



РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА
«ТРАНСТЕХНИКА»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Сборник статей

Материалы
X Международной заочной
научно-практической конференции
(Минск, 3–6 ноября 2025 года)



Минск
2025 г.

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА
«ТРАНСТЕХНИКА»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Материалы
X Международной заочной научно-практической
конференции (Минск, 3 – 6 ноября 2025 года)

Минск
БЕЛНИИТ «ТРАНСТЕХНИКА»
2025

УДК 656.1
ББК 39
П27

Редакционная коллегия:

кандидат технических наук, доцент *В.С. Миленский*
кандидат технических наук *С.В. Ляхов*
кандидат технических наук *Д.Б. Ермашкевич*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *С.В. Скиркоцкий*
кандидат психологических наук *З.В. Машарский*

Перспективы развития транспортного комплекса [Электронный ресурс] : сборник статей / БЕЛОРУС. НАУЧ.-ИССЛЕД. ИН-Т ТРАНСП. «ТРАНСТЕХНИКА» ; редкол.: В.С. Миленский [и др.] ; рец.: С.В.Скиркоцкий, З.В.Машарский. – Минск : БЕЛНИИТ «ТРАНСТЕХНИКА», 2025. – Режим доступа: <https://www.transtekhnika.by/nauchnye-razrabotki/nauchnye-publikatsii/> – Загл. с экрана.

ISBN 978-985-7319-36-7

Издание сборника статей приурочено к проведению X Международной заочной научно-практической конференции Перспективы развития транспортного комплекса (3 – 6 ноября 2025 года), организованной Республиканским унитарным предприятием «БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА».

Сборник научных статей, публикуемый по итогам конференции содержит разделы отражающие перспективные направления развития транспортной и логистической деятельности, состояние и пути развития интеллектуальных и информационных транспортных систем, направления повышения эффективности, качества и безопасности перевозок, пути развития транспортной и логистической инфраструктуры, а также другие разделы помогающие читателю не только ознакомиться с существующими проблемами на транспорте но и увидеть возможные пути решения этих проблем. Данная информация также может быть использована при подготовке проектов нормативных правовых актов, принятии научно-обоснованных административно-управленческих решений в области транспортной и логистической деятельности.

УДК 656.1
ББК 39

ISBN 978-985-7319-36-7

© БЕЛНИИТ «ТРАНСТЕХНИКА», 2025

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемые коллеги!

Транспортный комплекс Республики Беларусь успешно движется по пути экономической интеграции с государствами - членами Евразийского экономического союза в условиях современных геополитических вызовов предоставляя широкие возможности для успешной реализации социальных, производственных и внешнеэкономических целей страны и ее населения. Устойчивость работы транспортного комплекса обеспечивается путем развития транспортной и логистической деятельности осуществляемых с учетом современных тенденций по цифровой трансформации и инновациям, создания качественной, экологичной и безопасной транспортной инфраструктуры, повышения эффективности технологических процессов. При этом на современном этапе транспортная инфраструктура в полной мере удовлетворяет потребности перевозчиков на перемещение пассажиров и грузов.

Залогом успешного функционирования и развития транспортной отрасли и всей экономики в целом любого государства является активное участие ученых, специалистов-практиков, общественных деятелей, представителей органов власти в процессах совершенствования транспортной и логистической деятельности, в их последовательности и системности. В рамках решения этой задачи БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА» ежегодно проводит Международную заочную научно-практическую конференцию «Перспективы развития транспортного комплекса». В 2025 году конференция проводится в десятый раз. В течение 10 лет БЕЛНИИТ «ТРАНСТЕХНИКА» предоставляет площадку для научно-практических дискуссий по транспортной тематике для всех заинтересованных.

Сборник статей, представленный Вашему вниманию в электронном формате, публикуется по итогам X Международной заочной научно-практической конференции. В 2025 году в сборник включены статьи, подготовленные научными и педагогическими работниками, студентами, магистрантами и аспирантами из Беларуси и ряда иностранных государств.

Информация, приведенная в сборнике статей, будет полезна для ученых, специалистов-практиков, общественных деятелей и представителей органов власти, занимающихся вопросами развития транспортной отрасли.

Редакционный совет БЕЛНИИТ «ТРАНСТЕХНИКА» выражает искреннюю благодарность всем участникам X Международной заочной научно-практической конференции. Надеемся, что предложенные специалистами направления по совершенствованию функционирования транспортного комплекса найдут свое применение на практике, что позволит продолжить тенденцию устойчивого развития экономики страны и повысить качество предоставления услуг населению республики.

Оргкомитет конференции

Раздел 1. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.01

Миленький Валерий Семенович, кандидат технических наук, доцент, заведующий отделом

*Богданчик Юрий Георгиевич, ведущий специалист
БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»*

*(Беларусь, Минск), e-mail: st@niit.by,
ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005*

ОСОБЕННОСТИ РАЗРЕШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗЧИКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В РАМКАХ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ОБЪЕДИНЕНИЙ

В статье приведена информация о мерах, предпринимаемых в Республике Беларусь по повышению эффективности международных автомобильных перевозок грузов, в условиях ограничений, введенных Европейским Союзом на проезд по территории стран Европы. Описаны особенности разрешительной системы для белорусских международных автоперевозчиков грузов в рамках интеграционных объединений, участником которых является Беларусь. Предложены направления по развитию и совершенствованию разрешительной системы в области международных автомобильных перевозок грузов.

Ключевые слова: безразрешительная система, интеграционное объединение, перевозки грузов, разрешение на проезд по территории иностранного государства, разрешительная система, транспорт

Транспортная система является важнейшим элементом в экономическом развитии государства и стимулом в реализации интеграционных процессов среди ряда стран мира. В связи с этим этой системе как в пределах государства, так и в рамках сообществ стран уделяется особое внимание.

Республика Беларусь входит в состав таких интеграционных объединений как Союзное государство Беларуси и России (далее – Союзное государство) Содружество независимых государств (далее – СНГ), Евразийский экономический союз (далее – ЕАЭС) и Шанхайская организация сотрудничества (далее – ШОС). В этих интеграционных объединениях поэтапно реализуются цели, которые создают условия для всестороннего совершенствования процессов перевозки грузов и пассажиров. В Союзном государстве предусматривается создание объединенной транспортной системы и объединенного транспортного рынка услуг, развитие транспортной инфраструктуры международных транспортных коридоров, проходящих по территории Союзного

государства [1]. В СНГ – формирование и развитие общего транспортного пространства, взаимодействие в развитии систем транспорта, формирование сети международных транспортных коридоров, совершенствование транзитного потенциала [2]. В ЕАЭС – формирование и развитие единого транспортного пространства и общего рынка транспортных услуг, создание трансконтинентальных и межгосударственных транспортных коридоров, либерализация международных автомобильных перевозок грузов [3]. В ШОС – обеспечение сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры, создание условий обеспечения устойчивого экономического роста государств, формирование сети региональных и транзитных транспортных коридоров, совершенствование транзитного потенциала, формирование новых и модернизация действующих международных маршрутов для автомобильного и железнодорожного транспорта [4].

В перечисленных интеграционных объединениях развитие международных транспортных коридоров является важнейшей и долгосрочной стратегической задачей, направленной на использование географических преимуществ и реализацию транзитного потенциала государств-членов с учетом глобального изменения мировых логистических цепочек и их участников. Однако, эффективное использование созданного потенциала транспортной инфраструктуры сдерживается из-за ограничений, введенных Европейским союзом в отношении физических и юридических лиц Республики Беларусь и Российской Федерации, выразившихся в:

- ограничении допуска автомобильных перевозчиков на рынки Европейского союза;
- отказе в продлении срока действия, выданного для Республики Беларусь сертификата открытого ключа страны, используемого в карточках цифрового тахографа;
- отказе европейских организаций поставлять микрочипы для карточек цифрового тахографа;
- создании санкционного списка продукции Евросоюза, в который включили цифровые тахографы и комплектующие к ним (датчики движения).

Кроме того, в области международных перевозок у белорусских перевозчиков существуют проблемные вопросы в части:

- наличия разрешений на проезд по территории отдельных иностранных государств;
- поиска новых альтернативных маршрутов перевозок грузов;
- ограниченного количества стран, с которыми заключены соглашения о международном автомобильном сообщении, а также стран, с которыми предусмотрен безразрешительный порядок въезда автомобильных транспортных средств.

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь проводит целенаправленную работу по созданию благоприятных условий для работы международных перевозчиков. Со многими государствами на

евразийском континенте заключены Соглашения о международном автомобильном сообщении. Организована работа по обмену разрешениями на проезд транспортных средств по территории иностранных государств.

Между Правительствами Республики Беларусь и Российской Федерации 18 августа 2023 г. подписано Соглашение о международных автомобильных перевозках, которым предусмотрен поэтапный переход до января 2030 г. на безразрешительную систему осуществления международных автомобильных перевозок грузов.

Несмотря на установленные в интеграционных объединениях цели транспортной политики, и принимаемые в государствах-участниках меры по их достижению, разрешительная система является одним из основных препятствий, негативно влияющим на эффективность работы белорусских международных автомобильных перевозчиков грузов. является разрешительная система на выполнение международных автомобильных перевозок. В настоящее время, в рамках интеграционных объединений Союзное государство, СНГ, ЕАЭС и ШОС продолжается работа по защите интересов национального рынка транспортных услуг. Это выражается как в мерах прямой поддержки международных автомобильных перевозчиков грузов, так и в части обмена между государствами квотами разрешений для осуществления международных автомобильных перевозок грузов.

Разрешительная система выполнения международных автомобильных перевозок грузов – это комплекс правил и процедур, требующих получения специальных разрешений для въезда автомобильных транспортных средств на территорию государств и перемещение грузов через границы государств, что ограничивает количество транспортных средств из одной страны, которые могут работать в другой. Такая система основана на межгосударственных соглашениях, таких как двусторонние или многосторонние договоры, определяющие порядок выдачи разрешений. В настоящее время Республикой Беларусь в области автомобильного транспорта двусторонние соглашения заключены с 47 государствами. Соглашения о международном автомобильном сообщении подразумевают осуществление автомобильных перевозок между государствами или транзитом через их территорию, а также осуществление перевозок в/из третьих стран, на основании разрешений, выдаваемых компетентными органами, договаривающихся сторон.

В рамках Союзного государства Беларуси и России для международных автомобильных перевозчиков Российской Федерации действует безразрешительная система выполнения международных автомобильных перевозок грузов на территории Республики Беларусь, при этом для международных автомобильных перевозчиков Республики Беларусь сохраняется необходимость получения разрешений для выполнения перевозок в/из третьих стран на территории Российской Федерации. Особенности разрешительной системы для международных автомобильных перевозчиков грузов Республики Беларусь в рамках интеграционных объединений приведены в таблице.

Таблица

Особенности разрешительной системы для международных автомобильных перевозчиков грузов Республики Беларусь в рамках интеграционных объединений

Наименование интеграционного объединения	Разрешительная система перевозок грузов	Безразрешительная система перевозок грузов
Союзное государство	в/из третьих стран для Республики Беларусь	не требуется разрешений на перевозки: – двухсторонние; – транзитные
ЕАЭС	в/из третьих стран: – Республика Армения; – Республика Казахстан; – Российская Федерация;	не требуется разрешений на перевозки: 1) между государством-членом, на территории которого перевозчики зарегистрированы, и другим государством-членом; 2) транзитом через территории других государств-членов; 3) между другими государствами-членами: – Республика Армения – Республика Казахстан – Российская Федерация соглашение о безразрешительной перевозке грузов: – Кыргызская Республика
СНГ	в/из третьих стран: – Республика Армения; – Республика Казахстан; – Российская Федерация; разрешительная система по всем видам перевозок грузов: – Азербайджанская Республика; – Республика Таджикистан; – Туркменистан; – Республика Узбекистан;	со странами, входящими в ЕАЭС: – Республика Армения; – Республика Казахстан; – Российская Федерация; не требуется разрешений на перевозки: 1) между государством-членом, на территории которого перевозчики зарегистрированы, и другим государством-членом; 2) транзитом через территории других государств-членов; 3) между другими государствами-членами. Соглашение о безразрешительной перевозке грузов: – Кыргызская Республика; – Республика Молдова;

Наименование интеграционного объединения	Разрешительная система перевозок грузов	Безразрешительная система перевозок грузов
ШОС	нет двухсторонних соглашений о перевозке грузов: – Республика Индия; разрешительная система по всем видам перевозок грузов: – Исламская Республика Иран; – Китайская Народная Республика; – Республика Таджикистан; – Республика Узбекистан; – Исламская Республика Пакистан;	со странами, входящими в ЕАЭС: – Республика Казахстан; – Российская Федерация; не требуется разрешений на перевозки: 1) между государством-членом, на территории которого перевозчики зарегистрированы, и другим государством-членом; 2) транзитом через территории других государств-членов; 3) между другими государствами-членами. соглашение о безразрешительной перевозке грузов: – Кыргызская Республика

16 мая 2025 г. вступило в силу Соглашение между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации о международных автомобильных перевозках (далее – Соглашение). Пунктом 3 Статьи 6 Соглашения определено, что перевозки грузов с территории третьего государства или на территорию третьего государства осуществляются при наличии разрешений, кроме видов перевозок грузов и периодов их выполнения, указанных в пункте 4 настоящей статьи. В пункте 4 Статьи 6 Соглашения определены этапы либерализации разрешительной системы перевозок грузов в/из третьих государств и виды перевозок грузов, на которые они распространяются. Соглашением предусмотрено, что для белорусских автомобильных перевозчиков наличие разрешений Российской Федерации на осуществление международной автомобильной перевозки грузов с территории третьего государства или на территорию третьего государства не требуется:

– для осуществления перевозок грузов между государствами – участниками Евразийского экономического союза;

– для осуществления перевозок грузов с территории или на территорию Албании, Боснии и Герцеговины, Северной Македонии, Сербии и Черногории (пункт 4 Статьи 6 Соглашения с 1 января 2024 г.);

– для осуществления перевозок грузов с территории или на территорию государств – участников Содружества Независимых Государств (пункт 4 Статьи 6 Соглашения с 1 января 2025 г.).

В рамках СНГ, ЕАЭС – с Республикой Армения, Республикой Казахстан, Российской Федерацией, для перевозчиков Республики Беларусь не требуется разрешений на перевозки:

- между государством-членом, на территории которого перевозчики зарегистрированы, и другим государством-членом;

- транзитом через территории других государств-членов;

- между другими государствами-членами.

Безразрешительная система выполнения международных автомобильных перевозок грузов установлена с Кыргызской Республикой и Республикой Молдова.

В рамках ШОС у Республики Беларусь отсутствует двухстороннее соглашение об автомобильных перевозках с Республикой Индия.

В части совершенствования сложившейся для автомобильных перевозчиков Республики Беларусь разрешительной системы и порядка выполнения международных автомобильных перевозок грузов, можно выделить два направления развития и совершенствования разрешительной системы. Одним из направлений является совершенствование существующей разрешительной системы выполнения международных автомобильных перевозок грузов, предусматривающей следующие направления:

- либерализацию международных автомобильных перевозок грузов в первую очередь со странами, входящими в интеграционные объединения Союзное государство, СНГ, ЕАЭС и ШОС;

- цифровую трансформацию транспортного комплекса, предусматривающую цифровизацию разрешительной системы выполнения международных автомобильных перевозок грузов, позволяющей обмениваться разрешениями на выполнение международных автомобильных перевозок грузов в электронном виде;

- развитие интеллектуальных транспортных систем, цифровизацию документооборота при выполнении международных автомобильных перевозок грузов обеспечивающую бесшовный транзит при пересечении границ интеграционных объединений и установление безбарьерной среды при выполнении международных автомобильных перевозок грузов;

- развитие инфраструктуры международных транспортных коридоров, проходящих по территории Республики Беларусь;

- обеспечение безопасности дорожного движения и гармонизация законодательства в области международных перевозок грузов, включая проблемы выполнения и соблюдения Европейского соглашения, касающегося работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки.

Для перевозчиков Республики Беларусь представляет интерес многосторонняя разрешительная система осуществления международных автомобильных перевозок в рамках интеграционных объединений, участником которых является Республика Беларусь. Примером такой системы выступает многосторонняя разрешительная система осуществления международных автомобильных перевозок ШОС, базирующаяся на Соглашении между правительствами государств – членов ШОС о создании благоприятных условий для международных автомобильных перевозок, подписанном странами – членами ШОС в 2014 г.

Совместная комиссия по созданию благоприятных условий для международных автомобильных перевозок, состоящая из представителей компетентных органов государств – членов ШОС, является механизмом координации деятельности для согласованной и последовательной реализации Соглашения.

Соглашение направлено на развитие международных перевозок в регионе на основе упрощения и гармонизации документации, процедур перевозок и пересечения границ. Статья 15 Соглашения содержит положение, согласно которому государства принимают меры для разработки и реализации совместных инвестиционных проектов развития автотранспортных коридоров. Данная норма служит импульсом к реализации крупных инфраструктурных проектов.

В рамках Соглашения могут осуществляться перевозки опасных грузов. В этом случае требуется наличие специального разрешения, которое перевозчик должен до начала осуществления перевозки получить у компетентного органа государства Стороны, по территории которого будет выполняться перевозка.

Республика Беларусь присоединилась к Соглашению между правительствами государств – членов ШОС о создании благоприятных условий для международных автомобильных перевозок в 2018 г. В рамках этого документа согласованы шесть международных маршрутов, по которым для каждой из стран определены квоты. Разрешение позволяет перевозчику осуществить одну поездку туда и обратно. Срок действия разрешения один год.

Внедрение разрешительной системы в рамках стран – ШОС должно начаться в 2020 г. Однако пандемия коронавируса и связанные с ней ограничительные меры по въезду на территорию отдельных стран, не позволили соблюсти запланированные сроки реализации этой системы. До настоящего времени соглашение не работает в полную силу.

Вторым направлением совершенствования является расширение географии государств, с которыми Республикой Беларусь заключены соглашения о международном автомобильном сообщении. Так 26 ноября 2024 г. в г. Исламабаде (Пакистан) подписано «Соглашение между правительством Республики Беларусь и правительством Исламской Республики Пакистан о международном автомобильном сообщении» определяющее порядок осуществления международных перевозок пассажиров и грузов, а также условия взаимного освобождения перевозчиков от уплаты таможенных пошлин, налогов и сборов. Подписание этого соглашения направлено на развитие сотрудничества между странами в области автомобильных перевозок. Для международных автомобильных перевозчиков Республики Беларусь вступление в силу данного документа позволит увеличить объемы экспорта услуг автомобильного транспорта в направлении Пакистана и сопредельных с ним стран. В настоящее время государствами проводится внутренняя процедура ратификации данного соглашения.

С учетом проведенного анализа направлений товарных потоков в/из Республики Беларусь целесообразно продолжить работу по установлению отношений в области автомобильного сообщения и с другими странами Азии, а также странами Африканского континента.

Страны, с которыми у Республики Беларусь отсутствуют соглашения о международном автомобильном сообщении, приведены на рисунке.



Рис. – Страны, с которыми у Республики Беларусь отсутствуют соглашения о международном автомобильном сообщении

Вместе с тем, необходимо учитывать, что, в отдельных из приведенных на рисунке странах, наблюдается нестабильная политическая обстановка, имеются определенные экономические трудности, социальные проблемы и климатические особенности. Многие страны из этих регионов сталкиваются с вызовами, связанными с бедностью, неравенством, терроризмом и вооруженными конфликтами. Например, можно отметить:

- вооруженный конфликт между Государством Израиль и Исламской Республикой Иран, которая является государством – членом ШОС;
- существующую напряженность между Республикой Индия и Исламской Республикой Пакистан, которые являются членами ШОС;
- сложную политическую обстановку в Сирийской Арабской Республике и Государстве Ливия.

Приведенные события по отдельным странам, необходимо учитывать при планировании и организации международных автомобильных перевозок грузов.

Учитывая имеющиеся риски периодического обострения военно-политической ситуации, необходим переход к скоординированной многосторонней и системной деятельности по решению проблем безопасности в рамках таких интеграционных объединений как СНГ и ШОС. При этом к одному из наиболее перспективных направлений сотрудничества в сфере обеспечения безопасности следует отнести взаимодействие по организации системы безопасности транспортно-логистического пространства и других объектов инфраструктуры.

Существующие угрозы безопасности международных и транзитных перевозок на пространстве СНГ и ШОС предопределяют необходимость принятия транспортными организациями дополнительных мер для минимизации возможных рисков и обеспечения сохранности грузов. К таким методам можно отнести:

– выбор перевозчиков, которые имеют опыт работы в регионе и могут справиться с непредвиденными ситуациями;
– организация сопровождения груза и оформление дополнительных страховых полисов.

Использование на практике перечисленных мер снижает или устраняет риски, возникающие из-за внешних факторов, однако приводит к повышению стоимости доставки товаров.

1. Договор о создании Союзного государства: Информационно-аналитический портал Союзного государства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://soyuz.by/dogovor-o-sozdanii-soyuznogo-gosudarstva?ysclid=1w0gfs8hoy263993764>. – Дата доступа: 06.08.2025.

2. Концепция экономического интеграционного развития Содружества Независимых Государств от 28.03.1997 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e-ecolog.ru/docs/psgQ7y44yXh3tfH8MGBUf/32?ysclid=1xbhm5xitr143897163>. – Дата доступа: 06.08.2025.

3. Договор о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravo.eaeunion.org/SESSION/PILOT/main.htm>. – Дата доступа: 06.08.2025.

4. Хартия Шанхайской организации сотрудничества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=I00200089>. – Дата доступа: 06.08.2025.

Milenki Valery, candidate of technical sciences, associate professor

Bahdanchyk Yury, leading expert

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT

«TRANSTECHNIKA» (Belarus, Minsk), e-mail: st@niit.by,

str. Platonova, 22A, Minsk, 220005

FEATURES OF THE PERMIT SYSTEM FOR INTERNATIONAL ROAD CARRIERS OF THE REPUBLIC OF BELARUS WITHIN THE FRAMEWORK OF INTEGRATION ASSOCIATIONS

The article provides information on measures taken in the Republic of Belarus to improve the efficiency of international road transport of goods, in the context of restrictions imposed by the European Union on travel through Europe. Peculiarities of the permit system for Belarusian international road freight carriers within the framework of integration associations to which Belarus is a member are described. Directions for the development and improvement of the permissive system in the field of international road transport of goods are proposed.

Key words: unauthorized system, integration association, cargo transportation, permission to travel through the territory of a foreign state, permit system, transport.

Бойко Наталия Семеновна, кандидат юридических наук,
доктор исторических наук, профессор кафедры ЛЭиБП
Наполов Сергей Дмитриевич,

Шалин Кирилл Витальевич, курсанты учебной группы П-23-2
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ульяновский институт
гражданской авиации имени Главного маршала авиации
Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск),
e-mail: kafedralebp@yandex.ru
ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

ПРАВОВОЙ РЕЖИМ КОММЕРЧЕСКИХ СУБОРБИТАЛЬНЫХ ПОЛЕТОВ: ПРОБЕЛЫ В РЕГУЛИРОВАНИИ МЕЖДУ ВОЗДУШНЫМ И КОСМИЧЕСКИМ ПРАВОМ

В статье предпринята попытка определить правовой статус суборбитальных полетов, которые стали новой вехой в развитии авиации и космонавтики. Появление коммерческих операторов превращает космический туризм из эксперимента в экономическую отрасль. Однако право отстает от технологии: существующие международные акты не учитывают гибридную природу суборбитальных полетов. Без четкого международного регулирования существует риск правового хаоса, особенно в случае инцидентов с участием граждан разных стран.

Ключевые слова: суборбитальный полёт, летательный аппарат, высоты, воздушное пространство, космос, высота полёта.

В настоящее время ученые достигли неимоверно высоких результатов в области развития технологий. Совсем недавно такие компании как: Virgin Galactic, Blue Origin, Space Perspective, позволили обычным людям заниматься коммерческим суборбитальным туризмом, полет при этом достигает высот свыше 90км. Пассажиры в течение полета испытывают кратковременную невесомость, не выходя на орбиту. Однако вместе с технологическим прогрессом всё более актуальным становится вопрос: в каком правовом поле находятся эти полеты? Ведь они происходят выше суверенного воздушного пространства государств, но до уровней применения норм космического права не достают.

Суборбитальные полёты попадают в «серую зону» между воздушным и космическим правом, что создает неясность в определении статуса воздушного судна (далее ВС), экипажа, пассажиров, ответственности и регулирования.

Суборбитальный полёт – полёт, при котором летательный аппарат достигает высоты, необходимой для кратковременного пребывания в пространстве близком к космическому. Высота такого полёта 80-120 км над Землей, выхода на орбиту нет. Так, например, согласно положениям Чикагской конвенции от 1944 года, этот вид полёта не попадает под традиционные категории – ВС, а основываясь на Договоре о космосе от 1967 года такой летательный аппарат нельзя назвать и космическим объектом.

Ключевая особенность суборбитального полёта заключается в том, что его траектория пересекает границу между воздушным и космическим пространством, которая до сих пор не определена международным правом. Воздушное пространство находится под абсолютной властью государства, в то время как космос – общее достояние человечества.

Отсюда следует, что суборбитальный полёт представляет собой новый правовой феномен, который требует пересмотр действующих международных норм.

Чикагская конвенция о международной гражданской авиации от 1944 года регулирует полеты воздушных судов в пределах национального воздушного пространства и в международном воздушном сообщении. Но суборбитальные аппараты, такие как SpaceShipTwo или New Shepard, разработанные соответственно Virgin Galactic и Blue Origin, не совершают полеты по маршрутам между пунктами на Земле и временно покидают воздушное пространство, выходя в ближний космос. Характер полёта – баллистический, а не аэродинамический. Из чего можем сделать вывод, что положения Чикагской конвенции напрямую применяться не могут.

Договор от 1967 года о принципах деятельности по исследованию и использованию космического пространства регулирует полеты космических объектов, запущенных в космос. Но суборбитальный летательный аппарат не достигает орбиты, не является космическим объектом полноценно. Более того, механизмы ответственности, подразумевающиеся Конвенцией и Договором предназначены для межгосударственных отношений, а не для регулирования коммерческих туристических рейсов.

Таким образом, суборбитальные полеты полностью не регулируются ни воздушным, ни космическим правом.

Ключевая проблема - отсутствие законодательно закреплённой границы между воздушным и космическим пространством. Из-за этой неясности возникает спор: государство хочет контролировать свою территорию, а в космосе действует свобода действий, что создаёт неопределённость для суборбитальных полётов в части смены юрисдикции.

Второй сложный вопрос - это ответственность в случае аварии или травмирования пассажиров. По одним критериям это воздушный полет, и тогда действует защита для авиапассажиров (Монреальская конвенция). Но

по другим - это космический полет, а законы о космосе написаны для стран (Договор о космосе), а не для частных туристов, оставляя их без четких гарантий.

Кроме того, возникает вопрос: кто и по каким правилам должен проверять и допускать к полетам пилотов суборбитальных кораблей? В США этим занимается Федеральное управление гражданской авиации (FAA), но в мире в целом нет никаких общих стандартов - каждая страна может устанавливать свои собственные, что создает несогласованность.

Устранение правовой неопределенности требует от мирового сообщества согласия по конкретной высотной границе. Наиболее обоснованным представляется признание линии Кармана (100 км над уровнем моря) в качестве универсального стандарта. Это создаст однозначные условия для применения либо авиационного (Чикагская конвенция), либо космического права (Договор о космосе). На ближайшую же перспективу, пока консенсус не найден, необходим гибридный правовой режим для суборбитальных полетов. Такой подход сочетает нормы обеих отраслей права, обеспечивая правовую определенность и безопасность уже сегодня.

Для защиты прав туристов и операторов необходима новая правовая база. Поскольку ни авиационное, ни космическое право в полной мере не регулируют суборбитальные полеты, оптимальным решением станет разработка специального международного документа.

Такой документ мог бы предусматривать:

- ✓ безусловную обязанность операторов страховать риски для жизни и здоровья пассажиров;
- ✓ четко регламентированный механизм компенсации причиненного ущерба;
- ✓ специальный правовой статус «суборбитального пассажира», отличающий его как от авиапутешественников, так и от космонавтов.

Реализация этих мер позволит сформировать надежную правовую защиту для туристов и создаст для операторов понятные правовые рамки их ответственности.

Для Лицензирования экипажа и летательного аппарата целесообразно создать единую систему лицензирования под руководством таких организаций, как ООН и ИКАО. Она должна включать в себя глобальный реестра кораблей для централизованного контроля их технического состояния и безопасности. Введение международного сертификата для пилотов суборбитальных аппаратов. Установление системы взаимного признания лицензий между государствами по аналогии с гражданской авиацией.

В заключении следует отметить, что суборбитальные полеты стали новой вехой в развитии авиации и космонавтики. Появление коммерческих

операторов превращает космический туризм из эксперимента в экономическую отрасль. Однако право отстает от технологии: существующие международные акты не учитывают гибридную природу суборбитальных полетов. Без четкого международного регулирования существует риск правового хаоса, особенно в случае инцидентов с участием граждан разных стран. Международному сообществу необходимо создать единый правовой режим для суборбитальных полетов, который бы сочетал принципы авиационного и космического права. В будущем вероятно появление нового направления - воздушно-космического права, которое объединит нормы двух систем и обеспечит безопасное развитие суборбитальных полетов.

1. Конвенция о международной гражданской авиации [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1902240> (дата обращения: 29.09.2025).

2. Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела [Электронный ресурс]. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/outer_space_governing.shtml (дата обращения: 29.09.2025).

3. Космический туризм – для одних это далекое будущее, но для других – реальное настоящее [Электронный ресурс]. URL: <https://welcometimes.ru/opinions/kosmicheskij-turizm-dlya-odnih-eto-dalekoe-budushchee-no-dlya-drugih-realnoe-nastoyashchee> (дата обращения 05.10.25).

4. Космический туризм: правовые основы [Электронный ресурс]. URL: https://tourlib.net/statti_tourism/sotskova.htm (дата обращения 05.10.25).

5. Бархатова Е. Ю. Международное право [Электронный ресурс]: учеб. пособие. URL: <http://www.be5.biz/pravo/m004/toc.htm> (дата обращения: 05.10.2025)

Natalia Semenovna Boyko, PhD in Law, Doctor of Historical Sciences, Professor,

Sergey Dmitrievich Napolov,

*Kirill Vitalyevich Shalin, cadets of training group P-23-2
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev», (Russia, Ulyanovsk),
e-mail: kafedralebp@yandex.ru*

Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

THE LEGAL REGIME FOR COMMERCIAL SUBORBITAL FLIGHTS: REGULATORY GAPS BETWEEN AIR AND SPACE LAW

This article attempts to define the legal status of suborbital flights, which have become a new milestone in the development of aviation and astronautics. The emergence of commercial operators is transforming space tourism from an experiment into an economic industry. However, law lags behind technology: existing international instruments fail to take into account the hybrid nature of suborbital flights. Without clear international regulation, there is a risk of legal chaos, especially in the event of incidents involving citizens of different countries.

Key words: suborbital flight, aircraft, altitudes, airspace, space, flight altitude.

Бойко Наталия Семеновна, кандидат юридических наук,
доктор исторических наук, профессор кафедры ЛЭиБП
Ключиков Максим Константинович,
Перфилов Александр Сергеевич, курсанты учебной группы П-23-1
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ульяновский институт
гражданской авиации имени Главного маршала авиации
Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск)
e-mail: kafedralebp@yandex.ru
ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

ПЛАТФОРМЫ НА БАЗЕ ИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ В АВИАЦИИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРАВА

В статье предпринята попытка рассмотрения использования платформ на базе искусственного интеллекта (далее ИИ) в авиации, уделяя особое внимание правовым аспектам их применения. Анализируются существующие нормативные акты Российской Федерации, регулирующие эксплуатацию воздушных судов, обработку данных и внедрение инновационных технологий. Отдельное внимание уделяется вопросам юридической ответственности при использовании искусственного интеллекта в процессе технического обслуживания и управления авиационным флотом.

