % (в зависимости от направления следования).

Отрицательная корреляция между размерами движения грузовых поездов и участковой скоростью на однопутных участках была несколько более ярко выражена. Коэффициент корреляции между участковой скоростью и среднесуточным количеством следующих по таким участкам грузовых поездов, как правило, не превышал по модулю 0,5 (умеренная корреляция). Исключение составили участки, на которых расположены межгосударственные стыковые пункты. Так, на участке Полоцк – Бигосово коэффициент корреляции составил 0,7, а на участке Лида – Беньяконе достиг значения 0,86. Превышение средней скорости сквозных поездов над средней скоростью участковых поездов на однопутных участках в рассматриваемый период также изменялось в более широком диапазоне (например, на участке Осиповичи – Слуцк – от 3 % до 10 %).

Необходимо подчеркнуть, что выполненные ранее исследования [1] показали, что на направлениях со значительными размерами грузового и пассажирского движения разница между участковыми скоростями поездов раз-

личных категорий достигает более высоких значений, чем на направлениях с малоинтенсивным движением. Потенциальный экономический эффект от использования методики проверки целесообразности также является более высоким на участках с высокой интенсивностью движения.

Несмотря на то, что проведенный анализ показал, что на большинстве исследованных участков при изменении размеров движения грузовых поездов колебания экономии времени, достигаемой при следовании локомотивов и вагонов в сквозных поездах, являются незначительными, для повышения достоверности расчетов целесообразным является определение данного параметра для рассматриваемых участков с периодичностью не реже одного раза в год.

В связи со значительной трудоемкостью соответствующих расчетов создание специализированного программного обеспечения, предназначенного для проверки целесообразности выделения отдельных маломощных струй вагонопотока в самостоятельные назначения, является актуальным направлением оптимизации процесса разработки плана формирования грузовых поездов.

#### Список литературы

1 **Негрей, В. Я.** Особенности расчета плана формирования однопутных поездов в рыночных условиях / В. Я. Негрей, К. М. Шкурин // Вестник ВНИИЖТ. – 2018. – Т. 77, № 3. – С. 133–140.

2 **Левин, Д. Ю.** Организация вагонопотоков в рыночных условиях / Д. Ю. Левин // Мир транспорта. – 2017. – № 4 (71). – С. 178–192.

3 **Кекиш, Н. А.** Адаптивная система планирования железнодорожных перевозок для разветвленных полигонов с преобладанием маломощных вагонопотоков / Н. А. Кекиш // Вестник РГУПС. – 2020. – № 1. – С. 103–110.

УДК 658.5

## СИСТЕМНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

*А. Э. ЮНИЦКИЙ, А. Ю. КАХАНОВИЧ*

*Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск,  
Республика Беларусь*

По результатам исследования National Aeronautics and Space Administration (NASA), наибольшую долю в общей стоимости выполненных ими проектов занимают финальные стадии [1], в то время как при идеальном ходе реализации проекта распределение затрат должно выглядеть обратным образом. Причина кроется в расходах на исправление ошибок и внесение изменений, стоимость которых по ходу жизненного цикла возрастает многократно (рисунок 1).

Согласно [1], около 80 % ошибок закладывается ещё при формировании требований. Как следствие, особое внимание необходимо уделять самым первым этапам, на которых анализируется миссия проекта и определяется общая концепция реализации. В то же время ряд проблем возникает из-за неэффективно налаженного хранения и обмена информацией: каждый исполнитель должен чётко знать свою задачу, получать и передавать нужные данные вовремя.

Для преодоления описанных сложностей последние десятилетия активно развивается системная инженерия (далее – СИ) – междисциплинарный подход для создания систем. СИ сочетает в себе практики технического менеджмента, управления информацией и непосредственно проектирования систем. Ознакомиться с ними главным образом можно из материалов, издаваемых Международным Советом по Системной Инженерии (INCOSE), а также из обновляемого перечня международных и национальных стандартов по этому направлению.

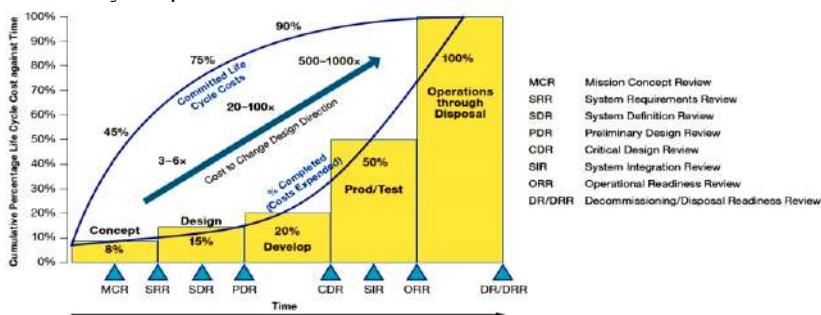


Рисунок 1 – Аккумуляция затрат в процессе реализации проекта

Развитие, значимость и эффективность СИ подтверждается также тем, что в зарубежных университетах, в том числе транспортных, она выделена в отдельную дисциплину; например, в некоторых российских вузах (МФТИ, УрФУ и др.) проводится обучение по данному предмету и осуществляется выпуск системных инженеров на уровне магистратуры. В то же время в Беларуси СИ не представлена в университетах, а читается лишь в единичных случаях в рамках частных курсов повышения квалификации [2].

Первое, что предполагает СИ – рассмотрение окружающего мира как системы систем. Под системой понимается комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей [3]. Каждая система имеет свою границу и интерфейсы (входы/выходы) для контакта с другими; любая система состоит из подсистем, подчинённых ровно тем же принципам. Такой взгляд позволя-

ет учитывать внешние факторы, чётко формулировать и адресовать требования, разграничивать зоны ответственности и налаживать коммуникацию между разработчиками. Согласно подходу СИ, разделение на системы выполняется не по месту размещения, набору оборудования или принципу работы (что чаще всего практикуется в классическом конструировании), а по выполняемым функциям. Это освобождает от привязки к конкретной реализации и позволяет решить ту же задачу совершенно другим путём, что особенно актуально при оказании транспортных услуг.

Формулирование функций открывает массу возможностей по их анализу, выявлению рисков и повышению качества технических требований, которое прямо отражается на количестве «переделок» и общем успехе проекта. Без функционального моделирования сложно обойтись при автоматизации системы и анализе безопасности. СИ также обращает внимание, что системы непрерывно движутся по своему жизненному циклу (далее – ЖЦ) от стадии задумки до прекращения существования. По мере протекания ЖЦ меняется не только окружение, но и состав, функционал, характеристики самой системы. Непосредственно для целей проектирования интересен подход RFLP (Requirement, Functional, Logical, Physical), определяющий принципиальные этапы создания систем и их связь с последующими стадиями ЖЦ (рисунок 2).

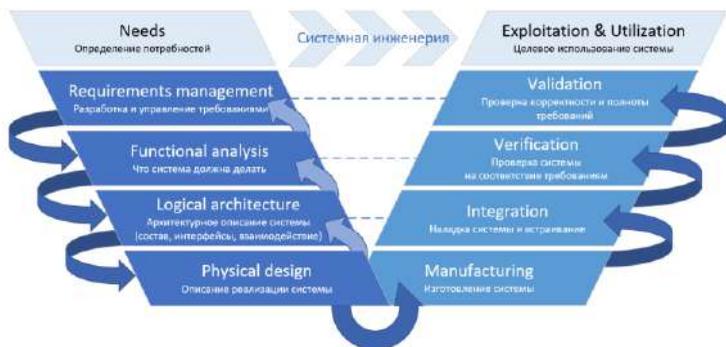


Рисунок 2 – V-модель жизненного цикла системы

Ключевую и важнейшую роль в СИ, особенно в транспортной области, выполняет инженерно-технический персонал. Ещё на этапе проектирования важно, чтобы область интересов инженера распространялась на весь ЖЦ системы, а не на её отдельные этапы. Инженер должен учитывать особенности эксплуатации разрабатываемого продукта на всех его стадиях: учесть, кто, как, когда и в каких условиях будет взаимодействовать с созданной им системой, т. к. её успех оценивается не в какой-то отдельный, а каждый момент существования.

Научно-инжиниринговая компания ЗАО «Струнные технологии» (Минск, Республика Беларусь) на основе запатентованной технологии учёного, инженера и изобретателя А. Э. Юницкого [4] разрабатывает не просто отдельные объекты (путевые структуры, инновационные транспортные средства, здания транспортной инфраструктуры и др.), а формирует на основе данных компонентов новую транспортную систему. В результате на постоянной основе внедряется комплексный подход, который предлагает СИ.

Вместе с тем, имея в своём штате инженерно-технических специалистов из вузов Беларуси и стран ближнего зарубежья, выявлено, что в целом понимание описанных выше подходов у них чаще всего присутствует только на базовом (интуитивном) уровне. Как показывает практика, такими инструментами, как FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), FTA (Fault Tree Analysis) или навыками управления требованиями, анализа рисков при трудоустройстве в компанию владеют единицы специалистов. В этой связи особенно актуальной и целесообразной представляется идея внедрения (дополнения) учебных программ ведущих отечественных технических вузов практиками и отдельными дисциплинами по СИ. Это позволит привить специалистам навыки использования комплексного подхода в различных процессах, повысить уровень подготовки инженерно-технических кадров в целом для нужд национальной экономики.

#### Список литературы

1 **Hirshorn, S.** NASA Systems Engineering Handbook / S. Hirshorn. – Washington, 2016. – 287 p.

2 Системная инженерия для технических специалистов и менеджеров с инженерным прошлым [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://hardsoftskills.by/system\\_engineering](https://hardsoftskills.by/system_engineering). – Дата доступа : 19.04.2023.

3 ГОСТ Р 57193-2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. – М. : Стандартинформ, 2016. – 94 с.

4 **Юницкий, А. Э.** Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе / А. Э. Юницкий. – Силкарогс : ПНБ принт, 2019. – 576 с.

УДК 331.5.024.54

### О ВНЕДРЕНИИ ИНСТИТУТА НАСТАВНИЧЕСТВА В ТРАНСПОРТНУЮ СФЕРУ

*А. Э. ЮНИЦКИЙ, З. В. КОВАЛЁВА*

*Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск,  
Республика Беларусь*

Для формирования принципиально новой технологической среды предприятий транспортной отрасли необходим постоянный приток квали-

фицированных специалистов, владеющих современными инженерно-техническими знаниями и передовыми технологиями, понимающих тенденции развития транспортной отрасли и мировой экономики в целом, обладающих творческим мышлением и инновационной активностью. Однако в настоящее время наблюдается определённое несоответствие между качеством подготовки в университетах специалистов и требованиями работодателей, ожидающих от персонала инновационных преобразований отрасли.

Для обеспечения транспортных предприятий специалистами, готовыми непрерывно сопровождать и развивать все процессы, актуально применение такого метода обучения, как наставничество – традиционный и один из старейших в системе менеджмента способ передачи знаний. Данная форма обучения и подготовки специалистов позволяет усилить процесс преемственности инновационных технологий от более опытного к начинающему специалисту, а также от опытного к действующему специалисту в рамках одного предприятия [1].

В советские времена наставничество в своём классическом виде существовало практически на любом предприятии, однако с 1990-х гг. оно было вытеснено в зону неформального обучения и стало негласным. В России лишь к 2010 г. программы обучения рабочих стали востребованы, приобретая массовое движение, были разработаны положения о наставничестве, началось проведение обучения методам работы наставников и обмен опытом [2, 3].

Современные предприятия рассматривают наставничество как стратегически значимый элемент системы развития персонала, выдвигая на первый план задачи формирования уникальных знаний и компетенций сотрудников, поведенческих моделей, соответствующих целям развития предприятия, повышения вовлеченности и инновационной активности персонала. В крупных организациях транспортной отрасли в последнее время наставничество рассматривается в более широком контексте – как способ стимулирования непрерывного обучения и развития не только новичков, но и сотрудников предприятия, включая руководителей. Это новый взгляд на институт наставничества, причинами для использования которого являются внешняя конкурентная среда, необходимость научно-технологического и инновационного развития, существующая корпоративная культура и поддержание имиджа привлекательного работодателя [4, 5].

Основным направлением деятельности научно-инжиниринговой компании Unitky String Technologies Inc. (далее – UST Inc.) является собственная разработка и внедрение комплексных решений в сфере грузопассажирских перевозок, а также логистической инфраструктуры «второго уровня» [6]. С момента своего создания (2015 г.) компания решает важные

и актуальные вопросы, связанные с экологией: транспорт должен быть решением проблем, а не их источником, т. к. ситуация с пробками, авариями и загрязнением окружающей среды в целом усугубляется с каждым годом [7]. Команда UST Inc. – это более 600 квалифицированных конструкторов, инженеров, проектировщиков, дизайнеров, исследователей, научных сотрудников с высоким уровнем образования и опытом работы в масштабных проектах на крупнейших в Беларуси машиностроительных предприятиях.

За последние годы компанией успешно внедрён процесс наставничества, где ментором выступает сотрудник высокого профессионального уровня, близкий к процессу принятия стратегических решений. В роли обучаемого выступает сотрудник, который уже наделён знаниями, функционалом и опытом для работы именно в данной отрасли.

Важным аспектом является то, что не все сотрудники компании и руководители подразделений могут быть наставниками. Даже если сотрудник, исходя из должности, может претендовать на эту роль, в действительности таким может стать лишь прошедший соответствующий отбор и учитывающий выполнение ряда требований (лояльность к компании, готовность к передаче своих знаний, навыков, опыта и др.).

Наставничество в UST Inc. – это неформальный процесс, включающий в себя не только передачу знаний и обмен опытом, но и оказание психологической поддержки, которую получает обучаемый в процессе повышения своего профессионализма. Проект «Наставничество» в компании на данный момент включает в себя 10 стадий (начиная с подачи заявки на соответствующее обучение и заканчивая подготовкой нового наставничества, когда обучаемый становится наставником). Основными задачами данного обучения являются удержание ключевых сотрудников через развитие кадрового резерва и наставничества; сохранение и наращивание базы знаний в компании; сохранение и передача узких компетенций в компании.

Например, завершающим этапом в проекте «Наставничество» в 2023 г. стала подготовка обучаемым пилотного проекта на тему «Безземельный монтаж путевых структур» под кураторством наставника с защитой проекта перед автором технологии, учёным, изобретателем и генеральным конструктором UST Inc. А. Э. Юницким. В ходе проекта обучаемый в максимальной степени развил свои навыки и умения, повысил профессиональный уровень, получил информацию о компании сверх своих функциональных и должностных рамок, а также доступ к дополнительным ресурсам. В результате предполагается, что вскоре он сам будет выступать наставником для своих подчинённых либо сотрудников смежных подразделений в компании. Таким образом, цепочка реализации проекта «Наставничество» продолжается (рисунок 1).



Рисунок 1 – Итоги проекта «Наставничество» и его продолжение (масштабирование)

Реализация представленного проекта в UST Inc. показывает свою эффективность и значимость, в т. ч. позволяя решать вопрос внутренней преемственности кадров. Создание подобного инструмента обучения является сложным, но необходимым решением для современного предприятия (на примере рассмотренной транспортной отрасли), т. к. эффективная система развития персонала нуждается в инструментах, обеспечивающих интегрированный и индивидуально ориентированный подход к формированию её кадрового потенциала.

Предложенный подход может быть рекомендован для использования (в т. ч. с учётом адаптации) отечественными предприятиями вне зависимости от формы собственности, численности персонала и его возраста, производственных мощностей. При этом разработка методики (компьютерной модели) целесообразности внедрения на предприятии системы обучения на основе наставничества с учётом обозначенных (и иных) параметров может быть рассмотрена при проведении последующих научных исследований по данному направлению.

### Список литературы

- 1 Андрочев, И. К. Подготовка специалистов для транспортной отрасли: проблемы и перспективы / И. К. Андрочев, Л. Ф. Красинская // Высшее образование в России. – 2013. – № 7. – С. 10–15.
- 2 Pedagogue: Dictionary.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dictionary.reference.com/browse/pedagog>. – Дата доступа : 20.04.2023.
- 3 Чеглакова, Л. М. Наставничество: новые контуры организации социального пространства обучения и развития персонала промышленных организаций / Л. М. Чеглакова // Экономическая социология. – 2011. – Т. 12, № 2. – С. 80–98.
- 4 Эсаулова, И. А. Новые модели наставничества в практике обучения и развития персонала зарубежных компаний [Электронный ресурс] / И. А. Эсаулова // Стратегии бизнеса. – 2017. – № 6. – С. 8–13. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-modeli-nastavnichestva-v-praktike-obucheniya-i-razvitiya-personala-zarubezhnyh-kompaniy/viewer>. – Дата доступа : 20.04.2023.
- 5 Субочева, О. Н. Наставничество как фактор эффективности организации / О. Н. Субочева // Общество: социология, психология, педагогика. – 2016. – № 12. – С. 25–27.

6 Транспортно-инфраструктурные решения Unitsky String Technologies Inc [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ust.inc>. – Дата доступа : 29.04.2023.

7 Indicators: The World Bank [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://data.worldbank.org/indicator?tab=all>. – Дата доступа : 29.04.2023.

УДК 658.8

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА ПАССАЖИРАМИ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТРАНСПОРТА**

*В. Д. ЧИЖОНОК, О. О. ЯСИНСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Система оплаты проезда на городских маршрутах требует значительных финансовых издержек, а именно:

- печатание билетной продукции (компостерные талоны и проездные билеты);
- реализация билетной продукции (заработная плата кондукторов, киоскеров, дополнительная плата водителям);
- содержание киосков по продаже билетов;
- приобретение и текущий ремонт средств компостирования талонов;
- бухгалтерский учет и хранение билетной продукции, определение доходов от перевозки пассажиров;
- контроль полноты оплаты проезда пассажирами.

С целью снижения затрат на билетную систему в некоторых городах используются различные организационно-технические мероприятия. Так, в г. Минске введена система электронных проездных билетов, позволяющая отказаться от печатания соответствующей билетной продукции. Однако данное мероприятие потребовало установки в каждом пассажирском транспортном средстве нескольких валидаторов для подтверждения оплаты проезда и учета количества перевезенных пассажиров. Такое решение увеличило затраты на приобретение и ремонт данных технических средств.

В некоторых городах Беларуси отказываются от услуг кондукторов. Так, автобусные парки г. Гомеля постепенно сокращают штат кондукторов, переходя на продажу проездных талонов через киоски объединения «Горэлектротранспорт», а также через водителей пассажирских автотранспортных средств. При этом формы проездного талона на различных видах городского пассажирского транспорта отличаются друг от друга, что создает неудобства для пассажиров.

На Бобруйском предприятии горэлектротранспорта весьма эффективно на двух используемых маршрутах работает служба контроля. Ни один трол-

лейбус не проходит по маршруту без проверки контролерами, что способствует полноте оплаты проезда пассажирами.

Всемирная организация здравоохранения рекомендует переходить на бесконтактные платежи для снижения рисков распространения инфекций через наличные деньги. Оплатить проезд можно при помощи смартфона через специальные приложения, что делает более удобными поездки, т. к. не требуется искать ближайшие киоски с талонами. Одним из бесконтактных способов платы за проезд является уже популярная платёжная система «Оплати». Разработкой занимались «Белинвестбанк» и компания LWO. Для оплаты требуется наличие смартфона. Пассажиру необходимо зайти в установленное приложение «Оплати», навести смартфон на QR-код в салоне транспортного средства и отсканировать его. Считывание кода возможно на расстоянии до двух метров, что удобно в переполненном салоне. В приложении выбрать нужное количество билетов и в случае успешной оплаты на экран смартфона выводится сообщение о купленном билете. Когда автобус доезжает до конечной станции либо когда пассажир выходит на своей остановке, купленный в приложении билет устаревает, под ним появляется соответствующая надпись и ездить по однажды купленному билету несколько раз не получится. Возможности приложения не ограничиваются покупкой билета в общественном транспорте. С помощью QR-кода и системы расчёта ЕРИП можно совершать денежные переводы и платежи, создавать общие чаты и совместные кошельки. Преимуществами системы «Оплати» являются минимальные финансовые затраты на внедрение в общественном транспорте, организационные действия курирует банк-оператор данной системы, возможность относительно быстрого развертывания системы в любом городе. Большинство пассажиров владеют устройствами, которые поддерживают работу данного приложения.

Однако имеются также и существенные недостатки. Осуществление оплаты проезда возможно только при доступе в сеть Интернет, достаточно объемная процедура регистрации при первом использовании банковского приложения с предоставлением персональных данных, что может создать сложности для пожилых пассажиров, взимается комиссия с перевозчика за продажу билетов и нет возможности иностранным гражданам использовать данное приложение.

Сервис ТИХ реализован Беларусбанком совместно с Минсктрансом и компанией «Системные технологии» на основе опыта крупнейших городов мира. Приложение автоматически определяет остановку и номер вашего маршрута. Оплату можно произвести еще в процессе ожидания транспорта на остановке. Причем оплатить сразу можно несколько билетов. Кроме оплаты проезда и багажа весом более 20 кг по QR-коду сервис ТИХ позволяет мониторить работу общественного транспорта, анализируя пассажиропо-

ток, отслеживать нагрузку на маршрутах. Разработчики сервиса рассматривают в будущем оплату любого вида транспорта. Существенный недостаток данной системы – необходимость постоянного доступа в Интернет.

Система оплаты проезда «Финтех-стартап Cashew» позволяет оплачивать проезд при помощи банковской платежной карты, которую предварительно необходимо привязать к мобильному приложению M-Belarusbank. Данная система применяется для экспрессных маршрутов Минска, а также на коммунальном транспорте Бреста, Ивацевичей, Волковыска, Лиды и других городов. Cashew позволяет реализовывать только билеты на одну поездку. В остальном же имеет схожие с «Оплати» преимущества и недостатки.

С 2021 г. в Бресте действует мобильное приложение T-Pay, которое устанавливается на смартфон из Google Play. В приложении имеются все действующие в Бресте тарифы проездных. Для приобретения проездного билета нужно выбрать тип проездного и оплатить его с помощью мобильного банкинга. При использовании проездного с определенным количеством поездок пассажиру нужно указать необходимое количество билетов и нажать кнопку «Списать поездки». Сервис позволяет одновременно приобрести разовый билет сразу для четырех пассажиров. Нужно отсканировать QR-код, размещенный в транспорте, и отправить в Telegram-бот снимок с QR-кодом или ID транспорта. Сервис покажет номер маршрута, стоимость, уточнит количество билетов и предложит оплатить проезд через мобильный банкинг. Процесс оплаты проезда совершается через ЕРИП с использованием любого банковского мобильного приложения.

Как видно, в Республике Беларусь используется множество различных систем сбора доходов от перевозки пассажиров автомобильным транспортом в городах. Поэтому назрела актуальная задача технико-экономического обоснования их эффективности. Вместе с тем не исключается разработка и внедрение новых систем оплаты проезда с использованием электронных карт и печати проездных билетов через терминалы, установленные в транспортном средстве. Такая система позволит: а) обеспечить отдельный учет количества перевезенных пассажиров каждым видом городского пассажирского транспорта; б) аккумулировать доходы на счетах пассажирских транспортных предприятий; в) освободить водителей от несвойственных им функций по продаже билетов; г) упростить контроль полноты оплаты проезда.

На железнодорожном транспорте назрела задача предоставления пассажирам через терминалы самостоятельного поиска свободных мест в пассажирских составах и оплаты проезда в поездах всех сообщений (региональных, межрегиональных и международных). Такие терминалы в необходимых количествах должны быть установлены на железнодорожных вокзалах вместо

билетных касс. За счет внедрения данного предложения может быть получен значительный экономический эффект от сокращения затрат на продажу билетов.

В настоящее время перевозки пассажиров общественным транспортом на городских маршрутах являются убыточными. Убытки организаций транспорта в соответствии с мировой практикой компенсируются из местных бюджетов. Причем размеры компенсаций из года в год увеличиваются, так как рост затрат на топливо, заработную плату, ремонт транспортных средств не покрывается ростом доходов от увеличения тарифов на проезд. Постоянное же увеличение стоимости проезда вносит социальную напряженность в обществе и создает трудности в обеспечении полноты сбора доходов из-за увеличения числа безбилетных пассажиров.

Исходя из выше изложенного, предлагается ввести бесплатный проезд пассажиров в городах. Реализация данного предложения позволит:

- сократить расходы по пассажирским перевозкам за счет экономии средств от упразднения системы сбора доходов;
- улучшить использование провозных возможностей организаций транспорта (в настоящее время вместимость пассажирских транспортных средств в г. Минске используется на 36 %) ввиду того, что многие горожане переседают с личных автомобилей на общественный транспорт;
- улучшить экологическую ситуацию в городах и уменьшить простои транспортных средств в пробках;
- сократить затраты на развитие транспортных узлов и магистралей городов в связи с уменьшением транспортных потоков.