Ключевые слова: искусственный интеллект, авиация, анализ данных, воздушное право, правовое регулирование.

Настоящее время – это время технологий, и на фоне всех новшеств больше всего конечно же выделяется искусственный интеллект (далее – ИИ). ИИ – это мощный инструмент, который в некоторых местах может заменить живую рабочую силу, снизив издержки авиакомпаний на зарплаты сотрудникам. Также сильная сторона ИИ – это обработка данных сервисов как ChatGPT, Palantir Foundry и других систем, которые могут: анализировать, строить сложные математические модели, умножать, делить, сравнивать многомиллиардные числа почти моментально, а самое главное точно.

ИИ может делать за несколько минут то, что, к примеру десять высококвалифицированных сотрудников сделают за день. Представляется, данное не преуменьшает важность живой рабочей силы, ведь все равно за машиной нужен контроль, потому что все же кто-то должен следить за её функционированием и, если вдруг случится сбой кто-то должен её чинить, настраивать и возвращать в работу, а в случае каких-либо нарушений кто-то

обязан ответить по закону. Поэтому полностью человека конечно же не заменить, но все же искусственный интеллект можно использовать как платформы для анализа данных в авиации.

Поскольку авиация - это бизнес и как не странно очень тяжёлый, как и в любом бизнесе приходится работать с очень большими числами, учитывать очень многие факторы и анализировать множество информации. Используя эту информацию, делать заключения - снимать ли самолёт с полётов на техническое обслуживание, как рационально использовать флот авиакомпании и многое другое. Такие сервисы ИИ как Skywise от Airbus, ChatGPT, Palantir Foundry и другие платформы способны собирать, объединять и анализировать данные с разных источников: полётные данные (Flight data), технические журналы (Maintenance logs), записи о неполадках (Fault reports), историю самолёта (Operational history), производственные данные (Manufacturing data), а также поставки ремонта и т.д. Они позволяют на основе сбора информации о данном воздушном судне и всех кейсов, связанных с данным типом воздушного судна, прогнозировать потенциальные проблемы или отказы в процентах вероятности в течении нескольких полётов. К примеру: Сенсор давления масла на Airbus A320 показывает нестабильные значения в течение нескольких рейсов. Модель, обученная на 1500 подобных случаях, даёт прогноз: вероятность отказа масляного насоса - 80 % в течение 5 полётов. Система выдаёт предупреждение через Skywise и работники технической службы меняют насос заранее. Эта вероятность не только выводит безопасность полётов на новый уровень, но и улучшает планирование, потому что исключает случаи неожиданных предполётных отказов и в следствии уменьшает задержку рейсов, оптимизирует флот и увеличивает качество предоставляемых услуг авиаперевозчиком.

Системы также способны помогать авиакомпаниям летать дешевле и эффективнее т.к. анализирует полётные данные - дают рекомендации по маршрутам, режимам тяги, взлётам и посадки для снижения расхода топлива. Можно перечислять ещё много функционала и возможностей ИИ – это дело фантазии.

Для законного и безопасного внедрения платформ на базе искусственного интеллекта в авиационной отрасли Российской Федерации необходимо учитывать ряд действующих нормативно-правовых актов. Несмотря на то, что прямого и специализированного регулирования авиационного ИИ пока не существует, существует уже достаточное количество базовых норм, на которые можно опереться.

1. Воздушный кодекс Российской Федерации. Ключевым документом в данной области, безусловно, остаётся Воздушный кодекс РФ. Согласно статьям 35, 56 и 58, эксплуатант воздушного судна обязан поддерживать его в лётной годности, осуществлять своевременное

техническое обслуживание и проводить необходимый контроль. Таким образом, даже если решение о выводе самолёта на ТО принято на основании прогноза платформы ИИ, юридическая ответственность всё равно ложится на оператора - юридическое или физическое лицо, допустившее воздушное судно к полёту. Кроме того, в статьях 61–63 ВК РФ предусмотрена ответственность за вред, причинённый при эксплуатации воздушного судна, включая ситуации, когда ошибки в алгоритмах ИИ могут привести к материальному ущербу или угрозе безопасности.

2. Закон о персональных данных. Многие ИИ-платформы (например, Skywise от Airbus или Palantir Foundry) при работе с бортовыми и эксплуатационными данными могут обрабатывать персональные данные экипажа или технического персонала. Следовательно, при их использовании необходимо соблюдать требования Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных», включая: получение согласия субъектов на обработку данных; защиту этих данных от несанкционированного доступа; хранение данных на территории РФ (в ряде случаев - по требованию законодательства).

3. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта. Применение ИИ в гражданской авиации также должно учитывать положения Указа Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». В рамках этой стратегии уже действуют: Этический кодекс в сфере ИИ (2021), который закрепляет принципы прозрачности, ответственности, защиты прав и достоинства человека при работе с ИИ; Экспериментальные правовые режимы (ЭПР), которые позволяют организациям (включая авиакомпаниям и учебные заведения) тестировать ИИ-системы в условиях «цифровой песочницы» с особыми правилами - но под контролем государства. Это особенно важно, если система ИИ ещё не сертифицирована по авиационным стандартам, но уже показывает перспективную эффективность.

4. Проект федерального закона «О регулировании систем искусственного интеллекта». В 2025 году был опубликован законопроект о регулировании ИИ в РФ, который, как ожидается, станет основой для будущего правоприменения в высокорисковых отраслях - включая авиацию. Ключевые положения проекта: Классификация ИИ-систем по уровню риска. Использование ИИ в авиации будет отнесено к высокому уровню риска, что повлечёт дополнительные требования по безопасности. Обязательная сертификация систем ИИ, используемых в процессах, способных повлиять на безопасность полётов. Введение статусов разработчика, оператора и пользователя ИИ - и распределение юридической ответственности между ними. Возможность обязательного страхования ответственности оператора ИИ-системы в случае причинения вреда.

Требование маркировки решений, принятых при участии ИИ (включая прогнозы, отчёты и рекомендации). Таким образом, после принятия закона все платформы, подобные Skywise, должны будут пройти официальную регистрацию и получить допуск к применению в авиации.

5. Отраслевые авиационные стандарты и сертификация. Даже без прямых указаний на ИИ, действующие авиационные регламенты уже создают нормативную рамку. Например: ФАП-285 (порядок технического обслуживания ВС); ФАП по сертификации авиационной техники и её компонентов; Авиационные правила подготовки персонала (например, ФАП-128). Согласно им, любое оборудование, система или программное обеспечение, способное повлиять на безопасность полётов, подлежит обязательному сертификационному контролю. Следовательно, внедрение платформы ИИ как части процесса технического обслуживания или управления флотом требует: оценки рисков, прохождения аудита и/или независимой валидации, одобрения со стороны надзорных органов (в том числе Росавиации).

6. Ответственность в случае нарушений. В случае причинения вреда вследствие использования ИИ-платформы в авиации (например, неверный прогноз, приведший к отказу в полёте), применяются положения: Гражданского кодекса РФ - о возмещении убытков и компенсации вреда; Уголовного кодекса РФ - в случае установления нарушений правил эксплуатации, повлекших тяжкие последствия (ст. 263 УК РФ); Воздушного кодекса - ответственность эксплуатанта и лиц, допустивших к эксплуатации неисправное ВС. Ответственность может быть распределена между: разработчиком алгоритма (в случае дефектного ИИ), оператором платформы (если нарушен регламент использования), конечным пользователем (если решение было принято с превышением полномочий или без должной проверки прогноза).

В заключении следует отметить, что сегодня в Российской Федерации уже существует ряд правовых механизмов, позволяющих внедрять ИИ в авиационную отрасль на законной и ответственной основе. Важно понимать, что платформа ИИ - это не волшебная коробка, а инженерный инструмент. Он должен быть сертифицирован, контролируем, технически безопасен, а его применение - документировано и прозрачно. В условиях, когда нормативная база только формируется, особенно актуальны экспериментальные режимы, страхование рисков, четкие договоры между сторонами (разработчик, оператор, авиакомпания) и, конечно, инженерная дисциплина - та, которая всегда была в авиации на первом месте.

1. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ (с изм. и доп.).

2. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных».

3. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации».

4. Этический кодекс в сфере искусственного интеллекта. – М.: Минцифры России, 2021.

5. Проект федерального закона «О регулировании систем искусственного интеллекта» (2025).

Natalia Semenovna Boyko, PhD in Law, Doctor of Historical Sciences, Professor

Maxim Konstantinovich Klyuchikov,

Alexander Sergeevich Perfilov, cadets of training group P-23-1 Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk)

e-mail: kafedralebp@yandex.ru

Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

AI-BASED PLATFORMS FOR AVIATION DATA ANALYSIS FROM AN AIR LAW POINT OF VIEW

The article examines the use of artificial intelligence platforms in aviation, focusing on the legal aspects of their application. It analyzes the existing regulatory framework of the Russian Federation governing aircraft operation, data processing, and the implementation of innovative technologies. Particular attention is paid to legal liability issues related to the use of artificial intelligence in aircraft maintenance and fleet management.

Key words: artificial intelligence, aviation, data analysis, air law, legal regulation.

*Машарский Захар Владимирович, кандидат психологических наук
Учреждение образования «Белорусская государственная
академия авиации» (Беларусь, Минск), e-mail: distm@mail.ru
ул. Уборевича, 77, г. Минск, 22096*

СЕРТИФИКАЦИЯ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ, КАК ОДНА ИЗ ФОРМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ

Сертификация в области гражданской авиации - ключевой элемент системы обеспечения безопасности воздушного транспорта. Она обеспечивает соответствие воздушным судам, аэродромам, организациям и персоналу, установленным национальными и международными требованиями. Процедуры сертификации охватывают проектирование, производство, эксплуатацию и техническое обслуживание, минимизируя риски и повышая надежность авиационных операций.

Ключевые слова: сертификация, безопасность полётов, гражданская авиация, авиационные нормы, соответствие требованиям, воздушный транспорт, надзор за безопасностью

Любое государство, входящее в состав ИКАО, несет ответственность за безопасность авиаперелетов в своем воздушном пространстве, вне зависимости от организационно-правовой формы хозяйствующих субъектов, действующих в соответствии с положениями Чикагской конвенции. В международной практике обеспечение и контроль высокого уровня безопасности полетов и требуемого качества авиационных услуг осуществляется посредством деятельности органов государственного управления и регулирования, опирающихся на законодательную и нормативную основу процессов сертификации и лицензирования в сфере гражданской авиации.

Главные задачи сертификации в гражданской авиации включают в себя следующие аспекты:

подтверждение соответствия объектов гражданской авиации нормативным требованиям, установленным в Республике Беларусь;

способствование увеличению уровня безопасности полетов, авиационной безопасности, экологической безопасности, а также защите жизни, здоровья и имущества граждан;

обеспечение благоприятных условий для продуктивного функционирования гражданской авиации в Республике Беларусь;

обеспечение защиты интересов потребителей от недобросовестных действий производителей, продавцов и исполнителей услуг;

оказание помощи потребителям в осуществлении осознанного выбора авиационных работ и авиауслуг.

Создание условий для взаимного признания итогов сертификации как на национальном, так и на международном уровнях является важной задачей. В Республике Беларусь сертификация и лицензирование деятельности в сфере гражданской авиации являются обязательными процедурами, представляющими собой форму государственного надзора и регулирования в данной отрасли.

Обязательную сертификацию в гражданской авиации осуществляет уполномоченный орган – Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. Процесс сертификации объектов гражданской авиации регламентируется установленными формами, предусмотренными нормативными актами. В ходе сертификации проводится проверка характеристик объектов гражданской авиации с применением методов испытаний и оценки соответствия, позволяющих идентифицировать объект и подтвердить его соответствие установленным требованиям.

Сертификация объектов гражданской авиации включает следующие этапы: подача заявки на сертификацию в Департамент по авиации Минтранса, ее рассмотрение и принятие решения; выполнение необходимых проверок; анализ полученных результатов и вынесение решения о возможности выдачи сертификата; оформление, регистрация и выдача сертификата и лицензии на право использования знака соответствия; инспекционный контроль сертифицированного объекта; публикация информации о результатах сертификации.

Для прохождения сертификации заявитель направляет заявку в Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. Департамент рассматривает заявку и организует работы по оценке соответствия объекта гражданской авиации нормативным требованиям. Инспекционная проверка проводится комиссией, назначаемой решением Департамента, в соответствии с утвержденной программой. Результаты проверки оформляются актом или протоколом. Решение о выдаче сертификата принимается Департаментом по авиации на основании комплексного заключения о соответствии объекта гражданской авиации требованиям нормативных документов.

На объекты гражданской авиации, для которых по результатам сертификации подтверждено соответствие требованиям нормативных документов, Департамент выдает сертификат. Сроки действия сертификата могут продлеваться по основаниям и в порядке, установленном в Авиационных правилах по сертификации того или иного объекта.

Инспекционный контроль за сертифицированными объектами гражданской авиации в установленном порядке организует и проводит по утвержденной программе Департамент.

Результаты инспекционного контроля оформляются актом, в котором на основании полученных результатов дается оценка возможности сохранения действия сертификата. Сертификат может быть аннулирован, либо действие сертификата может быть приостановлено, а равно в его действие могут быть введены ограничения органом, выдавшим этот сертификат, в порядке, установленном Авиационными правилами.

Информация о приостановлении, отмене действия сертификата, а также о приостановке или отмене действия сертификата доводится до сведения держателя сертификата Департамент.

Согласно Воздушному кодексу Республики Беларусь, осуществление видов деятельности и функционирование объектов сертификации без прохождения сертификации в области гражданской и экспериментальной авиации и наличие выданного по ее результатам соответствующего сертификата либо с нарушением требований, предъявляемых к объектам сертификации в области гражданской и экспериментальной авиации, запрещается. Требования к летной годности воздушных судов, авиационных двигателей и воздушных винтов устанавливаются Авиационными правилами и иными техническими нормативными правовыми актами и являются обязательными для авиационных организаций [1].

В соответствии с Авиационными правилами по сертификации деятельности по выполнению воздушных перевозок, авиационных работ на гражданских воздушных судах, эксплуатант гражданского воздушного судна в Департамент обязан получить сертификат эксплуатанта воздушного судна, удостоверяющий соответствие организации или иного субъекта гражданского права установленным законодательством требованиям, за исключением организаций, граждан или иных субъектов гражданского права, эксплуатирующих планеры, дельтапланы, парапланы, легкие и сверхлегкие летательные аппараты, а также воздушные суда любительской конструкции и аэростатические аппараты в некоммерческих целях. Выдача эксплуатанту гражданского воздушного судна сертификата эксплуатанта проводится Департамент [2].

В Республике Беларусь сертификация гражданских воздушных судов, авиационных двигателей и воздушных винтов нового типа подтверждается выдачей Департамент сертификата типа, если в ходе ее осуществления установлено, что гражданские воздушных суда, авиационные двигатели и воздушные винты нового типа соответствуют требованиям к летной годности и охране окружающей среды, а конструкции гражданских воздушных судов, авиационных двигателей и воздушных винтов нового типа признаны в качестве типовых.

Гражданское воздушное судно, авиационный двигатель и воздушный винт в процессе серийного производства должны проходить в

установленном порядке испытания и проверки, по завершении которых ему выдается сертификат летной годности, а авиационному двигателю или воздушному винту – документ, эквивалентный сертификату летной годности, выданный заводом-изготовителем авиационного двигателя или воздушного винта. Указанные документы удостоверяют, что конструкции и характеристики гражданского воздушного судна, авиационного двигателя или воздушного винта соответствуют их типовым конструкциям, а изготовление – требованиям, установленным Авиационными правилами и иными техническими нормативными правовыми актами.

В соответствии с Авиационными правилами по порядку осуществления деятельности по техническому обслуживанию гражданских воздушных судов, гражданских беспилотных воздушных судов, авиационных двигателей и воздушных винтов, их составных частей, наземные суда, авиационные двигатели или винты наземных самолетов, произведенные (либо современные) за рубежом и управляемые в области гражданской авиации Республики Беларусь, эти страны имеют сертификат типа, выданный уполномоченным органом государства-разработчика, другого иностранного государства или организации. Кроме того, воздушное судно, ввозимое в Республику Беларусь для использования в гражданской авиации, должно сопровождаться экспортным сертификатом летной годности или иным документом, признаваемым эквивалентным, выданным компетентным органом страны-экспортёра.

Департамент рассматривает вопрос о рассмотрении сертификата типа выданного компетентного органа иностранного государства-разработчика, иного иностранного государства или международной организации, а также экспортного сертификата летной годности или равнозначного документа от уполномоченного другого органа государства-экспортёра при постоянном соблюдении требований Регионального соглашения о совместном использовании воздушных пространств, признанной Республикой Беларусь [3].

В соответствии с Авиационными правилами «Сертификация экземпляров гражданских воздушных судов», сертификация указанных видов авиационной техники и выдача на них сертификатов летной годности осуществляется Департаментом. Контроль за соблюдением требований к летной годности и охране окружающей среды в процессе эксплуатации таких летательных аппаратов - включая планеры, дельтапланы, парапланы, легкие и сверхлегкие летающие аппараты, а также аэростатические и самодельные летательные аппараты - осуществляется в рамках инспекционного надзора согласно установленным Авиационным правилам [4].

Перечень категорий авиационного персонала гражданской авиации, компетентность которого требует обязательной сертификации, а также установленный порядок подтверждения уровней квалификации такого

личного состава регулируются авиационными правилами «Сертификационные требования к авиационному персоналу инженерно-авиационной службы гражданской авиации Республики Беларусь». Сертификат, выданный уполномоченным органом иностранного государства в области авиации, относящимся к гражданскому персоналу гражданской авиации, признается действительным на территории Республики Беларусь при фундаментальном соответствии данному документу Международного стандарта, признанным Республикой Беларусь [5].

Медицинское обеспечение полётов гражданской авиации в учреждениях здравоохранения, а также иными организациями, получившими сертификаты, подтверждающие право на выполнение работ по медицинскому обеспечению полётов гражданской авиации в соответствии с Авиационными правилами «Сертификация организаций по медицинскому освидетельствованию авиационного персонала гражданской авиации» [6].

Согласно Авиационным правилам «Сертификационных требований к аэродромам гражданской авиации Республики Беларусь», введение в эксплуатацию аэродромов (вертодромов) гражданской авиации, а также допуск к использованию в целях гражданской авиации аэродромов (вертодромов) совместного базирования и аэродромов (вертодромов) совместного использования Управлением Республики Беларусь на основе выданных сертификатов.

Сертификат годности эксплуатации аэродрома (вертодрома) гражданской авиации, аэродрома (вертодрома) совместного базирования или аэродрома (вертодрома) совместного использования, а также сертификат, принцип для осуществления аэропортовой деятельности, может быть отозван либо дополнительно преимущества органом, их выдающим, в случае несоответствия заданным объектам требованиям, предъявляемым к их эксплуатации, либо при нарушении условий, используемых для ведения аэропортовой деятельности в соответствии с авиационными службами [7].

Анализ авиационных правил, регулирующих сертификацию в сфере гражданской авиации Республики Беларусь, показал, что ограничивающие процедуры разработаны с учетом стандартов и рекомендуемой практики международной организации гражданской авиации (ИКАО).

Осуществление сертификационных процедур в соответствии с действующими в Республике Беларусь авиационными правилами в области сертификации обеспечивает унификацию международных норм, признанных стандартными условиями обеспечения безопасности и регулярных международных воздушных перевозок.

1. Воздушный кодекс Республики Беларусь от 19 мая 2006 г. № 2/1214

2.Авиационные правила по сертификации деятельности по выполнению воздушных перевозок, авиационных работ на гражданских воздушных судах, утвержденные постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 4 октября 2024 г. № 100;

3.Авиационные правила по порядку осуществления деятельности по техническому обслуживанию гражданских воздушных судов, гражданских беспилотных воздушных судов, авиационных двигателей и воздушных винтов, их составных частей, постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 4 октября 2024 г. № 98;

4.Авиационные правила «Сертификация экземпляров гражданских воздушных судов», утвержденные постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 2 июля 2021 г. № 17;

5.Авиационные правила «Сертификационные требования к авиационному персоналу инженерно-авиационной службы гражданской авиации Республики Беларусь», утвержденные приказом Государственного комитета по авиации Республики Беларусь от 31 декабря 1999 г. № 182;

6.Авиационные правила «Сертификация организаций по медицинскому освидетельствованию авиационного персонала гражданской авиации», утвержденные постановлением Государственного комитета по авиации Республики Беларусь от 04 мая 2006 г. № 5;

7.Авиационные правила по организации государственной регистрации и сертификации аэродромов (вертодромов) гражданской авиации и сертификации аэропортовой деятельности», утвержденные постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 30 июня 2010 г. № 49.

***Masharski Zakhar**, candidate of psychological sciences
Belarusian state Academy of aviation (Minsk, Belarus)
e-mail: distm@mail.ru,
Ubovich str., 77, Minsk, 220096*

CERTIFICATION IN CIVIL AVIATION AS A FORM OF AIR TRANSPORT SAFETY ASSURANCE

Certification in civil aviation is a key element of the air transport safety assurance system. It ensures compliance of aircraft, aerodromes, organizations, and personnel with established national and international requirements. Certification procedures cover design, production, operation, and maintenance, minimizing risks and enhancing the reliability of aviation operations.

Key words: certification, flight safety, civil aviation, aviation regulations, compliance, air transport, safety oversight.

*Гольдман Геннадий Эммануилович, старший научный сотрудник
Исупов Андрей Анатольевич, магистр техники и технологий
Якубович Сергей Петрович, магистр технических наук
БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА» (Беларусь, Минск),
e-mail: autozd@niit.by, ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005*

УСЛУГИ ПО ЭВАКУАЦИИ ПОВРЕЖДЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ. ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ВАРИАНТЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Рассмотрены проблемы правового регулирования отношений при осуществлении предпринимательской деятельности в области оказания услуг по эвакуации поврежденных транспортных средств, предложены возможные варианты их решения.

Ключевые слова: автоэвакуатор; грузовое транспортное средство; договор; услуга; технология; законодательство; лицензирование.

Отношения, возникающие при оказании услуг по эвакуации поврежденных транспортных средств (далее, если не указано иное – услуга по эвакуации), прямо не урегулированы законодательством и регулируются соглашением сторон в рамках договора возмездного оказания услуг. Особенностью договора возмездного оказания услуг по эвакуации является его смешанный характер, обусловленный содержанием элементов договора автомобильной перевозки груза, что в свою очередь связано с технологическими особенностями оказания таких услуг. К технологическим особенностям оказания услуги по эвакуации можно отнести то, что она может оказываться, например:

– посредством использования автоэвакуаторов или транспортных средств категорий N и L, предназначенных для перевозки грузов (грузовое транспортное средство);

– с полной погрузкой поврежденного транспортного средства в кузов грузового транспортного средства, либо посредством его буксировки автоэвакуатором или грузовым транспортным средством при помощи сцепки (гибкой или жесткой) или путем его частичной погрузки на буксирующее транспортное средство*.

* Транспортирование транспортного средства путем его частичной погрузки в кузов грузового транспортного средства считается буксировкой (пункт 188 Правил дорожного движения, утвержденных Указом Президента Республики Беларусь от 28 ноября 2005 г. № 551 «О безопасности дорожного движения») [1]

В связи с отсутствием законодательных норм прямого действия, регулирующих отношения при оказании услуг по эвакуации, существует правовая неопределенность при решении вопроса, касающегося необходимости в получении лицензии на осуществления деятельности в области автомобильного транспорта юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, оказывающим услуги по эвакуации. Причиной данной неопределенности является несогласованность отдельных положений Закона Республики Беларусь от 14 августа 2007 г. № 278-3 «Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках» (далее – Закон № 278-3) [2] и Закона Республики Беларусь от 14 октября 2022 г. № 213-3 «О лицензировании» (далее – Закон № 213-3) [3].

Так, например, если руководствоваться предписаниями абзацев первого и третьего статьи 2 Закона № 278-3, то применение той или иной технологии оказания услуги по эвакуации является ключевым критерием при решении вопроса, касающегося определения необходимости в получении лицензии на осуществления деятельности в области автомобильного транспорта юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям, оказывающим такие услуги.

По этой причине услуги по эвакуации поврежденных транспортных средств, оказываемые посредством автоэвакуаторов, не должны подлежать лицензированию в области автомобильного транспорта (далее, если не указано иное, – лицензирование), вне зависимости от того эвакуация поврежденных транспортных средств осуществляется во внутривнутриреспубликанском сообщении или в международном (за пределами территории Республики Беларусь из-за ее пределов, а также транзитом через территорию Республики Беларусь между двумя пунктами пересечения Государственной границы Республики Беларусь в местах, установленных законодательством).

Такая позиция обусловлена тем, что в соответствии с абзацами первым и третьим статьи 2 Закона № 278-3 его действие не распространяется на отношения, возникающие при организации и выполнении автомобильных перевозок транспортными средствами специального назначения, а также при выполнении (оказании) работ (услуг), связанных с такими перевозками. При этом в соответствии с абзацем сто четвертым пункта 6 технического регламента Таможенного союза – ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» (далее – ТР ТС 018/2011) [4], требования которого согласно подпунктам 2, 3 и 7 пункта 1 статьи 51 Договора от 29 мая 2014 г. «Договор о Евразийском экономическом союзе» являются обязательными [5], автоэвакуаторы относятся к специальным транспортным средствам, то есть к транспортным средствам, предназначенным для выполнения специальных функций, для которых требуется специальное оборудование.

Если руководствоваться только предписаниями абзацев первого и третьего статьи 2 Закона № 278-3, то не требуется получение лицензии на осуществление деятельности в области автомобильного транспорта также и при оказании услуг по эвакуации посредством буксировки поврежденного транспортного средства грузовым транспортным средством при помощи сцепки (гибкой или жесткой) или путем его частичной погрузки на буксирующее транспортное средство.

Однако, если услуги по эвакуации поврежденных транспортных средств оказываются посредством перевозки полностью погруженных поврежденных транспортных средств на грузовые транспортные средства (то есть на транспортные средства, не относящиеся к автоэвакуаторам), то такие услуги подлежат лицензированию в области автомобильного транспорта, но только в случае, если эвакуация поврежденных транспортных средств осуществляется в международном сообщении (за пределами территории Республики Беларусь из-за ее пределов, а также транзитом через территорию Республики Беларусь между двумя пунктами пересечения Государственной границы Республики Беларусь в местах, установленных законодательством). Это объясняется тем, что на услуги по эвакуации, оказываемые посредством применения такой технологии, не распространяются требования, установленные абзацами первым и третьим статьи 2 Закона № 278-3 [2].

Вместе с тем, несмотря на вышеизложенную аргументацию, вне зависимости от технологии доставки поврежденных транспортных средств, услуги по эвакуации все таки подлежат лицензированию, но только в случае, если эвакуация поврежденных транспортных средств осуществляется в международном сообщении (за пределами территории Республики Беларусь из-за ее пределов, а также транзитом через территорию Республики Беларусь между двумя пунктами пересечения Государственной границы Республики Беларусь в местах, установленных законодательством) посредством использования автоэвакуаторов или грузовых транспортных средств, разрешенный максимальный вес которых, включая вес прицепа (полуприцепа), превышает 3,5 т.

Такой вывод относительно необходимости в прохождении лицензирования обусловлен несколькими причинами.

Во-первых, существенными условиями договора перевозки, элементы которого содержит договор на оказание услуги по эвакуации. Так, согласно пункту 1 статьи 739 Гражданского кодекса Республики Беларусь от 7 декабря 1998 г. (далее – ГК) по договору перевозки груза перевозчик обязуется доставить вверенный ему отправителем груз в пункт назначения и выдать его уполномоченному на получение груза лицу (получателю), а отправитель обязуется уплатить за перевозку груза установленную плату (в рассматриваемом случае грузом является поврежденное транспортное

средство, перевозчиком – организация, оказывающая услугу по эвакуации, отправителем и получателем – заказчик услуги по эвакуации) [6]. При этом важно отметить, что пункт 1 статьи 739 ГК не содержит исключений, касающихся технологии доставки груза (применительно к рассматриваемому случаю: посредством погрузки поврежденного транспортного средства на автоэвакуатор или в кузов грузового транспортного средства, либо посредством его буксировки) [6].

Во-вторых, необходимость в прохождении лицензирования объясняется тем, что деятельность, связанная с оказанием услуг по международным автомобильным перевозкам грузов транспортными средствами специального назначения, к которым в соответствии с абзацем сто четвертым пункта 6 технического регламента Таможенного союза – ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств» относятся автоэвакуаторы [4], не входит в перечень услуг в области автомобильного транспорта, установленный пунктом 3 статьи 59 Закона № 213-3, при оказании которых не требуется получения лицензии [3].

В третьих, в соответствии с пунктом 2 статьи 70 Закона Республики Беларусь от 17 июля 2018 г. № 130-3 «О нормативных правовых актах» [7], требования, установленные пунктом 3 статьи 59 Закона № 213-3, имеют приоритет над требованиями, установленными абзацами первым и третьим статьи 2 Закона № 278-3, так как Закон № 213-3 принят позже.

При решении проблемы, связанной с необходимостью устранения несогласованности между требованиями, установленными абзацами первым и третьим статьи 2 Закона № 278-3, и требованиями, установленными пунктом 3 статьи 59 Закона № 213-3, возможно два варианта.

Вариант 1. Предполагает внесение изменений в пункт 3 статьи 59 Закона № 213-3, который оговаривает виды услуг, для оказания которых не требуется получения лицензии, посредством его дополнения подпунктом 3.6 следующего содержания:

– «3.6 автомобильные перевозки транспортными средствами специального назначения, оперативного назначения и специальными легковыми автомобилями.».

Внесение такого изменения в пункт 3 статьи 59 Закона № 213-3 позволит обеспечить его согласованность с требованиями абзацев первого и третьего статьи 2 Закона № 278-3, а также устранить правовую неопределенность, в части касающейся необходимости получения лицензии на осуществлении деятельности в области автомобильного транспорта, предусматривающей выполнение автомобильных перевозок с использованием всех без исключений специальных транспортных средств.

Вариант 2. Предполагает внесение изменений в абзац третий статьи 2 Закона № 278-3 и пункт 3 статьи 59 Закона № 213-3.

При этом предлагается абзац третий статьи 2 Закона № 278-3 после

слов «специального назначения», дополнить словами «(за исключением автомобильных перевозок автоэвакуаторами)», а пункт 3 статьи 59 Закона № 213-3 – дополнить подпунктом 3.6 следующего содержания:

– «3.6 автомобильные перевозки транспортными средствами специального назначения (за исключением автомобильных перевозок автоэвакуаторами), оперативного назначения и специальными легковыми автомобилями;».

Внесение таких изменений в пункт 3 статьи 59 Закона № 213-3 позволит обеспечить его согласованность с требованиями абзацев первого и третьего статьи 2 Закона № 278-3 с учетом того, что услуги по эвакуации оказываются на основе смешанного договора, который содержит элементы договора автомобильной перевозки груза. В то время как для оказания услуг с использованием иных специальных транспортных средств (автокранов, пожарных автомобилей, автомобилей, оснащенные подъемниками с рабочими платформами и т.д.) заключение договора, содержащего элементы договора автомобильной перевозки груза, не требуется.

1 О мерах по повышению безопасности дорожного движения [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 28 нояб. 2005 г., № 551 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.

2 Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках [Электронный ресурс] с изм. и доп. от 17.07.2017 № 50-3 и от 18.07.2022 № 196-3: Закон Респ. Беларусь от 14 авг. 2007 г., № 278-3 : принят Палатой представителей 14 июля 2007 г. : одобр. Советом Респ. 29 июля 2007 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.

3 О лицензировании [Электронный ресурс] Закон Респ. Беларусь от 14 окт. 2022 г., № 213-3 : принят Палатой представителей 26 сент. 2022 г. : одобр. Советом Респ. 26 сент. 2022 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.