Однако важнейшей составляющей эффекта от реализации данного предложения является экономия топливно-энергетических ресурсов. В настоящее время в Республике Беларусь находится в личной собственности около 3 млн легковых автомобилей. Если каждый автомобиль сэкономит 1 л бензина в сутки, то суммарная экономия составит около 1 млрд литров в год. Сокращение внутреннего спроса на бензин позволит увеличить его экспорт и получить дополнительно около 2 млрд долларов США валютной выручки в год.

#### Список литературы

1 **Загорский, И. О.** Эффективность организации регулярных перевозок пассажирским автомобильным транспортом / И. О. Загорский, П. П. Володькин. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2019. – 154 с.

2 **Корягин, М. Е.** Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов / М. Е. Корягин. – Новосибирск : Наука, 2019. – 140 с.

3 **Остапчук, В. Н.** К вопросу о снижении убыточности пассажирских перевозок / В. Н. Остапчук // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – 2018. – № 1 (5). – С. 38–40.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАРКЕТИНГА В РАБОТЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

*М. И. ШКУРИН*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Появление в Республике Беларусь организаций с различным статусом (транспортных, транспортно-экспедиционных, коммерческо-посреднических), принадлежащих к различным формам собственности (государственной, акционерной, частной, смешанной) создает условия для образования и функционирования рынка транспортных услуг, который становится объектом исследования. Цель исследования рынка транспортных, экспедиторских, посреднических и комплексных услуг состоит в выработке стратегии маркетинга и поиске путей ее реализации. Основная ее задача заключается в нахождении потенциальных потребителей комплекса транспортных и сопутствующих услуг (КТиСУ).

Изучение рынка должно дать ответы на вопросы о том, на каких рынках, в каком количестве и на каких условиях могут быть реализованы представляемые транспортным предприятием услуги (т. е. выявить наиболее подходящие для него рынки КТиСУ, соответствующие провозным возможностям и сегментации рынка).

На транспортном рынке Республики Беларусь наблюдается усиление конкуренции между видами транспорта в области грузовых и пассажирских перевозок. В целях получения преимущества перед конкурентами транспортной организации следует активнее использовать маркетинговые принципы формирования спроса на перевозки, так как в соответствии с современной концепцией маркетинга активная, даже агрессивная политика организации является залогом успешности её деятельности.

Комплекс маркетинга включает двуединый процесс: тщательное изучение существующего рынка и активное влияние на спрос и формирование потребительских предпочтений. Задачей маркетинга является не только удовлетворение потребностей потребителя, но и создание таких условий, чтобы у него было желание вновь обратиться к продукции или услугам этого продавца (производителя). Для транспортных предприятий это означает, что они не только должны отлично обслужить клиента, но и предложить новые виды услуг либо повысить их качество настолько, чтобы у потребителя возникло желание и в дальнейшем обратиться именно к данной организации, виду транспорта. Очевидно, что сделать это непросто. Поэтому необходимо проведение целого комплекса маркетинговых мероприятий по глубокому изучению транспортного рынка, совершенствованию технологии

транспортных услуг, реальному повышению их качества, разработке новых, дополнительных видов услуг, развитию рекламы и стимулированию потребителей, диагностированию и прогнозированию спроса, а возможно, и некоторой диверсификации транспортного производства.

Маркетинговое формирование спроса на перевозки – это, с одной стороны, процесс определения реальных потребностей клиентов (грузоотправителей) в перевозке и, с другой стороны, активное влияние на эти потребности, их создание. Транспортные предприятия и организации, предоставляя скидки на перевозку партии груза, зачастую дают возможность промышленному предприятию повысить объем выпуска продукции, реализовать ее и получить прибыль. Формирование спроса на перевозки грузов также осуществляется путем принятия совместных решений со смежными видами транспорта, морскими или речными портами по тарифным технологическим вопросам, касающимся согласованности политики.

Сущность маркетинга на транспорте как основы бизнеса заключается в получении максимальной рентабельности через удовлетворение потребностей в конкретных транспортных услугах. При этом её получение предполагается только благодаря созданию и поддержанию потребительской удовлетворенности. Как система управления деятельностью производителей транспортных услуг маркетинг на транспорте позволяет производителю быстро включиться в систему рыночных экономических отношений и функционировать, подчиняясь законам рынка на транспорте.

Проведение маркетинга рыночных возможностей транспортной организации по освоению рынка транспортных услуг позволяет определить те направления их деятельности, исходя из совокупности условий, в которых предприятие функционирует. В первую очередь учитываются внешние условия (состояние рынка транспортных услуг, потребители, конкуренты, поставщики, социальные силы, политический климат).

В условиях рыночной экономики транспортная организация может реализовывать только те услуги, которые пользуются спросом у потребителей, устраивают их по цене, срокам выполнения, комплексу сопутствующих дополнительных услуг, обеспечивающих качественное и своевременное выполнение основной транспортной услуги.

Чтобы оказывать услуги, транспортная организация должна знать, какие из них будут иметь спрос, какие требования выдвигает потребитель к той или иной услуге, какова насыщенность рынка перевозчиками-конкурентами.

Для продвижения транспортной услуги к потребителю используется ряд средств, в том числе реклама; связь с общественностью (public relations); стимулирование реализации. Важнейшим из этих средств является реклама. Она представляет собой вид коммуникативной связи между производителем транспортных услуг и их потребителем, а также является одним из важнейших видов коммуникационной деятельности, посредством которого транс-

портная организация передает информацию, убеждающую потенциального потребителя в целесообразности приобретения услуги.

Спрос на транспортные услуги представляет собой часть потребности в них, обеспеченную денежными средствами потребителей, или платежеспособную потребность. Спрос является связующим звеном между производством и потреблением, это определяет необходимость его изучения, анализа и прогнозирования в маркетинговой деятельности предприятия.

Основные принципы формирования спроса на грузовые перевозки:

- ориентация работы транспорта на максимальное удовлетворение интересов клиентов;

- анализ транспортных и товарных рынков, выявление потребностей клиентуры по объему перевозок и качеству транспортного обслуживания и их адресное удовлетворение;

- поддержка инновационного процесса в области транспортного производства, максимальная ориентация транспортных технологий на технологии управления и требования рынка, обеспечение их соответствия структуре спроса на перевозки исходя из перспективы развития соответствующего вида транспорта;

- ценовое и неценовое стимулирование пользователей транспортом для привлечения дополнительных объемов перевозок;

- планирование и прогнозирование деятельности транспортного предприятия на основе ситуационного подхода с ориентацией на положительный конечный результат (прибыль, рост доли транспортной организации в обслуживании сегмента грузоотправителей или пассажиров).

В зависимости от мощности транспортного предприятия и номенклатуры предоставляемых КТиСУ, изучение рынка может проводиться постоянно или периодически, включать внутренний (в пределах города, области, республики) и внешние рынки. Изучение рынка проводится отдельно по предприятиям – потребителям КТиСУ и оказанию услуг населению. В ходе изучения должен быть определен потенциальный размер рынка на основе его сегментации.

Экономическая сущность маркетинга на транспорте заключается в том, что он является «детисцем» экономической науки и развивается как область прикладной экономики. Маркетинг на транспорте напрямую связан с основными экономическими понятиями: прибыль, рентабельность, полезность, специализация, материальные блага, рациональное поведение. Маркетинговые теории, концепции и положения опираются на экономическую теорию. На протяжении всего развития маркетинга на транспорте происходила смена приоритетов. Изначально внимание уделялось простой перевозке грузов или пассажиров. При этом качество перевозок, комфорт их выполнения не играли никакой роли. Клиент требовал доставить его или его

грузы в пункт назначения. Далее в основу маркетинга была внесена организация реализации и продвижения транспортных услуг на рынке.

Разработка и принятие решений в маркетинге на транспорте сопровождается использованием приемов, учитывающих условия неопределенности в бизнесе и степень риска. Риск транспортных услуг можно значительно уменьшить, располагая надежной, достоверной и своевременной информацией. В маркетинге на транспорте информация является не менее важным ресурсом транспортной организации, чем деньги, сырье, оборудование и трудовые ресурсы.

Проведение маркетинга в транспортной организации требует создания соответствующей службы. В настоящее время без такой службы, которая обеспечивает проведение маркетинговых исследований по изучению перспектив спроса, требований потребителей к транспортной услуге и её свойствам, тенденций этих требований под влиянием различных факторов, производителям трудно выжить в конкурентной борьбе. Конечной целью функционирования маркетинговых служб транспортных организаций является подчинение всей хозяйственной и коммерческой их деятельности законам существования и развития рынка транспортных услуг. В этом заинтересованы как изготовители, так и потребители транспортных услуг.

Маркетинг на транспорте охватывает почти все процессы организации транспортной деятельности, её планирование и реализацию транспортных услуг. Основными функциями современного маркетинга в сфере транспорта являются обеспечение устойчивой работы транспортных организаций, повышение их доходов при снижении эксплуатационных затрат на выполнение перевозок грузов и пассажиров в условиях нестабильного спроса на транспортные услуги и усиления конкуренции на рынке транспортных услуг.

Опыт свидетельствует о том, что не все организации и компании в настоящее время ориентируются на маркетинг в своей деятельности. Однако недооценка такого подхода рано или поздно сказывается на результатах их экономической деятельности. Организация может ощутить сильное влияние конкурентов, потерять свои рынки и понизить рентабельность производства. Служба маркетинга в сотрудничестве с другими службами создает возможность своевременно принимать необходимые решения для повышения эффективности производства.

Результативность работы маркетинговых подразделений оценивается различными показателями: результативностью достижения намеченных результатов; эффективностью используемых ресурсов; качеством оказываемых покупателю услуг; прибылью организации от реализации товаров и услуг; качеством жизни трудового коллектива. В конечном итоге служба маркетинга должна обеспечить увеличение спроса на оказываемые транспортные услуги или, как минимум, сохранить клиентов, пользующихся услугами этого предприятия.

Гибкость организационных подразделений управления маркетингом транспортной организации и умение быстро и своевременно реагировать на различного рода изменения внешней и внутренней среды являются необходимым условием её адаптации к новым реалиям жизни. При этом одним из основных принципов построения системы управления маркетингом в крупных транспортных компаниях является максимальное приближение мест принятия маркетинговых решений к подразделениям, непосредственно организующим и осуществляющим оказание транспортных услуг пользователям (железные дороги, транспортные узлы, крупные станции, вокзалы, морские, речные и авиационные порты).

В современных условиях маркетинговые усилия в транспортных предприятиях и организациях должны быть направлены на решение двух задач: улучшение качества транспортного обслуживания потребителей и диверсификацию высвобождающихся мощностей предприятий.

Успешное решение первой задачи позволит стимулировать и активизировать формирование спроса на транспортные услуги конкретного транспортного предприятия. Многие транспортные предприятия уже сейчас успешно решают вторую задачу, осваивая нетрадиционные виды деятельности (производство товаров народного потребления, аренда, ремонтный сервис) и получая свыше 50 % дохода от непрофильных услуг. Однако эта работа требует системности и правовой основы. Для успешного решения поставленных проблем требуется постоянная, целенаправленная работа по изучению внешней среды, конкурентов, гибкого ценообразования, рекламы и стимулирования потребителей.

Достижение поставленных целей в маркетинге и эффективной работы транспортных предприятий и организаций включает решение следующих практических задач в её маркетинговой деятельности:

а) постоянная работа с потребителями (продавцу нужно беречь своих потребителей и искать новых): маркетинг направлен на человека, который является потребителем. Транспортная услуга должна предоставляться тогда, когда есть на неё спрос. Следует проводить опрос потребителей о том, какая услуга им нужна, в чем их проблема сегодня и завтра. Работа с потребителями транспортных услуг помогает появиться новым коммерческим идеям, новым услугам;

б) постоянная работа с транспортной услугой – это повод для размышлений о том, что с ней еще можно сделать и как улучшить её потребительские свойства;

в) постоянное слежение за конкурентами и поиск транспортной организацией своих рыночных ниш;

г) постоянная забота транспортной организации о сбыте, рекламе собственных услуг и сервисе их выполнения. Это особенно важно для транс-

портных услуг, имеющих социальную направленность потребления – пригородные и городские перевозки;

д) постоянное изучение маркетинга собственных транспортных услуг.

Актуальным вопросом деятельности маркетинговых служб является выработка определенной культуры или стиля обслуживания клиентуры, устранения еще сохраняющихся среди работников транспорта бюрократизма, волокиты, грубости и формализма.

Концепции маркетинга на транспорте характеризуются следующими параметрами:

1 Совершенствование оказания транспортных услуг предполагает, что их потребители будут благожелательно настроены к предоставляемым транспортным услугам, которые широко распространены и доступны по тарифу. Это достигается при сосредоточении усилий производителей транспортных услуг на совершенствовании технологического процесса и повышении эффективности их реализации. Применяется в двух случаях:

а) превышение спроса на транспортные услуги (дефицит) над его предложением. В этом случае изыскиваются способы расширения предложения транспортных услуг;

б) высокая себестоимость организации транспортных услуг и низкая их рентабельность. В этом случае изыскиваются способы снижения себестоимости, повышения производительности персонала и эффективности использования технических средств, внедряются более совершенные ресурсосберегающие технологии. Основные параметры концепции – массовое предоставление транспортных услуг, низкие тарифы, отсутствие широкого их ассортимента.

2 Анализ желаний потребителей: совершенствование потребительских свойств транспортных услуг предполагает, что наибольшим спросом пользуются транспортные услуги высокого качества, обладающие лучшими эксплуатационными характеристиками и свойствами при умеренном тарифе. Следовательно, транспортные организации должны постоянно совершенствовать свои услуги, повышать их качество и новизну. Концепция приводит к удорожанию транспортных услуг, снижению их конкурентоспособности.

3 Предпочтительная концентрация транспортных услуг на рынке: ориентирована на увеличение объема их реализации путем воздействия на потребителей различными методами стимулирования реализации (например, реклама, PR-акции). Использование этой концепции часто превращается в навязывание транспортных услуг потребителям (например, замена класса обслуживания на железнодорожном транспорте на эконом-класс).

4 Интенсификация коммерческих действий: предусматривает выявление на рынке транспортных услуг тех сегментов, концентрация на которых предпочтительнее и создает благоприятные деловые возможности для транспортной организации. В основе этой концепции лежит ориентация на

запросы потребителей, подкрепленная комплексом маркетинговых исследований. Для того чтобы выгодно оказывать транспортные услуги, предлагают их варианты, нужные потребителю. Маркетинг на транспорте рассматривается как теоретическая концепция, философия бизнеса транспортной деятельности и система управления транспортной организацией.

5 Интегрированный маркетинг: предусматривает двуединый подход к управлению рынком транспортных услуг. Во-первых, он предлагает набор приёмов и методов изучения рынка, прогнозирования спроса, формирования потребностей и ориентации производства на эти потребности. Во-вторых, это набор методов активного воздействия на конъюнктуру рынка, спроса потребителей.

6 Обеспечение успешной функции реализации транспортных услуг:

а) совершенствование производства транспортных услуг, планирование основных производственных функций и функций их реализации на основе информации о потребностях рынка;

б) обеспечение успешной функции реализации путем производства транспортных услуг, имеющих высокую вероятность потребления на целевом рынке (международные перевозки пассажиров имеют потребление при сопоставимости тарифа и качества).

7 Усложнение рыночных условий: снижение или замедление темпов роста реализации, усиление конкуренции на растущих или зрелых рынках, введение санкций и ограничений на рынке транспортных услуг, выполняемых на собственной территории страны.

8 Лучшее удовлетворение запросов потребителей:

а) получение текущей рентабельности не рассматривается в качестве конечной цели транспортной организации при производстве транспортных услуг (особенно социально значимых);

б) внимание транспортной организации концентрируется на лучшем удовлетворении запросов потребителей;

в) транспортная организация достигает требуемого уровня рентабельности в результате работы рыночного капитала.

9 Расширение партнерских отношений:

а) создание совместных предприятий и сегментов рынка транспортных услуг;

б) привлечение иностранных постоянных партнеров при реализации транспортных услуг на территории иностранных государств;

в) поиск более эффективных путей реализации транспортных услуг.

10 Ориентация на приемлемые потребителем тарифы:

а) проведение маркетинга себестоимости, тарифов на транспортные услуги с различными потребительскими свойствами;

б) оценка возможностей производителей транспортных услуг и сравнение их по стоимостным параметрам с аналогичными, производимыми конкурирующими транспортными организациями.

Главное в концепции современного маркетинга на транспорте – ориентация на потребителя и конечный результат. Это означает, что производители должны в первую очередь изучать потребности рынка, а затем уже свои мощности, а не наоборот, т. е. необходимо «производить то, что можно продать, а не продавать то, что можешь производить». Эта кажущаяся очевидной истина далеко не всегда является истиной для некоторых производителей, так как конечным результатом в коммерческом маркетинге является нормальная прибыль предприятия.

Транспортная услуга это сложное понятие, имеющее много аспектов, но главным в нем являются потребительские свойства – способность выполнять свою функцию по удовлетворению потребности получателя услуги. При анализе свойств транспортной услуги выделяют компоненты – функциональное назначение, надёжность, удобство использования, качество, безопасность и т. д. В мировой практике под транспортной услугой понимают самую перевозку, сопутствующие ей виды деятельности (экспедиция, логистика – для грузовых перевозок, вокзальные услуги, питание, кратковременный отдых – пассажирские перевозки). Каждый вид транспортной услуги имеет качества – потребительскую способность – количество работы, которая вложена в производство услуги, конкурентоспособность.

Особенности транспортной услуги и транспортного рынка являются основой для выработки специфических подходов к использованию маркетинга на транспорте. Основные направления транспортного маркетинга можно сформулировать следующим образом:

- маркетинговое обследование экономики районов тяготения транспортных предприятий и определение потребительского спроса на транспортные услуги по объему, направлениям, сегментам рынка и качеству транспортного обслуживания;
- комплексное изучение и анализ транспортного рынка, конкурентов, размещения производительных сил и анализ транспортной обеспеченности регионов, предприятий и населения;
- анализ собственных ресурсов и издержек, разработка и внедрение новых видов услуг, техники и технологий, определение потребных инвестиций;
- разработка гибкой тарифной политики на основе анализа спроса и предложений, тарифов конкурентов и собственных издержек в целях обеспечения определенного уровня доходов и прибыли транспортных предприятий;
- активное воздействие на транспортный рынок, организация рекламы и стимулирования потребительских предпочтений;
- планирование и прогнозирование перевозок грузов, пассажиров и других видов транспортных услуг, оптимизация товародвижения;
- разработка мероприятий по расширению транспортного рынка, его диверсификации, повышению качества перевозок и эффективности транспортного производства, совершенствованию системы управления производством, взаимодействию со смежниками и клиентурой;

– формирование заказов, оформление перевозочных документов и расчетов по перевозкам и услугам;

– управление маркетингом, контроль за выполнением планов перевозок грузов и пассажиров и своевременное реагирование на динамику изменения транспортного рынка.

Каждое из указанных выше направлений представляет собой совокупность большого объема работ по исследованию и прогнозированию тех или иных сфер деятельности различных видов транспорта. Поэтому работники службы маркетинга должны использовать информацию функциональных подразделений для решения основной задачи транспорта – наилучшего удовлетворения нужд и запросов потребителей в транспортных услугах и получения достаточной прибыли для функционирования отрасли.

При формировании маркетинга на транспорте рассматриваются:

– основные цели (достижение соглашения между производителями и потребителями транспортных услуг, формирование и стимулирование спроса и предложения на транспортные услуги с различными потребительскими свойствами, обеспечение обоснованности принимаемых управленческих решений и планов работы производителей транспортных услуг, расширение объема продаж, рыночной доли и ожидаемой доходности и прибыли от реализации транспортных услуг);

– главные принципы (производство транспортных услуг на основе изучения потребностей в них и удовлетворения потребителя в конкретных услугах, объединение деятельности всех звеньев транспортной организации с нацеленностью на конечный результат, который нужен потребителю, достижение долговременной эффективности работы транспортной организации за счет создания своевременных производственных ресурсов, активная адаптация производителя к меняющимся условиям среды, стимулирование потребностей клиентов, постоянная рентабельность транспортной организации за счет сочетания оперативных и стратегических решений, быстрой адаптации и управления предыдущими задателями, целевая ориентация деятельности транспортной организации, максимально возможный учет всех факторов и последствий принимаемых решений и использование всех инструментов маркетинга в комплексе, использование системного подхода к организации маркетинга, транспортной логистики и менеджмента).

На современном этапе развития маркетинга на транспорте используются измененные названия и состав функций, в соответствии с которыми их реализация предполагает следующие мероприятия: анализ внешней среды, рынка транспортных услуг, его составляющих и состояния, потребителей, внутренней среды транспортной организации; создание новых видов транспортных услуг с улучшенными потребительскими качествами (например, бизнес-класс обслуживания пассажиров, элитные и VIP-перевозки грузов и пассажиров), применение новых технологий; сохранение постоянных кли-

ентов, разработка новых маркетинговых подходов с привлечением потенциальных клиентов в производственный процесс (экскурсии на технологические линии, презентации, подарки потенциальным и постоянным потребителям транспортных услуг); усиливаются функции и задачи маркетинга, повышаются требования к качеству транспортных услуг, активизируется работа на рынке их реализации; применяется гибкая тарифная политика.

Выход транспортной организации на рынок транспортных услуг, особенно международный, всегда есть вступление в конкурентную борьбу. В условиях высокой насыщенности мировых рынков транспортных услуг, избытка предложения над спросом каждый производитель ведёт борьбу за удержание действующих потребителей и привлечение новых. С учетом того, что конкуренция это борьба за первенство на рынке, за продажи своих услуг на наиболее выгодных условиях сбыта, их конкурентоспособность выходит на первое место.

Конкурентоспособность транспортных услуг, с одной стороны, влияет на развитие прогресса их производства, повышение качества обслуживания потребителей, появление новых видов услуг, с другой стороны, на это затрачиваются большие средства, в связи с чем идет разорение мелких участников рынка транспортных услуг.

Конкуренция на рынке транспортных услуг порождает особое их свойство – конкурентоспособность, то есть способность перевешивать со своими потребительскими свойствами другие аналогичные услуги и привлекать к себе потребителей. Основными слагаемыми конкурентоспособности транспортной услуги являются:

- высокий технический уровень и качество обслуживания потребителя;
  - использование современных технологий и предоставление услуг, которые характеризует степень применения мировых научно-технических достижений их производства;
  - соответствие транспортной услуги требованиям международных стандартов, стандартам стран импортеров;
  - наличие сертификата;
  - организация технического обслуживания транспортных средств, инфраструктуры, которая гарантирует бесперебойную работу проданных продуктов, включая обеспечение запасными частями, технической документацией;
  - наличие патентной чистоты и патентной защиты транспортной услуги, а также зарегистрированного товарного (фирменного) знака;
  - условия реализации транспортной услуги (например, тариф, условия платежей, сроки оказания, гарантии, выдача кредита, рассрочка платежей).
- В основных чертах конкурентоспособность транспортной услуги определяется отношением полученного эффекта к суммарным затратам, которые связаны с изготовлением и предоставлением транспортной услуги, и называется потребительской ценой.

При формировании потенциального контингента клиентов транспортной организации она должна предоставить транспортные услуги такого качества и на таких условиях, которые им требуются. Наиболее приемлемым для клиента является индивидуальный подход независимо от размеров отправки. Однако транспортная организация не всегда способна предоставить любые транспортные услуги на приемлемых клиенту условиях. Поэтому для выбора «своих» клиентов транспортная организация выполняет сегментацию транспортного рынка с учетом возможного набора предстоящих видов транспортных услуг и потенциальных клиентов.

Следует отметить, что у каждого вида транспорта есть часть клиентов, которые пользуются его услугами традиционно. Другая часть грузоотправителей является так называемым «полем конкуренции» нескольких видов транспорта или ряда организаций одного и того же вида транспорта. Поэтому руководству транспортной организации важно определиться, с какими сегментами грузоотправителей оно намерено сотрудничать. Так, организации автомобильного транспорта могут специализироваться на перевозках грузов в контейнерах, местных грузовых перевозках в пределах города или области. При этом организация автомобильного транспорта в зависимости от его размера ориентируется на требования одного или нескольких целевых сегментов. В отличие от коммерческих организаций, железные дороги не могут выбирать только часть наиболее выгодных для обслуживания грузоотправителей, отказываясь от работы с рядом других сегментов транспортного рынка. Это требует содержания определенных резервов транспортных ресурсов, что связано со значительной долей условно-постоянных расходов на железнодорожном транспорте и необходимостью максимально возможного наращивания объемов перевозок для увеличения прибыли от основной деятельности. Кроме того, железнодорожный транспорт в некоторых отдаленных регионах является единственным доступным видом сообщения, и даже в случае низкой рентабельности работы железная дорога не может отказывать клиентам в услугах. Поэтому железные дороги всегда должны поддерживать некоторое превышение уровня предложения транспортных ресурсов над спросом на транспортные услуги. Но, несмотря на невозможность избирательного подхода к клиентам, целесообразно выполнять сегментацию рынка грузоотправителей для улучшения качества их обслуживания и привлечения на железную дорогу, а также в целях экономии средств при их обслуживании.

Цели и задачи маркетинга ставятся самостоятельно каждой транспортной организацией, участвующей на рынке транспортных услуг. Их выбор зависит от многих внутренних и внешних условий деятельности, времени и конкретного рынка. Они объединены в следующие группы:

а) рыночные – увеличение доли рынка транспортных услуг, создание и освоение новых рынков, ослабление рыночных позиций конкурентов;

б) собственно маркетинговые – формирование благоприятного имиджа транспортной организации, достижение высокой удовлетворенности потребителей;

в) структурно управленческие – придание организационной структуре большей гибкости и адаптивности, нацеленность на достижение новых, более сложных стратегических целей;

г) обеспечивающие – стимулирующая, ценовая, сервисная политика;

д) контрольные – контроль текущей, стратегической и финансовой деятельности транспортной организации.

Методы маркетинга используются для решения следующих задач:

– комплексное изучение рынка транспортных услуг;

– выявление потенциального спроса и неудовлетворенных потребностей;

– планирование ассортимента транспортных услуг и тарифов на их выполнение;

– разработка мер для наиболее полного удовлетворения существующего спроса на транспортные услуги различного ассортимента;

– разработка мер по совершенствованию организации производства транспортных услуг.

Маркетинговые усилия хорошо проявляются в транспортных организациях в периоды экономического кризиса и направлены на решение задач:

1) улучшение качества транспортного обслуживания потребителей;

2) диверсификация высвобождающихся мощностей транспортных организаций.

Успешное решение первой задачи позволит стимулировать и активизировать формирование спроса на транспортные услуги конкретной транспортной организации.

В настоящее время на видах транспорта Республики Беларусь сформированы маркетинговые структуры на различных уровнях управления транспортной деятельностью:

– на первом уровне – в Министерстве транспорта и коммуникаций Республики Беларусь;

– в управлении и отделениях железных дорог, пароходстве и портах, акционерных и лизинговых транспортных компаниях воздушного, автомобильного и речного транспорта;

– на уровне транспортных организаций: на крупных железнодорожных станциях, филиалах облатотрансов, пассажирских и туристических предприятиях. Конкретную работу по изучению транспортного рынка, планированию, рекламе и формированию спроса на транспортные услуги проводят маркетологи Центров фирменного транспортного обслуживания в крупных транспортных узлах, на вокзалах, в аэропортах, туристических фирмах, автотранспортных предприятиях.

Современная концепция маркетинга на транспорте состоит в том, что вся деятельность транспортной организации, включая капиталовложения, собственное производство, проведение и реализацию научно-технических исследований, использование рабочей силы, сбыт, сервисное обслуживание потребителей, основана на точном, заранее выверенном знании потребностей рынка транспортных услуг. Концепция строится на учете всех условий их производства и сбыта как в ближайшей, так и в отдаленной перспективе.

В современных условиях создаются новые концепции маркетинга на транспорте:

– партнерских отношений (маркетинга взаимодействий): связана с попыткой привлечь в орбиту фирмы потребителя и сделать его участником производственного процесса – это построение долгосрочных отношений между транспортной компанией и ее ключевыми партнерами-поставщиками, покупателями, торговцами вспомогательным оборудованием, используемым в транспортной деятельности. Этот процесс гарантирует транспортной компании продление жизненного цикла услуги, увеличение прибыли в долгосрочном периоде. При этом партнерами совместно совершенствуется сама услуга, методы ее доведения до потребителя, оценки эффективности оказания;

– маркетинга, ориентированного на стоимостные параметры: транспортная фирма становится открытой экономической системой и привлекает в качестве партнеров своих клиентов (исключается понятие «коммерческая тайна»). Создается коллективная ответственность перед потребителем за качество транспортной услуги и её доведение до потребителя. Используется максимизация акционерной стоимости транспортной компании, ведущей к увеличению доходов ее инвесторов. В центре внимания этой концепции находятся потребности и интересы инвесторов и акционеров. Обоснование маркетинговой стратегии осуществляется на основе анализа акционерной стоимости транспортной компании, исходя из понимания факта увеличения стоимости производства транспортных услуг.

Таким образом, применение и правильная организация маркетинга в работе транспортных предприятий в современных условиях будет способствовать их успешной деятельности и дальнейшему развитию.

#### Список литературы

1 **Михальченко, А. А.** Маркетинг на транспорте : учеб. / А. А. Михальченко, М. И. Шкурин. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 319 с.

2 Маркетинг на транспорте. Практикум : учеб. пособие / А. А. Михальченко [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 245 с.

3 **Михальченко, А. А.** Маркетинг на транспорте : учеб.-метод. пособие / А. А. Михальченко, М. И. Шкурин. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 363 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ «PC CRASH» ДЛЯ АНАЛИЗА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

*Д. П. ХОДОСКИН, К. В. ДУБОВИК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Общим при проведении многих видов судебных экспертиз является выполнение расчетов по тем или иным формулам, в которые входят значения соответствующих табличных справочных данных, параметров и коэффициентов. Так, например, формулы, описывающие механическое движение, позволяют эксперту рассчитать параметры, связанные с эффективностью торможения автомобиля. При этом информацию о числовых значениях величин (времени реакции водителя, коэффициенте сцепления, временных параметрах тормозной системы и др.), входящих в формулы, эксперт выбирает самостоятельно из научно-технической и справочной литературы, исходя из собственного опыта и существующих рекомендаций [1].

Однако получить надежные и достоверные результаты расчетов возможно лишь при условии подстановки в формулы достоверных числовых значений соответствующих исходных расчетных данных (результатов измерений, параметров и коэффициентов). Это обстоятельство связано с обоснованностью, объективностью и достоверностью выводов эксперта. Однако всегда ли выбор эксперта точен? Поэтому актуальной задачей является повышение достоверности экспертных исследований и сокращение сроков их производства. Применение специального программного обеспечения позволяет значительно повысить эффективность выполняемых работ по решению поставленных задач по трем аспектам: 1) ускоряется процесс расчетов; 2) в качественном плане применение компьютерных программ уменьшает вероятность ошибок арифметического характера; 3) имеется возможность визуализации результатов произведенного исследования.

Программу PC Crash возможно применять для моделирования аварийных ситуаций, с ее помощью можно анализировать полученные данные, чтобы выявить основные факторы, приводящие к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП). На этих данных можно разработать рекомендации и мероприятия, которые помогут повысить уровень дорожной безопасности и снизить число ДТП. PC Crash – это программа, которая используется для моделирования ДТП. Она может помочь усовершенствовать и оптимизировать работу как сотрудников ГАИ, так и лабораторий, занимающихся криминалистическими исследованиями, и работников других организаций в

сфере безопасности, предоставляя им инструменты для анализа и исследования причин ДТП и разработки мер для их предотвращения.

Основные функции PC Crash включают в себя возможность создания трехмерных моделей ДТП, анализа данных, описания исходных условий и факторов, приведших к ДТП, а также определения скорости, направления и траектории движения автомобилей в момент столкновения. Это позволяет проводить более точные и детальные исследования ДТП и разрабатывать более эффективные меры для их предотвращения.

PC Crash также отличается от других программ моделирования своей точностью и надежностью. Она использует сложные алгоритмы, которые позволяют создавать более точные модели аварийных ситуаций и анализировать их результаты (последствия). Кроме того, программа имеет большую базу данных и инструменты для обработки и анализа большого объема данных, что позволяет проводить более глубокие исследования, в том числе и сложных ДТП.

Основные функции программы PC Crash включают в себя [2]:

1 Создание трехмерных моделей ДТП, которые помогают визуализировать ситуацию и понять ее динамику. Модели могут быть созданы на основе данных, полученных на месте происшествия, или на основе данных, полученных из других источников.

2 Анализ данных, связанных с ДТП, включая данные об автомобилях, их скоростях, направлении движения, траектории движения и т. д., что помогает понять причины ДТП и разработать меры для их предотвращения в будущем.

3 Описание исходных условий и факторов, приведших к ДТП: PC Crash позволяет описать исходные условия и факторы, которые привели к ДТП. Это может включать описание дороги, погодных условий, освещенности, видимости, наличия препятствий на дороге и т. д.

4 Определение скорости, направления и траектории движения автомобилей в момент столкновения: PC Crash позволяет определить скорость, направление и траекторию движения автомобилей в момент столкновения. Это помогает понять динамику ДТП и определить причины происшествия.

5 На основе полученных данных и анализа причин ДТП возможно разработать мероприятия по предотвращению ДТП в будущем.

Эти функции позволяют проводить более точные и детальные исследования ДТП и разрабатывать более эффективные меры для их предотвращения.

В программе PC Crash нашли применение несколько моделей расчета столкновений: классическая модель удара (рисунок 1), а также более совершенные – силовая (рисунок 2) и сетчатая (рисунок 3) модели.

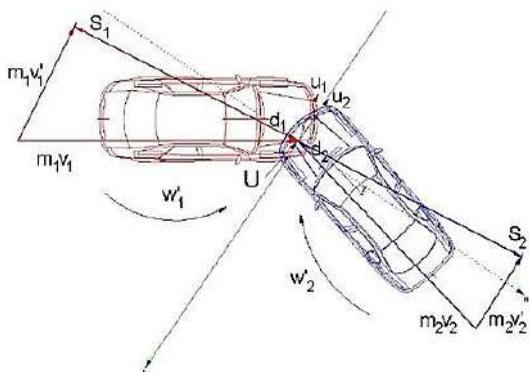


Рисунок 1 – Классическая модель столкновения

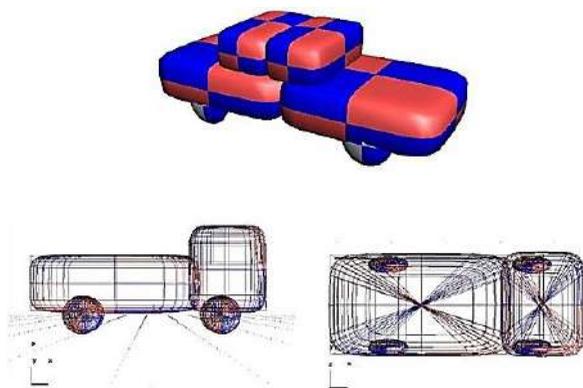


Рисунок 2 – Силовая модель анализа столкновения

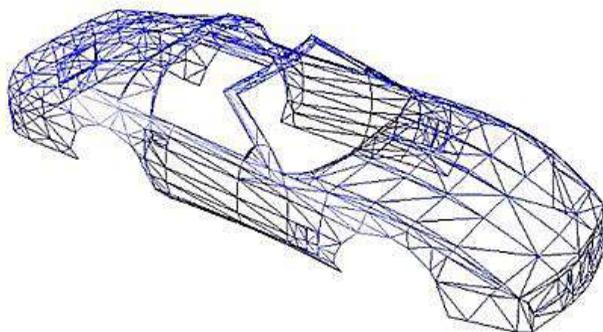


Рисунок 3 – Сетчатая модель анализа столкновения

Важным преимуществом программы является возможность вести расчет параметров движения транспортных средств и других объектов в динамике – с учетом действительных их параметров, а также окружающей среды и управляющих воздействий. Кроме того, в программе нашли применение и кинематические модули расчета. Результаты моделирования, полученные при работе с программой PC Crash, могут быть как представлены текстовые файлы, содержащие исходные и расчетные данные, так и выведены в виде диаграмм и таблиц. Для визуализации выполненного моделирования служат 2D и 3D анимации (пространственный вид). Кроме того, выполненное моделирование можно приложить к экспертному заключению в виде проектного файла. Вопросы реконструкции ДТП, разрешаемые при помощи программного продукта PC Crash: 1) место столкновения и положения транспортных средств и других объектов; 2) режимы движения; 3) реконструкция действий водителя (место реагирования); 4) параметры тяжести ДТП; 5) возможный ущерб; 6) правдоподобность столкновения (сочетаемость повреждений, последовательность событий).

Также PC Crash может быть использован для повышения безопасности дорожного движения посредством предоставления инструментов для анализа и исследования причин ДТП и разработки мероприятий для их предотвращения. С помощью PC Crash можно создавать трехмерные модели ДТП, анализировать данные об автомобилях, скорости, направлениях движения, траекториях и других факторах, связанных с ДТП. Это помогает понять причины ДТП и разработать мероприятия для их предотвращения в будущем. PC Crash также позволяет определить скорость, направление и траектории движения автомобилей в момент столкновения. Это помогает понять динамику ДТП и определить причины происшествия. Кроме того, PC Crash может помочь разработать меры для предотвращения ДТП (конкретных видов) на основе полученных данных и анализа их причин.

Таким образом, основные функции программы включают создание 3D моделей ДТП, анализ данных, описание начальных условий и факторов, приведших к ДТП, определение скорости, направления и траекторий движения транспортных средств в момент столкновения, а также разработку мероприятий по предотвращению ДТП.

#### **Список литературы:**

1 Применение в экспертной практике экспериментально-расчетных значений параметров торможения автотранспортных средств в разных массовых состояниях на дорогах с различными сцепными качествами : метод. рекомендации. – Минск : М-во юстиции, НИИ проблем криминологии, криминалистики и судебных экспертиз, М-во внутренних дел, Гос. экспертно-криминалистический центр, 1995. – 12 с.

2 PC-CRASH – Компьютерная программа для анализа и моделирования дорожно-транспортных происшествий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.expertiza-center.ru/node/61>. – Дата доступа : 18.03.2023.

## МОНИТОРИНГ ШУМА НА ОБЪЕКТАХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ г. ГОМЕЛЯ

*А. В. САВОСТОВА, И. А. КРЮЧКОВА, О. А. ДОВГУЛЕВИЧ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Автомобильный транспорт занимает важное место в единой транспортной системе. Транспортные потоки растут вместе с ростом городов из-за неправильного планирования размещения жилых и промышленных зон. Из-за повышения пригородного образа жизни увеличивается число личных автомобилей. В настоящее время в мире насчитывается 300 млн легковых, 80 млн грузовых автомобилей и примерно 1 млн городских автобусов.

Автомобильный транспорт играет огромную роль в формировании современного характера людей, но также он вызывает негативные явления:

– отработавшие газы. Транспорт выступает в качестве основного потребителя энергии и сжигает большую часть мировой нефти. В транспортном секторе именно автомобильный транспорт является крупнейшим источником глобального потепления [1]. Вследствие автомобильных выхлопов выделяется широкий спектр газов и твердых веществ. Такое негативное влияние автотранспорта можно снизить, например, оптимизацией светофорных циклов на перекрестке [2];

– шумовое загрязнение. Шум двигателя также приводит к загрязнению. Шум является акустическим загрязнителем воздуха. В городской среде он стал неотъемлемой частью жизни человека. Шум наносит ощутимый вред здоровью человека. Он обладает аккумулятивным эффектом, то есть, накапливаясь в организме, вызывает акустические раздражения. Особенно остро шум сказывается на работоспособности при умственном труде. Но самой опасной реакцией человеческого организма на чрезмерный шум является притупление слуха или полная его потеря со временем. Известно, что болевой порог наступает при воздействии шума в пределах от 120–130 дБ. Шумовое загрязнение сокращает продолжительность жизни человека на 10–12 лет.

Шумовое загрязнение в городах практически всегда имеет локальный характер. В так называемый «час пик» эпицентром шумов в крупных городах являются автомобильные дороги. В настоящее время на главных магистралях крупных городов уровни шумов превышают 90 дБ и имеют тенденцию к усилению ежегодно на 0,5 дБ, что является высокой опасностью для окружающей среды в районах оживленных транспортных магистралей.

Факторами, влияющими на шум, производимый отдельным транспортным средством, входящим в состав транспортного потока, являются мощность и режим работы двигателя, техническое состояние, масса транспорт-

ного средства, назначение, скорость движения, качество дорожного покрытия и другие.

По спектральному составу транспортный шум является низко- и среднечастотным, непостоянным и способен распространяться на значительные расстояния от источника. Уровень транспортного шума определяется интенсивностью, скоростью, характером транспортного потока.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума на территории жилой застройки в дневное (от 7:00 до 23:00 ч) и ночное (от 23:00 до 7:00 ч) время согласно [3, 4] являются:

– эквивалентный уровень звука  $A LA_{eq}$  в дБА – величина, равная десяти десятичным логарифмам отношения квадрата среднеквадратичного звукового давления на заданном временном интервале, измеренного при стандартной частотной характеристике  $A$  шумомера, к квадрату опорного звукового давления, равному  $2 \cdot 10^{-5}$  Па;

– максимальный уровень звука  $A LA_{max}$  в дБА – наибольший скорректированный по  $A$  уровень звука на заданном временном интервале. На практике максимальный уровень звука  $A$  соответствует уровню, превышаемому в течение 1 % времени интервала измерения.

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимому уровню должна проводиться как по эквивалентному по энергии, так и по максимальному уровню звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие нормативным требованиям.

На исследуемой территории города Гомеля были произведены замеры уровня звука с помощью шумомера-виброметра ЭКОФИЗИКА-110А (таблица 1). Места замера выбирались случайно. Всего выполнено 36 замеров.

**Таблица 1 – Результаты измерений шума, проводимых на улицах города Гомеля**

Порядковый номер измерения	Адрес	Дата	Время	Норма $LA_{eq}$ , дБА	Результат измерения	Норма $LA_{max}$ , дБА	Результат измерения
1	Пр. Ленина, 47	03.12.2022	16.13	55	72,0	70	80,3
2	Пр. Победы, 14	06.12.2022	13.57		70,9		80,2
3	Пр. Победы, 16	06.12.2022	14.01		67,8		83,9
4	Пр. Победы, 19	06.12.2022	14.03		62,2		83,9
5	Пр. Победы, 25	06.12.2022	14.06		59,0		83,9
6	Ул. Барыкина, 165	07.12.2022	18.20		70,4		74,3
7	Ул. Белого, 34	08.12.2022	18.22		50,2		76,5
8	Ул. Барыкина, 152	10.12.2022	11.48		65,3		60,1
9	Ул. Барыкина, 93	10.12.2022	13.35		65,4		95,3
10	Ул. Советская, 97	10.12.2022	18.00		65		79,7
11	Ул. Малайчука, 1	10.12.2022	18.05		72,4		79,4

Продолжение таблица 1

Порядковый номер измерения	Адрес	Дата	Время	Норма LA <sub>eq</sub> , дБА	Результат измерения	Норма LA <sub>max</sub> , дБА	Результат измерения
12	Ул. Чангарской дивизии	10.12.2022	18.15		74,9		79,9
13	Ул. Советская, 180	10.12.2022	18.20		71		73,2
14	Ул. Советская, 141а	10.12.2022	18.30		73,2		78,6
15	Пр. Ленина, 29	11.12.2022	12.32		60,7		79,6
16	Ул. Кирова, 22	13.12.2022	13.41		72,3		79,7
17	Ул. Красноармейская, 5	13.12.2022	18.23		63,7		90,3
18	Ул. Рогачевская, 26	20.12.2022	17.00		72,4		79,4
19	Ул. Мазурова, 67	26.12.2022	09.40		71,8		66,9
20	Ул. Советская, 36	19.01.2023	18.39		62,6		79,7
21	Ул. Советская, 41	19.01.2023	18.52		67,6		87,8
22	Пр. Победы, 6	20.01.2023	13.03		60,8		87,3
23	Ул. Кирова, 38	20.01.2023	14.56		68,4		87,8
24	Ул. Советская, 42	20.01.2023	16.03		68,0		80,7
25	Ул. Советская, 52	20.01.2023	16.12		62,1		87,8
26	Ул. Советская, 58	20.01.2023	16.19		66,4		93,4
27	Ул. Советская, 72	20.01.2023	17.25		68,7		93,4
28	Ул. Советская, 104	20.01.2023	17.29		72,1		93,4
29	Пр. Ленина, 35	20.01.2023	18.37		76,1		83,2
30	Пр. Октября, 20	21.01.2023	17.34		69,1		84,7
31	Пр. Октября, 25	21.01.2023	17.45		71,0		84,7
32	Ул. Б. Хмельницкого, 100	21.01.2023	18.02		74,5		108,0
33	Пр. Ленина, 51	23.01.2023	17.43		70,8		87,6
34	Пр. Ленина, 49	23.01.2023	17.51		64,7		84,3
35	Пр. Ленина, 22	23.01.2023	18.01		76,1		83,2
36	Пр. Ленина, 31	23.01.2023	18.10		70,1		111,1

Результаты измерения показали, что на оживленных улицах крупного города вблизи жилой застройки фиксируется значительное превышение норм эквивалентного и максимального уровня звука. Все результаты представлены в мобильной геоинформационной системе «Margin Maps: QGIS in your pocket» [5]: на рисунке 1 отображены окно карты района г. Гомеля с обозначенными красным цветом объектами измерения и окно общей информации по одному выделенному объекту. Отображение результатов с помощью аналогичных систем позволяет составлять базу измерений, имея возможность постоянного доступа и синхронизирован-

ного обновления. Преимуществом данной системы является её мобильность и возможность добавлять исчерпывающую информацию по каждому объекту исследования.

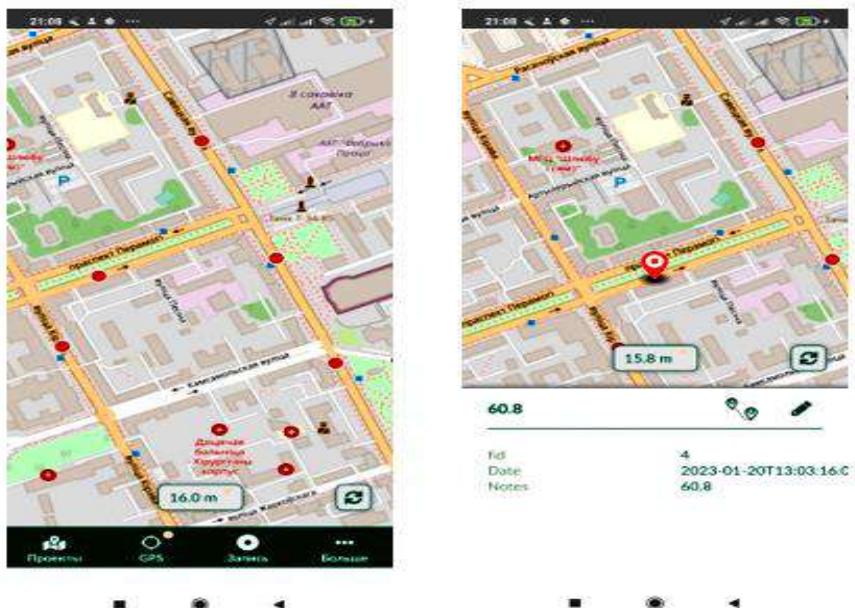


Рисунок 1 – Данные в геоинформационной системе

Шум от транспортного потока непосредственно зависит от уровня интенсивности движения транспорта, который непостоянен и изменяется за короткий промежуток времени. При невозможности обеспечения достаточно большой буферной зоны между дорогой и населенными пунктами или отдельно стоящими больницами, санаториями, домами отдыха, пионерскими лагерями, детскими садами, школами, базами отдыха должны быть предусмотрены специальные мероприятия по защите от транспортного шума.

Современные технологии позволяют реализовать снижение шума. Основной принцип разработки мероприятий по защите от транспортного шума: функциональное зонирование придорожных территорий с учетом допустимых уровней звука для зданий различного назначения.

Мероприятия по защите прилегающей территории от транспортного шума определяются категорией автомобильной дороги, интенсивностью движения, характеристикой территории и ее застройки и для условий городской застройки представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Мероприятия по шумозащите прилегающей территории от транспортного шума**

Тип дорог	Характеристики застройки прилегающей территории	Мероприятия по шумозащите прилегающей территории и застройки от транспортного шума
Городские улицы и дороги	Плотная многоэтажная застройка	Организация движения грузовых автомобилей вне селитебных территорий (выделение городских дорог грузового движения); полное или частичное (по времени) ограничение или запрещение движения грузовых автомобилей; организация движения с ограниченной скоростью (до 30 км/ч); развитие общественного транспорта; строительство шумозащитных экранов средней (2–6 м) и большой (свыше 6 м) высоты; полная или частичная изоляция проезжей части (тоннели, галереи)
Городские дороги в центральной части крупных городов	Плотная многоэтажная застройка с малыми расстояниями между фасадами зданий	Строительство шумозащитных экранов большой высоты (свыше 6 м) при условии обеспечения нормативной инсоляции жилых помещений; полная изоляция проезжей части (тоннели, галереи)

При разработке мероприятий по защите от транспортного шума выделяются два блока: мероприятия по организации движения и устройство шумозащитных устройств [6].