4 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [Электронный ресурс] : принят Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 877 // Документы ТС и ЕЭП / Правой портал Евразийского экономического союза. – Режим доступа: [https://docs.eaeunion.org/ru-ru/Pages/AllDocuments.aspx#search=%20№877"&nbpdocumentdate=%7B"from"%3A"2011-12-09"%2C"to"%3A"2011-12-03.12.2024.09"%7D&sort="nbpdocumentpublisheddate_descending"&view="documentSearch.documentSearchResult"](https://docs.eaeunion.org/ru-ru/Pages/AllDocuments.aspx#search=%20№877). – Дата доступа 09.01.2025.

5 Договор о Евразийском экономическом союзе [Электронный ресурс] : [заключен в г. Астана 29.05.2014 г.] // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.

6 Гражданский кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : 7 дек. 1998 г., № 218-3 : принят Палатой представителей 28 окт. 1998 г. : одобр. Советом Респ. 19 нояб. 2020 г. : с изм. и доп., вступ. в силу с 1 марта 2023 г. // ЭТАЛОН.

Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.

7 О нормативных правовых актах [Электронный ресурс] с изм. и доп. от 07.04.2023 № 261-3, от 17.07.2023 № 292-3 и от 28.06.2024 № 15-3: Закон Респ. Беларусь от 17 июля 2018 г., № 130-3 : принят Палатой представителей 27 июня 2018 г. : одобр. Советом Респ. 29 июня 2018 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2025.

Goldman Gennadi, Senior Research Associate

Isupov Andrey, Master of Engineering and Technology

Yakubovich Sergey, Master of Technical Sciences

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT

«TRANSTEKHNIKA», e-mail: autozd@niit.by,

Platonova str., 22a, Minsk, 220005, Belarus

SERVICES FOR THE EVACUATION OF DAMAGED VEHICLES. PROBLEMS OF LEGAL REGULATION AND THEIR SOLUTIONS.

The problems of legal regulation of relations in carrying out business activities in the field of providing services for the evacuation of damaged vehicles are considered, and possible solutions are proposed.

Key words: tow truck; cargo vehicle; contract; service; technology; legislation; licensing.

Раздел 2. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ЦИФРОВОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ И ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 656.01:004(476)

Якубук Юлия Петровна, кандидат экономических наук,
доцент, ведущий научный сотрудник
БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»
(Беларусь, Минск), e-mail: y.yakubuk@niit.by,
ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

Мельниченко Анастасия Алексеевна, студент
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники (Беларусь, Минск),
e-mail: milaaa123599@gmail.com,
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ БЕЛАРУСИ

В статье исследуются важнейшие направления цифровизации транспортной деятельности в Республике Беларусь, осуществляемые в последние годы и запланированные к осуществлению на ближайшую перспективу на государственном уровне, такие как создание элементов интеллектуальной транспортной системы, внедрение электронных форм оплаты проезда и информационного обеспечения в сфере пассажирских перевозок, разработка и использование цифровых форм сопроводительных документов в международных перевозках грузов.

Ключевые слова: транспорт; транспортная деятельность; цифровизация; Республика Беларусь.

Актуальность проблемы использования возможностей цифровой экономики для развития транспортной сферы Республики Беларусь обусловлена необходимостью сокращения эксплуатационных расходов транспортных организаций, роста эффективности функционирования объектов инфраструктуры, повышения надежности транспортных средств, обеспечения прозрачности функционирования транспортного рынка страны.

Белорусские транспортно-логистические компании активно внедряют цифровые технологии для оптимизации процессов, снижения затрат, улучшения сервиса, выстраивания взаимоотношений с контрагентами, государственными институтами и другими участниками рынка. К ключевым инструментам, используемым в отрасли, можно отнести:

– системы управления транспортом (TMS - Transport Management Systems), используемые для планирования маршрутов, отслеживания грузов и оптимизации перевозок;

– системы управления складом (WMS - Warehouse Management Systems), необходимые для автоматизации складских операций, включая инвентаризацию, приемку и отгрузку товаров с использованием штрих-кодов и RFID;

– инструменты для отслеживания транспорта, температуры грузов и состояния оборудования в реальном времени;

– электронный документооборот, сокращающий время на обработку документов и количество ошибок;

– ИИ-модели для прогнозирования спроса, оптимизации маршрутов и предиктивного обслуживания;

– облачные сервисы для хранения данных и управления отношениями с клиентами (CRM) для персонализированного сервиса.

В это же время на белорусском рынке транспортно-логистических услуг не задействованы некоторые возможности цифровой экономики, нашедшие свое применение в мировой практике. Не получила распространения в отрасли технология блокчейн, отсутствуют белорусские цифровые универсальные логистические платформы.

Весьма часть используемого транспортно-логистическими компаниями программного обеспечения не отвечает современным требованиям. Стоимость эксплуатации такого ПО невысока, однако его использование несет определенные риски в виде ограничения гибкости и масштабируемости системы, совместимости и интеграции с другими продуктами, уязвимости перед багами и проблемами с безопасностью.

В республике не действует международный стандарт безбумажного оформления и сопровождения грузовых воздушных перевозок e-Freight, рекомендованный Международной ассоциацией воздушного транспорта в рамках Международной отраслевой программы по упрощению ведения бизнеса (Simplifying the Business of Air Cargo). Целью внедрения данного стандарта является повышение надежности, сокращение времени поставки грузов, а также затрат на электронное оформление и сопровождение документов в процессе авиаперевозки грузов. Кроме того, стандарт обеспечивает повышение информационной безопасности и надежности для регулирующих органов. В настоящее время среди стран – участниц ЕАЭС он применяется только в Казахстане: к платформе подключены все авиакомпании и аэропорты страны [1].

Внутренним ограничением для активного внедрения цифровых решений в транспортных организациях выступает недостаток инвестиций и финансирования. В то же время масштабная цифровизация транспортной сферы невозможна без государственного участия, поскольку требует координации на уровне всей страны, включая вопросы внедрения единых стандартов для данных, кибербезопасности и электронного

документооборота, реализации государственных инициатив, разработки цифровых систем.

Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года определяет для цифровизации транспорта следующие основные задачи:

- оптимизация транспортных технологий;
- ликвидация непроизводительных элементов технологических процессов;
- сокращение всех видов затрат;
- активизация взаимодействия в сфере транспортного обслуживания пассажиро- и грузоперевозок;
- формирование единой общегосударственной технологии цифрового межведомственного планирования;
- осуществление контроля и анализа грузового транспортного обеспечения субъектов реального сектора экономики. Основные усилия будут направлены на повышение общего уровня информатизации транспортных процессов на основе широкого внедрения интеллектуальных систем мониторинга и управления, развития транспортных услуг на базе электронных платформ. Будет активизирована работа по обеспечению современным информационно-техническим оборудованием, системами навигации и наблюдения подвижного состава, транспортных узлов и коммуникаций, а также по совершенствованию систем учета проезда в общественном транспорте [2].

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 29 ноября 2023 г. № 381 «О цифровом развитии» до 2030 года определены «офисы цифровизации» в сфере транспорта и логистики: РУП «Белдорсвязь», РУП «Главный расчетный информационный центр» Белорусской железной дороги (в сфере железнодорожных перевозок) и РУП «Белтаможсервис».

По информации Министерства связи и информатизации Республики Беларусь основными направлениями развития цифровых технологий в транспортной и логистической деятельности являются:

- создание единой транспортно-логистической платформы Республики Беларусь;
- создание единой информационной платформы транспортной деятельности, которая будет выступать доверенной информационной средой для обеспечения обмена информацией между всеми участниками транспортной и логистической деятельности и заинтересованными государственными органами (включая развитие сервисов цифровой платформы «Умный город (регион)»);
- цифровизация объектов транспортной инфраструктуры;
- внедрение системы ИТС (интеллектуальная транспортная система)

для автоматизированного поиска и принятия к реализации эффективных сценариев управления транспортной системой города (региона), конкретным транспортным средством или группой транспортных средств;

– создание баз данных остановочных пунктов, элементов улично-дорожной сети и автомобильных дорог общего пользования, перевозчиков, транспортных средств в едином стандарте;

– подготовка и повышение квалификации кадров в транспортной и логистической деятельности, развитие научных исследований, ориентированных на цифровые технологии [3].

В результате проведенного исследования были определены три основных направления цифровизации транспортной деятельности в Республике Беларусь, осуществляемые в последние годы и запланированные к осуществлению на ближайшую перспективу на государственном уровне:

1. Создание элементов интеллектуальной транспортной системы.

2. Внедрение электронных форм оплаты проезда и информационного обеспечения в сфере пассажирских перевозок.

3. Разработка и использование цифровых форм сопроводительных документов в международных перевозках грузов.

Рассмотрим подробнее каждое направление.

1. Создание элементов интеллектуальной транспортной системы.

На современном этапе развития стоит задача интегрировать элементы дорожно-транспортной системы в единую интеллектуальную транспортную систему (ИТС) с центром управления движением.

В Республике Беларусь установлено несколько определений ИТС:

1) Подсистема транспорта для управления дорожным движением и осуществлением транспортной деятельности, основанная на применении информационных и коммуникационных технологий (Закон Республики Беларусь от 14 декабря 2021 г. № 134-З «Об изменении Закона Республики Беларусь «О дорожном движении»).

2) Совокупность технических средств и программного обеспечения с информационно-интеллектуальным технологическим управлением объектами транспортной деятельности (СТБ 2531 - 2018 «Перевозки пассажиров. Термины и определения»).

В настоящее время на автомобильных дорогах общего пользования и улицах населенных пунктов внедрены следующие ИТС:

– система метеомониторинга;

– система учета интенсивности транспортного потока;

– система спутникового мониторинга технологического транспорта;

– система видеонаблюдения государственного дорожного хозяйства;

– система информирования участников дорожного движения;

– автоматизированная система мониторинга эксплуатационной надежности мостовых сооружений;

- система электронного сбора платы за проезд «BelToll»;
- система динамического взвешивания;
- единая система фотофиксации нарушений скоростного режима;
- автоматизированные системы управления дорожным движением;
- автоматизированная система диспетчерского управления пассажирским транспортом (АСДУ);
- автоматизированная система оплаты проезда (АСОП) и др.

Основой функционирования большинства ИТС, внедренных на автомобильных дорогах общего пользования, является единая сеть передачи данных государственного дорожного хозяйства, посредством которой происходит обмен данными между компонентами ИТС [4].

В целях обеспечения единообразных подходов в вопросах создания, содержания и развития ИТС приказом Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 02.03.2021 № 48-Ц «Об интеллектуальной транспортной системе» республиканское унитарное предприятие по содержанию и развитию средств технологической связи «Белдорсвязь» было назначено единым оператором интеллектуальной транспортной системы Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь.

В настоящее время ведется разработка программно-аппаратного комплекса центра мониторинга дорожного движения, и внедрение которого запланировано на 2025 г.

В соответствии с Концепцией развития системы контроля за проездом тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств (ТКТС), утвержденной постановлением Совета Министров от 30 декабря 2024 года № 1053, запланировано создание единой системы дистанционного транспортного контроля и учета нарушений на транспорте, функциями которой будут автоматическое выявление и фиксация превышения весогабаритных параметров, а также иных нарушений в области транспортной и дорожной деятельности (нарушение установленного маршрута движения ТКТС, отсутствие разрешения на допуск транспортного средства к участию в дорожном движении, иные нарушения) путем сопоставления и анализа данных из различных информационных систем и ресурсов [5].

В настоящее время в Республике Беларусь нормативно-правовая база в области ИТС находится на этапе формирования, что в некоторой мере усложняет комплексное внедрение, развитие и интеграцию передовых технологий и всего перечня сервисов ИТС на автомобильных дорогах [4].

2. Внедрение цифровых решений в сфере пассажирских перевозок.

Основными направлениями цифровизации пассажирских перевозок в Беларуси являются внедрение электронных форм оплаты проезда и расширение информационного обеспечения.

Пассажиры активно используют информационные сервисы, позволяющие получать онлайн-информацию о расписании движения пассажирского транспорта и выбирать наиболее рациональный маршрут следования.

Отмечается активный рост электронных продаж проездных документов на железнодорожном транспорте. В 2024 г. через сеть Интернет и мобильное приложение было реализовано 11,7 млн электронных проездных документов на поезда с нумерованными местами, что выше уровня 2023 г. на 8,2 % [6].

Важное направление – создание современной единой централизованной системы оплаты проезда в Минске и всех регионах страны, которая позволит обеспечить безналичную оплату банковскими картами и бесконтактными методами, что значительно повысит удобство для пассажиров. В 2025 г. планируется начало ее эксплуатации в тестовом режиме.

Еще одним крупным проектом по цифровизации пассажирских перевозок является цифровой сервис для оптимизации междугородних поездок. Он позволит с помощью специального приложения прокладывать сложные маршруты с пересадками, покупать билеты на разные виды транспорта в одном месте и точно планировать свое время [7].

3. Разработка и использование цифровых форм сопроводительных документов в международных перевозках грузов.

В Республике Беларусь накоплен достаточный опыт внедрения элементов цифровой экономики в международные грузоперевозки. Так, Белорусская железная дорога (БЖД) активно реализует инструменты цифровизации в сфере грузовых перевозок. Главным информационно-телекоммуникационным инструментом является специализированная автоматизированная система «Электронная перевозка», предназначенная для организации и осуществления грузовых железнодорожных перевозок на основе юридически значимых электронных перевозочных, грузосопроводительных и иных документов с электронной цифровой подписью (ЭЦП). Создана возможность формирования, обмена и применения перевозочных и основных транспортных электронных документов (заявка на перевозку грузов, график подачи вагонов, учетная карточка выполнения заявки на перевозку грузов, памятка приемосдатчика, накопительная карточка, ведомость подачи и уборки вагонов, акт общей формы, коммерческий акт и др). Для технического и правового обеспечения механизма безбумажных грузоперевозок в международном сообщении БЖД используется универсальный специализированный аппаратно-программный комплекс доверенной третьей стороны, реализующий возможность обмена электронными документами, подписанными ЭЦП, в международном сообщении. Комплекс базируется на международных стандартах, в том

числе применяемых в государствах– членах Европейского союза [8].

Важным элементом цифровизации международных грузоперевозок в стране является наличие Национальной автоматизированной системы электронного декларирования, которая осуществляет информационную поддержку и автоматизацию таможенных операций, совершаемых должностными лицами таможенных органов и заинтересованными лицами (декларантами), с помощью письменных и электронных документов, а также обеспечивают информационное взаимодействие таможенных служб Республики Беларусь и иных государств [9].

С 2013 г. все таможенные декларации на товары автоматически регистрируются информационной системой. Созданы возможности автоматического выпуска товаров для таможенных процедур транзита, экспорта и импорта. Среднее время оформления вывозимых товаров составляет около 2 минут.

Интеграцию функциональных возможностей по осуществлению весогабаритного, санитарно-карантинного, пограничного и автомобильного контроля объединила автоматизированная подсистема «Транзит таможенного союза». По всем пунктам пропуска через Государственную границу Республики Беларусь действует автоматизированная система распознавания номерных знаков транспортных средств, расширено информационное взаимодействие с программным обеспечением по оформлению товаров, провозимых физическими лицами, а также с автоматизированной информационной системой управления рисками (оценка рисков на этапе таможенного оформления с учетом целевой направленности) и другими цифровыми возможностями (электронные пломбы и виньетки).

Широкие цифровые возможности используются в рамках следующих процедур: оформление временного ввоза транспортных средств на территории других государств; подтверждение факта ввоза товаров с таможенной территории других государств и их размещение под таможенные процедуры; в рамках действующего законодательства страны контроль перемещаемых по процедуре таможенного транзита транспортных средств и груза [10, с. 107-108].

В Республике Беларусь использование электронных накладных на национальном и международном уровне (только в рамках ЕАЭС) регламентировано нормами Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2019 № 940 (ред. от 23.04.2021) «О функционировании механизма электронных накладных».

Внедрение международной электронной транспортной накладной e-CMR на территории стран СНГ рассматривается как одна из основных задач по созданию благоприятных условий для осуществления международных автомобильных перевозок, определенных «Решением о приоритетных

направлениях сотрудничества государств-участников СНГ в сфере транспорта на период до 2030 года», подписанным Советом глав правительств Содружества Независимых Государств 29 мая 2020 года [2].

Беларусь присоединилась к дополнительному протоколу к Конвенции о договоре международной дорожной перевозки грузов, касающегося электронной накладной e-CMR, что позволило внедрить e-CMR в рамках пилотных проектов. В 2021-2023 гг. проводился пилотный проект между резидентами России и Беларуси, который показал практическую возможность и готовность осуществления безбумажных грузовых перевозок. В настоящее время осуществляется пилотный проект по применению e-CMR при осуществлении международных грузовых автомобильных перевозок в государствах – членах ЕАЭС, с планируемым сроком окончания его реализации до конца 2026 года.

Рассмотренные направления цифровизации транспортной деятельности в Республике Беларусь активно развиваются, однако слабо взаимосвязаны между собой. Одним из возможных решений, способных повысить связанность решений по цифровой трансформации в транспортной и иных видах деятельности, является разработка информационной системы «Витрина цифровых проектов», основанной на определении уровня цифрового развития отраслей экономики и административно-территориальных единиц. Оценка цифровизации отраслей и регионов будет осуществляться на основе разработанных показателей уровня цифрового развития.

Постановление Министерства связи и информатизации Республики Беларусь 29.04.2023 № 9 «Об уровне цифрового развития отраслей экономики и административно-территориальных единиц» предусматривает два аспекта оценки уровня цифрового развития в транспортной сфере Республики Беларусь:

1. На уровне отрасли применяются стандартизированные показатели, такие как наличие у государственного органа юридического лица, определенного законодательством как «офис цифровизации»; доля специалистов ИКТ в общем числе работающих в отрасли, уровень цифровой трансформации отрасли при использовании в ключевых бизнес-процессах современных технологий, и другие.

2. На уровне административных территориальных единиц расчет достигнутого уровня цифрового развития включает два показателя, непосредственно относящихся к транспортному комплексу, из восьми имеющихся: доля городов в области (районов в г. Минске), внедривших технологии региональной государственной цифровой платформы «Умный город (регион)» и управление транспортной системой (включает оценку охвата населенных пунктов интеллектуальными транспортными системами; оснащение общественного транспорта системой управления с

подключением к системе электронных табло, автоматизированной системой оплаты и контроля проезда; оборудование парковок системой управления дорожным движением и городским парковочным пространством на основе применения средств интеллектуальных транспортных систем) [11].

Таким образом, при оценке уровня цифрового развития в транспортной сфере Республики Беларусь не находят отражение показатели цифровой трансформации таможенной деятельности, международных перевозок, международных транспортных коридоров, единого транспортного пространства ЕАЭС.

В связи с этим предлагается дополнить методику оценки уровня цифрового развития Республики Беларусь показателями, непосредственно отражающими процессы цифровой трансформации в транспортной сфере:

– использование электронных сопроводительных документов в международных перевозках грузов, в % от общего числа перевозок, по видам транспорта;

– использование современных форм оплаты проезда (включая электронные проездные документы), % от числа поездок пассажиров, по видам транспорта и типам сообщения (городское, пригородное, междугороднее, международное).

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что цифровизация транспортной деятельности Беларуси содержит большой потенциал для дальнейшего развития в целях повышения скорости, эффективности и безопасности перевозочного процесса, а также роста производительности труда в транспортной деятельности.

1. Биометрию пассажиров введут во всех аэропортах Казахстана [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vecher.kz/ru/article/biometrii-u-passajirov-vvedut-vo-vseh-aeroportah-kazahstana.html> (дата обращения 14.09.2024).

2. Ивуть Р.Б. [и др.] Экономический механизм развития транспортно-логистической деятельности на предприятиях. – Минск: БНТУ, 2022. – 240 с.

3. Основные направления цифрового развития Республики Беларусь // Министерство связи и информатизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mpt.gov.by/sites/default/files/osnovnye_napravleniya_.docx (дата обращения 4.06.2024).

4. Аналитический доклад «Формирование правовых основ создания, развития и обеспечения функционирования национальных сетей интеллектуальных транспортных систем государств-членов Евразийского экономического союза». – Москва, 2022. – 55 с.

5. Правительство утвердило концепцию развития системы контроля за проездом тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средств (ТКТС) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mintrans.gov.by/ru/press-tsentr/novosti/item/13527-pravitelstvo-utverdilo-kontseptsiyu-razvitiya-sistemy-kontrolya-za-proezdom-tyazhelovesnykh-i-krupnogabaritnykh-transportnykh-sredstv-tkts> (дата обращения 07.01.2025).

6. 31 января 2025 года на технико-экономическом совете в Минске подвели итоги деятельности государственного объединения «Белорусская железная дорога» в 2024 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rw.by/corporate/press_center/corporate_news/2025/01/31-yanvarya-2025-goda-na-tekhniko-ekonomicheskoy-sonete-v-minske-podveli-itogi-deyatelnosti-gosudars/ (дата обращения 01.02.2025).

7. Для чего Минсвязи отбирает пилотные проекты в сфере цифрового развития [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2025/sepember/89947/> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь (дата обращения 01.09.2025).

8. Купревич Т.С. Международные грузоперевозки в условиях цифровой экономики: факторы и направления развития. – Дис. по спец. 08.00.14. – Минск, 2020.

9. Информация о системе НАСЭД [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.customs.gov.by/elektronnoe-deklarirovanie/informatsiya-o-sisteme-nased/> (дата обращения 28.06.2024).

10. Месник Д.Н. Развитие транспортно-логистической системы в условиях формирования инновационной экономики. – Минск : БНТУ, 2023. – 282 с.

11. Постановление Министерства связи и информатизации Республики Беларусь от 29.04.2023 г. № 9 «Об уровне цифрового развития отраслей экономики и административно-территориальных единиц» // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22340289> (дата обращения 18.06.2024).

*Yakubuk Yulia, PhD in Economics, Associate Professor,
Leading Researcher,
BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT
«TRANSTEKHNIKA» (Belarus, Minsk),
e-mail: y.yakubuk@niit.by, Platonova str. 22A, Minsk, 220005*
*Melnichenko Anastasia, Student
Belarusian State University of Informatics and
Radioelectronics (Belarus, Minsk),
e-mail: milaaa123599@gmail.com,
P. Brovki str., 6, Minsk, 220013*

THE MAIN DIRECTIONS OF DIGITALIZATION IN THE TRANSPORT SECTOR OF BELARUS

The article examines the most important areas of digitalization of transport activities in the Republic of Belarus, which have been implemented in recent years and are planned to be implemented in the near future at the state level, such as the creation of elements of an intelligent transport system, the introduction of electronic forms of fare payment and information support in the field of passenger transportation, the development and use of digital forms of accompanying documents in international cargo transportation.

Key words: transport, transport activity, digitalization, Republic of Belarus.

Капский Денис Васильевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: d.kapsky@gmail.com

Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь (Беларусь, Минск), пр. Независимости, 66, г. Минск, 220072

Семченков Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет (Беларусь, Минск), e-mail: s.semchenkov@bntu.by,

ул. Якуба Коласа, 12, г. Минск, 220013

ЦИФРОВОЕ ВОПЛОЩЕНИЕ МОБИЛЬНОСТИ: ТРАНСФОРМАЦИЯ УСТОЙЧИВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПО ПРИНЦИПУ «ИЗБЕГАЙ–ЗАМЕНЯЙ–СДВИГАЙ–УЛУЧШАЙ»

В статье обосновывается необходимость трансформации стратегии управления транспортной мобильностью «Avoid–Shift–Improve» (ASI) до концепции «Avoid–Replace–Shift–Improve» (ARSI) посредством интеграции цифровых технологий в мобильность. Предложенная концепция за счёт добавления нового компонента «Replace» (Заменяй), подразумевает замещение физической мобильности цифровой активностью. Авторы демонстрируют, что реализация ARSI способствует снижению транспортной нагрузки, декарбонизации, оптимизации временных затрат населения, повышению доступности и стимулированию экономического развития за счет внедрения цифровых инструментов. Подчеркивается интеграция ARSI с принципами «Умного города» и ее положительное влияние на устойчивую мобильность и общество в целом. В работе также представлен комплексный показатель «доступности», учитывающий экономические, социальные и экологические факторы, для объективной оценки эффективности внедрения устойчивых транспортных систем.

Ключевые слова: управление мобильностью; стратегия ARSI; цифровая трансформация; замещение физической мобильности; устойчивые транспортные системы; умный город; комплексный показатель доступности

Дорожное движение представляет собой сложную мультиагентную систему, функционирование которой критически зависит от взаимосвязанных материальных (дорожная инфраструктура, транспортные средства) и организационно-управленческих факторов. Внедрение информационно-коммуникационных технологий положительно влияет на процессы управления дорожным движением, однако сохраняющаяся актуальность проблем в организации дорожного движения приводит к значительным экономическим издержкам

(потерям), составляющим существенную долю внутреннего валового продукта (в отдельных странах до 6–10 %), подчеркивая необходимость дальнейших исследований и усовершенствований в данной области [1].

Анализ негативных последствий автомобилизации выявляет многоаспектный конгломерат проблем, взаимосвязанных и усугубляющих друг друга. Во-первых, наблюдается существенное снижение скорости сообщения, обусловленное задержками транспортного потока (необходимостью ожидания разрешающего сигнала для возможности дальнейшего движения) и перегрузкой транспортной системы, что приводит к значительным потерям времени, особенно в крупных городских агломерациях [2]. Во-вторых, отмечается рост дорожно-транспортной аварийности и изменение тяжести последствий, коррелирующее с изменением условий дорожного движения. В-третьих, происходит ухудшение экологической обстановки в городах, вызванное выбросами вредных веществ, шумом и вибрацией, что приводит к повышению уровня загрязнения окружающей среды и негативному воздействию на здоровье населения. Эти проблемы обусловлены как недостатками в организации транспортной системы, недостаточным развитием маршрутного пассажирского транспорта и отсутствием интегрированных транспортных сетей, так и недостаточным учётом аспектов устойчивых транспортных систем при планировке городов. Следствием снижения скорости сообщения является увеличение времени поездки, нарастание экологической нагрузки, снижение комфорта городской среды, что в совокупности может создавать негативный социальный и экономический эффект.

В научной среде известна стратегия ASI («Avoid–Shift–Improve»), представляющая собой комплексный подход к повышению эффективности транспортной системы, направленный на снижение негативного воздействия транспорта на городскую среду.

Стратегия ASI основана на трёх компонентах:

– «avoid» («избегай») предполагает сокращение ненужной мобильности через рациональное планирование землепользования, стимулирующее многофункциональную застройку и уменьшение расстояний между ключевыми объектами;

– «shift» («сдвигай») ориентирован на изменение предпочтений в пользу более эффективных видов транспорта;

– «improve» («улучшай») фокусируется на декарбонизации через внедрение экологически чистых технологий (например, электрическая тяга) с целью повышения устойчивости транспортной системы.

Ключевым вызовом современности является проблема изменения климата, обусловленная выбросами парникового газа CO₂,

требующая комплексного подхода к смягчению последствий, адаптации и наращиванию потенциала для борьбы с ней. Транспортный сектор, значительный источник антропогенных выбросов CO₂ (около 23 % в мире), требует безотлагательных мер по сокращению выбросов и адаптации к изменениям климата, с консенсусной целью снижения выбросов CO₂ в транспортном секторе как минимум на 50 % к 2050 году. Загрязнение городского воздуха, вызванное преимущественно транспортными выбросами, является значительным фактором риска для здоровья населения. Стоит отметить, что в Республике Беларусь суммарный объем выбросов в атмосферу в 2024 году снизился до 896 тыс. т, достигнув минимального значения за последние пять лет, что может свидетельствовать об эффективности принимаемых мер по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду [3; 4].

Фундаментальную роль в развитии устойчивых транспортных систем играет маршрутный пассажирский транспорт. Являясь средством массовой перевозки пассажиров, он эффективно снижает негативное воздействие на окружающую среду. Расширение сферы использования маршрутного пассажирского транспорта способствует сокращению интенсивности движения личных автомобилей на уличной сети, что приводит к уменьшению выбросов парниковых газов и загрязнения воздуха, а также снижает потребление ископаемого топлива. Кроме того, развитая система маршрутного пассажирского транспорта стимулирует компактную городскую застройку, уменьшая потребность в дорожной инфраструктуре и сохраняя природные территории. Доступный и удобный маршрутный пассажирский транспорт расширяет возможности мобильности городских агломераций, обеспечивая более справедливое распределение ресурсов и улучшая качество жизни в целом.

Однако в этой связи следует отметить, что эффективность функционирования системы маршрутного пассажирского транспорта не ограничивается лишь «физическим» созданием маршрутной сети и формальным «обеспечением» её подвижным составом. Для достижения цели, состоящей в снижении зависимости от индивидуального автомобильного транспорта крайне важно сформировать положительную мотивацию к пересадке (без использования исключительно ограничительных мер), что подразумевает комплексный подход, включающий повышение привлекательности и доступности маршрутного пассажирского транспорта за счет построения эффективной модели его работы, надёжности, стабильности, повторяемости, уверенности, регулярности, обеспечения комфортных условий, а также интеграцию маршрутного пассажирского транспорта с другими видами устойчивой мобильности. Таким образом, залог успеха маршрутного пассажирского транспорта состоит в обеспечении

конкурентного преимущества перед личным транспортом, стимулирующего добровольный переход к более устойчивым и эффективным способам передвижения [5].

В условиях стремительной цифровизации, интеграции цифровых услуг и изменения шаблонов поведения и образа жизни, требуется переосмысление организации городской среды и транспортных систем для достижения устойчивости и улучшения качества жизни. Предлагаемая авторами концепция «Avoid–Replace–Shift–Improve» (ARSI) представляет собой инновационную модель, являющуюся развитием стратегии ASI, направленную на создание устойчивых транспортных систем путем применения стратегии замещения физической мобильности цифровой активностью. Компонент «Replace» (Заменяй) гармонично дополняет подход избегания ненужных поездок и смещения приоритетов в пользу маршрутного пассажирского транспорта.

Концепция ARSI (рис. 1) предполагает построение и функционирование устойчивой транспортной системы на основе следующих компонентов:

- “A”: избегай лишнюю мобильность путём приоритезации сокращения ненужных перемещений;
- “R”: заменяй физическую мобильность эквивалентными цифровыми альтернативами;
- “S”: сдвигай неизбежные поездки в поле устойчивых видов транспорта (в том числе маршрутный пассажирский транспорт);
- “I”: улучшай структуру и качество устойчивых поездок, стимулируя и поощряя ответственное поведение, построенное на принципах устойчивого развития.



Рис. 1. Схема концепции «Avoid–Replace–Shift–Improve»

Концепция ARSI не просто направлена на создание устойчивой, эффективной и комфортной городской среды, фокусируясь на устойчивых транспортных системах, но и затрагивает все аспекты их организации, включая рациональную эксплуатационную работу предприятий маршрутного пассажирского транспорта.

Реализация концепции ARSI предполагает определение способов её «воплощения», выбор конкретных методов, инструментов и решений, а также организацию эффективной эксплуатационной работы предприятий маршрутного пассажирского транспорта, направленной на обеспечение надёжности и регулярности выполнения перевозок пассажиров, а также применение определенных принципов и подходов для обеспечения функционирования устойчивых транспортных систем.

Методология применения концепции ARSI (рис. 2) покомпонентно предусматривает:

- минимизацию потребности в физических перемещениях путём стратегического проектирования городских пространств. Реализация принципа предполагает интеграцию градостроительных решений, учитывающих транспортную планировку, с целью уменьшения объёма передвижений, особенно тех, которые являются не обязательными, неэффективными или приводят к негативным последствиям, таким как перегрузка транспортной сети, увеличение времени в пути, загрязнение окружающей среды;

- цифровую трансформацию путём глубокой интеграции цифровых технологий в различные аспекты жизнедеятельности, направленную на перенос задач, ранее требовавших физического присутствия, в цифровую среду, с целью минимизации физических перемещений и оптимизации ресурсов, особенно в ситуациях, когда личное присутствие не является определяющим фактором;

- переход к более экологичным способам передвижений, при этом основной акцент делается на развитии и стимулировании использования маршрутного пассажирского транспорта, обеспечивающего массовую перевозку пассажиров, а также на гармоничной поддержке персональной мобильности, где она представляется уместной, с целью переориентировать поездки, которые невозможно избежать, на более устойчивые виды транспорта и способы перемещения, минимизируя экологический след транспортной системы;

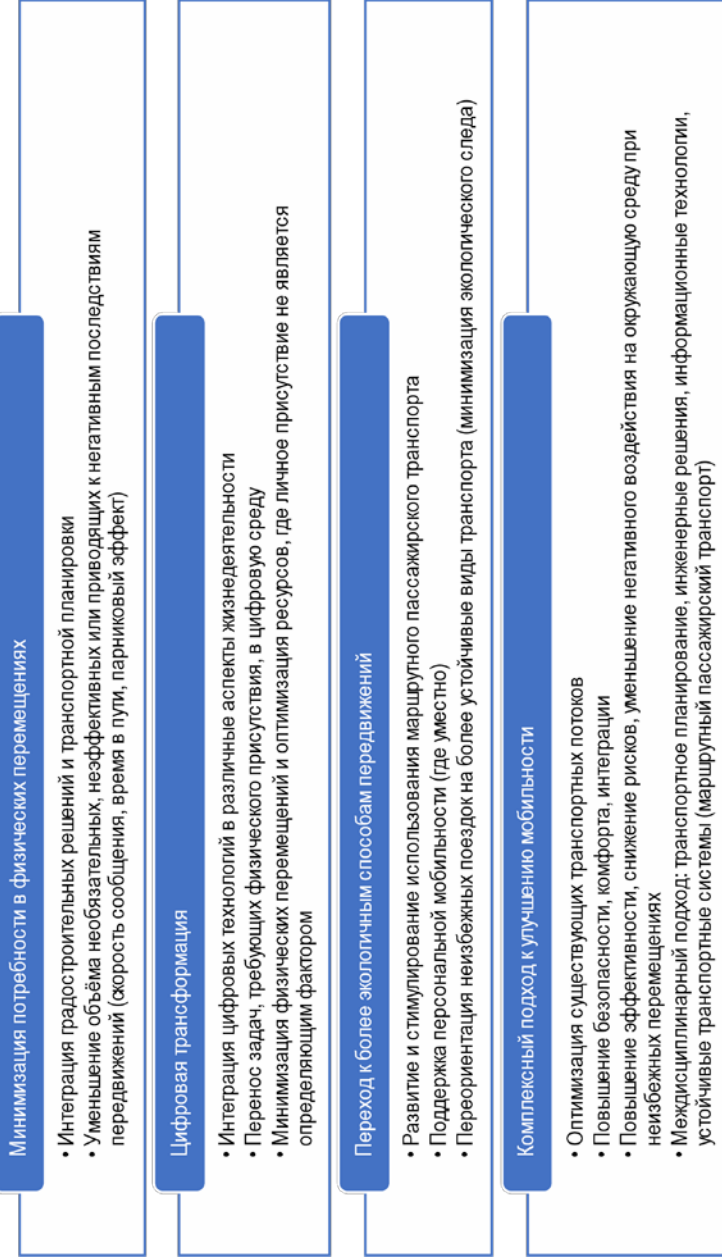


Рис. 2. Методология концепции «Avoid–Replace–Shift–Improve»

– комплексный подход к улучшению мобильности, включающий в себя оптимизацию существующих транспортных потоков, повышение безопасности, комфорта и интеграцию, ставящие целью повышение эффективности, снижение рисков и уменьшение негативного воздействия на окружающую среду при осуществлении неизбежных перемещений, что требует междисциплинарного подхода, объединяющего транспортное планирование, инженерные решения, информационные технологии и обеспечение работы маршрутного пассажирского транспорта в устойчивых транспортных системах.

Переход от физической мобильности к цифровой активности демонстрирует ряд преимуществ, включая снижение транспортной нагрузки, экологические выгоды, экономию времени, расширение доступа к услугам, повышение качества жизни и стимулирование экономического роста за счет новых рабочих мест в цифровой сфере. Этот переход органично вписывается в концепцию «Умного города» (СТБ 2622-2023, Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 гг., Постановление Совета Министров Республики Беларусь 02.02.2021 № 66), являющуюся приоритетом научной и инновационной деятельности, особенно в контексте устойчивой мобильности, где цифровизация играет ключевую роль, оказывая положительное влияние на различные аспекты общества и способствуя устойчивому развитию.

Применение предложенной методологии направлено на то, чтобы минимизировать экологическое воздействие транспорта, повысить качество жизни населения и сформировать эффективную устойчивую транспортную систему. Однако, достижение этих целей обусловлено комплексным подходом, включающим в себя консолидацию усилий заинтересованных сторон, активное внедрение инновационных решений во всех аспектах транспортной системы и непрерывное стремление к совершенствованию, что подразумевает перманентный анализ и адаптацию к изменяющимся условиям.

Эффективное функционирование маршрутного пассажирского транспорта в устойчивых транспортных системах зависит от рациональной организации эксплуатационной работы, включающей разработку маршрутной сети, расписаний движения, выбор подвижного состава, обеспечение регулярности и безопасности перевозок, качества обслуживания, пропускной способности линий маршрутного пассажирского транспорта при рациональной минимизации эксплуатационных расходов. В совокупности это образует интегрированную среду управления эксплуатационной работы предприятий маршрутного пассажирского транспорта. В рассматриваемой среде ключевую роль имеют графики работы

водителей и подвижного состава, обеспечивающие соблюдение режимов труда и отдыха, равномерное распределение нагрузки, повышение эффективности работы предприятия маршрутного пассажирского транспорта. Важное значение в данной среде также играет диспетчерское управление движением маршрутного пассажирского транспорта [6].

Для объективной оценки эффективности устойчивой транспортной системы и решения проблем мобильности также предлагается использовать комплексный показатель доступности, интегрирующий экономические, социальные, экологические аспекты и аспекты безопасности. Таким образом, доступность измеряет количество достижимых пунктов назначения за определенный период времени, учитывая общие издержки перемещения. Этот показатель подчеркивает критическую роль градостроительной и транспортной политики, требуя сбалансированного подхода к пространственному развитию и эффективности транспортных систем.

В отличие от элементного анализа мобильности, доступность предлагает более комплексный анализ, учитывая факторы, влияющие на возможность перемещения (расстояние, стоимость, время, доступность пунктов назначения), и смещает акцент с простого перемещения на обеспечение возможности достижения целей и участия в общественной жизни городских агломераций, что делает его ключевым фактором для устойчивых транспортных систем.

В заключение следует отметить, что сложившаяся ситуация требует пересмотра устоявшихся подходов к организации городской мобильности. Предлагаемый авторский комплексный подход к решению проблем устойчивых транспортных систем, выходя за рамки традиционных стратегий, предполагает разработку и внедрение интегрированных решений, направленных на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и повышение экономической эффективности.

Концепция ARSI представляет собой инновационный подход к мобильности, построенный с использованием традиционных аспектов стратегии ASI на основе цифровой трансформации с добавлением замены физической мобильности цифровой активностью и акцентом на эксплуатационной работе предприятий маршрутного пассажирского транспорта. Это способствует «трансформации» транспортного потока, улучшению экологической обстановки, экономии времени, рациональному применению маршрутного пассажирского транспорта и повышению доступности, что ведет к улучшению качества жизни и экономическому росту. Интеграция с принципами "Умного города" позволяет концепции ARSI обеспечить устойчивое развитие городов, достижение целевых показателей доступности и формирование эффективных, устойчивых транспортных систем.

1. Assessment measures developed to improve quality of route transport Polotsk and Novopolotsk / D. Kapski, S. Semchenkov, I. Gamulsky [et al.] // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 515. – P. 03003. – DOI 10.1051/e3sconf/202451503003. – EDN QRQQVZ.

2. Капский, Д. В. Результаты внедрения плана устойчивой мобильности для создания симбиотического города / Д. В. Капский [и др.] // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2021. – № 1. – С. 121–136.

3. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года / Резолюция от 25 сентября 2015 года № 70/1 // Генеральная Ассамблея Орг. Объед. Наций.

4. Kapski, D. Measures to Improve the Operation of Passenger Transport and Urban Mobility / D. Kapski, S. Semtchenkov, L. Khmel'nitskaya // *Komunikacie*. – 2023. – Vol. 25, No. 1. – P. A14-A25. – DOI 10.26552/com.c.2023.007. – EDN GQUPFC.

5. Semtchenkov, S. Application of the sectoral method to improve the efficiency of route passenger transport / S. Semtchenkov, D. Kapsky, A. Czerepicki // *WUT Journal of Transportation Engineering*. – 2022. – Vol. 134. – P. 17-33. – DOI 10.5604/01.3001.0016.0376. – EDN NIRRCO.

6. Семченков, С.С. Снижение непродуктивных затрат маршрутного пассажирского транспорта секторальным методом / С.С. Семченков, Д.В. Капский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2022. – № 3. – С. 85–90.

Kapsky Denis Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor,
The Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus
(Belarus, Minsk), e-mail: d.kapsky@gmail.com,
Nezavisimosti Ave., 66, Minsk, 220072

Semtchenkov Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Belarusian National Technical University
(Belarus, Minsk), e-mail: s.semtchenkov@bntu.by,
Yakub Kolas str., 12, Minsk, 220013

DIGITALIZATION OF MOBILITY: TRANSFORMATION OF SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEMS BASED ON THE PRINCIPLE OF "AVOID–REPLACE–SHIFT–IMPROVE"

The article substantiates the need to transform the "Avoid–Shift–Improve" (ASI) transport mobility management strategy to the "Avoid–Replace–Shift–Improve" (ARSI) concept through the integration of digital technologies into mobility. The proposed concept, by adding a new "Replace" component, implies replacing physical mobility with digital activity. The authors demonstrate that the implementation of ARSI helps to reduce transport load, decarbonization, optimize the time spent by the population, increase accessibility and stimulate economic development through the introduction of digital tools. The integration of ARSI with the principles of the "Smart City" and its positive impact on sustainable mobility and society as a whole is emphasized. The paper also presents a comprehensive indicator of "accessibility" that takes into account economic, social and environmental factors to objectively assess the effectiveness of implementing sustainable transport systems.

Key words: mobility management; ARSI strategy; digital transformation; replacement of physical mobility; sustainable transport systems; smart city; comprehensive accessibility indicator.

Ганчерёнок Игорь Иванович, доктор физ.-мат. наук,
профессор

Минский городской институт развития образования
(Беларусь, Минск), e-mail: gancherenok@minsk.edu.by,
пер. Броневой, 15а, г. Минск, 220007

Горбачёв Николай Николаевич, независимый эксперт
(Беларусь, Минск), e-mail: nick-iso@tut.by,
ул. В.Хоружей, 10, г. Минск, 220123

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В статье рассмотрены особенности системного анализа транспортной логистики, приводятся проблематика, описание и проблемы моделирования транспортно-логистических объектов, процессов и услуг на национальном рынке, а также в рамках системной экономики. В материале представлен ряд примеров базисных моделей, связанных с цифровизацией и развитием транспортной логистики. Исследованы подходы к целеполаганию при проведении системного анализа «сквозных» технологий на основе IoT и «расширенных» организаций, предложен эволюционный подход к использованию технологий искусственного интеллекта на рынке транспортной логистики.

Ключевые слова: системный анализ и синтез, транспорт, логистика, ментальные карты, функциональные и ситуационные модели

Транспорт и логистика представляют собой существенные концепты в рамках как локальных предприятий и организаций, так и экономик различных уровней (до системной экономики в целом). При этом внедрение в экономические процессы и производственные технологии инструментов искусственного интеллекта (ИИ) в значительной степени трансформирует сферу экономического моделирования информационных ресурсов [1-3]. Эта трансформация характеризуется с одной стороны возможностями системной аналитики многомерных проблемных ситуаций (ПС), а с другой – возможностями синергетических эффектов микроэкономических и управленческих воздействий ИИ при решении ПС. Вместе с тем, любые открытые системы непосредственно (или опосредовано) находится во взаимодействии с внешней средой и, соответственно, следует учитывать, как материальные потоки, во многом зависящие от эффективно выстроенных транспортно-логистических процессов (и для ИИ тоже), так и информационные потоки, формирующие интегрированное информационное пространство (что для ИИ принципиально).

Одним из направлений исследований в рамках транспортно-логистических систем с ИИ рассматривается сфера системного анализа и моделирования в процессе оптимизации материальных ресурсов и информационных ресурсов и запасов (ИР и ИЗ) при управлении потоками в этих системах. Системный анализ сопровождает правильную постановку задач, главное в нём – как реализовать простоту сложного, каким образом сложную ПС представить в виде чёткой задачи (или комплекса задач), имеющую действительный метод гарантированного решения. Системный анализ представляет собой практически конкретный процесс, так как ориентирован на конкретную систему и ПС (с её окружением и многомерностью) (рис. 1)

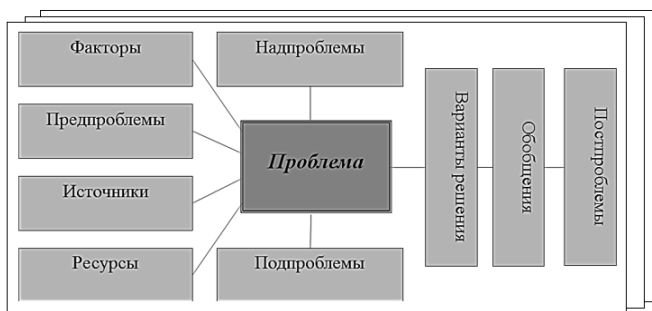


Рис. 1. Структурная схема многомерной ПС

Сущность и важность системного подхода к анализу сложных ПС заключается в том, что он поддерживает, с одной стороны, детализацию слишком сложной для решения ПС до постановки конкретных задач, имеющих отработанные методы решения, а с другой – обеспечение её целостности. Метод системного анализа как раз и есть метод структуризации, упорядочения проблем и ПС (рис. 2).

Полученные в итоге результаты системного анализа становятся исходными данными для формирования новой системы, в которой рассматриваемые ПС отсутствуют (проведения системного синтеза). Системный синтез представляет собой совокупность методов и средств объединения объектов в систему с целью формирования интегративного свойства (системного параметра), присущего всей системе.



Рис. 2. Структурная схема системного анализа

Этапы синтеза системы, решающей, например, ПС цифровизации, схематически представлен на рис. 3.



Рис. 3. Структурная схема процессов системного синтеза

В рамках этих процессов осуществляются:

- формирование глобальной и локальных целей системы;
- разработка комплекса информационных, графических и (или) математических моделей требуемой системы (выбор нотаций и (или) математического аппарата, моделирование, оценка модели по критериям адекватности, простоты, соответствия между точностью и сложностью, баланса погрешностей, вариантности реализаций, модульности построения);

- генерация альтернативных структур системы и информационного пространства, снимающих ПС;
- синтез системных параметров, системы сбалансированных показателей, нормативно-справочной информации, то есть ИР и ИЗ, как базиса решения ПС;
- оценивание вариантов синтезированной системы (обоснование схемы оценивания, реализация модели, проведение эксперимента по оценке, обработка результатов оценивания, анализ результатов, выбор наилучшего варианта) в рамках формирования и управления проектом;
- внедрение системы и завершение проекта;
- эксплуатация, модернизация и реинжиниринг системы.

Одним из базовых принципов, на которых строится системный анализ является целевой принцип. Он рассматривается как основа разработки группы моделей («чёрного ящика», дерева целей, дерева проблем и ряда других), а также методов целевого и программно-целевого управления. Применение в рамках управленческой деятельности понятия цели в качестве стабильного (но динамического) ориентира, позволяет прогнозировать тенденции развития с учетом взаимодействия как внешних, так и внутренних факторов в анализируемой системе.

Существенное влияние на процессы системного анализа оказывает принцип иерархического строения объектов. В нём реализуется отражение иерархий взаимозависимости целого и частей отдельно взятой системы, а также иерархия систем, иерархия моделей, представляющих данные системы и их части, другие иерархические отношения (связи). Это проиллюстрировано на примере ментальной карты модели (рис. 4).



Рис. 4. Фрагмент ментальной карты моделей предметной области «Транспорт и логистика»

С иерархией моделей, отмеченной выше, напрямую связан принцип многомодельности. Он, в соответствии с понятием сложной системы, предполагает, что её адекватное отображение может быть сформировано только путем привлечения комплекса моделей, воссоздающих различные аспекты этой системы, и проведением общего анализа данных по результатам исследований на этих моделях. Одну и ту же систему на разных стадиях познания можно (и нужно) описывать различными выразительными средствами (на разных уровнях и языках: теоретико-познавательном – вербальное описание концепции системы; научно-исследовательском – в форме моделей разного рода, помогающих глубже понять и раскрыть её цели и функционал; проектно – спецификации требований, техническое задание и проект, для разработки и представления которых могут понадобиться математические расчеты, принципиальные схемы, натурные модели).

Широкое использование и развитие системного анализа привело к дифференциации его направлений по различным признакам, как например: назначение системного анализа; направленность вектора анализа; способ его осуществления; время и аспект системы; отрасль знания и характер отражения жизни системы. Детализация этого функционала приведена в табл. 1.

Таблица 1

Функционал и виды системного анализа

Основные функции	Виды системного анализа	Описание процесса
1	2	3
Направление системного анализа	Исследовательский системный	Аналитика строится как процесс исследований, результаты которого используются в теоретическом аспекте и создании практических методик
	Прикладной системный	Здесь системный анализ представляет собой разновидность решения конкретных практических задач
Ориентация вектора анализа	Дескриптивный или описательный (снизу – вверх)	Анализ системы начинается со структуры и идет к функциям и цели
	Конструктивный (сверху- вниз)	Анализ системы начинается с ее цели и идет через функции к структуре

Способ проведения анализа	Качественный (описательный)	Анализ системы с точки зрения состава и значений качественных свойств (параметров, характеристик, показателей)
	Количественный (расчётный)	Анализ системы с точки зрения измерения или расчёта численных значений свойств (характеристик, показателей)
	Ретроспективный	Анализ систем прошлого и их влияния на прошлое и историю
	Актуальный (ситуационный)	Анализ систем в ситуациях настоящего и проблем их стабилизации
	Прогностический	Анализ систем будущего и путей их достижения
Аспекты системы	Структурный	Анализ структуры
	Функциональный	Анализ функций системы, эффективности ее функционирования
	Структурно-функциональный	Анализ структуры и функций, а также их взаимозависимости
	Сценарно-технологический	Анализ последовательности действий и их инициации, формирование технологий
Масштаб системы	Макросистемный	Анализ места и роли системы в более крупных системах, которые включают её в свой состав, анализ системных параметров (дескрипторов)
	Метасистемный	Аналитика подсистем системы
	Микросистемный	Анализ элементов, которые включены в данную систему и воздействуют на её параметры и свойства подсистем

Отрасль знания	Общесистемные знания	Ориентируется на общую и прикладную общую теории систем, системологию; аналитика ведётся с общесистемных позиций
	Специальные аспекты системных знаний	Опирается на специальные теории систем (математическую, параметрическую, системотехнику и другие), учитывает специфику природы систем
	Витальный	Воссоздание и анализ жизненного цикла системы, его основных этапов, динамика межэтапных взаимодействий
	Генетический	Анализ механизмов наследования в системе, генетики элементов системы

Простейшим вариантом модели системы является «чёрный ящик» – термин, который используется для обозначения системы, внутреннее устройство и механизм работы которой очень сложны, неизвестны или неважны в рамках данной задачи. Эта максимально упрощённая модель подчеркивает два системных свойства: целостность и обособленность от среды. Для развития системного подхода было очень важным подчеркнуть безразличие к содержимому ящика (обычно там представляется целевая функция системы), и выделять только функциональные связи со средой и преобразования входных сигналов в выходные в рассматриваемой системе. Определение системы в виде «черного ящика» допускает множественность вложений, но требует учета всех взаимосвязей. Пример такой модели представлен на рис. 5.

В настоящее время цифровизация транспорта и логистики играет важную роль в рамках формирования системной экономики и рынка транспортных услуг [4]. В сфере доставки грузов следует обратить внимание на оптимизацию логистических издержек при реализации требований по скорости и бесперебойности поставок, которые при использовании системного анализа и экономико-математического моделирования в рамках «сквозных» технологий и интегрированного информационного пространства обеспечивают удовлетворение нужд клиентов.

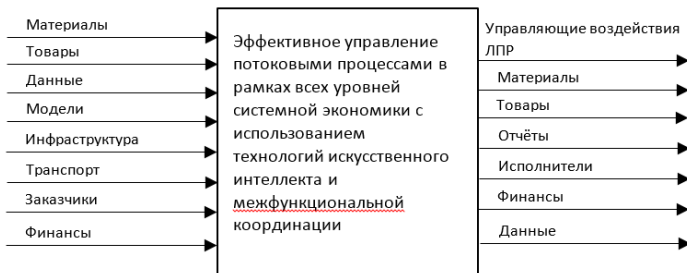


Рис. 5. Пример модели «черный ящик»

Стабильный режим мультимодальных поставок обычно обеспечивают уменьшение уровня запасов на складах и повышение степени координации при использовании IoT-технологий по обработке грузов. Здесь существенным направлением моделирования будет использование комплекса графических моделей, обеспечивающих переход от модели «черный ящик» к модели «белый ящик», и детализирующих целеобразование, структуру и функционал транспортно-логистической системы.

К этим моделям в первую очередь следует отнести следующий комплекс: дерево целей (трансформирующий целевую функцию модели «черный ящик» в иерархию подцелей и приводящий к гарантированно достижимым целям), дерево проблем (формирующееся на основе аналитики достижения целей), дерево задач (характеризующее задачи и подзадачи, которые решают соответствующие проблемы) и дерево решений (описывающее альтернативные решения). При этом существенно важно провести необходимую подготовку по информационному моделированию соответствующих предметных областей, сформировав надлежащие описания (таблица 2).

Дальнейшая детализация и конкретизация моделей транспортно-логистических систем рассматривается в рамках использования нотаций и инструментария унифицированного языка моделирования UML, стандартов IDEF методологии SADT, BPMN-моделей, пространственных моделей географических информационных систем, ситуационных и имитационных моделей. Следует отметить, что значительно расширяет возможности моделирования и аналитики использование ситуационных центров и ИИ. Здесь важен эволюционный переход от автоматизированных и интеллектуальных систем управления [5, 6] через использование активных информационных систем [7] к системам с ИИ.

Таблица 2

Пример исходных данных для формирования дерева целей

№ уровня	Наименование цели (подцели)	Описание цели (подцели)	Связи	Примечания
1	2	3	4	5
1	Эффективное управление потоковыми процессами в рамках всех уровней системной экономики с использованием технологий ИИ и межфункциональной координации	а) методы управления; б) формы управления; в) критерий эффективности; г) управляющие воздействия; д) модели ИИ; е) инструментарий; ж) результат	2, 3, 4	Следует

На фоне возрастания рисков и неопределённости объемов и маршрутов перевозок для обеспечения конкурентной устойчивости участников рынка транспорта и логистики необходима динамическая оптимизация и поддержка экономико-математических моделей системной экономики, использование инструментов ресурсосберегающей логистики и управления цепями поставок «расширенных» предприятий [8-9]. Сформированная «сквозная» и «расширенная» производственно-логистическая система с использованием ИИ позволит достичь снижения себестоимости, стандартизации процессов и технологий, повышения динамичности и качества в целом.

1. Ганчерёнок, И. И. Теория систем и системный анализ. Учебное пособие / И. И. Ганчерёнок, Н. М. Жабборов, Н. Н. Горбачёв – Ташкент: Издательство «Bookmanу print», 2022. – 200 с.

2. Горбачёв, Н. Н. Проблемы системного анализа и моделирования в процессах подготовки и принятия решений / Н. Н. Горбачёв // Проблемы управления, №1 (91), 2024. – С. 26-31.

3. Экономика устойчивого развития / Н.А. Антипенко [и др.]; Институт бизнеса Бел. гос. Университета. Минск : ИВЦ Минфина, 2022. – 460 с.

4. Месник, Д. Н. Развитие транспортно-логистической системы в условиях формирования инновационной экономики / Д. Н. Месник. – Минск : БНТУ, 2023. – 282 с.

5. Чупин, А. В. Интеллектуальные системы автоматизированного управления: учебное пособие / А. В. Чупин. - Кемерово: КемГУ, 2016. - 108 с.

6. Интеллектуальные транспортные системы – Концептуальная записка. Режим доступа: <https://unese.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2016/itc/ECE-TRANS-2016-10г.pdf>. – Дата доступа – 10.102025.

7. Горбачёв, Н. Н. Проблемы взаимодействия активных информационных систем и активных сервисов / Н. Н. Горбачёв // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНИТИ-2023): доклады XXII Международной конференции, Минск, 16 ноября 2023 г.). – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2023. С. 103-107.

8. Ганчерёнок, И. И. Цифровая экономика: управление информационными ресурсами/И.И.Ганчерёнок, Н. Н. Горбачёв, И.Э.Турсунов, С.А.Панжиев. – Tashkent: «Voris – nashriyot», 2020.-211с.

9. Ганчеренок, И.И. Цифровизация транспортных коммуникаций. Учебник/И. И. Ганчеренок, Н.Н. Горбачев, Н.М. Жабборов, И.С. Рузиев. – Ургенч: Из-во Ургенчского госуниверситета, 2024.

Gancheryonok Igor Ivanovich, D. Sci. in Physics and Math, Professor, Minsk City Institute of Education Development (Belarus, Minsk), e-mail: gancherenok@minsk.edu.by, per. Bronevoy, 15a, Minsk, 220007.

Gorbachev Nikolay Nikolayevich, independent expert (Belarus, Minsk), e-mail: nick-iso@tut.by, 10 V. Khoruzhey str., Minsk, 220123.

SYSTEM ANALYSIS AND PROBLEMS OF MODELING OF TRANSPORT AND LOGISTICS PROCESSES

The article discusses the features of the system analysis of transport logistics, presents the problems, description and problems of modeling transport and logistics facilities, processes and services in the national market, as well as in the framework of the system economy. The article presents a number of examples of basic models related to digitalization and the development of transport logistics. Approaches to goal-setting were investigated when conducting a systematic analysis of "end-to-end" technologies based on IoT and "extended" organizations, an evolutionary approach to the use of artificial intelligence technologies in the transport logistics market was proposed.

Key words: system analysis and synthesis, transport, logistics, mental maps, functional and situational models.

Карпов Алексей Владимирович, кандидат исторических наук,

Михневич Анастасия Витальевна, студент,

Чуваткина Арина Владимировна, студент,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск) e-mail: uvai@list.ru

ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассматриваются современные вызовы и перспективные направления цифровой трансформации авиационной логистики. Проанализированы статистические данные по грузоперевозкам и меры государственной поддержки отрасли. В статье авторами выявлены ключевые проблемы и с учетом основных тенденций современного развития и требований к углублению цифровой трансформации предложены решения.

Ключевые слова: авиационная логистика; цифровизация; искусственный интеллект; роботизация; кибербезопасность; объемный вес; грузовые авиаперевозки.

Логистическая отрасль является главным драйвером процесса глобализации, обеспечивая доставку жизненно важных грузов, документов и ресурсов по транспортным артериям в любую точку мира. На макроэкономическом уровне отдельно в данной отрасли стоит выделить авиационный транспорт, который позволяет решать узкие в части ограничений по грузоподъемности, но крайне важные в связи с высокой скоростью работы задачи. Развитие национальной экономики и ее интеграция в глобальные цепочки создания стоимости напрямую зависят от эффективности транспортно-логистической системы [1]. Авиационный транспорт, обеспечивающий высокоскоростные и надежные перевозки на большие расстояния, является ключевым элементом этой системы. Современные вызовы, включая геополитические ограничения и возросшие требования потребителей к скорости и прозрачности, актуализируют необходимость глубокой цифровой трансформации отрасли. Также к услугам авиаперевозок

обращаются в случае отсутствия возможности доставки грузов по суше или водным транспортом, при непроходимости дорог и т.д.

После рекордного пассажиропотока в 2019 году (более 128 млн пассажиров) отрасль столкнулась с беспрецедентными вызовами: пандемия COVID-19 и последующие санкционные ограничения [2]. Общей тенденцией для всей авиаотрасли в этот период стало существенное сокращение рейсов, пересмотр вопросов окупаемости и рентабельности направлений. В целом, можно говорить о вхождении авиаперевозок в состояние застоя на некоторый период, усиливающийся возникшей в 2022 году напряженной международной обстановкой в Европе и в мире. Кроме того, это нанесло существенный урон авиаперевозкам грузов, так как около половины всех грузов в авиации перевозятся в грузовых отсеках пассажирских воздушных судов.

Несмотря на это, демонстрирует рост грузовая составляющая. По данным Росавиации, в 2024 году российские авиакомпании перевезли 487,7 тыс. тонн грузов, что на 4 % больше, чем в 2023 году [3]. Общий объем грузовых авиаперевозок в России, включая международные перевозчики, составил около 1,7 млн тонн (+13 % к 2023 году) [3].

Ответом стали активные меры по импортозамещению, поддержке проектов МС-21 и Ил-114, что закреплено в Стратегии развития транспортной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года [4]. Однако, как отмечается в «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года», ключевой проблемой остается технологическое отставание, в частности, в области цифровизации логистических процессов по сравнению с такими секторами, как «финтех» и «e-commerce» [5].

В ситуации, когда в отрасли авиалогистики наметился устойчивый рост, который особенно виден на международном Европейско-Азиатском направлении, рост перевозок в России сравним с ростом в мире и имеет аналогичную тенденцию к дальнейшему развитию. Несмотря на традиционные преимущества авиаперевозок (скорость, надежность, дальность), существует ряд системных проблем, сдерживающих развитие логистики.

- Проблема 1: Длительное таможенное оформление и ошибки в документации. Таможенное право носит территориальный характер и ввиду особенностей его регулирования, невозможно осуществление прямого обмена стандартными электронными сообщениями, введения единого стандарта для оформления бумаг участниками внешнеэкономической деятельности, что отзывается проблемами замедления сроков совершения таможенных операций на этапе непосредственного таможенного контроля и таможенного оформления.

○ Решение: Внедрение систем на основе искусственного интеллекта (AI) для автоматического заполнения и проверки таможенных деклараций, авианакладных и других документов. Это позволит минимизировать «человеческий фактор», сократить время обработки и исключить задержки на транзитных пунктах.

● Проблема 2: Сложность упаковки опасных грузов и ручной труд.

Грузы подразделяются на опасные и неопасные, в связи с этим, упаковка сильно различается. Более сложная упаковка для опасных грузов, так как необходимо учесть достаточно факторов для безопасной транспортировки. С неопасными грузами проще, но они также имеют много требований, которые занимают достаточно времени для осуществления.

○ Решение: Роботизация процессов в грузовых терминалах. Внедрение роботизированных линий для упаковки, маркировки грузов, включая опасные, по стандартам IATA. Это повысит безопасность, стандартизацию и скорость обработки.

● Проблема 3: Недостаточная прозрачность и отслеживание грузов.

На данный момент из-за регулярного закрытия воздушного пространства, процесс по отслеживанию передвижения воздушного судна не всегда возможен.

○ Решение: Создание единой защищенной цифровой платформы для всех участников логистической цепочки (отправитель, перевозчик, таможня, получатель) на базе технологий распределенного реестра (Blockchain). Это обеспечит сквозной мониторинг в реальном времени и неизменяемость данных о перемещении груза.

● Проблема 4: Устаревшие договорные процедуры и риски кибербезопасности.

В связи с использованием авиапредприятиями старых программ, они не конкурентоспособны с нынешними технологиями, поэтому поддаются легкому взламыванию, что противоречит конфиденциальности и сохранению персональных данных клиентов.

○ Решение: Разработка и внедрение стандартизированных «умных контрактов» (Smart Contracts). Такой контракт автоматически исполняет условия (например, платеж) при подтверждении определенных событий (например, доставка), что снижает риски неисполнения обязательств и повышает безопасность сделок.