Мероприятия по организации движения, направленные на снижение шума на прилегающей территории, могут включать:

- частичное ограничение или запрещение движения всех видов транспортных средств в отдельные периоды времени суток при наличии дублирующих дорог;

- частичное ограничение или запрещение движения грузовых автомобилей в отдельные периоды времени суток с организацией грузового движения по дублирующим дорогам;

- проведение мероприятий по обеспечению равномерного (без резких ускорений или торможений) движения автомобилей в потоке;

- ограничение скоростей движения на транзитных участках дорог, проходящих вдоль защищаемых от шума территорий. При введении ограничений скорости важно ее плавное понижение. Это достигается обеспечением соответствующих расстояний между участками ограничения скорости;

- обязательное ограничение скорости движения в населенных пунктах;

- организацию саморегулируемого кольцевого движения на пересечениях в одном уровне;
- создание в населенных пунктах зон с ограничением скорости движения транспортного потока до 30 км/ч.

В таблице 3 приведена величина снижения уровня звука при ступенчатом ограничении скоростей движения. При снижении скорости движения автомобилей на 20 км/ч с 60 до 40 км/ч уровень звука уменьшается на 4,5 дБА.

**Таблица 3 – Снижение уровня звука при ступенчатом ограничении скоростей движения**

Снижение скорости, км/ч (при 10 % грузовых автомобилей)	Снижение уровня звука, дБА
С 60 до 50	2,1
» 50 » 40	2,4

В таблице 4 приведена величина снижения уровня звука при ограничении интенсивности движения. При снижении интенсивности движения автомобилей уменьшается уровень звука.

**Таблица 4 – Снижение уровня звука при ограничении интенсивности движения**

Уменьшение интенсивности движения, %	Снижение уровня звука, дБА
10	0,5
20	1,0
30	1,6
40	2,2
50	3,0
75	6,0

В таблице 5 приведена величина снижения уровня звука при уменьшении скорости движения легковых и грузовых автомобилей. Приведенная в таблице информация показывает, что чем меньше скорость движения, тем больше снижается уровень звука.

**Таблица 5 – Снижение уровня звука при уменьшении скорости движения легковых и грузовых автомобилей**

Величина снижения скорости, км/ч	Снижение уровня звука, дБА, при движении	
	легковых автомобилей	грузовых автомобилей
С 60 до 50	2,1	1,7
» 50 » 40	2,7	2,1
» 40 » 30	3,7	2,7

В таблице 6 приведена величина снижения уровня звука с уменьшением доли тяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока.

**Таблица 6 – Снижение уровня звука с уменьшением доли тяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока**

Уменьшение доли тяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока, %	Снижение уровня звука, дБА, при скоростях движения, км/ч	
	50	80
С 5 до 0	0,7	1,0
» 10 » 0	1,4	1,9
» 15 » 0	2,0	2,6

Уменьшение интенсивности движения вдвое приводит к снижению эквивалентного уровня шума при условии неизменности других параметров. Но интенсивность движения и скорость автомобилей являются сильно коррелируемыми величинами. Уменьшение интенсивности движения обычно связано с ростом скорости движения, так как водители начинают себя чувствовать комфортно и расслабленно. Поэтому ожидаемого эффекта снижения шума от снижения интенсивности движения не достигается. В крупных и небольших городах, где объездные пути еще не созданы, можно пойти на переключение движения транспорта в ночные часы на улицы, где расположены торговые предприятия. На снижение шума автомобильного транспорта также направлено ограничение числа тяжелых грузовых автомобилей в транспортном потоке. Эти меры обычно принимают форму запретов на въезд грузовых автомобилей в определенный район или на въезд в город всех автомобилей выше определенной грузоподъемности, а также ограничений въезда в определенные моменты времени (в ночные часы, субботные и воскресные дни). В общем случае методы снижения транспортного шума можно классифицировать по следующим трем направлениям:

- уменьшение шума в источнике его возникновения, включая изъятие из эксплуатации транспортных средств и изменение маршрутов их движения;
- снижение шума на пути его распространения;
- применение средств звукозащиты при восприятии звука.

Использование того или иного метода или их комбинации зависит в значительной мере от степени и характера требуемого уменьшения шума с учетом как экономических, так и эксплуатационных ограничений [7].

Кроме всего прочего, уменьшение шума автомобиля достигается применением шумопоглощающих и шумоизолирующих устройств. Эти устройства позволяют снижать уровень шума на 10–15 дБ.

К мероприятиям по защите населения от шума относятся:

- увеличение расстояния между источником шума и защищаемым объектом;
- применение акустически непрозрачных экранов (откосов, стен и зданий-экранов), специальных шумозащитных полос озеленения;

– использование различных приемов планировки, рационального размещения микрорайонов.

На снижение транспортного шума большое влияние оказывают шумозащитные барьеры, галереи, грунтовые валы, откосы выемок. Размещение шумозащитных сооружений и их ограждения на поперечном профиле должны обеспечивать безопасность движения, минимум затрат на их содержание, удобную очистку проезжей части и обочин, доступность для производства работ по эксплуатации. Схемы наиболее часто встречающихся конструкций сооружений представлены на рисунке 2 [6].

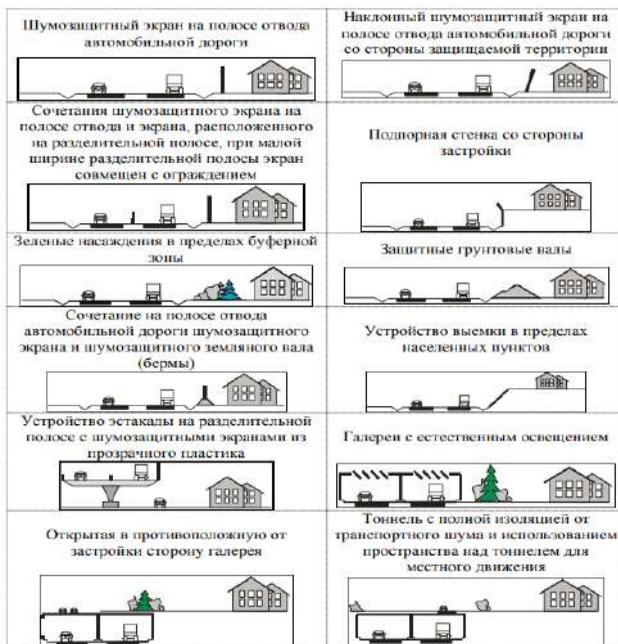


Рисунок 2 – Наиболее часто реализуемые схемы применения шумозащитных сооружений

При расположении жилой застройки с обеих сторон от автомобильной дороги отражение шума от поверхности барьера может привести к его увеличению в жилой застройке. В таких случаях применяют шумопоглощающие барьеры, которые в результате поглощения звуковой энергии в отличие от шумоотражающих не вызывают увеличения уровней шума на противоположной стороне и в салонах проезжающих автомобилей.

Шумоотражающие экраны используют для защиты жилой застройки в следующих случаях (рисунок 3):

- на противоположной от защищаемой застройки территории застройка отсутствует на расстоянии менее 500 м (рисунок 3, а);
- жилая застройка, расположенная на противоположной от защищаемой застройки территории, находится ниже уровня проезжей части автомобильной дороги (рисунок 3, б);
- жилая застройка, расположенная на противоположной от защищаемой застройки территории, находится на расстоянии более чем в 20 раз превышающем высоту экранов (рисунок 3, в);
- шум отражается наклонным шумозащитным экраном в зону, не требующую защиты (рисунок 3, г).

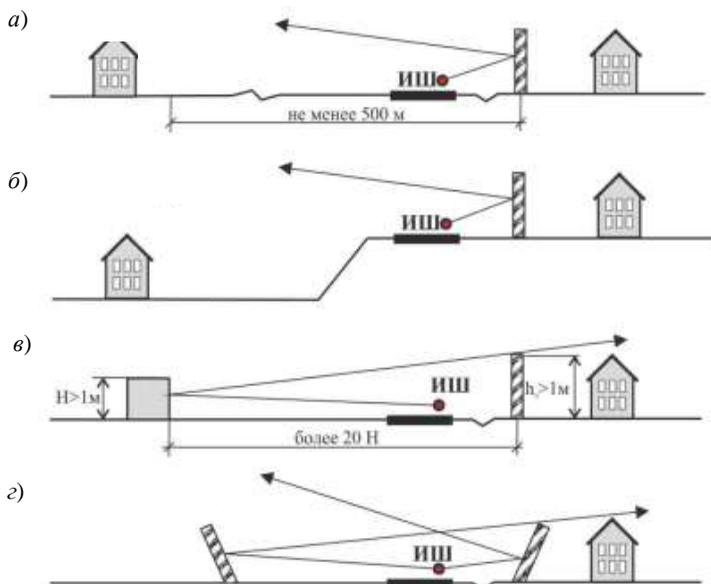


Рисунок 3 – Схемы (а, б, в, г) применения шумоотражающих экранов на автомобильных дорогах

Отражающе-поглощающие экраны применяют для защиты жилой застройки в следующих случаях:

- если открытая для шума жилая застройка расположена на расстоянии менее 500 м от шумопоглощающего экрана (рисунок 4, а);
- если необходимо воспрепятствовать проникновению транспортного шума в открытую для него жилую застройку, когда застройка расположена на расстоянии менее 500 м от экрана (см. рисунок 4, а);
- если необходимо воспрепятствовать повышению уровней звука в зоне звуковой тени от повторного отражения звука экраном, расположенным на

противоположной стороне дороги (рисунок 4, б). Для этой цели могут использоваться как вертикальные отражающе-поглощающие экраны, так и наклонные шумоотражающие экраны;

– если необходимо воспрепятствовать повышению уровня звука за шумозащитным экраном вследствие многократного отражения звука от высоких кузовов автомобилей, автобусов и т. д. при высоте экранов до 3,5 м и многоэтажной жилой застройке (рисунок 4, в).

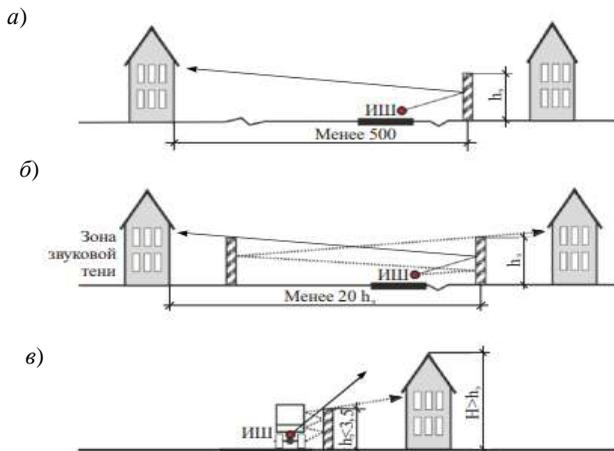


Рисунок 4 – Условия применения (а, б, в) шумопоглощающих экранов (размеры даны в метрах)

Как показывают исследования медиков, повышенные уровни шумов способствуют развитию нервнопсихических заболеваний и гипертонической болезни. Дети, проживающие в условиях шумового загрязнения окружающей среды, чаще имеют проблемы с усвоением школьного материала. Установлено, что темп прироста психических нарушений у них составляет 0,5 % на 1 дБ(А) уровня шума. Эффект воздействия звука зависит от генетических и приобретенных особенностей организма. Некоторые люди обладают особой чувствительностью к шуму. Особому контролю должны подвергаться такие городские объекты улично-дорожной сети, как территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов – интернатов для престарелых и инвалидов, учреждений образования, библиотек, зданиям больничных организаций и санаториев, а также площадки для отдыха на таких территориях.

Борьба с шумом в центральных районах городов затрудняется плотностью сложившейся застройки, из-за которой невозможно строительство шумозащитных экранов, расширение магистралей и высадка деревьев, сни-

жающих на дорогах уровня шумов. Таким образом, наиболее перспективными решениями этой проблемы являются снижение собственных шумов транспортных средств и применение в зданиях, выходящих на наиболее оживленные магистрали, новых шумопоглощающих материалов, вертикального озеленения домов и тройного остекления окон (с одновременным применением принудительной вентиляции).

#### Список литературы

1 Сердюкова, А. Ф. Влияние автотранспорта на окружающую среду [Электронный ресурс] / А. Ф. Сердюкова, Д. А. Барабанщиков // Молодой ученый. – 2018. – № 25 (211). – С. 31–33. – Режим доступа : <http://moluch.ru/archive/211/51590/>. – Дата доступа : 21.01.2023.

2 Dauhulevich, V. Reducing the negative impact of vehicles on air quality by optimizing the traffic light cycle at the intersection / V. Dauhulevich, S. Azemsha // ECOLOGICA. – Vol. 26, no. 96. – Beograd, 2019. – P. 499–504.

3 СанПиН «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»: утв. постановлением Министерства здравоохранения РБ от 16 ноября 2011 г. № 115.

4 ГОСТ 20444-2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики – М.: Стандартиформ, 2019. – 32 с.

5 Путь доступа к Приложению в Google Play – Merjin Maps: QGIS in your pocket [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.co.lutraconsulting&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.co.lutraconsulting&hl=en_US). – Дата доступа : 21.01.2023.

6 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/16odm-2182013-2011.pdf>. – Дата доступа : 21.01.2023.

7 Кусов, А. Т. Шумы автомобилей и методы снижения / А. Т. Кусов // Студенческая наука – агропромышленному комплексу : научные труды студентов Горского Государственного аграрного университета. – Вып. 59 (4.2) (Ч. 2). – Владикавказ, 2017. – С. 179–182.

УДК 629.06

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В МОСКОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

*А. С. СЕМЧЕНКО, С. Н. КАРАСЕВИЧ*

*Российский университет транспорта, г. Москва*

Транспорт в агломерациях несет важнейшую связующую функцию, предоставляя жителям соседних городов и поселений возможность свободного перемещения. Развитая система пассажирского транспорта свидетель-

ствует о лучшей доступности и более высоких показателях экономики в сравнении с теми мегаполисами и агломерациями, в которых был сделан акцент на личный транспорт.

Помимо этого, внутри системы пассажирского транспорта также необходимы качественные подходы и улучшения. Мировое сообщество накопило большой опыт по улучшению взаимодействия различных видов пассажирского транспорта. Отдельные страны проводят отличающиеся политики по работе с транспортом общего пользования. Тренды наиболее успешных стран по привлекательности пассажирского транспорта следующие: развитие IT-технологий, цифровизация и автоматизация, экологичность, повышение информированности пассажиров (посредством качественной навигации и технологий планирования маршрута), единый диспетчерский центр по управлению транспортной системой и единое платежное пространство.

Московская агломерация с населением свыше 20 млн человек является крупнейшей агломерацией в Европе и вследствие своих масштабов вынуждена реализовывать самые эффективные подходы к развитию городского транспорта. За последние 10 лет властями Москвы и Подмосковья была проделана существенная работа по улучшению транспортной доступности: был обновлен подвижной состав, обновлен дизайн-код и устройства навигации, открыто несколько десятков станций метрополитена и городской железной дороги, связующие центр агломерации с городами-спутниками, введена платная парковка как одна из мер борьбы с заторами на дорогах общего пользования, а также введено единое платежное пространство на базе карты «Тройка».

Данные меры существенно улучшили городскую мобильность и повысили привлекательность пассажирского транспорта в глазах пассажиров: прирост пассажиропотока составил 22 % за последние 13 лет. Подобный рост свидетельствует о грамотно проводимой политике на транспорте, однако динамические темпы прироста населения опережают развитие транспортной сети.

По официальным данным, Московская агломерация увеличивается ежегодно на 300 тыс. человек [1]. К 2030 году нынешняя численность агломерации с 20–23 млн возрастет до 25–26 млн и выше. Транспортная система Москвы и Московской области, формировавшаяся в большей степени во времена Советского Союза, не была рассчитана на подобные нагрузки. Уже сейчас на транспортно-пересадочных узлах (ТПУ), как местах «узких горлышек», при использовании маршрутов с различными видами транспорта возникают проблемные участки, вызванные чрезмерным пассажиропотоком в часы пик.

Таким образом, массовые скопления людей, направленные на общественный транспорт, становятся серьезным испытанием для транспортной системы. Например, во время празднования Нового года в Шанхае в 2015 году огромные толпы людей направились в маленькие районы, что привело к катастрофической давке, в результате которой погибло 36 человек [2]. В Москве был обозначен так называемый «эффект Выхино» – ситуация, сложившаяся на некоторых линиях Московского метрополитена,

на которых вагоны заполняются до предела уже на начальных станциях. Эффект получил своё название от станции Выхино, которая является самой загруженной в Московском метрополитене.

Такие скопления людей препятствуют комфортным пересадкам при смене различных видов пассажирского транспорта, затрудняют вход и выход из вагонов и салонов автобусов/электробусов, задерживают отправление согласно расписанию и порождают задержки и опоздания. Все подобные издержки можно оценить в стоимостном выражении, негативно влияющем на экономическую ситуацию в регионе. Как один из методов nivelирования подобных ситуаций предлагается влиять на повышенный пассажирский спрос через предложение альтернативных маршрутов по более привлекательной тарифной политике.

В существующем положении на транспорте в Московской агломерации есть несколько отличительных особенностей, которыми предстоит оперировать: повсеместное внедрение платежной карты «Тройка» (она имеется более чем у 80 % проживающих в агломерации) и система умных камер видеонаблюдения, покрывающих практически всю территорию.

Данные камеры уже умеют распознавать лица пассажиров, принимать оплату, следить за порядком на платформах и в вагонах, отслеживать пассажиров, которым нужна медицинская помощь, но нас интересует их способность оценивать общее число пассажиров, длину очереди и даже время, проведенное в ней, в режиме онлайн.

Предлагается отслеживать нагрузку на станциях, остановочных пунктах, в вагонах и салонах общественного городского транспорта на территории всей агломерации, основываясь на данных с камер видеонаблюдения, и перераспределять потоки пассажиров с наиболее загруженных узлов, предлагая им альтернативные маршруты по более выгодной цене при планировании ближайшей поездки.

Самым распространенным средством планирования поездок в Москве и Московской области является мобильное приложение «Яндекс. Карты». Ежемесячно число активных пользователей приложения составляет порядка 20 млн человек, что равняется 46 % спроса относительно всей Российской Федерации.

Предлагается следующая формула для расчета размера скидки пассажирам, использующим альтернативный маршрут вместо загруженных узлов:

$$S = \frac{T_a k_a}{T_3 k_3} T_3;$$
$$k_3 = \frac{N_3}{W_3}; \quad k_a = \frac{N_a}{W_a},$$

где  $S$  – скидка на альтернативный маршрут, руб.;  $T$  – тарифная стоимость проезда, руб.;  $k$  – коэффициент загрузки платформы ТПУ (рассчитывается ИИ);  $W$  – максимальная вместимость платформы, чел.;  $N$  – количество пассажиров на платформе, чел.;  $a$  – альтернативный маршрут;  $z$  – загруженный маршрут.

Согласно опросу, проведённому ВЦИОМ в 2021 году, 13 % пассажиров Московской агломерации при выборе маршрута в первую очередь руководствуются стоимостью проезда по нему [3]. Если регулятор сможет повлиять на транспортный спрос даже 13 % людей, предложив им более выгодные условия оплаты проезда, ежедневно высвободится порядка 900 тысяч пассажиров, которых можно распределить по менее загруженным узлам, улучшив взаимодействие различных видов транспорта между собой и повысив комфорт всех пассажиров в транспортной системе.

### Список литературы

1 Москва резиновая: каждый год население столицы растет на 300 тыс. человек [Электронный ресурс] // Новые известия. – Режим доступа : <https://newizv.ru/news/2019-09-11/moskva-rezinovaya-kazhdyu-god-naselenie-stolitsy-rastet-na-300-tys-chelovek-zachem-297587>. – Дата доступа : 15.03.2023.

2 Празднование Нового года в Шанхае закончилось трагедией [Электронный ресурс] // ТВЦ.ру – Режим доступа : <https://www.tvc.ru/news/show/id/58728>. – Дата доступа : 15.03.2023.

3 Тренды в городском транспорте – 2021 [Электронный ресурс] // ВЦИОМ.ру. – Режим доступа : <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/trendy-v-gorodskom-transporte-2021>. – Дата доступа : 15.03.2023.

УДК 658

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДСКОГО ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

*Д. П. ХОДОСКИН, К. В. ДУБОВИК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Недостаток интеллектуальных средств в инфраструктуре городского дорожного движения является серьезной проблемой, которая влияет на безопасность и эффективность дорожного движения. Эта проблема связана с тем, что многие города не обладают достаточным количеством интеллектуальных средств, таких как камеры видеонаблюдения, датчики, светофоры, системы оповещения и другие, которые могут использоваться для регулирования движения и улучшения его эффективности.

Актуальность этого исследования связана с крайне серьезными проблемами обеспечения безопасности движения в больших городах, где во всем мире ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) погибает более одного миллиона человек и более 50 миллионов получают травмы различной степени тяжести. По оценкам ВОЗ международные денежные потери из-за дорожно-транспортного травматизма и материального ущерба составляют 500 млн евро в год. Почти 700000 смертей ежегодно происходят в результате загрязнения воздуха, связанного с дорожным движением. Эта проблема усугубляется неуклонно возрастающей автомобилизацией и технологической отсталостью дорожно-транспортных сетей. В целом современная ситуация в сфере безопасности дорожного движения представляет собой кризис, выход из которого возможен только при комплексном подходе к решению данной проблемы обеспечения безопасности дорожного движения [1].

Меры обеспечения безопасности дорожных движений также предусматривают эффективную работу по управлению дорожным движением. В этом случае эффективность означает, кроме безопасности: 1) эффективность прохождения маршрута всеми участниками дорожного движения, во многом определяющая материальные затраты (также один из показателей эффективности организации дорожного движения); 2) точность сопровождения транспортных средств, движущихся по установленным маршрутам, является показателем, демонстрирующим наибольшую чувствительность к изменениям состояния дорожной инфраструктуры; 3) экологичность дорожно-транспортной инфраструктуры, которая находится в прямой зависимости от количества задержек транспортных средств в сети и, как следствие, взаимосвязана с первым показателем; 4) надежность дорожной инфраструктуры в целом, которая определяется надежностью всех ее составляющих: людей, дорог, транспорта, а также технических средств организации дорожного движения.

Работы в области организации и обеспечения безопасности дорожного движения (Г. И. Клинковштейна, Ю. А. Кременца, З. Д. Дереха, Е. А. Рейцена, С. П. Ткачука, В. Ф. Душника) подтверждают, что наиболее перспективным направлением решения подобных задач является применение автоматизированных систем управления дорожным движением, которые определяют и задают оптимальные программы управления светофорными объектами. В частности, для сложных городских сетей необходимо определить оптимальное управление светофорными объектами, которое должно обеспечивать наибольшую пропускную способность при минимальных потерях времени с учетом данных о трафике в режиме реального времени, а также многих факторов, влияющих на трафик, таких как характеристики улично-дорожной сети (УДС), погодных условий и др. При этом система управления должна быть обеспечена специальными техническими средствами оперативной регистрации параметров транспортного потока – датчиками присутствия или проезда транспорта [2–4].

Для достижения поставленной цели предлагается рассмотреть интеллектуальную транспортную инфраструктуру (ИТИ), которая отличается от существующих автоматизированных систем управления транспортными потоками (АСУ ТП) структурной интеграцией трех взаимосвязанных интерактивных компонентов [5]: 1) существующих служб электронной картографии со средствами радиолокации и радионавигации; 2) нового облачного сервиса мониторинга и управления дорожным движением на базе дорожных контроллеров; 3) продвинутых средств радиочастотной идентификации автомобиля и доступа к облачным сервисам.

В этом случае новизна определяется полной интеграцией облака мониторинга и управления, устройств радиочастотной идентификации, а также инструментов управления транспортной и дорожной инфраструктурой, позволяющих автоматизировать процессы оптимального управления транспортом и движением трафика в режиме реального времени для решения социальных, гуманитарных, экономических и экологических проблем (потерь) с учетом уровней города, области, страны и т. п. (рисунок 1).

Анализ имеющихся автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД) показал, что при проектировании подобных систем обычно используется двухуровневая архитектура типа «клиент – сервер» (рисунок 2), где в качестве клиентов выступают дорожные контроллеры (ДК), а центральный сервер обеспечивает централизованное управление дорожным движением, базируется на центральном диспетчерском пункте (ЦУП), который координирует работу центра и получает информацию о состоянии для отображения диспетчеру.

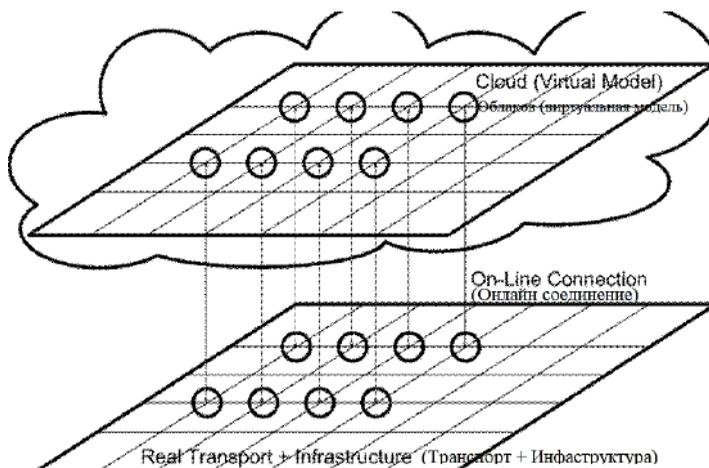


Рисунок 1 – Отображение инфраструктуры и транспорта в облаке [5]

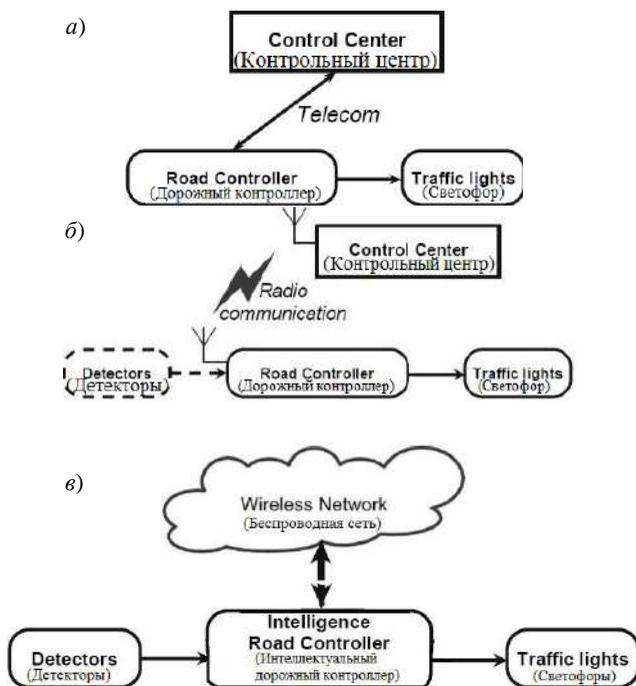


Рисунок 2 – Эволюция технологий управления дорожным движением [5]:  
 а – структура АСУДД первого поколения (устаревшая); б – структура АСУДД второго поколения (современная); в – структура АСУДД третьего поколения (перспективная)

Такая структура имеет ряд недостатков, среди которых наиболее важным является переход на локальное управление всеми светофорами в случае выхода из строя сервера или другого компонента ЦУП. Можно выделить два поколения таких систем. АСУДД первого поколения (см. рисунок 2, а) также состоит из устаревших контроллеров, среди которых только ДКМ продолжает благополучно работать. Также оставляет желать лучшего проводная телефонная сеть между центром и другими элементами. Отсутствие полноценной обратной связи от ЦУП в контуре управления этой системы означает, что неисправный светофорный объект может быть обнаружен только при внешнем осмотре. В таких условиях осуществлять оперативное отслеживание параметров транспортного потока с помощью транспортных детекторов весьма проблематично. Все это свидетельствует о низкой управляемости и надежности таких систем [4].

В АСУДД второго поколения (см. рисунок 2, б) осуществляется использование современного оборудования ЦУП и средств проводной и

(чаще) радиосвязи с дорожными контроллерами на периферии, также различный диапазон детекторов транспорта для оперативного отслеживания характеристик транспортных потоков. Такие системы более надежны и устойчивы в эксплуатации, демонстрируют высокую прогрессивность и наблюдаемость состояния объекта управления, и вместе с тем высокую стоимость. Однако они не лишены характерного для двухуровневых структур недостатка: остановки координированного управления в случае выхода из строя оборудования ЦУП.

Указанного недостатка лишена АСУДД третьего поколения (см. рисунок 2, в). Имеет структуру, аналогичную АСУДД второго поколения, за исключением того, что центр управления интегрирован в «облако», т. е. посредством услуг, доставляемых по существующей беспроводной глобальной сети связи, имеющей распределенную структуру по всей планете. Он гарантирует устойчивую работу АСУДД в режиме согласованного управления даже при физическом отсутствии ЦУП, поскольку ряд облачных серверов, координирующих отдельные группы ДЦ, разнесенные по географическим признакам, может обеспечивать согласованное управление и взаимодействовать с каждым из них. Функции отправителя доступны в любое время из любой точки планеты через защищенные облачные сервисы. Следует отметить, что такая система должна иметь комплекс технических средств для мониторинга состояния дорожно-транспортной сети на нижнем уровне управления, а в облаке – вычислительные ресурсы, обеспечивающие этот мониторинг – так называемые инфраструктурные мониторы.

Инновационность этой системы заключается, прежде всего, в интеллектуализации основных процессов организации дорожного движения, синхронизирующей, в том числе процессы развития реальной дорожно-транспортной инфраструктуры. Такая интеллектуальная облачная инфраструктура становится самодостаточной координирующей надсистемой, радикально решающей проблему безопасности дорожного движения путем полного исключения аварийных и предаварийных ситуаций на дорогах за счет тотального контроля и интеллектуального управления. Рассмотрим данное построение более детально с точки зрения обмена информации между четырьмя ее компонентами (рисунок 3) [5].

Cloud Servers – серверы, создающие облако долговременного хранения распределенных данных и сервисов; Buffer Computers – буферные компьютеры, обеспечивающие сбор данных от мониторов инфраструктуры и проведение сервисов управления дорожным контроллерам; C-RFID – компьютерные блоки радиочастотной идентификации транспортных средств; I-СМС – инфраструктурные контроллеры мониторинга и управления дорожным движением на основе радиочастотной идентификации транспортных средств.

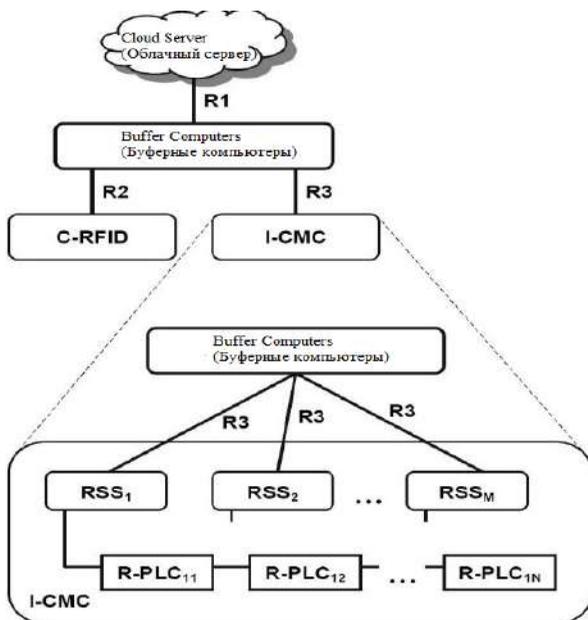


Рисунок 3 – Архитектура перспективной АСУДД с тремя уровнями управления [5]

Структура коммуникационной интеграции четырех компонентов АСУДД представлена транзакциями:  $(R1\ R2) = (SC, BC, C-RFID)$  – доставка облачных услуг потребителю;  $(R1\ R3) = (SC, BC, I-CMC)$  – обмен информацией с контроллерами шины. Маршрут первого типа использует традиционные интернет-технологии GPRS, HSPA, Wi-Fi, WiMAX. Для второго типа процессов в силу их крайней важности, а также высоких требований к надежности, помехозащищенности и безопасности необходимы дополнительные научно-технические исследования. Предполагается, что блок C-RFID будет содержать индивидуальный код транспортного средства, код электронной регистрации по месту жительства, а также код водителя, который в данный момент управляет данным транспортным средством. Кодовое трио должно считываться радиоустройствами, которыми должны быть оборудованы все светофорные объекты, мосты, туннели, железнодорожные переезды и другие важные для управления движением точки дорожной сети [6]. При этом наиболее интересен компонент I-CMC. Модуль RSS представляет собой надежный промышленный компьютер, а компонент R-PLC построен на базе компактного и достаточно мощного программируемого логического контроллера (ПЛК) S7-1200 от SIEMENS для программирования технологических

процессов, в том числе для решения задач автоматического управления дорожным движением.

На рисунке 4 представлена схема технической реализации инфраструктуры городского дорожного движения (ИГДД) на основе АСУДД третьего поколения. В данной схеме просматриваются три уровня управления [8].

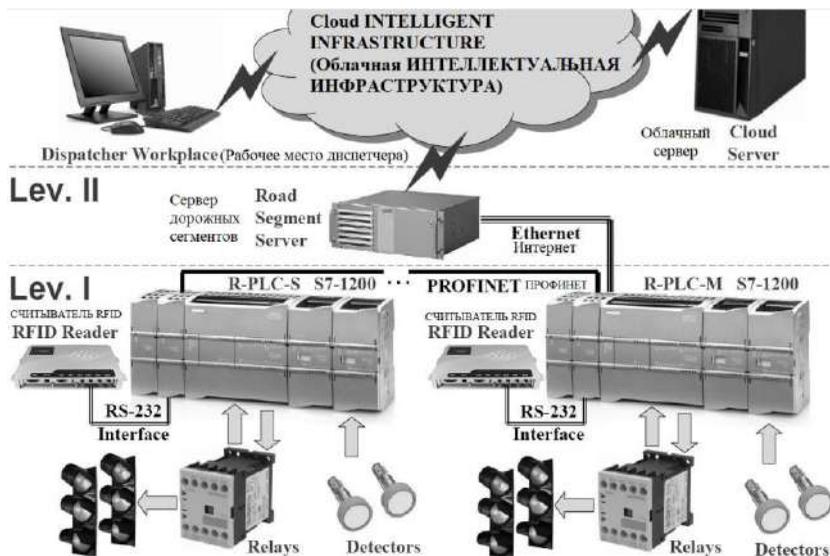


Рисунок 4 – Техническая реализация инфраструктуры городского дорожного движения [8]

На уровне 1 реализуется технологическое управление дорожным движением в автоматическом и ручном режиме посредством специальных компьютерных и периферийных устройств. В качестве вычислительного средства используется ПЛК S7-1200. Источниками данных для управления являются информационно-регистрирующие устройства двух типов: 1) RFID-считыватель, собирающий данные с транспондеров участников дорожного движения в пределах светофорного объекта; 2) детекторы транспорта, регистрирующие параметры входящих потоков транспорта. Исполнительные устройства представлены электромагнитными реле, обеспечивающими срабатывание светофоров. Коммуникация с центром управления осуществляется через уровень 2.

Уровень 2 – промежуточный (общение). Он выполняет две функции: 1) обеспечивает связь между частями ИГДД и локальными контроллерами сегментов; 2) осуществляет централизованное управление контроллерами сегментов в случае назначения многоуровневой связи (РСС). По каналу Ethernet ячеистая сеть полевой шины подключается к контроллеру управле-

ния R-PLC-M (главный), который подключен к ячеистой сети. RSS имеет доступ в Интернет и поэтому интегрирован в облачную инфраструктуру.

Уровень 3 – центральное управление. Осуществляет скоординированный контроль исправности светофора на уровне 1 через буферные компьютеры на уровне 2. Он включает в себя серверную часть, построенную на ресурсах с облачными вычислительными средствами (облачными серверами), а также включенный человеко-машинный интерфейс. Оснащен рабочими станциями, оборудованием и программным обеспечением для аварийного и оперативного управления.

Техническая реализация этого аспекта ИГДД заключается в применении контроллера SIMATIC S7–1200, включающего автоматизацию регулирования и управления движением и выполняющего управление в машиностроении, задачи корпоративного управления и многие другие ситуации. Он имеет высокую точность и относительно высокую стоимость [9]. Каждый контроллер оснащен стационарным RFID-приемником, использующим общее считывание данных с нескольких транспондеров участников дорожного движения в радиусе до 12 метров и имеющим различные интерфейсы взаимодействия с контроллером [10]. Взаимодействие контроллера с другими периферийными функциями (устройствами) и структурного узла с узлом управления см. рисунок 5.

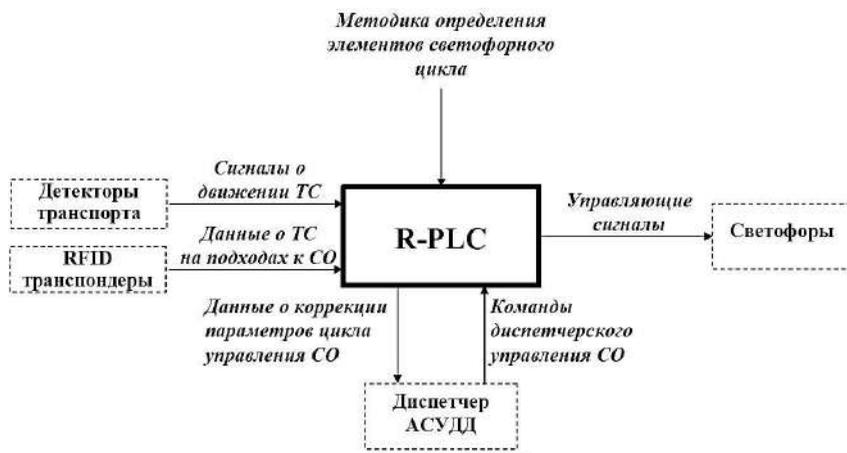


Рисунок 5 – Порядок взаимодействия [10]

Подсистема реализует такие функции [7]: 1) установка параметров цикла светофорного регулирования по команде диспетчера (диспетчерское управление); 2) регистрация данных о движении транспорта на подходах к светофорному объекту; 3) выработка корректировок параметров цикла светофорного регулирования (интеллектуальное управление); 4) формирование и

вывод управляющих воздействий на светофоры (непосредственное управление); 5) передача данных о коррекции параметров цикла светофорного регулирования диспетчеру (обратная информационная связь).

Функция 2 обеспечивает необходимую обратную связь с объектом управления. Технически ее выполнение обеспечивают детекторы транспорта и оборудование радиочастотной идентификации транспорта. Для реализации интеллектуального управления (функция 3) необходимо учитывать также и параметры потоков на смежных светофорных объектах, принятые по сети от соответствующих дорожных контроллеров. Идентификация и оценивание этих параметров, а также подготовка на их основе данных для интеллектуального управления – предмет отдельного исследования.

Кроме того, при проведении системных исследований было установлено влияние на движение транспорта по УДС города большого количества различных параметров, некоторые из которых, такие как сложность и степень опасности пересечения, погодные условия, видимость дорожной разметки, насыщенность средствами светофорного регулирования и дорожными знаками, а также эффективность их восприятия участниками дорожного движения и др., трудно поддаются формализации классическими аналитическими и вычислительными методами. Более того, большинство выявленных параметров характеризуются высокой степенью неопределенности. В связи с этим для погашения неопределенности оказалось целесообразно применить методику нечеткого вывода и построить на ее основе модель нечеткого управления светофорным регулированием на заданном светофорном объекте, структура которой показана на рисунке 6 [11]. На вход модели поступают указанные выше данные о транспортных потоках (входная информация см. рисунок 6) с заданного (2) и смежных (3) светофорных объектов, а также смоделированные параметры на предыдущем цикле регулирования (обратная связь 1). Характеристики УДС (4), обладающие, как указано выше, высокой степенью неопределенности, определяются нечеткими переменными [11].



Рисунок 6 – Структура модели нечеткого управления светофорным регулированием на заданном светофорном объекте [11]

Логика регулирования дорожного движения представляется в виде базы нечетких правил. Блок нечеткого вывода генерирует значения трех выходных нечетких переменных, выражающих параметры цикла светофорного регулирования на пересечении: длительность цикла, длительность зеленой фазы по главному направлению и длительность переходного интервала. Затем значения этих параметров применяются для задания фактических параметров светофорного регулирования на данном светофорном объекте. Такова, в общем, концепция нечеткого управления светофорным регулированием на заданном светофорном объекте. Детальная разработка этой концепции – предмет отдельного исследования, требующего работы с экспертами по организации и регулированию дорожного движения и, по крайней мере, имитационного моделирования данного процесса в условиях как детерминированного, так и нечеткого управления.

Ожидаемый эффект от внедрения интеллектуальных технологий в инфраструктуру городского дорожного движения: сокращение времени прохождения маршрута внутри дорожно-транспортной сети, покрываемой ИГДД, всеми участниками дорожного движения; уменьшение материальных затрат, которые несут участники дорожного движения и владельцы транспортных средств; повышение точности следования транспортных средств, движущихся по установленным маршрутам; улучшение экологической обстановки за счет сокращения задержек транспортных средств внутри сети; понижение аварийности на дорогах дорожно-транспортной сети, покрываемой ИГДД; устойчивое и безотказное функционирование ИГДД.

Таким образом, из изложенного материала следует, что в настоящее время в мире остро стоит проблема обеспечения безопасности дорожного движения, требующая принятия срочных и эффективных мер по ее решению. Вместе с тем создание сегментов интеллектуальной инфраструктуры дорожного движения на основе современных и перспективных компьютерных технологий является объективной необходимостью и неизбежно, о чем свидетельствуют результаты различных исследований во многих странах мира.

#### Список литературы

1 Roads, Injuries, Traffic: Data and statistics [Электронный ресурс] // Official site WHO, 2011. – Режим доступа : <http://www.who.int/research/en/>. – Дата доступа : 25.10.2022.

2 Дерех, З. Д. Наукові шляхи реалізації програми забезпечення безпеки дорожнього руху в Україні / З. Д. Дерех, Є. О. Рейцен // Безпека дорожнього руху України. – 1999. – № 1 (2). – С. 19–23.

3 Душник, В. Ф. До питання організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі / В. Ф. Душник // Безпека дорожнього руху України. – 2003. – № 1–2 (15). – С. 39–41.

4 Кременец, Ю. А. Технические средства организации дорожного движения / Ю. А. Кременец. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.

5 **Хаханов, В. И.** Зеленая волна – облако мониторинга и управления дорожным движением (Green wave traffic on cloud) / В. И. Хаханов // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2012. – Вып. 160. – С. 4–21.

6 Оборудование для управления дорожным движением [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООО «Система Сервис». – Харьков, 2014. – Режим доступа : <http://komkon.ua/product/rtc/>. – Дата доступа : 25.10.2022.

7 Аппаратно-программный комплекс оборудования для управления дорожным движением [Электронный ресурс] // Официальный сайт Киевской АК «Росток». – К., 2014. – Режим доступа : <http://rostok-elekom.com/>. – Дата доступа : 25.10.2022.

8 **Белов, Ю. В.** Трехуровневая архитектура системы распределенной автоматизации управления дорожным движением / Ю. В. Белов, О. А. Гузь, А. Н. Полетаikin // Обеспечение безопасности и комфорта дорожного движения: проблемы и пути решения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Х. : ХНУРЭ, ХНАДУ, 2011. – С. 123–126.

9 Продукты для промышленной автоматизации: Интерактивный каталог СА 01/2014. – Сименс, Украина, Департамент IA&DT.

10 Esker F. RFID in Vehicles / F. Esker. – NetWorld Alliance LLC. – 2012. – 143 p.

11 **Леоненков, А. В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и flzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ Петербург, 2005. – 736 с.

УДК 629.3

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ: АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ОТКАЗЫ**

*С. А. РЫНКЕВИЧ*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилёв*

Механические и гидромеханические передачи мобильных и технологических машин работают в сложных условиях эксплуатации [1]. Долговечность этих машин, т. е. их способность длительное время сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при определенных условиях эксплуатации, определяется двумя основными условиями: физическим либо моральным износом. Физический износ наступает в том случае, когда дальнейший ремонт и эксплуатация машин и их важнейших механизмов становятся уже невыгодными, так как затраты превышают доход в эксплуатации. Моральный износ означает несоответствие параметров машины современным условиям их эксплуатации.

Предельное состояние механизмов и машин определяется неэффективностью их дальнейшей эксплуатации из-за старения и частых отказов или увеличения затрат на ремонт. В некоторых случаях критерием предельного состояния ремонтируемых изделий может быть нарушение требований безопасности (например, для транспортных объектов).

Для обеспечения надежности сложных механических и гидромеханических передач (МГМП) необходимо обязательное изучение функциональных взаимосвязей элементов в структуре объекта с учетом всего комплекса внешних воздействий. Важную роль при этом играют характеристики механизмов отказов, а также физические процессы, определяющие работоспособность элементов.

На снижение работоспособности МГМП оказывает влияние ряд факторов. К ним относятся различные физико-механические (деформация, разрушение, разрегулирование, износ и др.), химические (коррозия, разъедание, диффузия и т. д.), тепловые (деструкция, перегрев и др.) явления, протекающие с разной скоростью как независимо друг от друга, так и во взаимосвязи в результате внешних воздействий и внутренних процессов.

Анализ работоспособности элементов МГМП в зависимости от условий функционирования и выбранных оценочных критериев производится с использованием известных теоретических положений по оценке износа деталей, их прочности, герметичности и работоспособности гидроустройств [1, 2].

Для современных сложных гидравлических систем понятие «отказ» не полностью приемлемо. Оно достаточно полно характеризует нарушение работоспособности отдельных элементов и устройств. В сложной разветвленной системе с избыточностью отказ отдельных элементов еще не приводит к отказу всей системы. Чаще его последствия проявляются в снижении эффективности функционирования системы, хотя накопления отказов отдельных элементов, а также воздействия поврежденных деталей на зависимые и связанные с ними элементы могут приводить к полной потере работоспособности всей системы.

Многочисленные исследования и результаты эксплуатационных испытаний подтверждают, что в процессе эксплуатации чаще всего выходят из строя насосы, исполнительные гидроустройства, регулирующая аппаратура, фильтры и трубопроводы [2, 3].

Гидравлические устройства в условиях нормальной эксплуатации с течением времени могут терять работоспособность вследствие изменения свойств и состояний материала деталей, в результате протекания процессов превращения в рабочих жидкостях и поверхностных слоях нагруженных деталей, а также многих других явлений, влияющих на изменение рабочих параметров устройств.

Опыт исследований и эксплуатации мобильных машин различного назначения показывает, что основными процессами, способствующими утрате работоспособности МГМП, являются следующие: трение и изнашивание рабочих поверхностей деталей; усталостные процессы в деталях, подверженных действию переменных нагрузок; старение материалов в процессе эксплуатации и хранения устройств.

При исследовании работоспособности гидравлических устройств следует одновременно учитывать не поддающиеся разграничению процессы: механические разрушения материалов, химические превращения и их кинетику, термодинамические и гидродинамические процессы, сложные взаимодействия между различными звеньями устройств.

Ввиду того, что условия протекания процессов в значительной степени зависят как от случайных внешних воздействий, так и от исполнения устройств и режимов их работы, их характеристики в большинстве случаев могут быть получены в виде вероятностных зависимостей на основании статистических исследований.

Согласно положениям механики разрушений, время  $t$ , необходимое для разрушения твердого тела (например, картера коробки передач и корпусных деталей), можно определять с помощью зависимости

$$t = t_0 \exp\left(\frac{U_0 - \zeta\sigma_p}{KT_p}\right), \quad (1)$$

где  $U_0$  – энергия активации процесса разрушения для данного материала;  $\zeta$  – постоянная, близкая к периоду тепловых колебаний;  $\sigma_p$  – разрушающее напряжение;  $K$  – постоянная Больцмана,  $K = 1,38 \cdot 10^{-16}$  эрг/град;  $T_p$  – температура в области разрушения, град.

Для определения напряжений, приводящих к короблению фрикционных дисков вследствие повышения термических напряжений, можно воспользоваться формулой

$$\sigma = \frac{2E\delta_d\varphi}{r_B + r_H}, \quad (2)$$

где  $E$  – модуль упругости;  $\delta_d$  – толщина диска;  $\varphi$  – угол поворота сечения диска под воздействием разности тепловых расширений диска с нагреваемой и ненагреваемой сторон, определяемый по формуле, экспериментально полученной в заводских условиях при исследовании на стендах фрикционных дисков,

$$\varphi = \frac{2r_B\Delta T}{\delta_d}, \quad (3)$$

$r_B$  и  $r_H$  – внутренний и наружный радиусы диска;  $\Delta T$  – разность между температурой на поверхности и минимально температурой диска.

Прогиб  $f$  при короблении диска, вызванный изменением площади контакта и радиальным перепадом температур, для случая несимметричного нагрева вычисляется по формуле

$$f = \varphi(r_H - r_B). \quad (4)$$

Рассмотрим процессы, происходящие при износе элементов гидропривода, а также гидромеханических и механических передач.

Наиболее ответственными элементами, влияющими на надежность МГМП, являются уплотнительные элементы гидроаппаратов, насосов, сопряженных деталей гидропривода. В связи с этим даже небольшой по абсо-

лютной величине износ деталей приводит к потере герметичности и преждевременному выходу из строя устройства в целом [3, 4].

Кроме общего требования минимальной силы трения между сопрягаемыми элементами к ним предъявляется требование обеспечения надежной герметизации, что обуславливается функциональными особенностями гидравлических механизмов и спецификой их работы. Для учета этих противоречивых требований необходимо четко представлять механизм износа в таких элементах и закономерности его протекания.