● Проблема 5: Неучет объемного веса на ранних этапах и неоптимальное использование грузового пространства. В связи с политикой большинства компаний-грузоперевозчиков, при оформлении заявок на перевозку плата в случае легких, но габаритных грузов берется

за так называемый «объемный вес», который значительно отличается от реальных весовых характеристик. В этой связи на этапе формирования первичного грузового реестра менеджер не имеет реальной картины требуемых к перевозке грузов, что усложняет в дальнейшем процесс погрузки и центровки, так как весогабаритные характеристики грузовых мест приходится учитывать непосредственно при погрузке в грузовой отсек в ручном режиме.

○ Решение: Разработка мобильного приложения или веб-сервиса, интегрированного с платформой бронирования перевозок, который позволяет бесплатно и предварительно определить габариты и объемный вес груза. Отправитель с помощью 3D-сканирования через камеру смартфона (технологии на базе ARKit/ARCore) получает 3D-модель груза и точные параметры. Система автоматически рассчитывает объемный вес и предлагает оптимальный тариф и варианты размещения в воздушном судне. Это исключает недопонимание и дополнительные расходы на этапе сдачи груза, а также позволяет авиакомпании заранее планировать загрузку.

Цифровая трансформация отрасли в целом, и авиационной логистики в частности, является не опцией, а ведущим условием для повышения конкурентоспособности национальной экономики как внутри, «для себя», так и на международном рынке услуг. Для достижения прорыва необходима комплексная модернизация по следующим направлениям:

1. Внедрение AI и роботизации: для автоматизации документооборота, упаковки грузов и расчетов (центровки ВС).

2. Повышение кибербезопасности и прозрачности: через создание защищенных цифровых платформ и использование блокчейн-технологий.

3. Предварительная цифровизация груза: внедрение доступных инструментов 3D-сканирования для заблаговременного и точного определения всех параметров груза, включая объемный вес, что оптимизирует планирование и тарификацию.

Реализация предложенных мер в рамках государственной стратегии позволит создать гибкую, прозрачную и высокоэффективную транспортно-логистическую систему авиационного транспорта, отвечающую вызовам современности.

1. Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 г. № 809 «Об утверждении Основ государственной политики в области стратегического планирования в Российской Федерации».

2. Об итогах работы гражданской авиации России в 2019 году // Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация). URL: <https://favt.gov.ru/documents/596/> (дата обращения: 16.10.2025).

3. Статистика перевозок за 2023-2024 годы. Росавиация. [Электронный ресурс]. URL: <https://favt.gov.ru/statistics> (дата обращения: 16.10.2025).

4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 г. № 3363-р «Об утверждении Стратегии развития транспортной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года».

5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06.11.2021 г. № 3083-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года».

6. Шмелев С.В., Шутова Т.В. Цифровизация логистики: тенденции и проблемы // *Мировая наука* №3(96). 2025. С. 88-92.

Karpov Alexey Vladimirovich, Candidate of Historical Sciences,

Mikhnevich Anastasia Vitalievna, Student,

Chuvatkina Arina Vladimirovna, Student,

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk)

e-mail: uvau@list.ru

Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE AIR TRANSPORT LOGISTICS SYSTEM

The article discusses current challenges and promising areas of digital transformation in aviation logistics. It analyzes statistical data on cargo transportation and government support measures for the industry. The authors identify key problems and propose solutions based on the main trends in modern development and the requirements for deepening digital transformation.

Key words: air logistics; digitalization; artificial intelligence; robotization; cybersecurity; volumetric weight; air cargo transportation.

*Нечаева Татьяна Георгиевна, кандидат экономических наук,
доцент*

Бородич Татьяна Анатольевна

*Межгосударственное образовательное учреждение
высшего образования «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» (Беларусь, Могилев),
e-mail: tanjabor11@gmail.com,
пр-т Мира, 43, г. Могилев, 212000*

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОНОМИКО- МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ГРУЗОБОРОТА ОРГАНИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РАМКАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В статье проводится оценка текущего состояния транспортной и логистической деятельности организации железнодорожного транспорта с использованием горизонтального, вертикального и корреляционно-регрессионного анализа для оценки грузооборота и рекомендации по его развитию за счет цифровизации и автоматизации бизнес-процессов.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование; автоматизация; эффективность

В Республике Беларусь обеспечение перевозки грузов и пассажиров наиболее креативно и эффективно осуществляется посредством железнодорожного транспорта. Железнодорожный транспорт как структурообразующая подсистема перевозочных бизнес-процессов в условиях цифровизации экономики успешно модернизируется и развивается, обеспечивая тем самым безопасность, бесперебойность и надежность функционирования транспортного комплекса страны.

В современных условиях с учетом особенностей геополитических событий, оказывающих влияние на процессы реализации продукции предприятий Республики Беларусь на рынке транспортно-логистических услуг особое место отводится качеству взаимодействия промышленных предприятий – экспортеров продукции и организаций осуществляющих транспортное обслуживание на полигоне ЕАЭС и дружественных стран, способных организовать доставку продукции потребителям с наименьшими временными и стоимостными характеристиками.

Проведенный анализ деятельности железнодорожного предприятия Могилевской области позволяет сделать следующие выводы. По итогам работы 2023 год в сравнении с 2022 годом по объемным показателям стал для отделения более благоприятным. Так, объем перевозок грузов по итогам работы за 2023 год составил более 37,4 млн тонн или 102,1 % к плану и 113,1 % к 2022 году [1].

В структуре перевезенных грузов в 2023 году сохраняет тенденцию стабильного увеличения доля вывоза (48 % в 2023 году против 36,5 % в 2022 году), в том числе за счет увеличения экспорта (70 % в 2023 году против 56,1 % в 2022 году). Однако снизилась доля внутриреспубликанских перевозок с 53,3 % до 44,0 % в 2023 году, а также доля ввоза с 10 % до 7,9 % в 2023 году.

Вывоз увеличился за счет перевозок химических и минеральных удобрений, химикатов, соли, грузов в контейнерах.

Снижение внутриреспубликанских перевозок произошло за счет бумаги, зерна, лесных грузов, нефтепродуктов, торфа, жмыхов, продовольственных товаров, удобрений и черных металлов.

Ввоз уменьшился из-за снижения перевозок каменного угля, комбикорма, лесных грузов, нефтепродуктов (газы), продовольственных товаров, сахара, строительных грузов, удобрений и шлаков.

Наибольший рост погрузки в 2023 году, достигнут основным грузоотправителем ОАО «Беларуськалий». От всего отгружаемого отделением дороги объема грузов доля погрузки этого объединения увеличилась с 55 % в 2022 году до 66 % в 2023 году более 11,5 млн тонн или 165,7 % к 2022 году, с остальными клиентами – 34 %.

Введение в 2022 году экономических ограничений в отношении белорусских предприятий потребовало пересмотра рынков сбыта и составление в 2023 году новых логистических схем перевозки продукции.

В 2023 году со станций отделения перевезено и отправлено 1 326 контейнерных поездов со станций: Калий – 1 239; Могилев – 39; Заднепровская – 26; Луполово – 22. Доля структуры груженых контейнеров в разрезе видов сообщений в 2024 году составил транзит 34 %, вывоз 50 %, ввоз 16 %.

Отделением составлены новые логистические схемы перевозок грузов:

- контейнерными поездами в направлении российских портов Северо-Западного региона России;
- контейнерными поездами через порта Черного и Азовского морей;
- по «сухопутным» маршрутам в направлении стран Центральной Азии, Китая, Азиатско-Тихоокеанского региона;

– через порты Каспийского моря с использованием международного транспортного коридора «Север – Юг» в страны ближнего востока.

Лидирующую позицию за 2024 год по объему вывоза грузов по странам занимает Российская Федерация перевезено 12 144 256 тонн, основные перевезенные грузы это лесные, сборные химические и минеральные удобрения.

Проведенный анализ деятельности РУП «Могилевское отделение Белорусской железной дороги» по международным перевозкам показал сокращение грузооборота в 2021–2022 годах и его незначительный рост в 2023 году. Данный показатель является одним из ключевых при оценке эффективности международных перевозок.

Для разработки путей увеличения грузооборота, необходимо установить, какой из факторов оказывает наибольшее влияние на рост данного показателя. Для этого необходимо установить взаимосвязь между грузооборотом и основными показателями, которые характеризуют эффективность организации грузовых перевозок, а именно: погрузка/выгрузка, средняя участковая скорость, простой на одной технической станции, простой под погрузкой/разгрузкой, производительность локомотива, среднесуточный пробег локомотива, процент проследования грузовых поездов.

Для установления тесноты и формы связи между данными показателями воспользуемся корреляционно-регрессионным анализом.

Изучение корреляционных зависимостей основывается на исследовании таких связей между переменными, при которых значения одной переменной, ее можно принять за зависимую переменную, «в среднем» изменяются в зависимости от того, какие значения принимает другая переменная, рассматриваемая как причина по отношению к зависимой переменной [2].

При построении многофакторной корреляционно-регрессионной модели последовательно выполняется ряд этапов [2].

- 1 Априорное исследование экономической проблемы.
- 2 Формирование перечня факторов и их логический анализ.
- 3 Сбор исходных данных и их первичная обработка.
- 4 Спецификация функции регрессии.
- 5 Оценка функции регрессии.
- 6 Отбор главных факторов.
- 7 Проверка адекватности модели.
- 8 Экономическая интерпретация.
- 9 Прогнозирование неизвестных значений зависимой переменной.

Сводная таблица основных статистических характеристик данных, сформированная с помощью инструмента анализа

«Описательная статистика» в MS Excel (рис. 1) позволяет сделать вывод об однородности представленной информации, так как коэффициент вариации по всем показателям ниже 33 %.

Экссесс и асимметрия меньше, чем полуторные соответствующие погрешности, т.е. данные соответствуют нормальному закону распределения.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		Грузооборот, млн. ткм/сут	Погрузка, ваг./сут	Выгрузка, ваг./сут	Участковая скорость без в/п	Простой на 1 техн.ст-ч	Простой под 1-й груз.опер.	Производ локомот ива	% прослед.гр уз.поездв	Ср.сут.п робег лок.	
1											
2											
3	Среднее	111,5438966	3626,817	2609,0793	40,242759	9,31448276	33,6851724	1198,621	98,52069	445,6552	
4	Стандартная ошибка	3,624007588	121,4019	65,90678	0,2686946	0,25709565	1,02636688	13,48173	0,1319967	4,24376	
5	Медиана	115,903	3884,3	2672	40,3	9,52	35,7	1190	98,6	446	
6	Мода	#N/D	#N/D	#N/D	40,6	8,47	#N/D	#N/D	99,1	#N/D	
7	Стандартное отклонение	19,51587813	653,7691	354,91887	1,4469645	1,38450245	5,5271548	72,60136	0,7108241	22,85335	
8	Дисперсия выборки	380,869499	427414,1	125967,41	2,0937064	1,91684704	30,5494401	5270,958	0,5052709	522,2754	
9	Экссесс	-1,05278754	-1,01052	-0,6667587	0,8809187	0,1855196	0,15874806	-0,830554	-0,6402895	-1,03262	
10	Асимметричность	-0,31991597	-0,54938	0,0346064	-0,2076662	0,18927245	-0,5739941	0,55561	-0,176348	-0,17402	
11	Интервал	70,32	2084	1284	7,08	5,93	20,6	241	2,4	73,1	
12	Минимум	73,72	2405	1957	36,38	6,41	19,14	1103	97	408	
13	Максимум	144,04	4489	3241	43,46	12,34	39,74	1344	99,4	481,1	
14	Сумма	3234,773	105177,7	75663,3	1167,04	270,12	976,87	34760	2857,1	12924	
15	Счет	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
16	Уровень надежности(95%)	7,423443026	248,6805	135,00392	0,5503959	0,52663657	2,10241725	27,61608	0,270383	8,692948	
17	K-т вариации	17,50	18,03	13,60	3,60	14,86	16,41	6,06	0,72	5,13	
18	Погрешность										
19	коэффициента асимметрии Sa	0,754	4,367	3,217	0,205	0,201	0,402	1,455	0,144	0,816	
20	коэффициента эксцесса Se	1,132	6,550	4,826	0,308	0,301	0,602	2,183	0,216	1,225	
21	Погрешность эксцесса										
22		0,706									
23		1,060									

Рис. 1. Основные статистические характеристики факторов

Сформированная матрица коэффициентов парной корреляции (рис. 2) свидетельствует о том, что из всех факторов, представленных в модели, наибольшее влияние на грузооборот оказывает погрузка (на 94,77 % вариация грузооборота обусловлена изменением объема погрузки), затем выгрузка и процент проследования грузовых поездов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Грузооборот, млн. ткм/сут	Погрузка, ваг./сут	Выгрузка, ваг./сут	Участковая скорость без в/п	Простой на 1 тсж.ст и	Простой под 1-й груз.опер.	Производ. локомотива	% прослед. груз.поезд. доо	Ср.сут.п. пробега ло.
1		1								
2	Грузооборот, млн. ткм/сут	1								
3	Погрузка, ваг./сут	0,9477	1,0000							
4	Выгрузка, ваг./сут	0,7968	0,6890	1,0000						
5	Участковая скорость без в/п	-0,2489	-0,1229	-0,3910	1,0000					
6	Простой на 1 техн.ст-и	0,3119	0,4903	0,2319	0,2858	1,0000				
7	Простой под 1-й груз.опер.	0,4358	0,4464	0,2180	0,1280	0,6291	1,0000			
8	Производ. локомотива	-0,0630	-0,1761	-0,3812	0,1707	-0,4373	-0,0732	1,0000		
9	% прослед. груз.поездов	0,6148	0,6619	0,4256	0,2215	0,4309	0,5342	-0,0935	1,0000	
10	Ср.сут.пробег ло.	-0,3266	-0,3349	-0,5848	0,6771	-0,1181	-0,0426	0,6408	-0,2254	1
11										

Рис. 2. Матрица коэффициентов парной корреляции

Следующий этап анализа – проведение регрессионного анализа.

Нескорректированный коэффициент множественной детерминации (табл. 1) $R^2 = 0,9553$ оценивает долю вариации результата за счет представленных в уравнении факторов в общей вариации результата.

Здесь эта доля составила 95,53 % и указывает на то, что между результатом и факторами очень тесная связь. Скорректированный коэффициент множественной детерминации 0,9374 дает такую оценку тесноты связи, которая не зависит от числа факторов в модели и потому может сравниваться по разным моделям с разным числом факторов. Оба коэффициента указывают на высокую детерминированность результата в модели представленными факторами.

Таблица 1

Регрессионная статистика

Показатель	Уровень
Множественный R	0,9774
R–квадрат	0,9553
Нормированный R–квадрат	0,9374
Стандартная ошибка	4,8828
Наблюдения	29

Оценку надежности уравнения регрессии в целом дает F–критерий Фишера. Расчетный критерий Фишера $F_{\text{факт}} = 10,9$. Вероятность получить такое значение F – критерия составляет $8,65 \cdot 10^{-12}$, что не превышает допустимый уровень значимости 5 %. Следовательно, полученное значение коэффициента детерминации не случайно, оно сформировалось под влиянием существенных факторов, т.е. подтверждается статистическая значимость всего построенного уравнения регрессии.

В результате исследования получено следующее уравнение регрессии (табл. 2):

$$G_{об} = -164,91 + 0,026 \cdot П + 0,0059 \cdot В - 2,55 \cdot Уч - 2,56 \cdot Пг + 0,0000016 \times \\ \times Прл + 0,441 \cdot Прг + 2,2089 \cdot \%слгр + 0,135 \cdot СрПр, \quad (1)$$

где П – погрузка, ваг./сут.;

В – выгрузка, ваг./сут.;

Уч – участковая скорость без в/п, км/ч;

Пг – простой на 1 технической станции, ч;

Прг – простой под 1-й грузовой операцией, ч;

Прл – производительность локомотива;

%слгр – % проследования грузовых поездов

СрПр – среднесуточный пробег локомотива, км.

Коэффициенты регрессии статически значимы и надежны, т.е. получены неслучайным образом, о чем свидетельствует статистика Стьюдента: расчетное значение (t – статистика) больше табличного $t_{20;0,05}=2,09$.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что для увеличения грузооборота необходимо повышать объемы погрузки и выгрузки, а также производительность локомотива, среднесуточный пробег локомотива, процент проследования грузовых поездов. А также снижать простой на 1 технической станции и участковую скорость.

С учётом присутствия в регрессионной модели факторов, имеющих различные единица измерения, целесообразно рассчитать коэффициенты эластичности, которые дают возможность оценить, как изменится грузооборот при росте факторов на 1 %.

Таблица 2

Вычисление параметров уравнения множественной корреляции

Показатель	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение
Y-пересечение	-164,91	236,035	-0,699	0,493
Погрузка, ваг./сут	0,026	0,004	7,116	0,000
Выгрузка, ваг./сут	0,0059	0,006	2,257	0,032
Участковая скорость без в/п, км/ч	-2,55	1,444	-2,176	0,049
Простой на 1 технической станции, ч	-2,56	1,314	-2,195	0,047
Простой под 1-й грузовой операцией, ч	0,441	0,257	2,719	0,010
Производительность локомотива	0,000016	0,024	2,101	0,050
% проследования грузового поездов	2,2089	2,591	2,119	0,040
Среднесуточный пробег локомотива, км	0,135	0,108	2,358	0,022

Получены следующие коэффициенты эластичности – табл. 3.

Таблица 3

Расчет коэффициентов эластичности

Показатель	Коэффициент эластичности
Погрузка, ваг./сут.	0,8467
Выгрузка, ваг./сут.	0,1388
Участковая скорость без в/п, км/ч	-0,9185
Простой на 1 технической станции, ч	-0,2135
Простой под 1-й грузовой операцией, ч	0,1332
Производительность локомотива	0,0002
% проследования грузового поездов	1,9510
Среднесуточный пробег локомотива, км	0,5406

Следовательно, для более быстрого роста грузооборота железнодорожного предприятия рекомендуется разрабатывать мероприятия по росту процента проследования грузовых поездов и среднесуточного пробега локомотива, снижению участковой скорости и простоя на 1 технической станции.

В качестве мероприятий, позволяющих достичь поставленных целей предлагается:

– внедрение искусственного интеллекта в процесс перевозки грузов железнодорожным транспортом и сферу логистики, что позволит сократить время обслуживания клиентов, автоматизировать процесс экспедирования, контролировать движение грузов в реальном времени, оптимизировать логистическую схему доставки грузов. При этом предприятию необходимо обеспечить условия кибербезопасности, что даст возможность не допускать ошибок и перерывов в обслуживании, вызванных кибератаками, нарушающими работу железнодорожной отрасли;

– введение в эксплуатацию электронных габаритных ворот, беспилотных летательных аппаратов и цифрового приемосдатчика, что позволит контролировать осмотр подвижного состава в коммерческом и техническом состоянии на станциях ПКО, и осмотр груженых вагонов на наличия правильности погрузки и крепления грузов от грузополучателей на промежуточных станциях без финансовых потерь.

1 Бухгалтерский отчет БЖД [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://belzhd.info/news/buhgalterskij-otchet-bzhd-sploshnye-ubytki-i-manipulyaczii/> (дата обращения: 20.05.2025)

2 Юрьева, А. А. Математическое программирование : учеб. пособие – 2-е изд., испр. и доп. – Спб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2021.

*Nechaeva Tatyana Georgievna, PhD in Economics, Associate Professor
Borodich Tatyana Anatolyevna
Interstate Educational Institution of Higher Education
"BELARUSIAN-RUSSIAN UNIVERSITY"
(Belarus, Mogilev), e-mail: tanjabor11@gmail.com.
43 Mira Ave., Mogilev, 212000*

**APPLICATION OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL
MODELING IN DEVELOPING CARGO TURNOVER
DEVELOPMENT DIRECTIONS FOR RAILWAY
TRANSPORTATION AS PART OF IMPROVING TRANSPORT AND
LOGISTICS ACTIVITIES**

This article assesses the current state of transport and logistics activities of a railway transport organization using horizontal, vertical, and correlation-regression analysis to evaluate freight turnover and provides recommendations for its development through digitalization and automation of business processes.

Key words: economic and mathematical modeling; automation; efficiency.

Каснакин Константин Вадимович, экономист,
магистрант,
Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники (Беларусь, Минск),
e-mail: kostyaqrb@outlook.com,
ул. Петруся Бровки, 6, г. Минск, 220013

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТА: ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ НАВИГАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПАССАЖИРОВ

Рассматриваются системы информирования пассажиров для подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта, эксплуатируемые перевозчиками в Республике Беларусь. Дается краткая характеристика функциональных возможностей, аппаратного и программного обеспечения. Описываются основные принципы проектирования и условия реализации навигационных решений в системах информирования пассажиров. Приводятся примеры авторских разработок в данной области.

Ключевые слова: маршрутный пассажирский транспорт; информационная система; информирование пассажиров; информационное обеспечение; навигационное решение

Информационное обеспечение пассажиров маршрутного транспорта является важной задачей организации перевозок. Качественно спроектированная и успешно реализованная система навигации на транспорте повышает уровень комфорта пассажиров, помогает создавать позитивный образ маршрутного транспорта, что, в свою очередь, положительно сказывается на городской мобильности. На подвижном составе маршрутного транспорта эта задача решается с помощью информационных систем – программно-аппаратных комплексов, установленных в салоне каждой подвижной единицы [1].

В Республике Беларусь развитие этой области масштабно началось с 2000-х годов, когда новый подвижной состав стал массово комплектоваться информационными системами белорусского производства. До этого времени в транспортных парках использовались только речевые информаторы, и это явление не имело повсеместный характер. По состоянию на 2025 год на подвижном составе маршрутного пассажирского транспорта Республики Беларусь используется более шести типов информационных систем, три из которых – отечественного производства.

Стандартный комплект современной информационной системы для подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта состоит из следующих аппаратных компонентов:

- переднее внешнее табло для вывода информации о маршруте;
- боковое внешнее табло для вывода информации о маршруте;
- заднее внешнее табло для вывода информации о маршруте;
- салонное табло или экран для вывода информации о маршруте и остановках;
- пульт управления системой в кабине водителя.

Программное обеспечение представляет собой программы контроллеров аппаратных компонентов и программное обеспечение для ОС Windows для подготовки и записи на съёмные носители информации о маршрутах и остановках, которая будет предоставляться пассажирам во время работы системы на транспортном средстве [2; 3].

Базовый функционал информационных систем, представленных на подвижном составе маршрутного пассажирского транспорта в Республике Беларусь, позволяет предоставлять пассажирам следующую информацию:

- номер маршрута на внешних табло;
- конечный пункт следования на внешних табло;
- объявление текущей и следующей остановок;
- объявление произвольной информации после объявления следующей остановки;
- вывод названий текущей и следующей остановок на салонное табло;
- вывод на салонное табло произвольной информации при следовании транспортного средства к следующей остановке [4].

Далее приведено краткое описание наиболее распространённых в Республике Беларусь информационных систем подвижного состава.

Одной из первых белорусских разработок в сфере информационных систем подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта стала «Система информационная транспорта» (далее – ИС «Интеграл») производства завода «Электроника». Система представляет собой попытку реверс-инжиниринга системы производства Buse s. r. o. (Бланско, Чехия), архитектура аппаратного и программного обеспечения частично аналогична архитектуре чешской системы.

Ключевой особенностью ИС «Интеграл» является способ её программирования: пульт управления работает в качестве интерпретатора команд, а файлы описания маршрутов являются скриптовыми файлами. Программное обеспечение для подготовки данных, поставляемое с системой, позволяет создавать такие файлы через графический интерфейс, предоставляя базовый функционал, а при

ручном написании скриптов можно значительно расширить возможности системы. Например, выводить список ключевых остановок маршрута на салонное табло, изменять порядок объявлений, добавлять и удалять любые из них, выводить дату и время на салонном табло, изменять информацию на внешних табло на любом участке маршрута несколько раз за рейс, а не только при смене маршрута. Часть скрипта маршрута представлена на рисунке 1.

```
<unit158> ">Дарашэвіча" { s 0, p 005, v "\mp3\01.mp3",  
p 088, v "\mp3\02.mp3", v "\mp3\03.mp3", w 01, l 006  
601, s 2, r 001 017 018 000, v "\mp3\04.mp3", w 01, p  
005, d 003, p 088, d 000, n 159 }  
<unit159> " Дарашэвіча" { s 0, p 088, v "\mp3\05.mp3",  
v "\mp3\06.mp3", v "\mp3\07.mp3", v "\mp3\08.mp3", v  
"\mp3\09.mp3", p 228, d 000, n 160 }
```

Рис. 1. Пример файла описания маршрута для ИС «Интеграл».

Готовая настройка представляет собой набор аудиофайлов объявлений, текстовых файлов с описанием маршрутов и текстом для салонного табло, а также набор бинарных файлов с данными внешних табло. Носителем информации является карта памяти MicroSD или SD (в пульты ранних версий – MMC).

К преимуществам ИС «Интеграл» можно отнести:

- хранение данных в не скомпилированном виде, что облегчает подготовку и редактирование информации сторонними средствами;
- гибкую настройку вывода информации при написании скриптов вручную;
- возможность создания более двух рейсов в одном маршруте при ручном написании скриптов;
- высокое качество звука объявлений;
- наличие редактора шрифтов внешних табло.

Среди недостатков системы можно выделить:

- наличие множества не описанных в документации особенностей выполнения пультом управления команд скриптового языка, которые следует учитывать во избежание искажения выводимой информации;
- высокую трудозатратность настройки системы при ручном написании скриптов и низкую вариативность настройки при использовании заводского программного обеспечения для ускорения настройки.

Первая информационная система для подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта была разработана на Минском электромеханическом заводе (далее – ИС «МЭМЗ»). Базовый

функционал системы идентичен аналогам. Маршрутная информация подготавливается с помощью программного обеспечения «Комплекс» и хранится в базе данных под управлением СУБД Paradox (реляционной системы управления базами данных), а перед записью на карту памяти MMC компилируется в бинарный файл.

К преимуществам ИС «МЭМЗ» можно отнести:

- простоту использования программы подготовки маршрутных данных;

- возможность вывода произвольной графики на внешние табло.

К недостаткам системы относятся:

- крайне низкое качество звука, обусловленное программными особенностями;

- большой объём маршрутных данных из-за хранения аудиофайлов в несжатом формате WAV;

- строго заданные шаблоны вывода звуковой информации.

С 2009 года Минским электромеханическим заводом было начато производство новой модификации информационной системы, а старая модификация снята с производства. Аппаратное обеспечение системы было значительно переработано, а программное обеспечение полностью заменено, что привело к несовместимости как компонентов систем разных модификаций, так и используемых пультами управления файлов данных. Таким образом, при одновременной эксплуатации двух модификаций системы требуется подготовка одних и тех же данных о маршрутах в разных форматах с использованием различных программных средств. Из преимуществ новой модификации системы можно отметить только замену внешних блинкерных табло на светодиодные. К недостаткам системы, помимо недостатков прошлой версии, следует отнести ещё более строгий шаблон вывода информации и относительно громоздкий интерфейс программы для подготовки данных, что кратно увеличивает время подготовки аналогичной маршрутной информации по сравнению с другими информационными системами.

С начала 2020 года на подвижном составе маршрутного пассажирского транспорта в г. Минске устанавливалась информационная система «Искра» производства российской компании «Искра-Уфа». Система поддерживает автоматическое включение объявлений об остановках на основании географического положения транспортного средства (далее – объявления или работа по GPS). На транспортных средствах, поставляемых в г. Минск установлен пульт «Искра-03/ETH», который имеет встроенный накопитель и возможность загрузки информации о маршрутах через сеть Интернет с сервера перевозчика.

К преимуществам информационной системы «Искра» относятся:

- дружественный интерфейс программного обеспечения для подготовки маршрутов (за исключением редактора данных табло);
- возможность объединения маршрутов в папки для облегчения навигации водителю;
- возможность гибкой настройки вывода звуковой и визуальной информации стандартными средствами;
- возможность быстрой генерации плейлистов объявлений и текста для табло по настраиваемым шаблонам;
- полноцветные светодиодные табло высокого разрешения, позволяющие использовать цвет как значащий элемент навигации;
- возможность работы по GPS;
- относительно высокий уровень надёжности аппаратных компонентов системы;
- наличие встроенного накопителя и возможность загрузки данных о маршрутах через сеть Интернет.

Среди недостатков информационной системы можно выделить следующие:

- отсутствие каскадного обновления и удаления данных в маршрутах при изменении базы данных остановок, что приводит к необходимости ручного редактирования всех маршрутов при изменении атрибутов остановки;
- трудоёмкая настройка вывода информации на внешние табло в случаях, когда требуется не применять стандартный шаблон;
- возможность настройки только одного шаблона для вывода информации.

На рисунке 2 представлен пример использования переднего табло системы «Искра» для вывода информации о маршруте в три строки, а также использование пиктограмм.

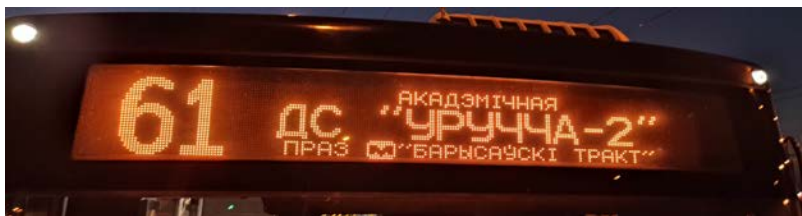
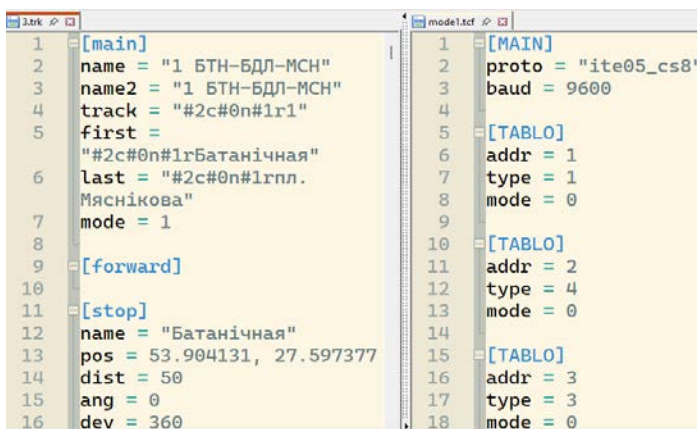


Рис. 2. Использование табло высокого разрешения для вывода примечаний.

В 2024 году в г. Минске начата эксплуатация подвижного состава с информационной системой ITLINE. Пульт управления системой работает с картами памяти MicroSD, на которые записывается маршрутная информация. Файлы данных представляют собой аудиофайлы в различных форматах и INI-файлы с описанием маршрутов и конфигурацией компонентов системы, что позволяет осуществлять подготовку данных для информационной системы сторонними средствами, не используя стандартное программное обеспечение. Пример синтаксиса файлов представлен на рисунке 3.



```
l.trk
1 [main]
2 name = "1 БТН-БДЛ-МСН"
3 name2 = "1 БТН-БДЛ-МСН"
4 track = "#2с#0n#1r1"
5 first =
"#2с#0n#1rБатанічная"
6 last = "#2с#0n#1rпл.
Мяснікова"
7 mode = 1
8
9 [forward]
10
11 [stop]
12 name = "Батанічная"
13 pos = 53.904131, 27.597377
14 dist = 50
15 ang = 0
16 dev = 360

model.tcf
1 [MAIN]
2 proto = "ite05_cs8"
3 baud = 9600
4
5 [TABLE]
6 addr = 1
7 type = 1
8 mode = 0
9
10 [TABLE]
11 addr = 2
12 type = 4
13 mode = 0
14
15 [TABLE]
16 addr = 3
17 type = 3
18 mode = 0
```

Рис. 3. Пример файла описания маршрута и файла конфигурации для ITLINE.

К преимуществам информационной системы ITLINE можно отнести:

- возможность работы по GPS;
- простой формат файлов данных;
- полноцветные светодиодные табло высокого разрешения.