На основе изучения различных пар трения гидравлических и механических устройств можно выделить несколько характерных классов этих сопряжений (таблица 1).

#### *1 Пары трения с концентричным зазором между деталями.*

1.1 Одна из деталей перемещается вдоль своей оси симметрии, а другая остается неподвижной.

1.2 Одна из сопрягаемых деталей вращается вокруг общей оси симметрии, вторая неподвижна.

1.3 Одна из поверхностей (без возвратно-поступательного или вращательного движения) имеет перемещения, изменяющие величину концентричного зазора между деталями.

#### *2 Пары трения с касанием по плоским поверхностям.*

2.1 Одна из деталей перемещается в своей плоскости, другая неподвижна или перемещается в другой плоскости.

2.2 Пары трения с соприкасающимися поверхностями, представляющими параллельные стенки кольцевой формы, из которых одна вращается в своей плоскости, а другая неподвижна.

2.3 Одна из поверхностей трения имеет возвратно-поступательное движение (без возвратно-поступательного или вращательного движения) в направлении, перпендикулярном к плоскости, в которой она размещена.

#### *3 Пары трения с касанием взаимодействующих деталей по поверхностям сложных форм.*

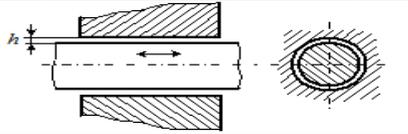
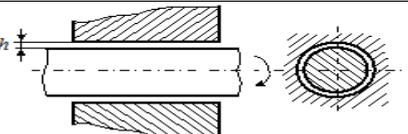
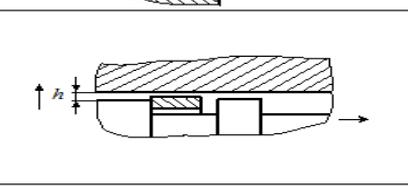
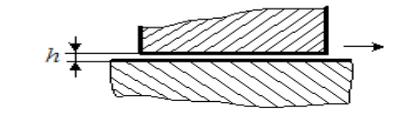
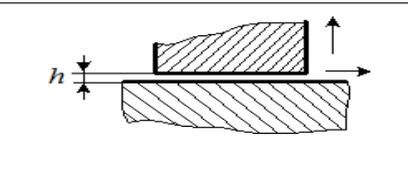
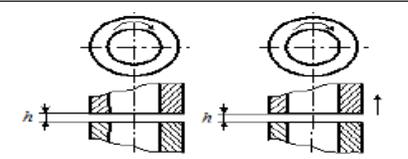
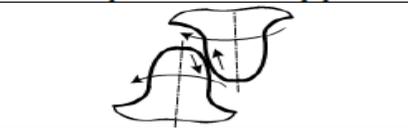
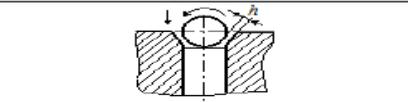
3.1 Пары с перекатыванием и переменным проскальзыванием деталей в контакте.

#### *3.2 Пары с прерывистым движением деталей в различных плоскостях.*

Классификация видов пар трения гидравлических и механических устройств позволяет более обоснованно подходить к моделированию условий работы во время испытаний на долговечность, а также выбирать рациональные схемы обеспечения надежности и повышения работоспособности МГМП.

Зубчатые передачи как ответственные элементы МГМП работают в условиях высоких ударных и вибрационных нагрузок в широком диапазоне температур. Задачи поддержания высокого уровня надежности и обеспечения нужного ресурса в условиях эксплуатации требуют своевременного предупреждения, обнаружения и устранения возможных неисправностей, главным образом, скрытых, не выявляемых внешним осмотром.

Таблица 1 – Классы сопряжений элементов для анализа износа в ГМП

Класс 1	Схема взаимодействия	Вид сопряжения и типы элементов 3
<i>1 Пара трения с концентричным зазором</i>		
1.1 Перемещение одного элемента вдоль оси при неподвижном другом		Элементы насосов; плунжер-корпус золотника; поршень-цилиндр; шток-элемент уплотнения
1.2 Вращение одного элемента вокруг общей оси при неподвижном другом		Элементы вал-корпус насосов; контрольно-регулирующих устройств
1.3 Перемещение с изменением концентричного зазора между элементами		Поршневые кольца-гильза цилиндра; упругие уплотнительные кольца (манжеты); вали (штоки); детали самоуплотняющихся элементов насосов
<i>2 Парты трения с касанием по плоским поверхностям</i>		
2.1 Перемещение одного элемента в своей плоскости, другой – неподвижен или перемещается в другой плоскости		Элементы плоских золотников; поршневые кольца-стенки канавок поршней
2.2 Пары трения с соприкасающимися поверхностями, представляющими параллельные стенки кольцевой формы, из которых одна вращается в своей плоскости, а другая неподвижна		Элементы торцового распределения насосов; торцовые уплотнения гидроаппаратов
2.3 Одна из поверхностей трения имеет возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном к плоскости своего размещения		Уплотнительные и распределительные элементы гидравлических устройств с гидравлическим зазором
<i>3 Пары трения с касанием взаимодействующих деталей по поверхностям сложных форм</i>		
3.1 Пары с перекачиванием и переменным проскальзыванием деталей в контакте		Зацепление шестерен в шестеренном насосе
3.2 Пары с прерывистым движением деталей в различных плоскостях		Элементы клапанов (шарик-гнездо корпуса), дросселей

Для разработки алгоритмов диагностики звеньев и зубчатых зацеплений МГМП необходимо знать, какие же дефекты сопровождают их в процессе эксплуатации, как они отражаются на выходных характеристиках передач и какие диагностические параметры позволят оценить наличие этих дефектов и опасность их для дальнейшей эксплуатации трансмиссии.

При работе практически любой зубчатой передачи, проходя зону зацепления, зубья подвергаются циклическому нагружению. При этом на контактирующих поверхностях зубьев действует нормальная к ним сила и сила трения. Для каждого зуба напряжения изменяются во времени по прерывистому отнулевому циклу. Повторно переменные нагружения являются причиной усталостного разрушения зубьев – это их поломки или выкрашивания рабочих поверхностей.

Скольжение и силы трения в зацеплении вызывают изнашивание и заедание зубьев. При изнашивании рабочих поверхностей зубьев изменяется исходный эвольвентный профиль, меняя направление силовых реакций на подшипники. Увеличиваются зазоры в зубчатом зацеплении, вызывающие дополнительные динамические нагрузки на зубья.

Поскольку от характера дефекта зависят выбор диагностического параметра и методика его определения, то рассмотрим подробнее причины возникновения дефектов и характер их проявления в период эксплуатации.

*Усталостное выкрашивание рабочих поверхностей зубьев* – основной вид разрушения зубьев для большинства закрытых хорошо смазываемых передач (рисунок 1, а). Он является следствием действия повторно-переменных контактных напряжений. Разрушение начинается на ножке зуба вблизи полюсной линии, где действуют наибольшая нагрузка (зона однопарного зацепления) и большая сила трения, способствующая образованию микротрещин на поверхности зубьев.

Развитию трещин способствует расклинивающий эффект смазочного материала, попавшего в трещины зубьев. Это приводит к выкрашиванию частиц материала с поверхности, образованию мелких ямок, переходящих затем в более крупные раковины на всей поверхности зубьев. При выкрашивании нарушаются условия образования сплошной масляной пленки (масло выжимается в ямки), что приводит к быстрому изнашиванию и задиру зубьев. Возрастают динамические нагрузки, шум, вибрация, повышается температура.

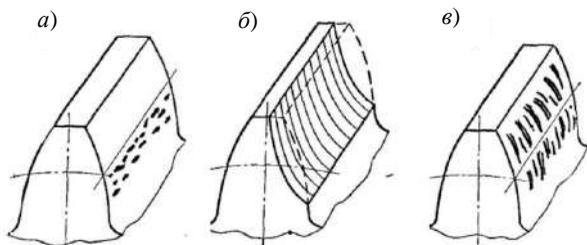


Рисунок 1 – Виды дефектов зубьев

Выкрашивание может быть ограниченным и прогрессирующим. Ограниченное выкрашивание наблюдается на участках с концентрацией напряжения. В колесах, выполненных из хорошо прирабатывающихся материалов, такое выкрашивание после приработки прекращается, не отражаясь на работе передачи. Опасно прогрессирующее выкрашивание постепенно поражает всю рабочую поверхность ножек зубьев.

Предотвращению выкрашивания способствует повышение твердости поверхности зубьев, уменьшение шероховатости рабочих поверхностей, модификация профиля, правильный выбор сорта масла.

*Изнашивание зубьев* – основной вид разрушения зубьев открытых передач (рисунок 1, б). Интенсивность изнашивания зависит от условий смазки, скоростных и нагрузочных режимов работы. По мере изнашивания зуб становится тоньше, ослабляется его ножка, увеличиваются зазоры в зацеплении, что приводит к потере кинематической точности и, в конечном счете, к поломке зубьев. Изнашивание зубьев может быть как равномерным при правильной эксплуатации трансмиссии, так и неравномерным. Неравномерность износа зубьев по диаметру делительной окружности вызвана смещением делительного диаметра зубчатого колеса по отношению к оси его вращения или прогибом вала, на котором закреплено колесо. В коробках передач с фрикционными муфтами неравномерное изнашивание зубьев возможно при износе поверхностей качения подшипников, на которых размещены ведомые зубчатые колеса постоянного зацепления. При появлении зазора в подшипнике смещается ось вращения зубчатого колеса и при замыкании фрикциона это смещение фиксируется, что и вызывает неравномерный износ зубьев по диаметру делительной окружности.

Изнашивание можно уменьшить защитой от попадания абразивных частиц повышением твердости и понижением шероховатости рабочих поверхностей зубьев, уменьшением скольжения зубьев путем модификации.

*Заедание зубьев* (рисунок 1, в) заключается в приваривании частиц материала одного зуба к другому (микросварка) в результате разрушения смазочной пленки и местного нагрева, что происходит вследствие высоких давлений и скоростей скольжения в зоне контакта. Оторвавшиеся наросты на зубьях задирают рабочие поверхности сопряженных зубьев, бороздя их в направлении скольжения. Заедание зубьев предупреждают повышением твердости, понижением шероховатости рабочих поверхностей зубьев, применением модификации, подбором противозадириных масел, искусственным охлаждением передачи. Заедание является наиболее опасным видом отказа тяжело нагруженных зубчатых передач.

В процессе автоматизации трансмиссий современных машин следует создавать адаптивные алгоритмы управления и диагностирования для бортовых электронных систем, которые учитывают в режиме реального времени большой объем информации различной физической природы. Такие алгоритмы должны быть наделены интеллектуальными качествами, обеспечивая функции управления, контроля и мониторинга в совокупности трансмиссий и других механизмов мобильных машин на высоком уровне [5].

При решении задач, связанных с анализом работоспособности механических и гидромеханических передач со сложным движением звеньев, необходимо изучить основные физические процессы и условия, способствующие утрате работоспособности этих механизмов. Важно также учитывать динамические процессы, происходящие при износе элементов гидромеханических и механических передач. Для предотвращения опасных дефектов зубчатых передач трансмиссий мобильных машин следует разрабатывать адаптивные алгоритмы для их реализации в электронных системах в режиме реального времени.

#### Список литературы

1 **Скойбеда, А. Т.** Гидромеханические передачи мобильных машин. Проектирование и диагностика / А. Т. Скойбеда, С. А. Рынкевич. – Могилев : УПКП «Могилев. обл. укуп. типогр. им. С. Соболя», 2014. – 230 с.

2 Повышение долговечности многодискового фрикциона гидромеханической передачи мобильной машины / С. А. Рынкевич [и др.] // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2011. – № 1 (30). – С. 65–74.

3 **Рынкевич, С. А.** Проектирование, эксплуатация и диагностика мобильных машин / С. А. Рынкевич, В. В. Кутузов. – Могилев : Белорус.-Росс. ун-т, 2016. – 223 с.

4 **Рынкевич, С. А.** Автоматизация диагностирования механических и гидромеханических трансмиссий / С. А. Рынкевич // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сб. науч. тр.: в 2 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 46–50.

5 **Рынкевич, С. А.** Управление и диагностирование гидрофицированных трансмиссий: состояние проблемы и перспективы развития / С. А. Рынкевич // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии : сб. науч. ст. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 77–88.

УДК 656.078.12

### **ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СРЕДНЕТОННАЖНЫХ МОДУЛЕЙ НА КОНТЕЙНЕРЕ-ПЛАТФОРМЕ**

*К. И. ШВЕДИН, А. В. ХОМОВ, Н. И. КАМШИЛИН  
АО «Всероссийский научно-исследовательский институт  
железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), г. Москва*

Единое транспортное пространство и рынок транспортных услуг формируется на основе мультимодальных и интермодальных способов перемещения груза. На примере создания и развития контейнерной транспортно-технологической системы можно проследить как коренным образом менялась технология перевозки грузов в мире. В первую очередь это коснулось морских перевозок, но со временем распространилось и на остальные виды транспорта. Основным технологическим результатом оказался перенос ос-

новой массы начальных и конечных грузовых операций с грузом из морских портов на грузовые терминалы грузовладельцев. Это позволило кардинальным образом изменить архитектуру морских портов.

В настоящее время возрастающие потребности грузовладельцев не избавили от консолидации и распределения грузовых партий, которые по объему и весу намного меньше универсального крупнотоннажного контейнера. Суммарные объемы возрастающих перевозок грузов в контейнерах стали предпосылкой создания контейнерной транспортно-технологической системы для перевозки среднетоннажных модулей. С учетом этого наиболее актуальным представляется расширение и модернизация существующей контейнерной транспортно-технологической системы. Это решение позволит увеличить эффективность всей логистической системы. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- сформулировать требования к транспортировке и перевалке;
- разработать технологию эффективной загрузки/разгрузки;
- разработать рекомендации по внедрению среднетоннажных модулей в существующие контейнерные транспортно-технологические системы.

Немаловажным является автоматизация контейнерных терминалов и внедрение безлюдных технологий. Первый автоматизированный терминал появился в порту Роттердама в 1990 годах. Прошло более 30 лет и согласно данным Конференции ООН по торговле и развитию на настоящее время только 1 % портовых терминалов полностью автоматизированы, а 2 % считаются полуавтоматическими. На рисунке 1 показана эволюция количества автоматизированных контейнерных терминалов с момента их появления до сегодняшнего дня. Стоит отметить, что в период с 1990 по 2010 год рост был линейным, тогда как в течение последнего десятилетия он был экспоненциальным. Тем не менее, несмотря на этот мощный технологический рывок в направлении всеобщей автоматизации, в 2017 году можно наблюдать небольшой спад, который может привести к несколько более умеренному росту до 2030 года.

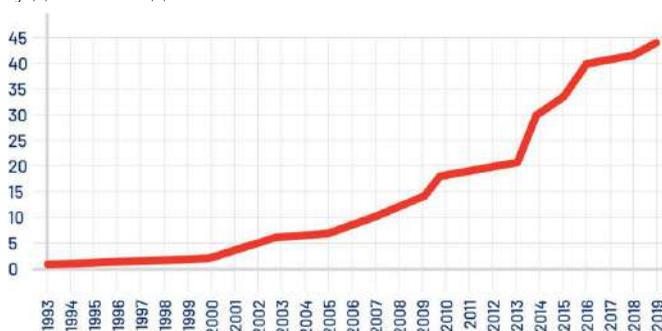


Рисунок 1 – Рост числа автоматизированных и полуавтоматизированных контейнерных терминалов с момента их первого появления в 1990-х годах

Автоматизация терминала – это полная или частичная замена операций с персоналом на терминале автоматизированным оборудованием и процессами. Автоматизация уже присутствует в большинстве терминалов, по крайней мере, в своей простейшей форме, используя информационные технологии для управления активами терминала и дополняя человеческую деятельность. Например, современные контейнерные терминалы используют передовые операционные системы терминала (TOSs) для контроля и оптимизации перемещения и хранения контейнеров внутри терминала и вокруг него. Для работы терминала используются различные технологии, такие как RFID, оптическое распознавание символов (OCR) и системы предотвращения раскачивания кранов.

Ключевыми технологиями для развития цифровизации на контейнерных терминалах является: интернет вещей; робототехника; искусственный интеллект; беспилотные транспортные средства; блокчейн.

Автоматизация терминальных работ очень важна в настоящее время, так как существуют проблемы с рабочей силой и растущей конкуренцией. Наряду с этими проблемами, обработка контейнеров остается одной из самых опасных операций в транспортной отрасли. Внедрение оцифровки, удаленного управления и автоматизации в обработке контейнеров и оборудования является ответом на все эти вызовы.

Грузовые терминалы для перегруза среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ (рисунок 2) представляют собой комплекс устройств, сооружений и оборудования: мест для расстановки, сортировки среднетоннажных модулей по направлениям отправки и хранения среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ, а также железнодорожных и автомобильных путей и механизмов для погрузки и выгрузки среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ из вагонов и автомобилей.

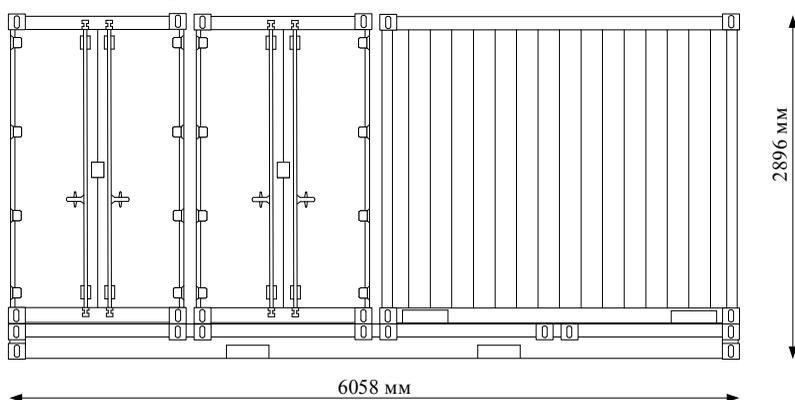


Рисунок 2 – Среднетоннажные модули на контейнере-платформе

Грузовые терминалы оснащаются двухконсольными козловыми или мостовыми кранами (рисунок 3, рисунок 5). В настоящее время все шире применяется прогрессивный метод прямой перегрузки интермодальных транспортных единиц с железнодорожных вагонов в автомобиль и наоборот, без промежуточного их складирования, что позволяет исключить две операции: выгрузку на площадку и погрузку в вагон или автомобиль.

На рисунках 3–6 представлены четыре наиболее распространенные технологические схемы перегрузки среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ с применением козловых или мостовых кранов, вилочного погрузчика и ричстакера. На рисунке 6 консолидация среднетоннажных модулей осуществляется с помощью автомобиля-самопогрузчика или автокрана. Автомобили и автопоезда-самопогрузчики обеспечивают загрузку и разгрузку среднетоннажных модулей при помощи установленных на них грузоподъемных устройств.

Рассмотрим особенности каждой транспортно-технологической схемы перегруза среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ. Следует отметить, что козловые краны на рельсовом ходу способны выполнять грузовые операции по перемещению среднетоннажных модулей и контейнеров – платформ с учетом их расположения на грузовом терминале. Козловые контейнерные краны – это грузоподъемные машины прерывного циклического действия. Козловые краны оборудуются различными грузозахватными приспособлениями автоматического, полуавтоматического и ручного действия. Управление захватом контейнера осуществляется специальным навесным устройством (спредером) непосредственно из кабины крановщика.

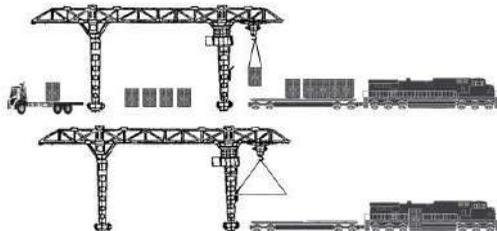


Рисунок 3 – Технологическая схема консолидации и погрузки-выгрузки среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ с помощью козлового крана КК-12,5



Рисунок 4 – Технологическая схема консолидации и погрузки-выгрузки среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ с помощью вилочного погрузчика грузоподъемностью 10 т

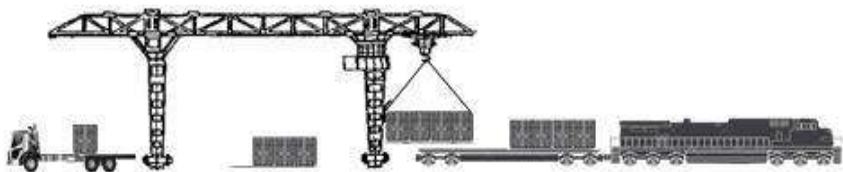


Рисунок 5 – Технологическая схема консолидации среднетоннажных модулей на контейнере-платформе и погрузка-выгрузка среднетоннажных модулей 20-футовым комплектом с помощью козлового крана КК-32



Рисунок 6 – Технологическая схема консолидации среднетоннажных модулей на контейнере-платформе с помощью автомобиля-самопозрузчика или автокрана и погрузка-выгрузка среднетоннажных модулей 20-футовым комплектом с помощью ричстакера

Козловой кран состоит из грузовой и ходовой тележки, балок моста и стоек опор. Мост может иметь однобалочную или двухбалочную конструкцию с двумя опорами. Как правило, краны козловые грузоподъемностью до 10,0 т проектируются с одной балкой, грузоподъемностью от 10,0 т – двухбалочными.

Рабочими механизмами крана являются механизмы подъема груза, передвижения тележки и передвижения крана. Управление краном осуществляется двумя способами: из кабины оператора и с пола. Технические характеристики козловых контейнерных кранов представлены в таблице 1. Козловые контейнерные краны по сравнению с козловыми кранами общего назначения для увеличения производительности имеют повышенные скорости подъема и передвижения грузовой тележки.

Таблица 1 – Технические характеристики козловых контейнерных кранов

Показатель	Грузоподъемность, т				
	12	16	20	25	32
Высота подъема, м	6–18				
Номинальная скорость подъема, м/с	0,22	0,16	0,16	0,125	0,125
Скорость передвижения тележки, м/с	0,68	0,63	0,63	0,63	0,63
Скорость передвижения крана, м/с	1	0,8	0,8	0,63	1,25
Пролет, м	16–32				
Зона обслуживания, м	160	160	160	180	180

В 2000 году Всероссийским научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (АО «ВНИИЖТ») совместно с Государственным Российским научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом подъемно-транспортного машиностроения (ВНИИПТМАШ) был разработан ГОСТ 24390-99. Согласно данному межгосударственному стандарту скорость подъема (опускания) груза от 0,125 до 0,4 м/с, скорость передвижения грузовой тележки от 0,63 до 1,6 м/с, а скорость передвижения крана от 0,63 до 2 м/с. Были предложены типовые технологические циклы работы козловых кранов при перегрузке контейнеров (рисунок 7).

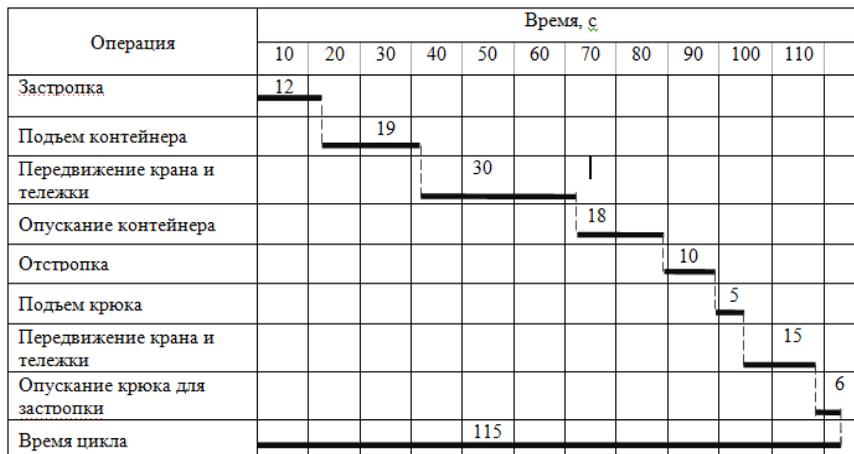


Рисунок 7 – Типовой технологический цикл работы козлового крана при разгрузке вагона и погрузки контейнеров на автомобиль

С учетом внешних размеров среднетоннажных модулей и контейнера-платформы, предназначенного для их перевозки (таблица 2), представим схему размещения среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ на площадке, обслуживаемой козловым краном (рисунок 8).