К недостаткам системы ITLINE относятся:

- конструктивные недоработки корпуса пульта: карта памяти легко может провалиться в корпус пульта при попытке вставить её в разъем;
- отсутствие единой базы остановок, что приводит к необходимости ручного создания и редактирования атрибутов остановок в каждом рейсе каждого маршрута;
- множественные ошибки программного обеспечения контроллера пульта управления и табло: включение объявлений ещё при выборе маршрута, исчезание номера маршрута на табло и др.;
- невозможность навигации по списку остановок рейса в обратном направлении при выборе остановки в меню пульта;

– отсутствие редактора шрифтов табло и необходимость обновлять программу контроллера табло для их изменения.

Помимо описанных выше информационных систем, в Республике Беларусь на подвижном составе маршрутного пассажирского транспорта остаются в эксплуатации единичные экземпляры других информационных систем и речевых информаторов, преимущественно устаревших моделей, снятых с производства (например: «Рита», «Маршрут», «Агит», «Урал»).

Таким образом, информационные системы, используемые на подвижном составе, имеют существенные отличия в программном обеспечении, а из-за особенностей их архитектуры гибкая настройка часто крайне сложна – как правило, для изменения функциональных возможностей требуется изменение программ контроллеров аппаратных компонентов системы, что является крайне затратным процессом, и часто объективно невозможным для организаций-перевозчиков, эксплуатирующих подвижной состав.

Для эффективного применения информационных систем для пассажиров целесообразно разработать концепцию навигационных решений – правил и стандартов оформления, содержания и представления информации. Приемлемое для пассажиров навигационное решение должно быть построено на основе следующих принципов:

1. Доступность информации: её наличие, удобство восприятия. Крупный шрифт, простые формулировки;
2. Актуальность информации: предоставление в каждый момент времени только той информации, которая может повлиять на принятие пассажиром навигационных решений;
3. Непротиворечивость информации: использования форм и формулировок, не допускающих двоякого толкования;
4. Полнота информации: предоставление максимально возможного набора актуальных для пассажира сведений в одном месте. Например, указание маршрута движения транспортного средства на салонной бегущей строке.

При этом на реализацию навигационного решения на подвижном составе влияют следующие факторы:

1. Программно-аппаратная архитектура и функциональные возможности используемых информационных систем;
2. Действующие нормативно-правовые акты в сфере пассажирских перевозок;
3. Трудоёмкость подготовки и поддержания актуальности информации.

На основании приведённых принципов и с учётом условий реализации автором разработан ряд скриптовых программ (далее – настроек) для различных информационных систем подвижного состава под рабочим названием «Кірунак».

«Кірунак «Минский трамвай» для ИС «Интеграл» и ИС «МЭМЗ» содержит настройку с информацией для минской трамвайной сети и может эксплуатироваться филиалом «Трамвайный парк» государственного предприятия «Минсктранс» на трамвайных вагонах в г. Минске. Информационное наполнение настройки отличает:

- наличие всех возможных вариантов трасс всех трамвайных маршрутов, включая объездные и сокращённые рейсы, используемые для организации движения при ДТП или других нештатных ситуациях на линии;
- группировка рейсов и маршрутов в меню системы для облегчения смены маршрута водителем;
- единый стиль представления информации на внешних табло, в том числе для изменённых рейсов;
- единый порядок объявлений пассажирам, в том числе при нештатных ситуациях;
- дополнительные объявления на остановках о пересадках на метро; о выходе на проезжую часть;
- объявления пассажирам об экстренной смене маршрута движения, воспроизводимые при смене маршрута водителем;
- объявления пассажирам заранее обо всех остановках на изменённом участке трассы;
- единую, интуитивно понятную систему описания маршрутов и трасс для водителей, что позволяет описывать сложные трассы короткими названиями, обходя ограничения информационных систем на длину названий маршрутов;
- дополнительно для ИС «Интеграл» – вывод на салонное табло номера маршрута, направления движения и ключевых остановок и пересадок в дополнение к текущей и следующей;
- дополнительно для ИС «МЭМЗ» – объявление текущей и следующей остановок нажатием одной, а не разных кнопок.

Вид внешних табло настройки представлен на рисунке 4.

Для витебского трамвайного депо разработан и введён в опытную эксплуатацию «Кірунак «Витебский трамвай» для ИС «Интеграл» и информационной системы «Агит» (далее – ИС «Агит»), а также для речевого информатора «Рита-03». Содержимое настроек для разных систем унифицировано, и во многом аналогично настройке «Минский трамвай». Дополнительно для ИС «Агит» реализован аналогичный вывод на салонное табло маршрута, направления и ключевых остановок, а также использование различных шрифтов для салонного табло для

выделения различных блоков информации. Организация вывода информации на внешние табло представлена на рисунке 5.

При реализации описанных навигационных решений применены методы реверс-инжиниринга и приёмы низкоуровневого программирования (в частности, редактирование и создание с нуля бинарных файлов) для обхода ограничений информационных систем без необходимости обновления программы контроллера пульта управления. Для облегчения разработки и поддержки различных настроек для информационных систем автором разработано специализированное программное обеспечение, автоматизирующее процессы генерации файлов с данными для информационных систем из удобно редактируемой базы данных на персональном компьютере.

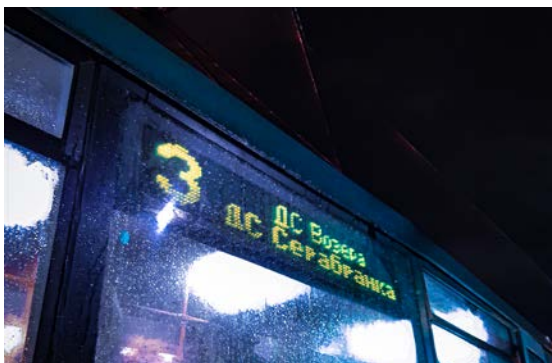


Рис. 4. Внешние табло, ИС «МЭМЗ», настройка «Кірунак», Минск



Рис. 5. Внешние табло, ИС «Интеграл»,
настройка «Кірунак», Витебск

Таким образом, проектирование и реализация навигационных решений в информационных системах для пассажиров маршрутного транспорта требует учёта различных факторов, всестороннего планирования и сочетания знаний разработчиков из различных сфер – теоретических аспектов представления информации с практическими навыками программирования.

1. Планирование устойчивой городской мобильности : монография / И. Н. Пугачев, А. О. Лобашов, С. С. Семченков, Е. Н. Кот, Д. В. Капский, С. В. Богданович. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2023. – 147 с.

2. Основы автоматизации интеллектуальных транспортных систем : учебник / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, С. В. Богданович, О. Н. Ларин, С. С. Семченков. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 412 с.

3. Устойчивая городская мобильность: теория и практика развития : учебник / А. О. Лобашов, С. С. Семченков, Е. Н. Кот, Д. В. Капский, С. В. Богданович, О. Н. Ларин. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 236 с.

4. Маршрутный транспорт городов Полоцка и Новополоцка: эффективность и тенденции развития / Д.В. Капский и др. - Новополоцк : Полоцкий государственный университет, 2021. - 308 с.

*Kasnakin Kanstantsin, economist, graduate student
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
(Belarus, Minsk), e-mail: kostyaqrb@outlook.com,
Piatrusia Broŭki st., 6, Minsk, 220013*

INFORMATION SYSTEMS FOR ROUTE TRANSPORT: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF NAVIGATION SOLUTIONS FOR PASSENGERS

The article discusses passenger information systems for route passenger transport vehicles operated by transport companies in the Republic of Belarus. A brief description of the functional capabilities, hardware, and software is provided. The basic design principles and implementation conditions for navigation solutions in passenger information systems are described. Examples of the author's developments in this field are provided.

Key words: route passenger transport; information system; passenger information; information support; navigation solution

Земба Алексей Петрович, инженер, магистрант
Семченков Сергей Сергеевич, кандидат технических наук,
доцент

Белорусский национальный технический университет
(Беларусь, Минск) e-mail: atf@bntu.by
ул. Я.Коласа, д.12, к. 2, г. Минск, 220013

ИНТЕГРАЦИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ ПЕРЕВОЗОЧНОМ ПРОЦЕССЕ КАК СЕРВИСА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ГОРОДСКОМ ПАССАЖИРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье рассматривается вопрос применения геоинформационных технологий для формирования и корректировки маршрутной сети городов и агломераций

Ключевые слова: геоинформационные системы; ГИС; карты; планирование; изучение; пассажиропоток; маршрутный пассажирский транспорт; регулярное сообщение; QGIS.

Формирование транспортного предложения (со стороны транспорта общего пользования) представляет собой процесс постоянного исследования потребностей жителей населенных пунктов и реорганизации связей.

В условиях существования устоявшихся транспортных связей и корреспонденций, формирование транспортного предложения преимущественно состоит из корректировки действующих маршрутов и их параметров: точечные изменения схем маршрутов, выполнения остановок по трассам следования, изменение режимов работы транспортных средств и интервалов движения.

На 01.09.2025 маршрутная сеть г. Минска представлена 292 маршрутами (220 – автобусных, 64 – троллейбусных, 8 – трамвайных) и 3 линиями метрополитена (36 станций). Перевозки пассажиров обеспечиваются 1936 подвижными единицами (1015 автобусов (52 %), 108 электробусов (6 %), 137 трамвайных вагонов (7 %), 676 троллейбусов (35 %), из которых 41 % подвижных единиц с автономным ходом).

Учитывая большой масштаб комплекса транспорта общего пользования г. Минска, высокую нагруженность на уличную сеть

комбинированного типа и численность населения города (1,9 млн человек [1]), транспортное обслуживание представляет собой трудо- и времяёмкий процесс взаимодействия с различными ведомствами, изучение особенностей организации дорожного движения, выявление неявных объектов притяжения и потребностей жителей в поездках, составление матриц корреспонденции и иные исследования.

При этом транспортное предложение, помимо прямого экономического отражения, содержит в себе большое социальное выражение: неверное планирование маршрутной сети и сопутствующих её параметров приводит к массовому недовольству пользователей транспорта общего пользования. Череда неверных решений приводит к оттоку числа постоянных пассажиров и, как следствие, потере фундаментальной функции маршрутного пассажирского транспорта с одновременным возрастанием экономических затрат на его функционирование.

Выполняя прямую функцию транспортировки пассажиров к объектам тяготения, отдельные элементы маршрутной сети г. Минска несут социально важное назначение: перевозка к учреждениям здравоохранения, образования; местам проведения массовых мероприятий; местам массового захоронения и проведения религиозных обрядов. При этом одним из факторов, сопутствующих перевозкам пассажиров, является требование реакции на отзывы пассажиров, что частично ограничивает возможности оператора пассажирских перевозок в части проведения эмпирических исследований и накопления знаний.

Принимая различность назначений перевозок пассажиров и условия их выполнения, при внесении изменений (в том числе точечных) для маршрутов присутствует закономерность в виде реактивного реагирования пассажиров: обратная связь в отдельных случаях растет в геометрической прогрессии. При этом, снижая социальное напряжение, возрастающее среди одной составляющей общего пассажиропотока, присутствует риск потери целевого назначения изменений.

Таким образом, создаются условия для нарушения цикла «Планируй – Делай – Проверь – Действуй» (PDCA) согласно ГОСТ ISO 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [2]. Структура цикла PDCA согласно ГОСТ 9001-2015 представлена на рисунке 1.

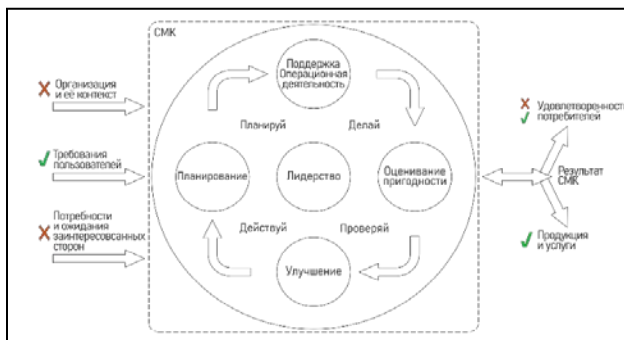


Рис. 1 – структура цикла PDCA согласно ГОСТ 9001-2015 [2]

Так, успешное формирование транспортного предложения, совершенствование организации дорожного движения, управления транспортными потоками и пассажиропотоками требует накопления массива статистической информации о передвижении жителей, объемах их движения, реакции пользователей предложения на изменения и иных сопутствующих данных в привязке с географическими данными.

Успешность выполнения существующей задачи транспортного обслуживания напрямую зависит от получаемых данных.

Интеграция статистических и пространственных данных - таких как сведения о пассажиропотоках, плотности застройки, временных параметрах перемещения с учётом интенсивности транспортного потока и алгоритмов работы светофорных объектов - обеспечивает возможность не только комплексной оценки транспортного состояния городской среды, но и моделирования альтернативных сценариев её развития.

Модель маршрутной сети позволяет обоснованно определить конфигурацию маршрутов, предварительно рассчитать объёмы пассажиропотоков, спрогнозировать загрузку отдельных участков улично-дорожной сети и обеспечить сбалансированное распределение транспорта по территории города.

Основными данными для описания модели служат типовые для транспортного моделирования данные: конфигурация путей сообщения, разбиение площади на территориальные границы и транспортные районы, определение мест формирования пассажиропотоков и мест тяготения, формирование матрицы корреспонденции, применение математических моделей распределение поездок среди пассажиров и выбора вида транспортных средств.

Процедура сбора, систематизации и верификации исходных данных, равно как и применение вычислительных моделей, является трудоёмкой и требует высокой степени автоматизации.

В связи с этим особую актуальность приобретает использование геоинформационных систем (ГИС), содержащих в себе специализированные алгоритмы обработки информации и системы управления базами данных. Которые позволяют комплексно учитывать пространственные, демографические и транспортные факторы и выполнять следующие базовые задачи:

- автоматизированно получать данные (граф дорожной и уличной сетей);
- агрегировать данные по объектам с возможностью дальнейшего расширения параметров;
- создавать дополнительные свойства для имеющихся данных (например, добавления признака объекта притяжения);
- проводить сетевой анализ встроенными инструментами;
- визуализировать данные по критериям (например, оценивать транспортную доступность путем создания изохрон по признакам расстояния либо времени до транспортной инфраструктуры);
- иное.

Несмотря имеющийся широкий функционал, в ГИС также интегрированы интерпретаторы языков программирования (наиболее часто используемый – Python, являющийся простым к освоению и внедрению в существующие процессы), что позволяет создавать пользовательские сценарии обработки данных, а также обеспечивает возможность создания первичных вариантов маршрутной сети на основе задаваемых специалистом правил (например, с учетом распределения пассажиропотоков по направления движения и времени суток). Пример разработки схемы маршрутной сети с использованием ГИС представлен на рисунке 2.



Рис. 2 – Пример разработки схемы маршрутной сети с использованием ГИС

Так, применение ГИС позволяет формировать предварительные варианты маршрутной сети и проводить их количественную оценку на основе пространственно-статистических данных.

Подходы и принципы по сбору и подготовке данных, работы с ГИС входят в состав образовательной программы первой ступени высшего образования отдельных учебных заведений (по специальностям 1-44 01 06 «Эксплуатация интеллектуальных транспортных систем на автомобильном и городском транспорте», 6-05-0715-12 «Интеллектуальная дорожно-транспортная инфраструктура», 1-44 01 02 «Организация дорожного движения и транспортное планирование» Автодорожного факультета БНТУ), что предполагает возможность внедрения описанного в статье подхода в организациях транспортного обслуживания и успешного выполнения вышеуказанных этапов профильными специалистами.

Описанный способ применения ГИС для формирования маршрутной сети дает предварительный результат, не представляется конечным способом формирования транспортного предложения и инструментом транспортного моделирования, однако позволяет в полной мере соблюдать задаваемые параметры и сокращать выполняемый специалистами объем работ (экономить человеко-часы на выполнение задач).

Следует отметить, что множество исходных данных, требуемых для использования в транспортной модели, доступны благодаря поддержке открытого сообщества (пример – картографический сервис «OpenStreetMap») либо конкретным организациям (пример – АО «Яндекс», Google LLC и т.п.). Последующая разработка «общего хранилища данных», доступного для специализированных организаций, с одновременной разработкой специальных протоколов и регламентов передачи данных, может являться начальной точкой создания интеллектуальной транспортной системы, функционирующей в городской среде.

1. Национальный статистический комитет / [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/ssrd-mvf_2/natsionalnaya-stranitsa-svodnyh-vannyh/naselenie_6/chislennost-naseleniya1_yan_poobl/;

2. Системы менеджмента качества. Требования : СТБ ISO 9001-2015. - Введ. 01.03.2016 (с отменой на территории РБ СТБ ISO 9001-2009). - Минск : НПРУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации», 2015. – 24 с

3. Основы автоматизации интеллектуальных транспортных систем : учебник / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, С.В. Богданович, О.Н. Ларин, С.С. Семченков - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 412 с.

4. Accessibility enhancement of mass transit system through GIS based modeling of feeder routes/ [Электронный ресурс] - Режим доступа: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585624000864

Zemba Alexey Petrovich, *Engineer, Graduate student*
Semchenkov Sergey Sergeevich, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*
Belarusian National Technical University
(Belarus, Minsk) e-mail: atf@bntu.by
Yakuba Kolasa street, 12/2, Minsk, 220013

INTEGRATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS INTO THE TRANSPORTATION MANAGEMENT PROCESS AS A SERVICE FOR INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS IN URBAN PASSENGER TRANSPORT

The article discusses the use of geoinformation technologies for the formation and correction of the route network of cities and agglomerations

Key words: geoinformation systems; GIS; maps; planning; study; passenger traffic; scheduled passenger transport; regular service; QGIS.

Раздел 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКИ

УДК 656.132

Гольдман Геннадий Эммануилович, ст. научный сотрудник
Исупов Андрей Анатольевич, магистр техники и технологии
Якубович Сергей Петрович, магистр технических наук
БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»
(Беларусь, Минск), e-mail: autozd@niit.by,
ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ ПО ЗАПРОСАМ. ВОЗМОЖНЫЕ ПРАВОВЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Рассмотрен международный опыт организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам, предложены возможные варианты по созданию правовых условий для его применения в Республике Беларусь.

Ключевые слова: средство мобильной связи; пассажир; водитель; перевозчик; оператор; транспортное средство; законодательство.

Изучение международного опыта [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] показало, что в современных условиях получили широкое распространение, так называемые, «динамические автомобильные перевозки по требованию» или «автомобильные перевозки пассажиров по запросам» с использованием средств сотовой подвижной электросвязи (далее, если не указано иное, – средство мобильной связи), а также информационных систем и ресурсов, размещенных в глобальной компьютерной сети Интернет, владельцами которых обычно являются операторы автомобильных перевозок пассажиров либо автомобильные перевозчики. Такой подход к организации и выполнению автомобильных перевозок пассажиров по запросам, направляемым через приложение¹, установленное на средстве мобильной связи, реализуется с применением похожих информационных и транспортных технологий в США [1] Великобритании [2], Австралии [3], Германии [4], Испании [5], Российской Федерации [6, 7, 8] и во многих других странах мира.

¹ Под приложением понимается компьютерная программа, установленная на средстве мобильной связи (<https://kartaslov.ru/значение-слова/приложение>).

Автомобильные перевозки пассажиров по запросам перевозки, безусловно, могут осуществляться и осуществляются в часы «пик» (например, для поиска попутчиков для поездок по определенному маршруту к месту работы и обратно), но особенно они востребованы в межпиковый период, то есть в период спада пассажиропотока, который сопровождается увеличением интервалов движения транспортных средств, выполняющих перевозки пассажиров в регулярном сообщении. Начальные и конечные пункты маршрутов таких перевозок могут устанавливаться оператором автомобильных перевозок пассажиров либо автомобильным перевозчиком на постоянной основе (по аналогии с выполнением автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении), либо определяться автоматически для каждого рейса на основании анализа данных о запросах, поступивших от пассажиров в реальном режиме времени (по аналогии с выполнением автомобильных перевозок пассажиров автомобилями-такси). Для выполнения перевозок в основном используются транспортные средства категории M_2 (микроавтобусы либо микроэлектробусы), но, в зависимости от размера спроса, могут использоваться как транспортные средства категории M_3 (автобусы либо электробусы средней вместимости), так и M_1 (легковые автомобили либо электромобили). Автомобильные перевозки пассажиров по запросам выполняются в нерегулярном сообщении, но возможности для направления запросов ограничены определенным временным промежутком: от времени начала до времени окончания работы транспортных средств на линии (по аналогии с выполнением автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении). Приложением, посредством которого осуществляется организация и выполнение автомобильных перевозок пассажиров по запросам, обычно предусматриваются пользовательские интерфейсы для пассажиров и водителей. Изучение российского опыта [6], на примере реализации на территории Троицкого и Новомосковского административных округов г. Москвы пилотного проекта «По пути», показало, что для получения доступа к информации, необходимой для совершения поездки по запросу, заинтересованному в ней лицу (далее – пользователь), требуется совершить следующие действия. Прежде всего, пользователю следует установить на принадлежащем ему средстве мобильной связи приложение «По пути», а также зарегистрироваться на нем, посредством введения личных данных (логина и пароля), а также данных банковской карты (в случае намерения совершить поездку). После чего, для отправки запроса на совершение поездки пользователю требуется отметить на электронной карте пользовательского интерфейса пассажира приложения «По пути» свое месторасположение, требуемое место прибытия, количество пассажиров (в случае, если пользователь

намеревается ехать не один). В качестве одобрения вышеуказанного запроса пользователь посредством приложения «По пути» получает уточненные сведения об остановочных пунктах посадки в транспортное средство и высадки из него, о планируемом времени ожидания прибытия транспортного средства на назначенные остановочные пункты и времени в пути, а также предложение о совершении предоплаты за поездку, которая осуществляется автоматически посредством списания денежных средств с банковской карты. В случае согласия с предложенными условиями пользователь подтверждает свое намерение совершить поездку, а также вносит предоплату за нее. Для подтверждения заключения договора автомобильной перевозки пассажира пользователь проходит идентификацию при посадке в транспортное средство (при посадке в транспортное средство требуется отсканировать QR-код, размещенный при входе в данное транспортное средство, с использованием средства мобильной связи). В процессе автомобильной перевозки пассажир (пользователь после подтверждения заключения договора автомобильной перевозки пассажира посредством прохождения идентификации при посадке в транспортное средство приобретает статус пассажира) имеет возможность отслеживать изменение времени совершения поездки онлайн, а после ее окончания оставить отзыв о качестве оказания услуги. Наряду с внесением и обработкой вышеуказанных данных о пассажирах, определяющим условием успешного выполнения автомобильных перевозок по запросам является предусмотренное алгоритмом программного обеспечения формирование выходной информации о режиме работы (времени начала/окончания работы и перерывов в работе), а также о маршруте следования транспортного средства, которая отображается на навигаторе пользовательского интерфейса водителя (далее – навигатор). Выполнение автомобильной перевозки пассажиров по запросам через приложение «По пути» осуществляется водителем от и до станций Московского метрополитена или станций МЦД², являющихся одновременно начальным и конечным остановочным пунктом по маршрутам следования между промежуточными остановочными пунктами посадки/высадки пассажиров, отображаемыми на навигаторе. На каждом остановочном пункте водитель контролирует: обязательное прохождение идентификации пассажиров по QR-коду при посадке в транспортное средство, а также обязательную высадку пассажира из транспортного средства по окончании его поездки (на основании

² Московские центральные диаметры (МЦД) – система линий внеуличного пассажирского железнодорожного транспорта Московской агломерации (https://ru.wikipedia.org/wiki/Московские_центральные_диаметры).

получения им соответствующей информации, формируемой приложением «По пути»). Регламентированное время ожидания прибытия пользователя на остановочном пункте не превышает 2 мин. В случае неприбытия пользователя в согласованное с ним время к месту посадки в транспортное средство, с учетом регламентированного времени ожидания транспортное средство отправляется с остановочного пункта без этого пользователя.

Следует отметить, что правовые условия, регламентирующие выполнение таких перевозок, законодательством Российской Федерации пока не закреплены. Тем не менее, основываясь на информации, полученной из доклада директора Департамента государственной политики в области автомобильного и городского пассажирского транспорта Министерства транспорта Российской Федерации Семенова С.Ю. по теме: «Перевозки по запросу: регулирование и опыт» на пленарном заседании 14-й сессии отраслевых советов Координационного транспортного совещания государств – участников СНГ (КТС СНГ), можно сделать вывод о необходимости в установлении особых правовых условий выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам. Прежде всего, это связано с тем, что автомобильные перевозки пассажиров по запросам, хотя и выполняются не по расписанию и не по постоянному маршруту следования, но на условиях договора автомобильной перевозки пассажира. При этом, согласно требованиям части второй статьи 17 Закона Республики Беларусь от 14 августа 2007 г. № 278-3 «Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках» (далее – Закон № 278-3), автомобильные перевозки пассажиров по запросам должны относиться к автомобильным перевозкам пассажиров транспортом общего пользования [9]. Такой вывод обусловлен:

– во-первых, тем, что возможностью в совершении поездки в транспортных средствах, выполняющих автомобильные перевозки пассажиров по запросу, может воспользоваться неопределенный круг лиц, тогда как поездки по договору фрахтования может совершать только строго определенный круг лиц, включенный в список пассажиров, составленный фрахтователем;

– во-вторых, согласно требованиям части первой статьи 20 Закона № 278-3: «По договору автомобильной перевозки пассажира автомобильный перевозчик обязуется перевезти пассажира в пункт назначения, а в случае сдачи пассажиром багажа также доставить багаж в пункт назначения и выдать его пассажиру или уполномоченному на получение багажа лицу. Пассажир, если иное не предусмотрено договором, законодательными актами или международными договорами Республики Беларусь, обязуется уплатить установленную плату за

проезд, а при сдаче багажа – и за провоз багажа» [9]. Тогда как, согласно требованиям части второй статьи 21 Закона № 278-3: «При автомобильной перевозке пассажиров по договору фрахтования для автомобильной перевозки пассажиров запрещается взимание платы с пассажиров, не являющихся заказчиком автомобильной перевозки пассажиров в нерегулярном сообщении (фрахтователем)» [9].

Несмотря на отмеченные выше сходства правовых условий выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам с правовыми условиями выполнения автомобильных перевозок в регулярном сообщении, имеются и принципиальные отличия. Так, например, в отличие от условий выполнения автомобильных перевозок в регулярном сообщении, расписанием движения транспортных средств при выполнении автомобильных перевозок пассажиров по запросам устанавливается только время начала и окончания работы на линии, а также время начала и окончания перерывов в этой работе, маршрут, промежуточные остановочные пункты и время следования по каждому рейсу определяются на основе анализа поступивших запросов. В тоже время, известные из российского опыта подходы к организации автомобильных перевозок пассажиров по запросам, предусматривающие установление местными исполнительными органами: тарифов на перевозки, а также отдельных требований к расписанию (в отношении установления времени начала и окончания работы на линии, а также времени начала и окончания перерывов в этой работе) и маршрутам (в отношении установления начальных и конечных остановочных пунктов, а также возможных промежуточных остановочных пунктов), принципиально отличаются от условий выполнения автомобильных перевозок пассажиров в нерегулярном сообщении, в том числе автомобилями-такси.

Исходя из вышеизложенного анализа международного опыта, можно сделать вывод о том, что автомобильные перевозки пассажиров по запросам целесообразно организовывать и в Республике Беларусь в качестве дополнения к автомобильным перевозкам в регулярном сообщении. Причем, прежде всего, для совершенствования транспортного обслуживания граждан, проживающих в сельской местности, включая малонаселенные пункты, а также граждан, являющихся членами садовых товариществ. В этой связи важно отметить, что при организации автомобильных перевозок пассажиров по запросам в сельской местности, технология таких перевозок должна предусматривать не только виртуальное взаимодействие перевозчика с пользователем посредством приложения (рис. 1), но и взаимодействие посредством телефонной связи (стационарной и (или) мобильной) через диспетчера автомобильного перевозчика (рис.2).

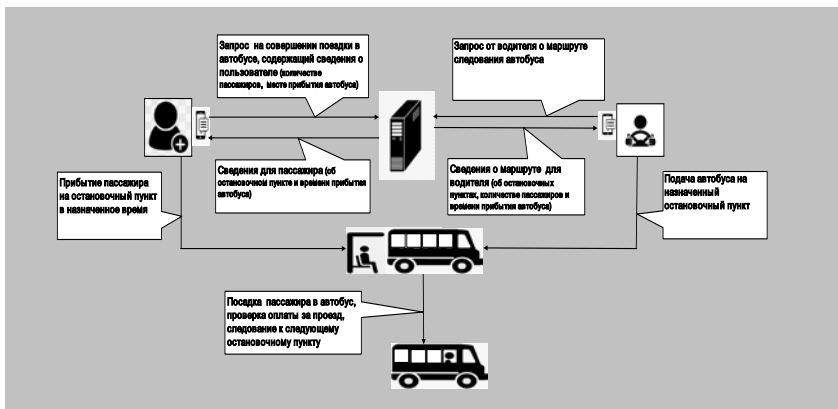


Рис. 1 Схема технологического процесса организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам, направляемых посредством приложения

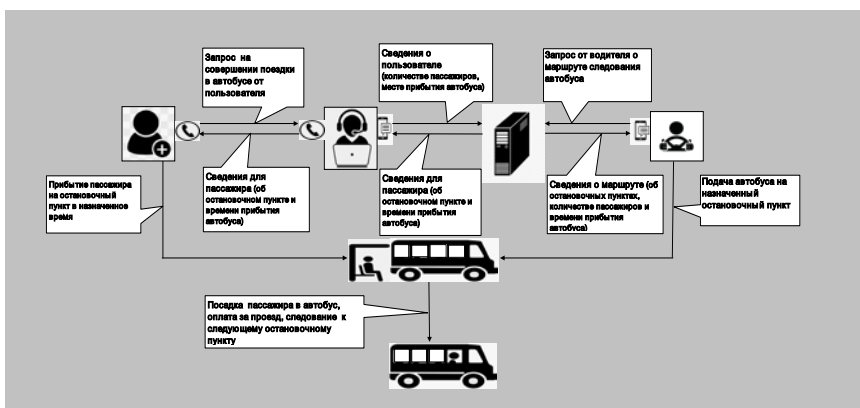


Рис. 2 Схема технологического процесса выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам, направляемых по телефону через диспетчера автомобильного перевозчика

Это обусловлено тем, что не все граждане, проживающие в сельской местности (особенно это касается граждан пенсионного возраста), обладают необходимыми знаниями и навыками для направления запроса через приложение. Так, например, по данным

опроса респондентов в возрасте от 58 лет, проведенного Институтом социологии Национальной академии наук Беларуси в сентябре 2024 г. в Минске, во всех областных городах, в отдельных районных центрах, а также в сельских населенных пунктах, только 39 % пенсионеров пользуется интернетом (в Минске – 47 %). При этом, например, почти треть пенсионеров, проживающих в Минске, занимаются садом и огородом и, следовательно, нуждается в доставке в садовые товарищества и обратно [10].

С учетом этого обстоятельства, для граждан, отправивших запрос посредством телефонной связи, должна быть предусмотрена возможность оплаты за проезд непосредственно в транспортном средстве. В целях установления правовых условий для организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам потребуются внести ряд изменений в законодательство. При этом целесообразно рассмотреть несколько концептуальных вариантов внесения таких изменений.

Вариант 1. Предусматривает определение в Законе № 278-3 статуса автомобильных перевозок пассажиров по запросам в качестве одной из разновидностей нерегулярных автомобильных перевозок пассажиров (рис.3).

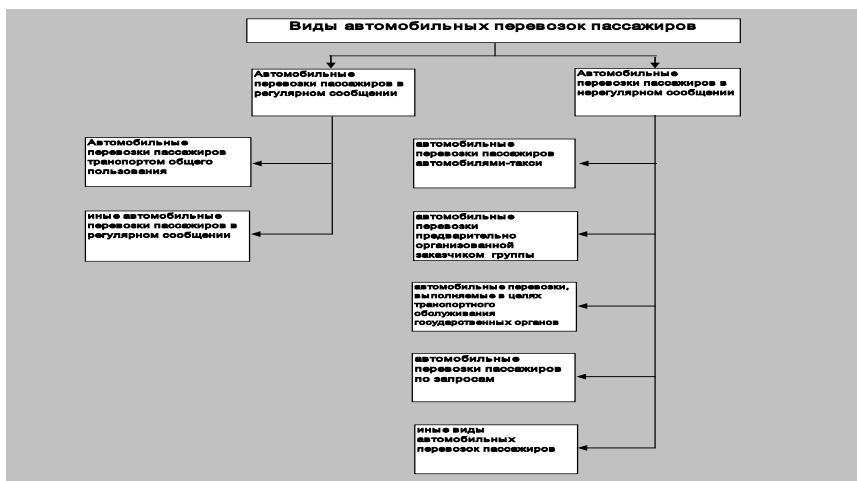


Рис. 3 – Классификация автомобильных перевозок пассажиров при внесении изменений в Закон № 278-3 по варианту 1

При внесении изменений в Закон № 278-3 по варианту 1, в частности, потребуется:

– ввести понятия «автомобильная перевозка пассажиров по запросам», «диспетчер автомобильных перевозок пассажиров по запросам», «оператор автомобильных перевозок пассажиров по запросам», «запрос» и установить определения таких понятий, а также уточнить определения терминов «диспетчер автомобильных перевозок пассажиров в нерегулярном сообщении», «проездной документ» «проездной документ» и «электронная информационная система»;

– для обеспечения внутренней согласованности предписаний Закона № 278-3 в отношении видов перевозок – внести изменения в часть восьмую статьи 4, предусматривающие отнесение автомобильных перевозок пассажиров по запросам к автомобильным перевозкам пассажиров в нерегулярном сообщении;

– для регламентации правоотношений в области организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам – дополнить Закон № 278-3 статьями 27² «Организация и выполнение автомобильных перевозок пассажиров по запросам» и 27³ «Обязанности диспетчера автомобильных перевозок пассажиров по запросам»;

– уточнить требования к транспортным документам, маршруту следования, а также права и обязанности пассажира и автомобильного перевозчика по договору автомобильной перевозки пассажира при выполнении автомобильных перевозок пассажиров по запросам;

Схема правоотношений в области организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам при внесении изменений в Закон № 278-3 по варианту 1 представлена на рис. 4.

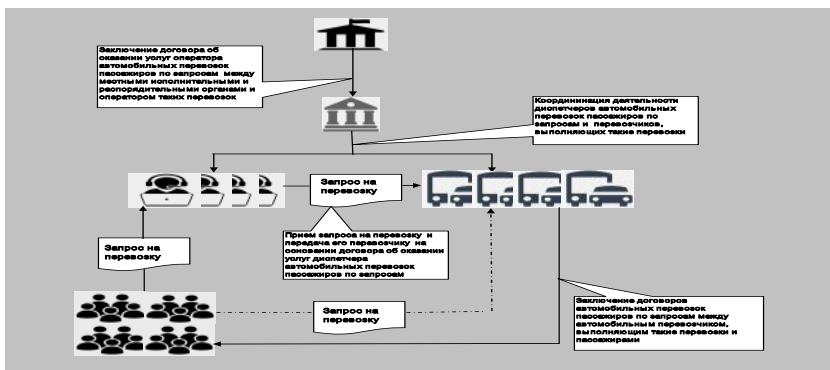


Рис. 4 Схема правоотношений в области организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам при внесении изменений в Закон № 278-3 по варианту 1

Вариант 2. Предусматривает определение в Законе № 278-3 особого статуса автомобильных перевозок пассажиров по запросам в качестве одной из разновидностей автомобильных перевозок пассажиров по публичному договору, которые не относятся ни к автомобильным перевозкам пассажиров в регулярном сообщении, ни к автомобильным перевозкам пассажиров нерегулярном сообщении (рис. 5).



Рис. 5 Классификация автомобильных перевозок пассажиров при внесении изменений в Закон № 278-3 по варианту 2

Например, при внесении изменений в Закон № 278-3 по варианту 2, в частности, потребуется:

- ввести понятия «автомобильная перевозка пассажиров по запросам», «запрос» и установить определения таких понятий, а также уточнить определения терминов «проездной документ», «оператор автомобильных перевозок пассажиров» и «электронная информационная система»;

- для обеспечения внутренней согласованности предписаний Закона № 278-3 в отношении видов перевозок – внести изменения в часть седьмую, а также в части девятую – двенадцатую статьи 4, предусматривающие отнесение автомобильных перевозок пассажиров по запросам к автомобильным перевозкам пассажиров транспортом общего пользования;

- уточнить полномочия местных исполнительных и распорядительных органов в области автомобильного транспорта и автомобильных перевозок, обязанности заказчика автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении, требования к Правилам

автомобильных перевозок пассажиров, а также требования к транспортным документам и маршруту следования;

– регламентировать правоотношения между перевозчиком и заказчиком при организации и выполнении автомобильных перевозок пассажиров по запросам и с этой целью – дополнить Закон № 278-3 статьей 22¹ «Договор об организации автомобильных перевозок пассажиров по запросам»;

– закрепить права пассажира по договору автомобильной перевозки пассажира по запросам.

Схема правоотношений в области организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам при внесении изменений в Закон № 278-3 по варианту 2 представлена на рис. 6.

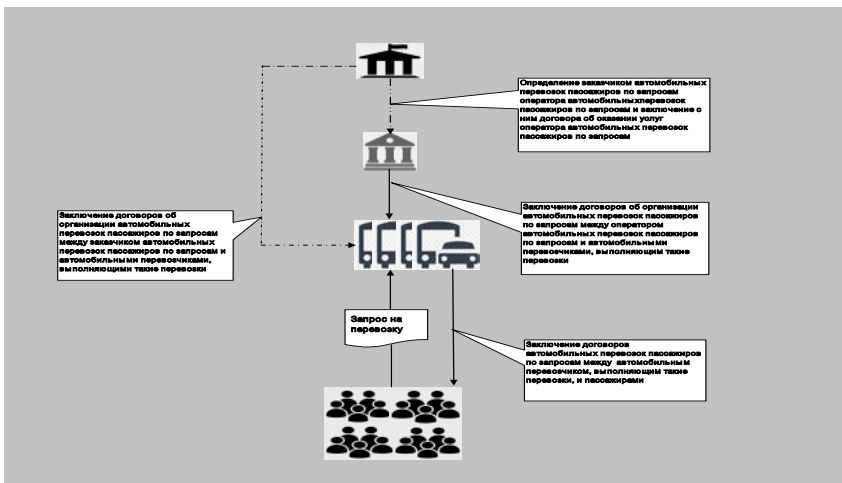


Рис. 6 Схема правоотношений в области организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам при внесении изменений в Закон № 278-3 по варианту 2

Оценивая предложенные варианты внесения изменений в Закон № 278-3 с точки зрения их социально-экономической эффективности, можно сделать вывод о предпочтительности принятия за основу варианта 2, которым предусматривается отнесение автомобильных перевозок пассажиров по запросам к автомобильным перевозкам транспортом общего пользования. Это обусловлено тем, что в этом случае (с учетом внесения соответствующих изменений в Закон Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 239 «О государственных

социальных льготах, правах и гарантиях для отдельных категорий граждан», Бюджетный кодекс Республики Беларусь от 16 июля 2008 г., Указ Президента Республики Беларусь от 25 февраля 2011 г. № 72 «О некоторых вопросах регулирования цен (тарифов) в Республике Беларусь») отдельным категориям граждан могут предоставляться государственные социальные льготы в части, касающейся оплаты проезда в транспортных средствах, выполняющих автомобильные перевозки пассажиров по запросам, а транспортным организациям, включенным в перечни автомобильных перевозчиков, обязанных выполнять автомобильные перевозки транспортом общего пользования, определенные местными исполнительными и распорядительными органами областного территориального уровня, будут возмещаться из средств местных бюджетов расходы, связанные с организацией и выполнением таких перевозок.

Прежде чем вносить предлагаемые изменения в законодательство, представляется целесообразным разработать (приобрести) программное обеспечение, необходимое для организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам, направляемым посредством приложения. После чего реализовать на примере одного или нескольких районов пилотные проекты по организации и выполнению автомобильных перевозок пассажиров по запросам населения, проживающего в сельской местности, включая малонаселенные пункты, а также граждан, являющихся членами садовых товариществ. Это позволит отработать порядок организации и выполнения таких автомобильных перевозок пассажиров, чтобы впоследствии (при условии получения положительного опыта) закрепить его в законодательстве.

1 Пассажир подскажет дорогу: как работают маршрутки Chariot в Нью-Йорке? [Электронный ресурс] // Авторевю. Информационный сайт – Режим доступа: <https://autoreview.ru/articles/gruzoviki-i-avtobusy/marshrutki-chariot-v-nyu-yorke>. – Дата доступа 30.10.2024.

2 Общественный каршеринг: маршрутки Chariot появились в Лондоне [Электронный ресурс] // Авторевю. Информационный сайт – Режим доступа: <https://autoreview.ru/articles/gruzoviki-i-avtobusy/obschestvennyy-karshering-marshrutki-chariot-poyavilis-v-londone>. – Дата доступа 30.10.2024.

3 Download our FREE Keoride app from the IOS and Android today [Электронный ресурс] // Keoride. All rights reserved. Официальный сайт – Режим доступа: <https://www.keoride.com.au/>. – Дата доступа 30.10.2024.

4 BerlKonig company profile [Электронный ресурс] // Tracxn Technologies Limited. All rights reserved. Официальный сайт – Режим доступа: https://tracxn.com/d/companies/berlkonig/_v5iP2V6lrsgSWDlUmXCn9zoCoL-nvIaWd4YNCTyszfo. – Дата доступа 30.10.2024.

5 Mobility on-demand [Электронный ресурс] // Shotl . Официальный сайт – Режим доступа: <https://shotl.com/platform>. – Дата доступа 30.10.2024.

6 Требуешь – едем: по Новой Москве на умной маршрутке [Электронный ресурс] // Авторевю. Информационный сайт – Режим доступа: <https://autoreview.ru/articles/gruzoviki-i-avtobusy/trebuesh-edem-po-novoy-moskve-na-umnoy-marshrutke>. – Дата доступа 30.10.2024.

7 На «КАМАЗе» разработан новый цифровой продукт [Электронный ресурс] ОАО «КАМАЗ». Официальный сайт – Режим доступа: https://kamaz.ru/press/releases/na_kamaz_razrabotan_novyy_tsifrovoy_produkt/. – Дата доступа 30.10.2024.

8 «Лучше такси закажу»: что челнинцы говорят о «Челноке» [Электронный ресурс] Inkazan.ru. Информационный сайт – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Y3H2P8YT93qWs0Pb>. – Дата доступа 30.10.2024.

9 Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках [Электронный ресурс] с изм. и доп. от 17.07.2017 № 50-3 и от 18.07.2022 № 196-3: Закон Респ. Беларусь от 14 авг. 2007 г., № 278-3: принят Палатой представителей 14 июля 2007 г.: одобр. Советом Респ. 29 июля 2007 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

10 Опрос показал, что только 39 % белорусских пенсионеров пользуется интернетом [Электронный ресурс] BELARUS.KP.RU. Информационный сайт – Режим доступа: <https://www.belarus.kp.ru/online/news/6050226/>; <https://www.belarus.kp.ru/online/news/6050226/>. – Дата доступа 04.11.2024.

*Goldman Gennadi, Senior Research Associate
Isupov Andrey, Master of Engineering and Technology
Yakubovich Sergey, Master of Technical Sciences
BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE
OF TRANSPORT «TRANSTEKHNIKA»,
e-mail: autozd@niit.by,
Platonova str., 22A, Minsk, 220005, Belarus*

**INTERNATIONAL EXPERIENCE
IN ORGANIZING AND PERFORMING PASSENGER
TRANSPORTATION BY ROAD ON REQUEST. POSSIBLE LEGAL
CONDITIONS FOR ITS APPLICATION IN THE REPUBLIC OF
BELARUS**

The international experience of organizing and performing passenger transportation by road upon request is reviewed, and possible options for creating legal conditions for its application in the Republic of Belarus are proposed.

Key words: mobile communication device; passenger; driver; carrier; operator; vehicle; legislation.

*Костюченко Екатерина Дмитриевна, старший преподаватель,
Белорусский национальный технический университет
(Беларусь, Минск), e-mail: katya_71296@mail.ru,
просп. Независимости, 65, г. Минск, 220013*

УПРАВЛЕНИЕ АВТОПАРКОМ С УЧЁТОМ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ СПРОСА

В статье рассматривается проблема неравномерности спроса на грузоперевозки, обусловленной сезонными факторами. Предлагается использовать сезонный коэффициент и методы анализа временных рядов для гибкого управления автопарком. Показано, что учёт сезонности позволяет снизить издержки, избежать недогрузки или дефицита транспорта и повысить обую эффективность логистической системы.

Ключевые слова: грузоперевозки; сезонные колебания; оптимизация автопарка; логистика; анализ временных рядов; коэффициент сезонности; городская доставка

Современные логистические системы всё чаще сталкиваются с неравномерностью спроса на перевозки, обусловленной временем года, погодными условиями и спецификой потребительского поведения. Такая динамика требует не просто необходимого количества транспортных средств, а гибкой стратегии управления транспортными ресурсами, способной оперативно реагировать на изменения.

В большинстве случаев планирование перевозок осуществляется на основе среднегодовых объёмов. Это может вести к двум проблемам: в месяцы с низким спросом парк оказывается недогруженным, а в пиковые периоды возникает нехватка транспортных средств. Это влечёт за собой либо завышенные издержки, либо снижение уровня сервиса. Для решения этой задачи в логистике необходимо учитывать сезонный коэффициент - показатель, отражающий степень отклонения текущего спроса от среднего годового уровня.

Сезонный коэффициент позволяет динамически корректировать количество и тип задействованного транспорта. В месяцы, когда спрос выше обычного, коэффициент становится больше единицы, что указывает на необходимость временно увеличить количество машин – например, привлечь дополнительный транспорт. В периоды спада коэффициент снижается, что даёт возможность сократить число машин за счёт повышения их загрузки и коэффициента использования пробега. При

этом важно учитывать не только объём перевозок, но и особенности городской инфраструктуры: в центре города часто ограничено использование крупногабаритного транспорта, поэтому даже при высоком коэффициенте предпочтение может отдаваться малотоннажным автомобилям.

Для корректного расчёта сезонного коэффициента и прогнозирования спроса применяются различные методы анализа данных. Наиболее распространённые из них представлены в таблице.

Таблица

Сравнение методов анализа данных для учёта сезонности

Метод	Описание	Преимущества	Недостатки
Среднее и максимум	Быстрый расчёт на основе усреднённых значений	Простота и скорость расчетов	Высокая чувствительность к выбросам, не учитывает сезонность
Скользящее среднее	Сглаживание временного ряда для выявления общей тенденции	Хорошо работает при умеренных колебаниях	Задержка реакции на резкие изменения спроса
Кластеризация	Группировка данных по схожести (например, по месяцам года)	Позволяет выделить типичные «сезоны»	Не учитывает временную последовательность
Разложение временного ряда	Выделение тренда, сезонной компоненты и случайных колебаний	Наиболее точный учёт сезонности и долгосрочных изменений	Требует достаточно длинного ряда наблюдений и сложных вычислений

Как видно из таблицы, разложение временного ряда – самый подходящий способ, когда важно учитывать сезонные изменения. Этот метод помогает чётко увидеть повторяющиеся колебания (например, рост спроса каждую зиму), а также отличить их от общей долгосрочной тенденции и случайных всплесков, что особенно важно для точного и надёжного планирования перевозок.

На практике это означает, что логистическая служба может заранее подготовиться к ожидаемому росту спроса: зарезервировать дополнительный транспорт, скорректировать маршруты, согласовать графики погрузки с поставщиками. В то же время в межсезонье можно сократить парк, передав часть функций более манёвренным малотоннажным автомобилям или даже использовать альтернативные формы доставки – например, электромобили или краудсорсинговые решения.

Важно также учитывать, что оптимальная грузоподъёмность

транспортного средства зависит не только от объёма груза, но и от расстояния перевозки, времени простоя под погрузкой и разгрузкой, а также дорожных условий. В городской среде, где маршруты короткие, но интенсивность высокая, предпочтение часто отдаётся транспортным средствам с грузоподъёмностью до 3,5 тонн, способной быстро совершать несколько рейсов в день.

Таким образом, эффективное управление грузоперевозками в условиях сезонных колебаний требует комплексного подхода: от сбора и анализа данных до гибкого регулирования состава автопарка. Использование сезонного коэффициента в сочетании с современными методами прогнозирования позволяет не только снизить издержки, но и повысить устойчивость всей логистической системы.

1. Лобашов А. О. Оптимизация последней мили: ключевой элемент успешной доставки / А. О. Лобашов, Е. Д. Костюченко // Современные технологии в транспортной отрасли [Электронный ресурс]: электрон. сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 25–26 апр. 2024 г. / Полоц. гос. ун-т имени Евфросинии Полоцкой. – Новополоцк, 2024. – С. 118–121.

2. Макеев В. Н. Определение оптимальной грузоподъёмности единицы лесовозного подвижного состава / В. Н. Макеев // Лесотехнический журнал. – 2015. - № 4 (16). – С. 97–102.

3. Kush Y. I. Forming of the method of selecting vehicle optimum load capacity / Y. I. Kush, A. S. Galkin // Научный вестник Национальной академии управления строительством и жилищно-коммунальным хозяйством. – Харьков, 2015. – Вып. 103. – С. 103–109.

4. Naumov V. Estimating the Vehicles' Number for Servicing a Flow of Requests on Goods Delivery / V. Naumov // Transportation Research Procedia. - 2017. - Vol. 27. – P. 412–419.

Kostyuchenko Katerina D., Senior Lecturer,
Belarusian National Technical University (Minsk, Belarus),
e-mail: *katya_71296@mail.ru*,
Nezavisimosti Ave., 65, Minsk, 220013

FLEET MANAGEMENT TAKING INTO ACCOUNT SEASONAL FLUCTUATIONS IN DEMAND

This article examines the problem of uneven freight demand due to seasonal factors. It proposes using a seasonal coefficient and time series analysis methods for flexible fleet management. It is shown that taking seasonality into account can reduce costs, avoid underutilization or vehicle shortages, and improve the overall efficiency of the logistics system.

Key words: freight transportation; seasonal fluctuations; fleet optimization; logistics; time series analysis; seasonal coefficient; urban delivery.

*Александрова Светлана Александровна, ст. преподаватель
кафедры «Логистика и организация производства»
Северюкова Анастасия Витальевна, студент 3 курса
специальности «Транспортная логистика»
Межгосударственное образовательное учреждение высшего
образования «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (Беларусь, Могилев)
e-mail: sv.a.alexandrova@yandex.by,
пр-т Мира, 43 г. Могилев, 212000*

ПРОБЛЕМЫ И ТRENДЫ РАЗВИТИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЛОГИСТИКИ В БЕЛАРУСИ

В статье показана возрастающая роль логистических посредников в организации международных хозяйственных связей для отечественного бизнеса. Рассмотрены проблемы построения устойчивых транспортно-логистических схем доставки и эффективной маршрутизации. Описаны типовые и востребованные на данный момент маршруты доставки грузов из Азии в Беларусь.

Ключевые слова: международная логистика; транспортно-экспедиционная деятельность, маршрутизация, мультимодальные перевозки.

Одной из характеристик современного бизнеса является глобализация, и отечественный бизнес – не исключение. Белорусские предприятия формируя цепи поставок взаимодействуют с большим количеством поставщиков, покупателей и посредников, расположенных в разных странах в поисках наиболее выгодных сделок для обеспечения конкурентного преимущества. Оптимизация цепей поставок в таких условиях – сложная управленческая задача, от решения которой во многом зависит успешность бизнеса. Логистическая составляющая данного процесса велика и может решаться несколькими способами:

- своими силами;
- преимущественно своими силами, но с привлечением исполнителей по отдельным операциям;
- путем полного аутсорсинга.

Второй и третий варианты означают привлечение специализированных посредников – транспортных и экспедиторских компаний, которые также заинтересованы в успешной работе своих заказчиков, так как находятся с ними в единой цепочке создания

ценности. Таким образом, интеграция, успешная и взаимовыгодная работа производственных, торговых, транспортных и логистических компаний важны как для экономики в целом, так и для отдельных участников цепей поставок.

В последние годы данное направление деятельности изменилось и усложнилось. В силу влияния экономических и политических факторов, санкционного давления международная логистика белорусского бизнеса меняет вектор и приспосабливается к новым условиям – старые связи ломаются, а новые выстраиваются. Так, производители ищут новые рынки для закупок и сбыта, торговли – новых поставщиков, перевозчики и экспедиторы также занимаются активным поиском новых рынков, направлений и способов доставки грузов.

Особенностями современной международной логистики являются увеличение доли смешанных и мультимодальных перевозок и более активная передача логистических функций специализированным логистическим посредникам. Сейчас далеко не всегда удастся довести груз из одной страны до потребителя в другой стране с помощью одного вида транспорта, а грамотная организация доставки с использованием нескольких видов транспорта требует более глубоких специальных знаний, а, следовательно, привлечения экспедиторов, что способствует развитию данной отрасли. Наиболее сложные схемы поставок предполагают использование нескольких логистических звеньев, например, транспортно-экспедиторские компании Беларуси сотрудничают с российскими транспортно-экспедиторскими компаниями при организации поставок Восток-Запад.

При этом сложность рынка сейчас такова, что даже специалистам приходится решать множество сложных задач. Большинство из них связаны с переориентацией белорусских внешнеэкономических связей на восток и поиском оптимальных экономичных путей доставки грузов в этом направлении.

Одной из множества трудностей явилась «перенастройка» привычных маршрутов и постоянная их оптимизация. Разные варианты маршрутов могут базироваться на одном лидирующем виде транспорта либо их относительно равнозначном сочетании.

Так, одно из наиболее востребованных направлений сейчас – это Азия (Китай, Индия, ЮВА) – Беларусь. Стандартная перевозка грузов в контейнерах может быть реализована:

– железнодорожным транспортом в/из континентальных регионов Китая – этот вариант применим не для всех грузов и регионов, могут складываться не самые привлекательные цены, однако характеризуется достаточно высоким скоростями и является распространенным. Роль экспедитора состоит в консолидации грузов и формировании отправки.

От эффективности его работы зависят расписание отправок, сроки доставки и удельные затраты на транспортировку;

– автомобилем в/из континентальных регионов Китая – этот вариант применим не для всех грузов, как правило, требует перевалки на границе. Относительно экономично для небольших грузовых партий, не всегда предсказуемо по срокам доставки;

– автомобилем или железнодорожным транспортом из Беларуси до порта Владивосток, далее морское сообщение, и при необходимости довоз из порта наземным транспортом; маршрут «зеркалится» в обратном направлении – также востребованный вариант, однако возможны задержки при перевалке во Владивостоке, недостатком маршрута также является лишнее транспортное плечо, что увеличивает время доставки.

Все рассмотренные варианты применимы, однако оптимальный выбор в каждом конкретном случае зависит от множества факторов, что определяет целесообразность, во-первых, привлечения экспедитора, и во-вторых, требует высокого профессионализма от экспедиторов.

Заботой логистической отрасли является также поиск новых путей и возможностей. Например, в последнее время активно продвигается маршрут по Северному морскому пути с прибытием в порт Архангельска и последующей перегрузкой на железнодорожный транспорт, ведущий в Беларусь. Однако данный маршрут характеризуется суровыми климатическими условиями, из-за которых для обеспечения безопасного судоходства требуется применение ледоколов, а также необходимость соблюдения требований Полярного кодекса и положений, которые регулируют проход по этому пути;

По-прежнему востребованным является морской транспорт, экономичность которого, как правило, сохраняется. Однако, «старые» варианты маршрутов через западноевропейские порты связаны с большим количеством сложностей, что требует поиска новых вариантов. Так, например, стало развиваться морское сообщение для доставки грузов в страны Азии через Персидский залив по Международному транспортному коридору «Север – Юг». Транспортировка по данному коридору представляется в нынешнее время актуальной, но требует значительного финансирования, в частности для строительства портов. До проектирования МТК «Север – Юг» актуальным служил «Южный морской путь» (рис. 1). Благодаря разработке нового транспортного коридора, расстояние маршрута из Санкт-Петербурга (Россия) до Мумбаи (Индия) сократилось вдвое, что позволяет грузоотправителям сократить время доставки грузов и стоимость перевозки.

В связи с высокой сложностью маршрутов и необходимостью контроля и централизации всех работ все более актуальными становятся

мультимодальные перевозки. Во-первых, это снижение затрат: работа с одним оператором более выгодна, чем с несколькими перевозчиками, так как использование разных видов транспорта позволяет выбрать наиболее экономичный вариант для каждого участка маршрута. Во-вторых, оптимизация сроков доставки становится возможной благодаря тому, что один оператор способен разработать самый быстрый и эффективный маршрут, что сокращает общее время транспортировки.

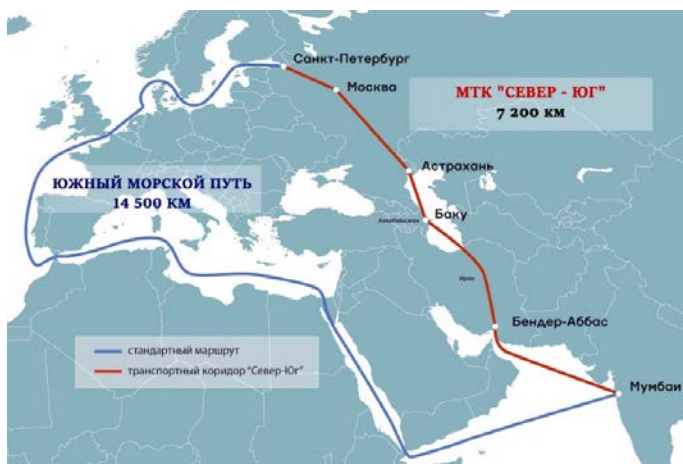


Рис. 1. МТК «Север – Юг» и «Южный морской путь»

Кроме того, единая ответственность и упрощенный документооборот значительно упрощают процесс: заказчик подписывает один договор с одним оператором, который несет полную ответственность за груз на всем пути. Это облегчает бюрократические процедуры и ускоряет решение вопросов, связанных с повреждением груза. Глобальный охват и гибкость позволяют доставлять грузы в любую точку мира, даже при отсутствии прямых маршрутов, и эффективно реагировать на изменения условий, такие как погодные факторы или пробки.

В то же время новые направления развитие международной логистики усложняется наличием ряда проблем, например:

- ограниченная пропускная способность транспортных и др. узлов (портов Российской Федерации, таможенных пропускных пунктов на границе с Китаем);

- необходимость значительных инвестиций в совершенствование альтернативной инфраструктуры;

- существующие ограничения для белорусских международных автомобильных перевозчиков в ряде стран;
- неготовность отечественного бизнеса к переходу на аутсорсинг логистических услуг;
- сложности с внедрением единого транспортного документа для осуществления мультимодальных перевозок;
- необходимость повышения квалификации специалистов отрасли.

Таким образом, совершенствование логистической отрасли и внедрение мультимодальных перевозок – это важная задача для современной белорусской логистики.

1. Мультимодальные перевозки: задачи со многими неизвестными и переменными [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://bamar.org/subunits/aktualnye-intervyu-i-publikatsii/stati-2024/2_29_03_2024.php (дата обращения: 20.10.2025).

2. Обзор транспортно-логистического рынка Беларуси за 2023 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://atep12.com/blog/obzor-transportno-logisticheskoy-gynka-belarusi-za-2023-god> (дата обращения: 20.10.2025).

3. Международный транспортный коридор «Север-Юг» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sezlotos.ru/about/international-transport-corridor-north-south/> (дата обращения: 22.10.2025).

*Aleksandrova Svetlana Aleksandrovna, Senior Lecturer,
Department of Logistics and Production Management
Sevryukova Anastasiya Vital'evna, 3d-year student
majoring in Transport Logistics
Belarusian-Russian University
Mogilev, Belarus, e-mail: sv.a.alexandrova@yandex.by,
Mira Ave, 43, Mogilev, 212000*

PROBLEMS AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL LOGISTICS IN BELARUS

The article shows the increasing role of logistics intermediaries in the organization of international business relations for Belarusian businesses. The problems of building sustainable transport and logistics delivery schemes and efficient routing are considered. The typical and currently in demand routes for the delivery of goods from Asia to Belarus are described.

Key words: international logistics; freight forwarding, routing, multimodal transportation.

Корольчук Максим Александрович, магистр технических наук
Семченков Сергей Сергеевич, кандидат технических наук,
доцент
Белорусский национальный технический университет
(Беларусь, Минск), e-mail: s.semchenkov@bntu.by,
ул. Якуба Коласа, 12, г. Минск, 220013

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ ПассаЖИРОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УЧЁТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ПАРКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Рассматривается проблема повышения точности оценки эффективности эксплуатации парка подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта через коэффициент технической готовности. Проведён критический анализ традиционных детерминированных методов, выявлен их ключевой недостаток – смешение технологических и организационных простоев, негативная роль субъективного фактора при оценке результатов работы. Практическая апробация показала, что альтернативный подход выявляет латентный резерв эффективности, замаскированный традиционными методиками расчёта. Предложена архитектура специализированного программного модуля, автоматизирующего фильтрацию данных и расчёт параметров, что является фундаментом для перехода к цифровой трансформации управления парком подвижного состава в системе управления перевозками пассажиров.

Ключевые слова: коэффициент технической готовности; эксплуатация подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта; автоматизация учёта; цифровая трансформация; перевозки пассажиров.

Коэффициент технической готовности (КТГ) является фундаментальным показателем, объективно характеризующим состояние парка подвижного состава и эффективность его технической эксплуатации [1]. Точный расчёт КТГ позволяет принимать обоснованные управленческие решения в области политики управления подвижным составом и оптимизации затрат. Актуальность исследования обусловлена тем, что традиционные методы учёта КТГ часто

базируются на упрощённых эмпирических данных, что приводит к искажению реальной картины при управлении перевозками пассажиров [2].

Актуальность исследования обусловлена тем, что неточный расчёт КТГ, вызванный некорректным или неполным учётом данных, приводит к искажению реальной картины и принятию ошибочных управленческих решений в области планирования технического обслуживания, ремонта. В условиях роста стоимости эксплуатации и ужесточения требований к надёжности ТС, переход к высокоточной оценке КТГ становится насущной необходимостью.

Цель исследования: разработать научно обоснованный подход к определению коэффициента технической готовности, базирующийся на математическом аппарате и предложить автоматизированный инструмент для его точной и прозрачной реализации.

Управление процессами пассажирских перевозок в крупных городах имеет сложную технологическую специфику, тесно связанную с технической готовностью парка подвижного состава. Главная особенность технологического цикла маршрутного транспорта заключается в его жёсткой привязке к расписанию и высокой частоте движения. В отличие от грузового транспорта, где можно лавировать «временными окнами», чем компенсировать просчёты в системе управления техническим состоянием подвижного состава, пассажирский транспорт работает в условиях использования с 04:30 до 01:30, в том числе с явно выраженными пиковыми нагрузками (утренний и вечерний час пик), требующих максимального количества исправного подвижного состава для выпуска его на линию. Типовой ежедневный технологический цикл в взаимной увязке с маршрутной технологией обслуживания населения включает следующие операции: ежедневное обслуживание (ЕО), включающее в себя выполнение регламентированных технологических операций, в том числе комплексная подготовка к выпуску, мойка подвижного состава и контроль технического состояния, расстановка исправного подвижного состава, приёмка водителем, выпуск на линию, работа на линии, возврат после работы на линии на предприятие. При этом длительность цикла ограничена 20–22 ч и может незначительно изменяться только за счёт изменения времени нахождения подвижного состава в готовности к выпуску на линию на расстановке. Обеспечение соблюдения расписания и регулярности движения критически зависит от своевременного и полного выпуска подвижного состава на линию [3].