Таблица 2 – Внешние размеры СТМ и контейнера-платформы

Тип контейнера	Внешние размеры, мм		
	высота	ширина	длина
СТМ 5 т	2438	2438	1460
СТМ 10 т	2438	2438	2991
Контейнер-платформа	354	2438	6058

Особенность технологии переработки среднетоннажных модулей заключается в том, что контейнеры-платформы всегда располагаются рядом с железнодорожным грузовым фронтом. Если кран грузоподъемно-

стью 12 т, то вначале на железнодорожный вагон выполняется погрузка контейнера-платформы, а затем среднетоннажные модули. Если кран грузоподъемностью 20 т, то погрузка производится комплектом, но консолидация СТМ происходит на контейнере-платформе, находящемся рядом с железнодорожным грузовым фронтом. Выгрузка, погрузка и складская переработка среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ при отсутствии автоматического захвата (спредера) выполняются бригадой, включающей машиниста крана и одного или двух рабочих комплексной бригады. Рабочие наряду с застропкой и отстропкой подготавливают места для установки СТМ и контейнера-платформы, убирают случайные предметы. Среднетоннажный модуль или контейнер-платформа устанавливается так, чтобы он опирался на все угловые фитинги.

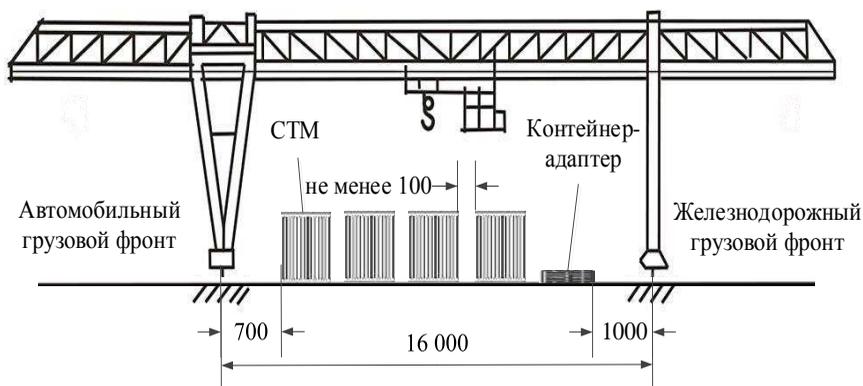


Рисунок 8 – Схема размещения среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ на площадке, обслуживаемой козловым краном пролетом 16 м

При использовании крана грузоподъемностью выше 20 т на контейнерной площадке возможны консолидация среднетоннажных модулей и погрузка модулей с контейнером-платформой на фитинговую платформу.

Если для эффективной работы крана необходимы дополнительно стропальщики или регулируемый автоматический захват (спредер), то с помощью автопогрузчика, оборудованного вилочным подхватом, водитель погрузчика в одно лицо может осуществлять погрузку и разгрузку среднетоннажных модулей и контейнеров-платформ.

Вилочный автопогрузчик состоит из большого числа компонентов, включая компоненты электрической и гидравлической системы. На рисунке 9 приведены основные структурные элементы автопогрузчика.

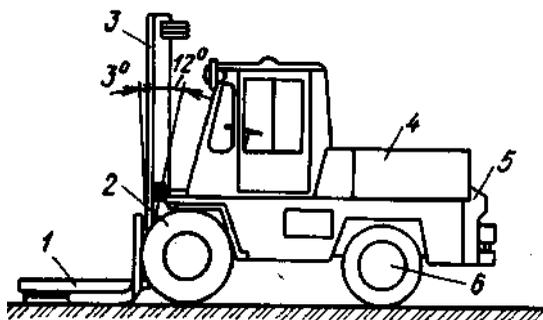


Рисунок 9 – Конструктивная схема автопогрузчика:  
 1 – вилы; 2, 6 – управляемые и ведущие колеса; 3 – грузоподъемник;  
 4 – двигатель; 5 – противовес

Двигатель и грузоподъемное устройство являются самыми важными элементами. По грузоподъемности дизельные погрузчики делят на несколько групп (таблица 3).

Таблица 3 – Группы грузоподъемности автопогрузчиков

Группа	Грузоподъемность (тонны)
Лёгкие	1–2
Средние	2–4
Тяжёлые	4–10
Большегрузные	Свыше 20

Большегрузные автопогрузчики максимально поднимают груз весом 43 т. Запас грузоподъемности должен составлять 0,5 т.

Высота подъема груза определяется высотой мачты. Стандартное устройство мачты: 2 секции общей длиной 3 м. Мачты с тремя секциями высотой до 6 м.

По расположению подъемного устройства автопогрузчики производят с фронтальным и боковым подъемным устройством.

Расход топлива

$$Q = Nq, \quad (1)$$

где  $Q$  – максимальный расход дизеля за час при работе на максимальных оборотах (измеряется в граммах);  $N$  – мощность мотора;  $q$  – расход топлива номинальный.

Типовой технологический цикл работы автопогрузчика при разгрузке вагона и погрузки контейнеров на автомобиль представлен на рисунке 10.

На контейнерных площадках при обработке малого объема груза наиболее эффективное применение демонстрируют ричстакеры – нечто

среднее между погрузчиком и автомобильным краном. В отличие от автокрана у ричстакера отсутствуют выдвигаемые опоры, а в отличие от погрузчика у ричстакера стрела телескопическая, а не рамная. Ричстакеры обладают целым рядом технических преимуществ при использовании по назначению:

- используются для обработки грузов в любых транспортных узлах с любыми условиями: в портах, на предприятиях, железнодорожных станциях и прочее;

- способны быстро перегружать контейнеры и прицепы;

- позволяют перегружать любые виды контейнеров, в том числе рефрижераторные, если их вес менее 45 т.

При выборе ричстакера учитывают следующие показатели:

- рабочую массу;

- грузоподъёмность;

- количество ярусов, доступных для укладки;

- доступное число рядов, до которых дотягивается стрела;

- тип колёсной базы – при большой длине можно использовать технику для перегрузки на суда с причалов и наоборот.

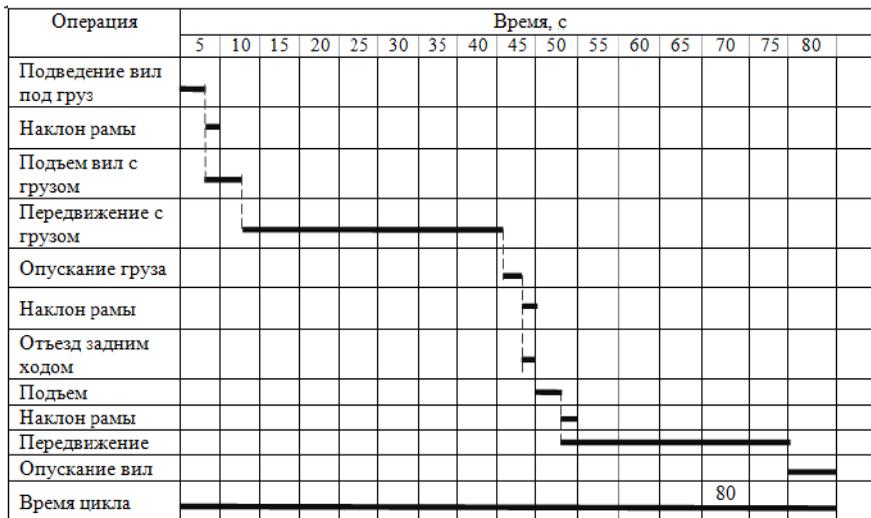


Рисунок 10 – Типовой технологический цикл работы автопогрузчика при разгрузке вагона и погрузки контейнеров на автомобиль

Конструктивно ричстакер имеет грузоподъёмную мачту в виде телескопической стрелы, к которой присоединён особый грузозахватный механизм – спредер (рисунок 11).

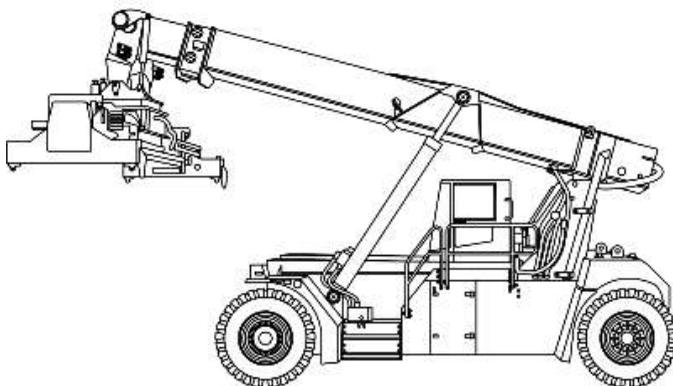


Рисунок 11 – Конструктивная схема ричстакера

Конструкция всех современных ричстакеров, за исключением моделей фирмы Meclift, схожая: двойные гидроцилиндры стрелы, двух- или трехсекционная телескопическая стрела с навешенным на нее поворотным спредером, электрогидравлическое управление, турбодизель с водяным охлаждением, гидромеханическая или гидростатическая трансмиссия, передний ведущий мост и задние управляемые колеса, поворот которых осуществляется гидроцилиндрами. По заказу кабину на некоторых моделях монтируют на подъемной раме или делают ее передвижной. От опрокидывания ричстакер, как и классический вилочный погрузчик, предохраняет противовес. У ричстакера их два – основной и дополнительный – и смонтированы они, как правило, в базе.

Телескопическая стрела ричстакера опускается и поднимается с помощью гидроцилиндров, оснащённых клапанами для блокировки заданного положения при передвижении погрузчика. Спредер захватывает контейнер при помощи поворотных замков, фиксирующихся угловыми фитингами. Благодаря особой конструкции имеет четыре степени свободы, может наклоняться в продольной и поперечной плоскостях, вращаться; менять расстояние между захватами.

Технологический цикл ричстакера меньше, чем у козлового крана, но в связи с фиксацией угловых фитингов уступает вилочному автопогрузчику (рисунок 12). Недостатком данной технологической системы при работе со среднетоннажными модулями является привлечение дополнительной техники для консолидирования модулей на контейнере-платформе.

Сейчас ричстакеры выпускают 14 производителей – исключительно зарубежные компании: итальянские CVS Ferrari (ранее Belotti), Ormig и Fantuzzi, немецкие Linde и Liebherr, шведские Kalmar (объединение марок Sisu

и Valmet) и SMV, финская Meclift, испанская Luna, японские TCM и Komatsu, китайская Dalian и американские Hyster и Terex (бывший модельный ряд PPM). К настоящему времени несколько марок закрыли свое производство: английская Boss, бразильская Madal, итальянская Нусо и шведская Svetruck.

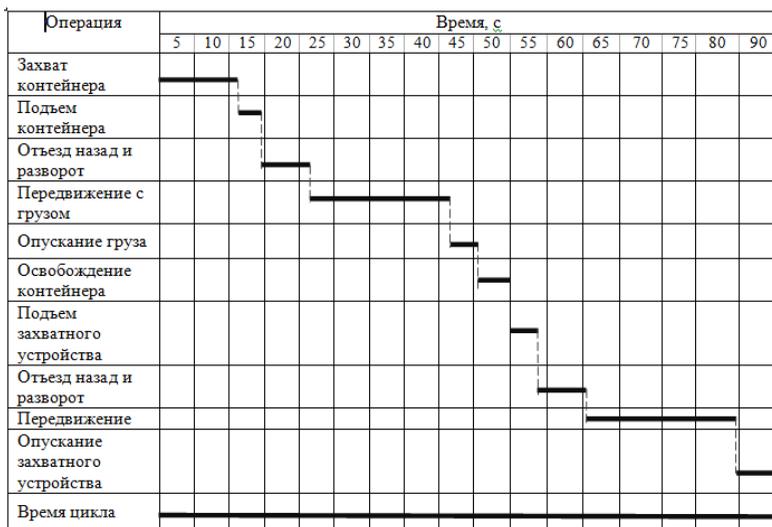


Рисунок 12 – Типовой технологический цикл работы ричстакера при разгрузке и погрузке контейнеров на вагон

При сравнении технологии производства погрузо-разгрузочных операций различными видами техники следует отметить преимущества и недостатки.

Козловые контейнерные краны имеют следующие преимущества:

- наиболее распространенный и известный в России тип оборудования;
- узкие проходы между штабелями контейнеров, плотное складирование контейнеров;
- меньшие размеры контейнерной площадки при той же вместимости;
- меньшие нагрузки на покрытие контейнерной площадки (большие нагрузки только под подкрановыми путями);
- питание крана от силовой сети электроснабжения, отсутствие необходимости заправки топливом и расхода топлива, так как нет двигателей внутреннего сгорания;
- более простая конструкция электроприводов по сравнению с приводами автопогрузчика, возможна более низкая квалификация машиниста крана;
- отечественные производители, отсутствие необходимости приобретения дорогих запчастей за рубежом (шин и т. д.);
- меньшие капитальные затраты на основание контейнерной площадки ввиду меньших удельных нагрузок на 1 м<sup>2</sup> площади;

- больший срок службы, меньшие амортизационные отчисления;
- меньше вредных воздействий на окружающую среду;
- возможность автоматизации.

Однако стоимость козлового контейнерного крана с монтажом и сетью электропитания в несколько раз дороже автопогрузчика. Но сравнительная простота автоматизации складирования контейнеров по сравнению с безрельсовыми машинами считается основным преимуществом рельсовых козловых кранов на контейнерных площадках.

Преимущества автопогрузчиков по сравнению с козловыми рельсовыми кранами заключаются в следующем:

- отсутствие подкрановых путей;
- отсутствие сети силовой электроэнергии и затрат на ее сооружение и согласование;
- простота и меньшие сроки ввода контейнерной площадки в эксплуатацию;
- не нужно сдавать автопогрузчики Госгортехнадзору при вводе в эксплуатацию;
- отсутствие потребления силовой электроэнергии и сокращение эксплуатационных расходов;
- отсутствие стропальщиков и сокращение расходов на заработную плату и размеров единого социального налога;
- лучшее качество изготовления и более высокая эксплуатационная надежность автопогрузчиков, так как их производители – зарубежные компании;
- возможность штабелирования контейнеров до 5 ярусов по высоте (козловые краны штабелируют до 3 ярусов по высоте);
- более высокие скорости передвижения (150–200 м/мин) по сравнению с краном (60 м/мин) и поэтому более высокая производительность;
- простота расширения и реконструкции контейнерной площадки в связи с отсутствием стационарных конструкций;
- простота наращивания перерабатывающей способности контейнерной площадки при сокращении срока хранения контейнеров за счет установки дополнительных автопогрузчиков на площадке;
- автономность действия, отсутствие зависимости от внешних сетей электроснабжения;
- высокая маневренность и неограниченность зоны действия узкой площадкой между подкрановыми путями.

Автопогрузчики с вилочным грузозахватом, с боковым и верхним спредером могут складировать порожние контейнеры до 7 ярусов по высоте и работать в проходах шириной 12–15 м.

Автопогрузчики с выдвижной крановой стрелой – ричстакеры – применяются для складирования груженых и порожних контейнеров до 5 ярусов по высоте. Они могут работать в проходах шириной 15 м. Некоторые из этих моделей автопогрузчиков могут брать контейнеры из второго ряда по глубине штабеля или со второго параллельного пути.

Очень интересный опыт был получен в Англии в конце 1950-х годов. Был опробован новый подход, известный как подъем грейфера. В этой си-

стеме контейнер оснащен специальными точками подъема, установленными по бокам пола, обычно это были простые металлические отливки перевернутой L-образной формы, хотя в некоторых конструкциях вместо этого имелось углубление. Погрузочно-разгрузочное устройство состояло из прямоугольной рамы с четырьмя спускающимися с нее рычагами, каждый с небольшой опорой у основания, которая должна была входить в зацепление с соответствующей точкой подъема контейнера (рисунок 13).

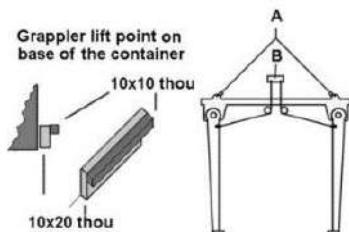


Рисунок 13 – Погрузо-разгрузочное устройство для работы с контейнерами на терминалах Англии в конце 1950-х годов

На рисунке 13 трос А используется для удержания подъемной рамы над контейнером, затем напряжение передается тросу В. Натяжение троса В приводит к тому, что рычаги грейфера упираются в основание контейнера для подъема [9].

21 апреля 2023 года на контейнерном терминале грузовой станции Кунцево-2 Московской железной дороги прошли первые испытания погрузки среднетоннажных модулей (рисунок 14).



Рисунок 14 – Испытания средств погрузки среднетоннажных модулей

Была применена технологическая схема погрузки с помощью вилочного погрузчика и ричстакера. Следующие испытания планируются с помощью козлового крана.

В заключение следует отметить, что несмотря на текущие условия неопределенности и перебои в цепочках поставок, наблюдается положительная динамика роста объемов контейнерных перевозок по железным дорогам. Научная база статей, посвященных контейнерным перевозкам в основном, сводится к отдельным экспертным суждениям и аналитической статистике. Вместе с тем,

учеными АО «ВНИИЖТ» прорабатываются вопросы практического внедрения новых технологических схем в мировую контейнерную систему, тем самым повышая мобильность контейнерного грузооборота.

### Список литературы

1 The past, the present and especially the future of automation in container terminals [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://piernext.portdebarcelona.cat/en/technology/the-past-the-present-and-especially-the-future-of-automation-in-container-terminals/>. – Дата доступа : 10.04.2023.

2 Автоматизация контейнерного терминала: выявление отличительных характеристик терминала и рабочих параметров [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://link.springer.com/article/10.1057/s41278-022-00240-y>. – Дата доступа : 10.04.2023.

3 Контейнерные козловые краны [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://os1.ru/article/6814-konteynerye-kozlovye-kranu>. – Дата доступа : 02.04.2023.

4 Container Terminal Automated Equipment and Technologies Market, Edition 2021 – 96 % of Container Terminals Yet to Witness Automation of Any Kind Presents Great Opportunities [Electronic resource]. – Mode of access : <https://finance.yahoo.com/news/container-terminal-automated-equipment-technologies-090300241.html>. – Date of access : 01.04.2023.

5 Технологическая карта на погрузочно-разгрузочные работы и складирование грузов козловым краном КК-20-11,3-9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/norma/396583/](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/396583/). – Дата доступа : 10.04.2023.

6 Судебные и нормативные акты РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sudact.ru/law/normativy-vremeni-na-pogruzochno-razgruzochnye-raboty-vypolniaemye-na-normativy/3/razdel-i/b/4/tablitisa-20/>. – Дата доступа : 11.04.2023.

7 Увеличение перерабатывающей способности контейнерного терминала станции Хабаровск [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studizba.com/files/show/doc/237305-6-pz-vaskevich-k-o.html>. – Дата доступа : 10.04.2023.

8 Общая характеристика ОАО «НМТП» и его западного района [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tykovodstvo.ru/exspl/36598/index.html?page=7>. – Дата доступа : 12.04.2023.

9 Типовые схемы комплексной механизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://stroy-technics.ru/article/tipovye-skhemy-kompleksnoi-mekhanizatsii>. – Дата доступа : 10.04.2023.

10 Container Handling [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://igg.org.uk/rail/8-yards/y-cont.htm>. – Дата доступа : 14.04.2023.

УДК 625.8

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПЕРЕВОЗОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

*Т. М. КЛЕШКОВА, Е. А. МИЛОВАНОВА*

*Иркутский государственный университет путей сообщения,  
Российская Федерация*

Важнейшим направлением развития ОАО «РЖД» является увеличение объема перевозок. Согласно Стратегии развития железнодорожного транс-

порта в РФ до 2030 года [2] прогнозируется рост грузоперевозок на 29,1–36,5 % по сравнению с 2015 г.

Для достижения поставленных задач необходимо выполнять график движения поездов, являющийся характеристикой как качества эксплуатационной работы, исполнения технологии перевозочных процессов, так и эффективности применения пропускной и провозной способности участков, а также подвижного состава.

При нарушении графика движения поездов происходит сбой ритма работы дороги, что приводит к снижению уровня клиентоориентированности и большим экономическим потерям.

Задержки поездов – главный фактор, влияющий на ход выполнения графика движения поездов, который нарушает работу всего участка.

Для исследования нарушения перевозочного процесса на перегоне Камышет – Ук ВСЖД рассматривались случаи задержек грузовых поездов (рисунок 1).

Статистические данные эксплуатационного локомотивного депо Нижнеудинск ВСЖД показывают, что в 2022 году наибольшее количество задержек грузовых поездов приходится на локомотив серии 3ЭС5К с поосным регулированием (142 случая), что составляет 75 % от всех задержек грузовых поездов. При этом количество случаев задержек на локомотиве серии 3ЭС5К с поосным регулированием увеличивается, так в 2019 году зафиксировано 110 случаев, в 2020 году – 129, в 2021 году – 135.

Решение проблемы задержек грузовых поездов возможно лишь при установлении причин, вызывающих их за период с 2019 по 2021 годы. Причины задержек грузовых поездов представлены в таблице 1.

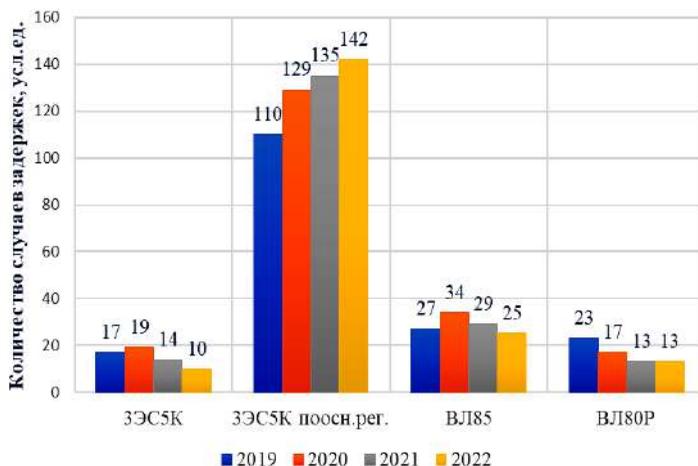


Рисунок 1 – Количество задержек грузовых поездов с 2019 по 2022 год

Таблица 1 – Причины задержек грузовых поездов на перегоне Камышет – Ук ВСЖД

Причины	Годы			
	2019	2020	2021	2022
Боксование колесных пар	79	83	88	98
Срабатывание ГВ	29	35	26	27
Срабатывание ТРТ	5	8	4	3
Перегрев оборудования	31	34	36	30
Отключение МСУД	1	1	2	1
Отключение ВБ	32	38	35	31

По данным таблицы 1 можно сделать вывод, что основной причиной задержек грузовых поездов является боксование колесных пар, которое составило в 2022 году 98 случаев или 52 % от общего количества причин задержек поездов в 2022 году.

С 2019 года по 2022 год (рисунок 2), наибольшее число задержек грузовых поездов пришлось на боксование колесных пар – 45 % от общего числа задержек.

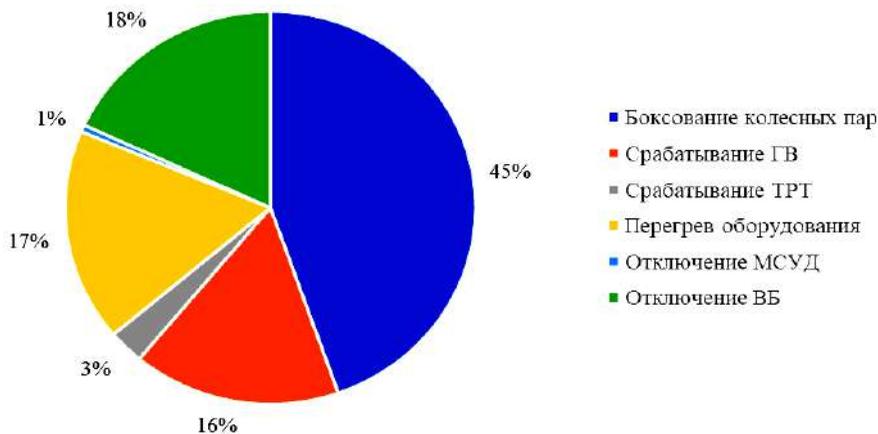


Рисунок 2 – Диаграмма причин задержек грузовых поездов на перегоне Камышет – Ук

Боксование – явление, вследствие которого снижается сцепление колесных пар тягового подвижного состава с рельсами, которое характеризуется проскальзыванием (сила тяги оказывается больше силы сцепления колеса с рельсом). Колесная пара начинает проскальзывать по поверхности головки рельса и совершать вращательное движение с повышенной частотой по отношению к другим колесным парам. Частота вращения колесной пары и якоря тягового электродвигателя резко возрастают, что ведет к повреждению

ям механического и электрического оборудования локомотива, повреждению верхнего строения пути, создает угрозу обрыва автосцепных устройств поезда.