КТГ играет ключевую роль в организации выпуска, поскольку он является объективным показателем состояния парка и его способности выполнять заданный объем перевозок согласно расписанию. Низкий КТГ напрямую приводит к нарушению регулярности движения, невыполнению

рейсов, увеличению интервалов движения, что вызывает нарушение социальное недовольство. Понимание состояния парка через КТГ позволяет в комплексной системе управления перевозками пассажиров принимать обоснованные решения: резервировать исправные машины, перераспределять подвижной состав или корректировать расписание, осуществлять оперативные замены, чтобы минимизировать невыполнение рейсов. С точки зрения технической эксплуатации подвижного состава объективная оценка КТГ позволяет принимать правильные решения в отношении осуществления обслуживания и ремонта подвижного состава. Таким образом, для управления пассажирскими перевозками КТГ - это не просто отчётный показатель, а индикатор эксплуатационной надёжности системы перевозок пассажиров, напрямую влияющий на качество работы транспортной системы на уровне устойчивой городской мобильности.

Важная особенность управления относится к тому, что оценка КТГ должна носить превентивный характер для выработки соответствующих технических решений. В свою очередь техническая служба обязана работать на опережение, используя оценку КТГ, чтобы гарантировать, что необходимое количество подвижного состава будет готово к выпуску в нужный период.

Существующий детерминированный метод [1] определения КТГ сводится к определению коэффициента $K_{\text{ТГ}}$ по формуле (1):

$$K_{\text{ТГ}} = N_{\text{Гот}} / N_{\text{Спис}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{Гот}}$ - количество транспортных средств готовых к выпуску, ед.

$N_{\text{Спис}}$ - списочное количество транспортных средств, ед.

Для повышения репрезентативности существующими методиками рекомендуется проводить ежедневный учёт в фиксированное время, а затем рассчитывать среднеарифметический КТГ за период. Необходимо отметить, что $N_{\text{Спис}}$ не учитывает транспортные средства, находящиеся в состоянии консервации или выведенные из эксплуатации и является прозрачным и объективным показателем в знаменателе формулы (1).

В то же время $N_{\text{Гот}}$ подвержен субъективной оценке, потому что, во-первых, он оценивает количество исправных транспортных средств на выбранное контрольное время и при этом не позволяет отследить, сколько времени транспортное средство находилось в исправном состоянии и, соответственно, сколько времени оно находилось в состоянии неготовности к выпуску на линию. Более того по сложившейся практике транспортных предприятий случаи, когда транспортное средство вышло из ремонта до 14:00, но не вышло на

линию, его относят в учёт к технически исправному, несмотря на то что оно не участвовало в выпуске.

В этом отношении целесообразно применять метод, основанный на анализе временных интервалов и оценке статуса состояния ТС (исправно, не исправно), признан наиболее точным и показывает себя эффективным для оперативного и стратегического управления парком подвижного состава. Фактически он учитывает полную картину доступности для выпуска каждого транспортного средства в течение расчётного периода.

Расчёт коэффициента технической готовности (по времени) $K_{ТВ}$ производится по формуле (2):

$$K_{ТВ} = T_{\text{гот}} / T_{\text{общ}} = (T_{\text{общ}} - T_{\text{пр}}) / T_{\text{общ}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{гот}}$ - суммарное время нахождения всего подвижного состава в технически исправном состоянии за расчётный период, ч,

$T_{\text{общ}}$ - общее время нахождения всего подвижного состава на предприятии за данный период, ч;

$T_{\text{пр}}$ - общее время нахождения всего подвижного состава в технически неисправном состоянии, ч.

В свою очередь расчёт $T_{\text{общ}}$ производится по формуле (3):

$$T_{\text{общ}} = N_{\text{спис}} \cdot D \cdot 24, \quad (3)$$

где D - количество календарных дней в расчётном периоде.

Время готовности $T_{\text{гот}}$ вычисляется как разница между общим временем и суммарным временем всех технических простоев (техническое обслуживание, ремонт, ожидание страховой оценки, ожидание запасных частей, ожидание гарантийного ремонта, прочие причины). Критически важно выделять из учёта простои по нетехническим причинам (отсутствие водителей, административные ограничения, диспетчерские воздействия и пр.) и классифицировать их по отдельным категориям.

В сравнении с данным методом, безусловно, детерминированный метод по количеству «на контрольное время» является более оперативным, но менее точным. Он представляет собой моментальный срез состояния парка на конкретную дату или момент времени. Однако не отражает истинное состояние дел. Применение метода расчёта по времени приносит более точные результаты.

Рассмотрим применение обеих методик на условном примере парка $N_{\text{спис}} = 10$, где наблюдаются частые внутрисменные простои для

месяца с $D = 30$. Условно примем, что одно транспортное средство находилось на длительном ремонте, остальные транспортные средства на контрольное время (08:00) находились на линии, однако суммарные внутрисменные простои составили 1100 ч.

Данные ежедневного учёта на контрольное время, показывают, что в течение 30 дней на контрольное время девять транспортных средств были технически исправны, $K_{\text{тг}}$ составит исходя из выражения (4):

$$K_{\text{тг}} = N_{\text{гот}} / N_{\text{спис}} = 9 / 10 = 0,90. \quad (4)$$

Произведём расчёт $K_{\text{тгв}}$, для чего определим $T_{\text{общ}}$ по выражению (5):

$$T_{\text{общ}} = N_{\text{спис}} \cdot D \cdot 24 = 10 \cdot 30 \cdot 24 = 7200 \text{ ч.} \quad (5)$$

Рассчитаем $T_{\text{пр}}$, исходя из исходных данных по выражению (6):

$$T_{\text{пр}} = 1 \cdot 30 \cdot 24 + 1100 = 1820 \text{ ч.} \quad (6)$$

Расчёт коэффициента технической готовности (по времени) $K_{\text{тгв}}$ производится по формуле (2) и представлен выражением (7):

$$K_{\text{тгв}} = (T_{\text{общ}} - T_{\text{пр}}) / T_{\text{общ}} = (7200 - 1820) / 7200 = 0,75, \quad (7)$$

Приведённый пример наглядно демонстрирует методологическую ловушку расчёта «по количеству». Этот метод полностью скрывает внутрисменные простои и потери, связанные с низкой надёжностью подвижного состава. Менеджмент предприятия, видя отчётный показатель $K_{\text{тг}} = 0,90$ не видит необходимости в срочных мерах, в то время как $K_{\text{тгв}} = 0,75$ и показывает, что дополнительно 15 % времени теряется на линии из-за технического состояния подвижного состава.

Отдельно стоит отметить, что разница в 0,15 между значениями $K_{\text{тг}}$ и $K_{\text{тгв}}$, определёнными с применением двух различных методик не являются статистической погрешностью, а представляет собой количественно измеренный объем скрытых потерь. Метод «по количеству» ($K_{\text{тг}} = 0,90$) создаёт «ложный оптимизм», так как отражает лишь способность парка начать смену, но полностью игнорирует его способность отработать ее без сбоев. Метод «по времени» ($K_{\text{тгв}} = 0,75$), напротив, вскрывает факт низкой эксплуатационной надёжности тех ТС, которые формально числятся исправными при выпуске. Он ёмко (одним значением) показывает, что значительная часть (1100 ч) фонда рабочего

времени теряется именно во время эксплуатации на линии.

Основная проблема внедрения точного метода «по времени» заключается в необходимости сбора детализированных данных о каждом периоде простоя, что практически невозможно без автоматизации. Ручной учёт не позволяет отследить эти потери с достаточной точностью, подвержен ошибкам, трудоёмок и, что самое главное для управления маршрутным пассажирским транспортом, он не позволяет оперативно получать данные.

Таким образом, основной барьер для перехода к точному методу расчёта $K_{\text{тгв}}$ по времени заключается в проблеме сбора, классификации и обработки больших объёмов первичных данных.

В качестве решения предлагается разработка и внедрение специализированного программного модуля, интегрированного в систему управления предприятием маршрутного пассажирского транспорта.

Ключевые функции такого модуля:

- автоматизированная фиксация времени начала и окончания простоя каждого ТС с привязкой к причине (по заявке на ремонт);
- разделение простоев на технические (влияющие на КТГ) и нетехнические (организационные);
- реализация алгоритмов расчёта КТГ по формулам (1) и (2) для любого заданного периода;
- формирование структурированных отчётов в разрезе ТС, модели или парка в целом для принятия управленческих решений.

Следует отметить, что внедрение автоматизированного модуля - это ключевой шаг в цифровой трансформации. При интеграции данного модуля с системами GPS-позиционирования и диагностическими данными из CAN-шины транспортного средства, обеспечит автоматическое получение первичной информации о статусах ТС и фиксацию кодов ошибок, что исключает ручной ввод и ошибки. Переход к проактивному анализу за счёт внедрения цифровой системы позволит осуществить переход от ретроспективного анализа (констатация факта) к динамическому мониторингу показателей в реальном времени, что делает возможным принятие упреждающих управленческих решений.

В целом, переход от расчета КТГ по количеству к методу расчёта по времени является необходимым условием для получения объективной и точной оценки эксплуатационной деятельности предприятия маршрутного пассажирского транспорта. Предложенное решение устраняет ключевое препятствие на этом пути - проблему сбора и верификации данных. Автоматизация процесса учёта и расчёта КТГ

повысит прозрачность деятельности, позволит точно оценивать эффективность ремонтных служб и оптимизировать затраты на содержание парка подвижного состава. Дальнейшие исследования планируется направить на интеграцию модуля с системами GPS-мониторинга и диспетчеризации.

1. Савич, Е. Л. Техническая эксплуатация автомобилей: Ремонт, организация, планирование, управление / Евгений Леонидович Савич. – 2015. – 632 с.

2. Капский, Д. В. Повышение эффективности применения информации при организации перевозок пассажиров в городах / Д. В. Капский, С. С. Семченков, О. Н. Ларин // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 323-330.

3. Kapski, Denis & Semchenkov, Sergey & Korolchuk, Maxim & Umidulla, Abdurazzokov. (2024). Identification of key route indicators to compare different modes of transport. BIO Web of Conferences. 145. 03017. 10.1051/bioconf/202414503017

*Korolchuk Maxim Aleksandrovich, Master of Technical Sciences, Semchenkov Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Belarusian National Technical University (Belarus, Minsk),
e-mail: s.semchenkov@bntu.by,
Yakub Kolas str., 12, Minsk, 220013*

IMPROVING THE PASSENGER TRANSPORTATION MANAGEMENT SYSTEM BASED ON DIGITAL TRANSFORMATION OF ACCOUNTING FOR THE TECHNICAL READINESS OF THE ROLLING STOCK FLEET

The problem of increasing the accuracy of assessing the efficiency of operating a fleet of rolling stock of scheduled passenger transport through the coefficient of technical readiness is considered. A critical analysis of traditional deterministic methods has been carried out, and their key drawback has been identified – the mixing of technological and organizational downtime, and the negative role of the subjective factor in evaluating work results. Practical testing has shown that the alternative approach reveals a latent reserve of efficiency disguised by traditional calculation methods. The architecture of a specialized software module automating data filtering and parameter calculation is proposed, which is the foundation for the transition to digital transformation of rolling stock fleet management in the passenger transportation management system.

Key words: coefficient of technical readiness; operation of rolling stock of route passenger transport; automation of accounting; digital transformation; passenger transportation.

Раздел 4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 656.13

*Андреев Анатолий Яковлевич, кандидат военных наук,
доцент*

*Белорусский национальный технический университет
(Беларусь, Минск), e-mail: oapdd_atf@bntu.by,
ул. Якуба Коласа, 12, г. Минск, 220013*

ЗАВИСИМОСТЬ РАСХОДА ТОПЛИВА ОТ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

На основе статистических данных, полученных с помощью системы контроля ТОМТОМ WORK проведен анализ влияния скорости автомобильных транспортных средств на расход топлива с учетом условий движения.

Ключевые слова: Транспорт; автомобильный; расход; топливо; скорость; расстояние.

Задача определения оптимального расхода топлива на международных автомобильных маршрутах решалась исходя из положения, что на каждом конкретном маршруте автомобили должны двигаться с экономически обоснованной скоростью, необходимой для выполнения транспортного процесса.

На основе статистической обработки данных, полученных с помощью программы “ТОМТОМ WORK” производилась регистрация расхода топлива при различных условиях выполнения перевозки грузов. На данном этапе исследования были построены зависимости расхода топлива от скорости движения. “ТОМТОМ WORK” позволяет считывать информацию с бортового компьютера транспортного средства о времени движения и простоях, пройденном расстоянии, расходе топлива. На основе анализа полученных данных, построены графики зависимости расхода топлива от скорости движения автомобильных транспортных средств марки DAF FT-XF 105 с полуприцепом KOEGEL SN 24. Графики построены для различных стран и дорог, которые наиболее часто использовались для движения автомобильных транспортных средств. В анализе данных учитывалась так же масса груза при перевозке.

Зависимости расхода топлива по магистральным дорогам различных стран от скорости движения транспортного средства представлены на *рис. 1 - рис. 4*.

Зависимости расхода топлива от скорости движения транспортного средства по определенной дороге представлены на *рис. 5 - рис. 9*.

Зависимости расхода топлива от скорости движения транспортного средства при перевозке груза различной массы представлены на *рис. 10 - рис. 18*.

На графиках представлены квадратичные уравнения, которые отображают эмпирическую зависимость расхода топлива от скорости движения транспортного средства и позволяют определить расход топлива зная скорость движения по определенной стране, дороге и при определенной массе груза.

Линия тренда в наибольшей степени приближается к представленной на диаграмме зависимости, значение R-квадрат колеблется от 0 до 1. Число от 0 до 1, которое отражает близость значений линии тренда к фактическим данным. Линия тренда наиболее соответствует действительности, когда значение R близко к единице.

Транспортная система является пуассоновской, ее расчет с помощью аналитических методов становится очень сложным. Искомое решение легче получить, используя метод статистических испытаний – метод Монте-Карло [1].

В методе Монте-Карло особую роль играет моделирование случайных величин с заданными распределениями. Как правило, такое моделирование осуществляется путем преобразования одного или нескольких независимых значений случайного числа, распределенного равномерно в определенном интервале.

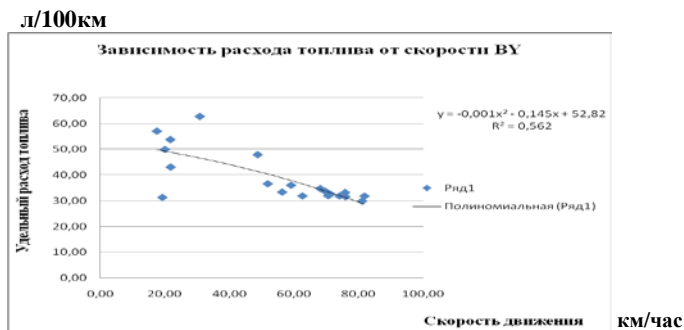


Рис. 1. Исследования по магистральным дорогам Республики Беларусь

л/100км



Рис. 2. Исследования по магистральным дорогам России

л/100км



Рис. 3. Исследования по магистральным дорогам Республики Польша

л/100км

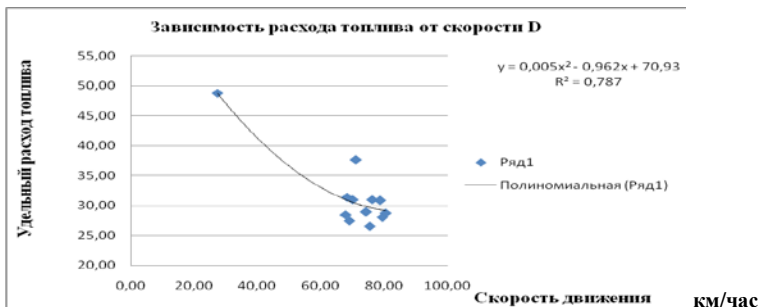


Рис. 4. Исследования по магистральным дорогам Германии

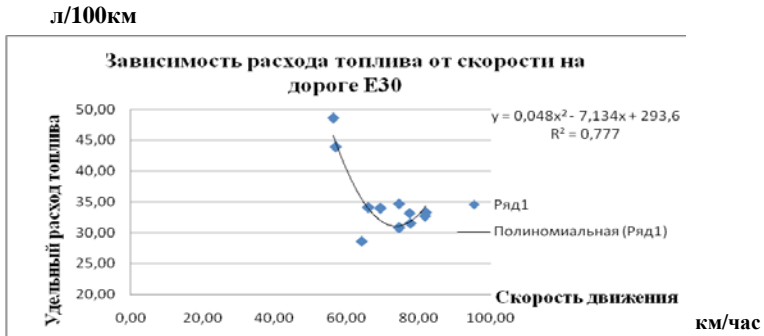


Рис. 5. Исследования по дороге E30

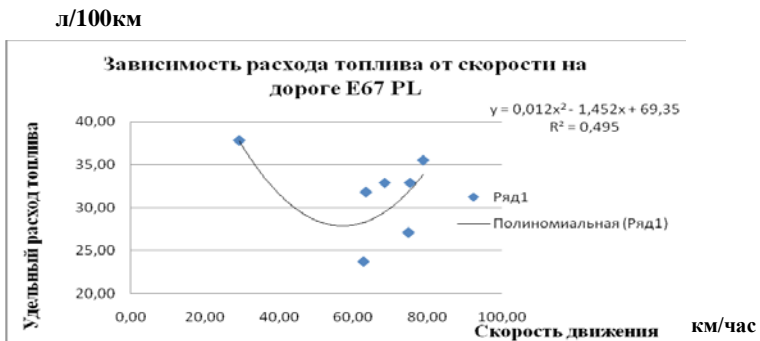


Рис. 6. Исследования по дороге E67

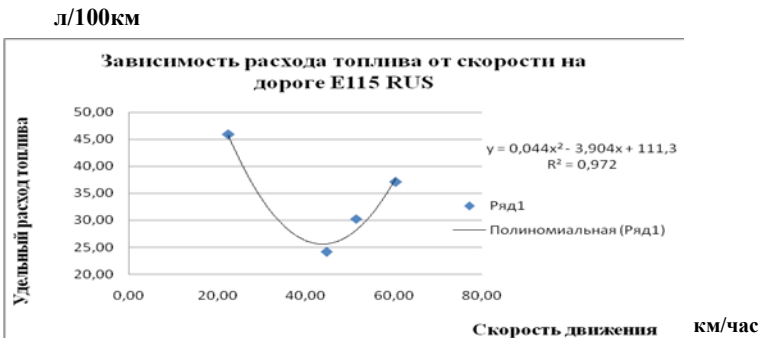


Рис. 7. Исследования по дороге E115

л/100км

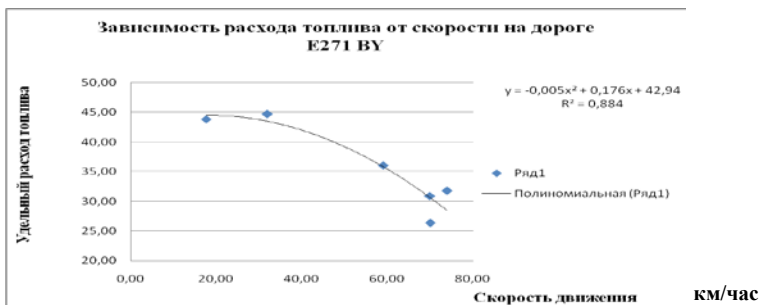


Рис. 8. Исследования по дороге E271

л/100км

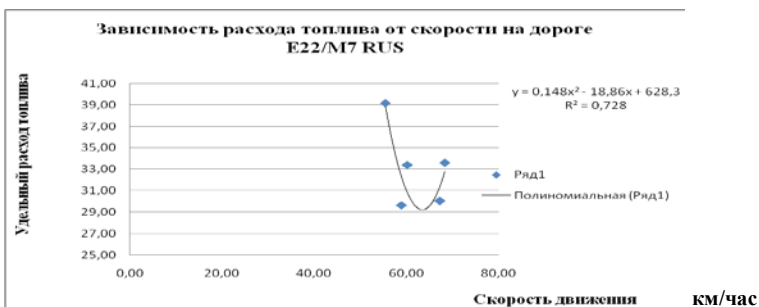


Рис. 9. Исследования по дороге E22/M17

л/100км

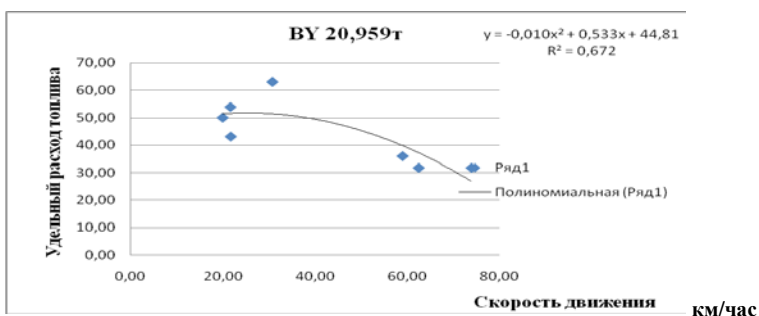


Рис. 10. Масса перевозимого груза 20,959 тонн по дорогам Беларуси

л/100км

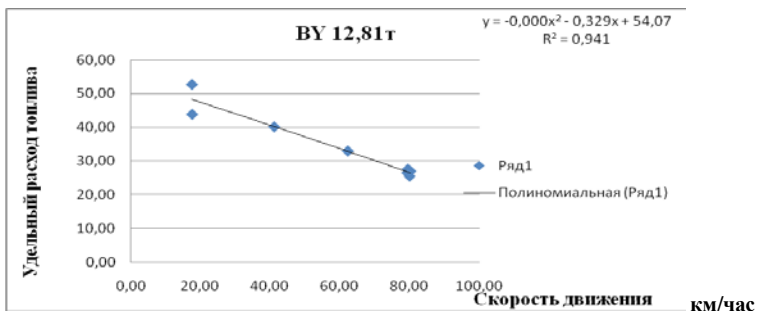


Рис. 11. Масса перевозимого груза 12,81 тонн по дорогам Беларуси

л/100км

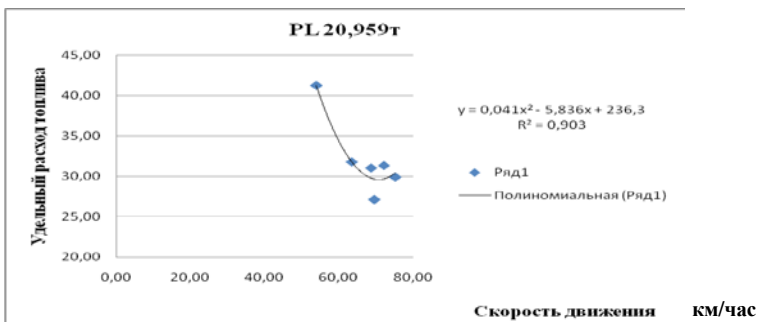


Рис. 12. Масса перевозимого груза 20,959 тонн по дорогам Польши

л/100км

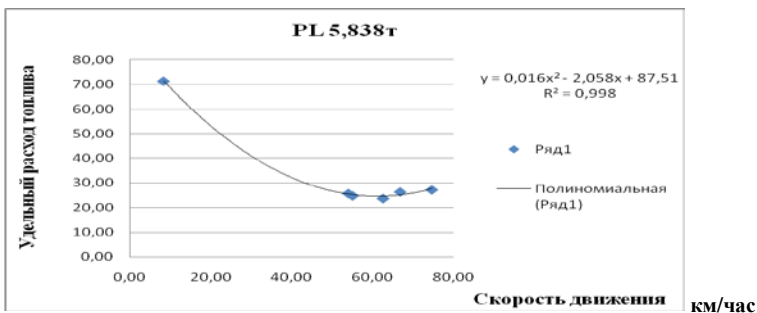


Рис. 13. Масса перевозимого груза 5,838 тонн по дорогам Польши

л/100км

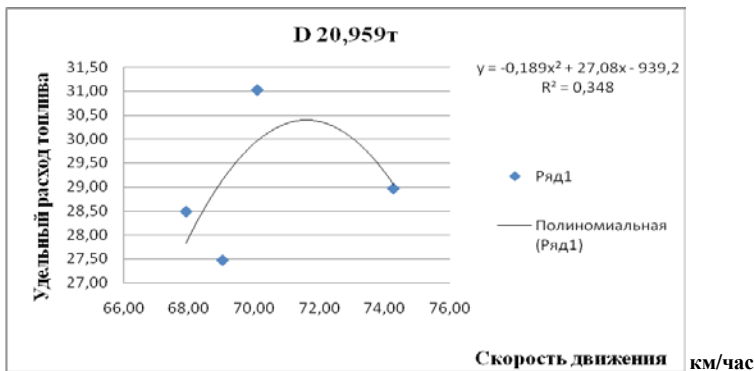


Рис. 14. Масса перевозимого груза 20,959 тонн по дорогам Германии

л/100км

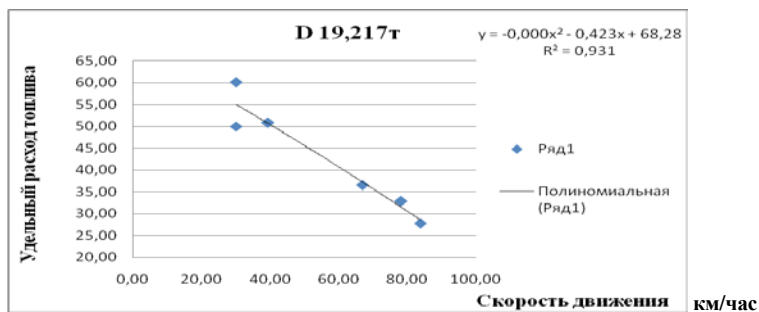


Рис. 15. Масса перевозимого груза 19,217 тонн по дорогам Германии

л/100км

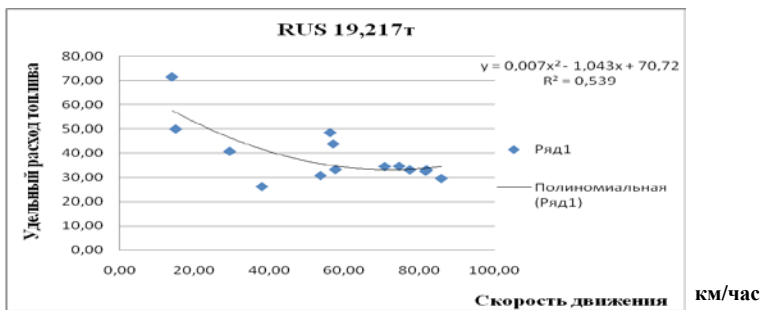


Рис. 16. Масса перевозимого груза 19,217 тонн по дорогам России

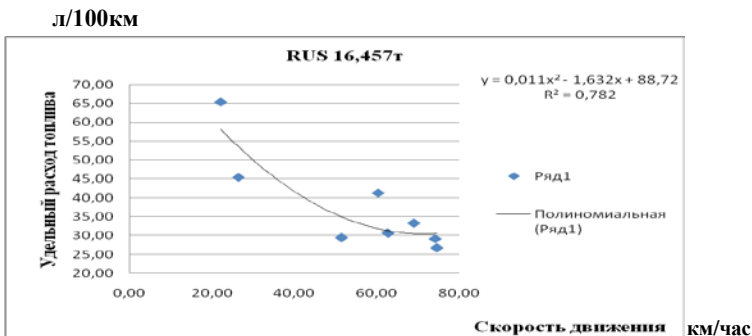


Рис. 17. Масса перевозимого груза 16,457 тонн по дорогам России

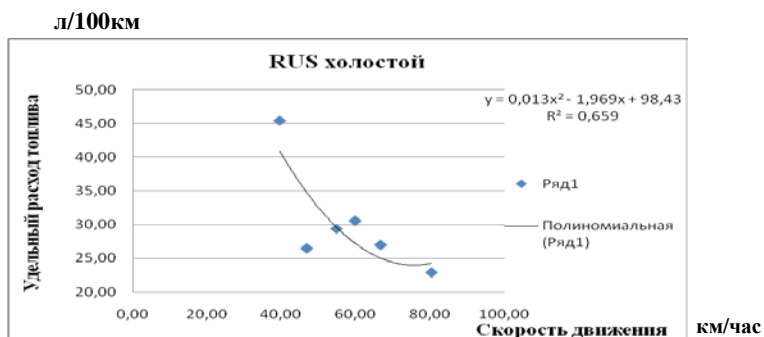


Рис. 18. Порожний пробег по дорогам России

Данное исследование позволяет использовать полученные зависимости для моделирования транспортного процесса и перспективного планирования перевозок грузов [2].

1. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б. Теория транспортных процессов и систем: Учеб. для вузов. / под ред. - Л. Б. Миротина. М. : Транспорт, 1998. 167 с.

2. Николин В. И. Автотранспортный процесс и оптимизация его элементов. М. : Транспорт, 1990. 191 с.

*Anatoly Yakovlevich Andreyev, PhD in Military Sciences,
Associate Professor,
Belarusian National Technical University (Belarus, Minsk),
e-mail: oapdd_atf@bntu.by Yakub Kolas str., 12, Minsk, 220013*

**Fuel Consumption vs. Vehicle Speed under Various
Freight Transport Conditions**

Based on statistical data obtained using the TOMTOM WORK monitoring system, an analysis was conducted of the impact of vehicle speed on fuel consumption, taking into account driving conditions.

Transport; automobile; consumption; fuel; speed; distances.

УДК 629.7

Захаров Константин Робертович, доцент кафедры ЛЭиБП
Клепиков Виктор Валерьевич, старший преподаватель
кафедры ЛЭиБП

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ульяновский институт гражданской авиации имени
Главного маршала авиации Б.П. Бугаева» (Россия,
Ульяновск) e-mail: kafedralebp@yandex.ru
ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

ФУНКЦИЯ АВТОПИЛОТА НА ВОЗДУШНЫХ СУДАХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

С возрастанием дальности полета воздушного судна (далее ВС), что давало возможность выполнять многочасовые полеты, постоянное внимание приводило к серьезной усталости и потере концентрации. Добавление и интегрирование дополнительных современных технологий, таких как введение радионавигационного оборудования, позволило осуществлять не только полеты в дневное время, но и полеты в темное время суток при сложных метеорологических условиях.

Ключевые слова: полет на больших высотах, воздушное пространство, правила сокращенного вертикального эшелонирования, самолет, экипаж.

При зарождении авиации авиационной технике требовалось постоянное пристальное внимание и контроль со стороны пилота для гарантии безопасного полета. Следует отметить, что не все пассажирские и грузовые воздушные суда, выполняющие полеты на сегодняшний день, оснащаются системой автопилота. Автопилот (далее АП) предназначен для замены экипажа при решении некоторых задач.

Первый прототип автопилота был проработан и сконструирован компанией Сперри в далеком 1914 году. Автопилот работал следующим образом: он подключал гироскопический указатель курса и указатель ориентации к рулевым поверхностям, которые включали в свой состав руль направления и руль высоты через гидравлический привод. Элероны не были подключены, на том основании, что для обеспечения необходимой устойчивости по крену рассчитывалось, что двугранное крыло сможет обеспечить необходимую устойчивость по крену. Это позволяло самолету лететь в горизонтальном полете и строго по заданному курсу компаса без участия летного состава, что достаточно заметно уменьшало нагрузку на экипаж.

Важно представлять, какую роль играет система автоматического управления (САУ) воздушного судна (или автопилот) в составе оборудования современного самолета.

Наиболее важной и неотъемлемой частью САУ или АБСУ (автоматическая бортовая система управления) является автопилот, который в автоматическом режиме обеспечивает устойчивость углового положения воздушного судна относительно центра масс и корректирует это положение при его изменениях из-за воздействия внешней среды или изменяет его при получении соответствующих управляющих сигналов. Управление двигателем (двигателями) осуществляется через автомат тяги [2].