Причины, способствующие боксованию:

- превышение расчетного веса поезда для данного участка;
- загрязнение поверхности катания бандажа колесной пары или поверхности рельса;
- ухудшение погодных условий, таких как дождь, снег, туман, изморозь;
- разница диаметра бандажей у одной колесной пары более 2 мм;
- разгрузка первой оси тележки при тяговом усилии;
- нарушения в работе электрического оборудования;
- нахождение тягового подвижного состава в кривой малого радиуса (при этом неизбежно проскальзывание, так как колесо, движущееся по внешней нитке рельсового пути, проходит больший путь, чем колесо, движущееся по внутренней нитке).

Последствия боксования:

- уменьшение силы тяги локомотива при боксовании колёсных пар приводит за собой остановку поезда на подъемах;
- резкое увеличение частоты вращения тяговых двигателей может вызвать огонь по коллектору;
- размотка бандажа якоря тягового двигателя, так как увеличиваются центробежные силы, действующие на якорную обмотку;
- проворот бандажей колесных пар;
- образование пропилов на головках рельс и поверхности катания бандажей колёсных пар.

**Таблица 2 – Количество случаев боксования в зависимости от массы состава на участке Камышет – Ук**

Масса состава, т	Год			
	2019	2020	2021	2022
От 4000 до 6000	2	1	3	4
» 6001 » 8000	75	82	85	94

Рисунок 3 свидетельствует, что большая часть случаев боксования приходится на вес более 6000 т.

По итогам расшифровки скоростемерных лент и электронных носителей информации эксплуатационных локомотивных депо Нижнеудинск, Тайшет (Восточно-Сибирской железной дороги) и Иланская (Красноярской железной дороги) сформирована таблица нарушений, допущенных локомотивными бригадами соответствующих депо.

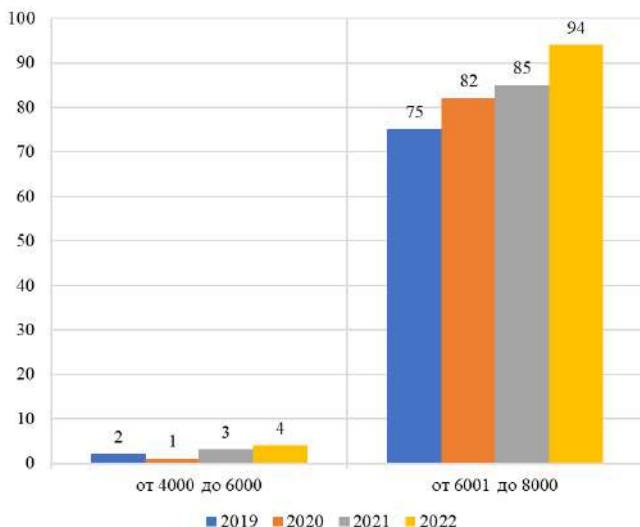


Рисунок 3 – Количество случаев боксований в зависимости от веса поезда

Таблица 3 – Количество случаев боксования, допущенных локомотивными бригадами эксплуатационных депо

Депо приписки локомотивной бригады	Год			
	2019	2020	2021	2022
ТЧЭ Иланск	14	15	12	10
ТЧЭ Тайшет	39	35	30	35
ТЧЭ Нижнеудинск	45	37	39	33

Данные расшифровки скоростемерных лент, свидетельствующие о фактах нарушений в работе локомотивных бригад, отражают необходимость качественного, систематического технического обучения работников депо.

Среди внешних факторов, влияющих на перевозочный процесс, оценивалось также наличие кривых малого радиуса, характерных как для рассматриваемого перегона, так и для ВСЖД в целом и неблагоприятных погодных условий. Зависимость силы тяги локомотива от скорости определяется типом включения электродвигателей и ограничением магнитного поля, коэффициентом сцепления колеса и рельса. Рельсы должны соответствовать ГОСТ Р 51685. Для предварительных тяговых расчетов допускается использовать расчетные тяговые, топливные и токовые характеристики [4].

На начальных участках тяговых характеристик максимальное значение силы тяги ограничивается, как правило, сцеплением рельса и колеса (величиной  $P_{сц}$ ). Значение коэффициента сцепления  $\Psi_k$  для грузовых электровозов переменного тока

$$\Psi_{\kappa} = 2,75 + \frac{39,2}{50 + 6v} \cdot 0,0059v,$$

где  $v$  – скорость локомотива, принимаем  $v = 70$  км/ч = 19,44 м/с

$$\Psi_{\kappa} = 2,75 + \frac{39,2}{50 + 6 \cdot 19,44} \cdot 0,0059 \cdot 19,44 = 2,78.$$

Если на расчетном и труднейших подъемах имеются кривые малого радиуса (менее 500 м), снижение расчетного коэффициента сцепления учитывается коэффициентом  $K_{\text{кр}}$  по формуле

$$\Psi_{\text{ккр}} = \Psi_{\kappa} K_{\text{кр}},$$

где  $\Psi_{\kappa}$  – расчетный коэффициент сцепления.

Коэффициент  $K_{\text{кр}}$

$$K_{\text{кр}} = \frac{250 + 1,55R}{500 + 1,1R},$$

где  $R$  – радиус кривой, принимаем  $R = 286$  м.

$$K_{\text{кр}} = \frac{250 + 1,55 \cdot 286}{500 + 1,1 \cdot 286} = 0,85;$$

$$\Psi_{\text{ккр}} = 2,78 \cdot 0,85 = 2,363.$$

В зимний период при особо неудовлетворительных условиях сцепления в зависимости от особенностей участка расчетный коэффициент сцепления локомотивов уменьшается в соответствии с данными опытных поездок, но не более 15 %.

Снижение коэффициента в зимний период в кривых малого радиуса:

$$\Psi'_{\text{ккр}} = \Psi_{\text{ккр}} \cdot 0,85;$$

$$\Psi'_{\text{ккр}} = 2,363 \cdot 0,85 = 2,01.$$

Касательная сила тяги одного колеса на участке ограничения по сцеплению

$$F_{\kappa} = P_{\text{сц}} \Psi'_{\text{ккр}},$$

где  $P_{\text{сц}}$  – сцепной вес локомотива, принимаем  $P_{\text{сц}} = 288$  т.

$$F_{\kappa} = 288 \cdot 2,001 = 576,288 \text{ кН}.$$

Определим касательную силу тяги локомотива

$$F_{\text{л}} = F_{\kappa} n,$$

где  $n$  – количество тяговых двигателей, принимаем  $n = 12$ .

$$F_{\text{л}} = 576,288 \cdot 12 = 6915,456 \frac{\text{ТМ}}{\text{С}} = 704,94 \text{ кН}.$$

Исходя из расчетов можем сделать вывод, что сила тяги локомотива при движении в кривых малого радиуса и при неблагоприятных условиях составила 704,94 кН. В сравнении с силой тяги локомотива при нормальных условиях наблюдается ее снижение на 7 %.

Моделирование графического движения поездов методом временных интервалов позволяет определить нагрузки, изменяющиеся во времени и по длине участка. Для каждого временного интервала рассчитываются нагрузки и все электрические параметры. При этом поезда являются нагрузкой, для которой определяются токи и напряжения в сети. Конечным результатом являются кривые, отражающие изменение во времени тягово-динамических и электрических величин. На основе графика составляют расписание движения поездов, в котором указывают время прибытия, отправления и проследования поездов для каждого раздельного пункта.

В программе «Редактор графиков движения» программного комплекса КОРТЭС функция «Случайный график для заданных размеров движения» предназначена для автоматического построения вариантов графика исходя из заданных размеров движения на участке. Случайный график может содержать фиксированные нитки, например, скоростных и пассажирских поездов. Размеры движения задаются таблицей, в которую необходимо ввести массы и количество поездов для требуемых категорий отдельно для нечётного и чётного направления [5].

При вводе параметров автоматически рассчитываются доли поездов каждой градации, а также статистические интервалы между поездами. Проверка параметров работы системы тягового электроснабжения проводится по участку фидерной зоны. Перегон Камышет – Ук расположен на фидерной зоне Замзор – Ук (рисунок 4).

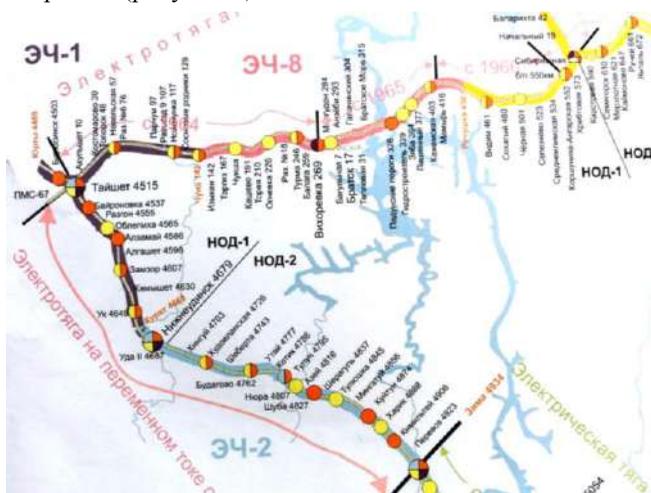


Рисунок 4 – Фидерная зона Замзор – Ук

Для выполнения проверки параметров работы системы тягового электро-снабжения перегона Камышет – Ук составлен график движения поездов на пере-гоне для размеров движения 7100-6300-4200, согласно приказу № 128 от 25.04.2022 г. по участкам с ограничением межпоездных интервалов по условиям электроснабжения, норм масс (таблица 3) и размеров движения [6].

**Таблица 3 – Норма массы и размеры движения поездов**

Норма массы грузовых поездов, тонн	Размеры движения грузовых поездов, поездов/сутки	
	Нечетное движение	Четное движение
7100	0	28
6300	2	14
4200	14	26

Для расчета режимов на перегоне Камышет – Ук был составлен параллель-ный график движения поездов на перегоне (рисунки 5, 6) для размеров движе-ния 7100-6300-4200, согласно приказу № 128 по участкам с ограничением меж-поездных интервалов по условиям электроснабжения [6]. Результаты расчетов системы тягового электроснабжения представлены в таблице 4.

По результатам расчетов при заданном графике движения поездов сред-нее значение напряжения за 3 минуты на данном пути составило 19,61 кВ при расчетном напряжении на токоприемниках электроподвижного состава, для дорог переменного тока должно быть не менее 21 кВ. Межпоездной ин-тервал составлен с ограничением по напряжению в контактной сети.

Снижение скорости при пониженном напряжении

$$v_1 = \frac{U'}{U} \cdot v,$$

где  $U'$  – расчетное пониженное напряжение на токоприемнике, кВ

$$v_1 = \frac{19,61}{25} \cdot 70 = 54,91 \text{ км/ч.}$$

Так как данное проседание напряжения в контактной сети снижает скорость движения локомотива до 54,91 км/ч или на 22 % при установленной скорости 70 км/ч на данном перегоне согласно распоряжению [3], то для обеспечения пропуска поездов с заданным межпоездным интервалом необходимы мероприя-тия по повышению уровня напряжения контактной сети. Результаты тяговых расчетов в программе комплекса КОРТЭС представлены на рисунке 7.

Как было показано выше, рассмотренные факторы (наличие кривых малого радиуса на участке, неблагоприятные погодные условия, проседание напряже-ния контактной сети) отрицательно влияют на осуществление перевозочного процесса перегона Камышет – Ук ВСЖД. Работы по стабилизации рабочего напряжения за счет соблюдения межпоездного интервала, а также снижение весовых норм перегона положительно отразятся на функционировании данного участка.

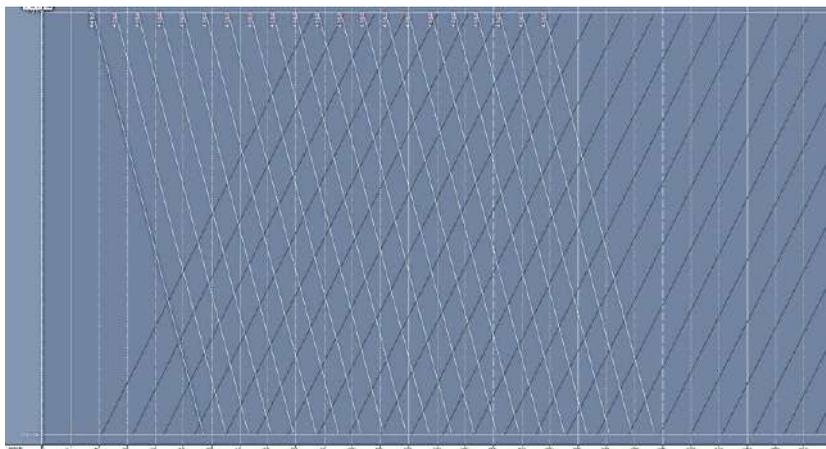


Рисунок 5 – График движения поездов в нечетном направлении

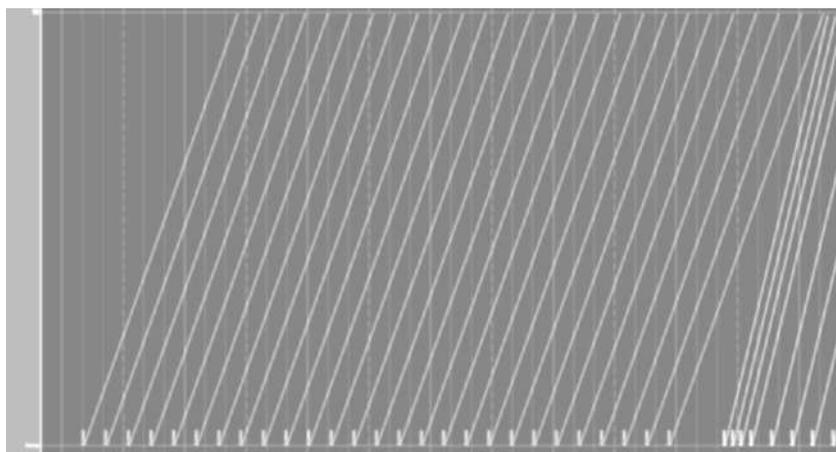


Рисунок 6 – График движения поездов в четном направлении

Таблица 4 – Результаты расчетов системы тягового электроснабжения

Участок	Количество трансформаторов	Расход энергии		$U$ , кВ		Нагрев проводов, С		Потери в тяговой сети	
		активной, кВт·ч	реактивной, квар·ч	min	среднее за 3 минуты	в КС	в отсосо	КВт·ч	%
Замзор – Ук	2	318459	148916	19,42	19,61	74	66	8160	2,6

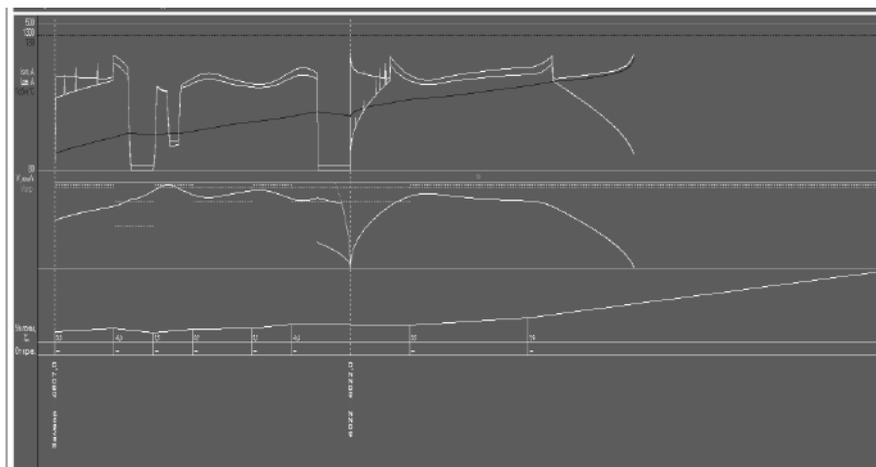


Рисунок 7 – Результаты тяговых расчетов в программе комплекса КОРТЭС

Задержки в графике движения поездов оказывают большое влияние на экономические показатели магистрали, так как главной задачей ОАО «РЖД» является осуществление грузо- и пассажироперевозок. Для поддержания графика движения поездов необходима совместная, систематическая работа дирекций железной дороги по соблюдению, актуализации и контролю мероприятий по минимизации количества задержек поездов и интенсификации перевозочного процесса.

### Список литературы

- 1 Правила тяговых расчётов для поездной работы. – М. : Транспорт, 1985.
- 2 Стратегия инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года (Белая книга ОАО «РЖД») [Электронный ресурс]. – 77 с. – Режим доступа : <http://doc.rzd.ru/doc/public/ru/>. – Дата доступа : 29.01.2020.
- 3 Рекомендации машинисту по эксплуатации электровоза 2/3/4ЭС5К с поосным регулированием силы тяги и МСУД-015 на участке Иланская – Нижнеудинск : утв. распоряжением ВСЖД от 14.10.2022 г.
- 4 **Бабичков, А. М.** Тяга поездов и тяговые расчёты / А. М. Бабичков, П. А. Гурский, А. П. Новиков. – М. : Транспорт, 1971. – 280 с.
- 5 КОРТЭС. – М. : ВНИИЖТ, 2022.
- 6 Перечень участков с ограничением межпоездных интервалов по условиям электроснабжения и порядок их проследования : распоряжение ВСЖД № 128 от 25.04.2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
<i>Чижонек В. Д.</i> Совершенствование транспортных процессов на основе развития теории логистики .....	5
<i>Семченков С. С., Ясюнас Д. Г., Лобашов А. О.</i> Принципы эффективного развития системы маршрутного пассажирского транспорта в г. Минске .....	11
<i>Жудро М. К., Жудро Н. В.</i> Имплементация мехатроники в автомобильный бизнес .....	14
<i>Павлова В. В.</i> Концептуальное решение вопроса повышения безопасности дорожного движения – программа «добрая дорога» .....	17
<i>Оленцевич В. А., Власова Н. В.</i> Формирование эффективного подхода к управлению рисками в железнодорожной транспортной системе .....	20
<i>Власова Н. В., Оленцевич В. А.</i> Предложения по обеспечению снижения рисков возникновения транспортных происшествий на железнодорожном транспорте .....	24
<i>Щербина Н. В.</i> Саморегуляция функционального состояния работников локомотивных бригад на основе биологической обратной связи (БОС) .....	27
<i>Подрез В. Ю., Вишневецкий Р. А.</i> О некоторых вопросах авиационной логистики в Республике Беларусь .....	38
<i>Синицына В. В.</i> Оптимальные методы и средства тестирования цветового зрения машинистов на наличие аномальной трихромазии .....	41
<i>Герасименко П. В.</i> Грузооборот автомобильного транспорта РФ: моделирование, оценка качества модели, прогноз .....	45
<i>Мурзина Э. Ф.</i> Использование программы MathCAD для решения задачи кинематик .....	48
<i>Синютич К. В.</i> Актуализация существующих стандартов в сфере транспортного обслуживания населения общественным транспортом .....	51
<i>Резник Т. М.</i> Актуальные проблемы подготовки и развития профессиональных компетенций сотрудников службы авиационной безопасности .....	55
<i>Отока А. Г.</i> Формирование профессиональной компетентности специалистов на примере лабораторий неразрушающего контроля вагонного хозяйства Белорусской железной дороги .....	59
<i>Аймурзин К. А.</i> Разработка камеры для СВЧ-сушки семенного материала и применение технологии в промышленности .....	65
<i>Денькевич В. В.</i> Альтернативные логистические схемы доставки грузов из Украины .....	67
<i>Бегун А. В.</i> Транспортная система как объект цифровой трансформации .....	70
<i>Науменко С. Н., Крылов А. А., Мусерский П. О.</i> Экспресс-метод оценки теплотехнического состояния кузова изотермического транспортного средства .....	73
<i>Василевский С. В., Герасимёнок Н. А., Владымицев В. Д.</i> Интеграция нейросетей в развитие транспортных систем и технологий: возможности и перспективы автопилота на дорогах .....	79
<i>Месник Д. Н., Вечёрко Д. А.</i> Перспективы развития международного автомобильного транспорта: экспорт, импорт транспортных услуг .....	83
<i>Седюкевич В. Н.</i> Исследование распределения интенсивности пассажиропотока при междугородных автомобильных перевозках в регулярном сообщении .....	89
<i>Довгулевич О. А., Михалькевич Д. П.</i> Рассмотрение вопросов перецепки и перевалки в условиях выполнения международных перевозок грузов автомобильным транспортом .....	92
<i>Довгулевич О. А., Машурикова А. В.</i> Меры безопасности на дороге в условиях миграционного движения диких животных .....	95
<i>Дудакова А. В., Гончарова Н. Ю., Упырь Р. Ю.</i> Разработка инструментальных средств моделирования транспортных объектов с использованием агентного моделирования и среды AnyLogic .....	98
<i>Капустин А. Г., Федорович А. С.</i> Использование элементов VR/AR-технологий в процессе подготовки специалистов в области авиационного транспорта .....	102

<i>Романенко В. В.</i> Внедрение новых элементов подрельсового скрепления и оценка их надежности.....	105
<i>Романенко В. В.</i> Проблемы оценки кривых при обеспечении безопасности движения поездов.....	108
<i>Знаенко В. Н., Мельниченко О. В., Линьков А. О.</i> О построении плеч выпрямительно-инверторного преобразователя на базе IGBT-транзисторов для электровозов с коллекторным тяговым приводом.....	112
<i>Аземиа С. А., Кобяк И. М.</i> Определение оптимальной вместимости модуля пассажирского транспортного средства.....	115
<i>Аземиа С. А., Кравчяня И. Н., Бучихина А. В.</i> Оптимизация расписания городского общественного транспорта на дублирующих участках в городе Лида методами имитационного моделирования.....	117
<i>Аземиа С. А., Кравчяня И. Н., Ерёмкина А. А.</i> Повышение эффективности работы контрольно-ревизорской службы пассажирского перевозчика.....	121
<i>Лапский С. Л., Атаманенко А. С.</i> Влияние коэффициента сопротивления качения колес на топливную экономичность.....	123
<i>Новикова С. А.</i> К вопросу о нормативно-правовом регулировании транспортного шума в Российской Федерации (на примере Иркутской области).....	125
<i>Гуцева А. С., Придыбайло С. В.</i> Концепция единой автоматизированной системы управления и контроля пассажирских перевозок в регулярном сообщении в Республике Беларусь.....	128
<i>Хорошевич А. А.</i> Цифровые способы повышения эффективности организации грузовых перевозок.....	139
<i>Волкова А. Э.</i> Обеспечение безопасности в городском пассажирском транспорте с учетом гендерных аспектов.....	142
<i>Юницкий А. Э., Власовец Е. Н., Кулик О. В.</i> Развитие маршрутной сети пассажирских перевозок города Гомеля на основе создания инновационного транспортно-инфраструктурного комплекса ЮСТ.....	147
<i>Шкурин К. М.</i> Некоторые аспекты учета колебаний поездопотоков при оптимизации плана формирования грузовых поездов.....	150
<i>Юницкий А. Э., Каханович А. Ю.</i> Системно-инженерный подход в транспортной отрасли.....	153
<i>Юницкий А. Э., Ковалёва З. В.</i> О внедрении института наставничества в транспортную сферу.....	156
<i>Чижонков В. Д., Ясинская О. О.</i> Совершенствование системы оплаты проезда пассажирами на различных видах транспорта.....	160
<i>Шкурин М. И.</i> Особенности применения маркетинга в работе транспортных предприятий в современных условиях.....	164
<i>Ходоскин Д. П., Дубовик К. В.</i> Применение программного модуля «PC Crash» для анализа дорожно-транспортных происшествий и повышения безопасности дорожного движения.....	177
<i>Савостова А. В., Крючкова И. А., Довгулевич О. А.</i> Мониторинг шума на объектах улично-дорожной сети г. Гомеля.....	181
<i>Семченко А. С., Карасевич С. Н.</i> Совершенствование организации взаимодействия различных видов пассажирского транспорта в Московской агломерации.....	191
<i>Ходоскин Д. П., Дубовик К. В.</i> Интеллектуальные средства и технологии инфраструктуры городского дорожного движения.....	194
<i>Рынкевич С. А.</i> Механические и гидромеханические передачи: анализ работоспособности и отказы.....	204
<i>Шведин К. И., Хомов А. В., Камшилин Н. И.</i> Транспортно-технологическая система для перевозки среднетоннажных модулей на контейнере-платформе.....	211
<i>Клешкова Т. М., Милованова Е. А.</i> Оценка влияния внешних факторов на перевозочный процесс.....	224

Научно-практическое издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И ЛОГИСТИКИ**

Материалы Международной научно-технической  
конференции, посвященной 25-летию со дня образования кафедры  
«Управление автомобильными перевозками и дорожным движением»  
(Гомель, 30 мая 2023 г.)

Издается в авторской редакции

Технический редактор В. Н. Кучерова  
Корректор Д. В. Марцинкевич

Подписано в печать 30.09.2024 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 13,72. Уч.-изд. л. 15,09. Тираж 100 экз.  
Зак. № 1904. Изд. № 19.

Издатель и полиграфическое исполнение  
Белорусский государственный университет транспорта:  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
№ 3/1583 от 14.11.2017.  
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель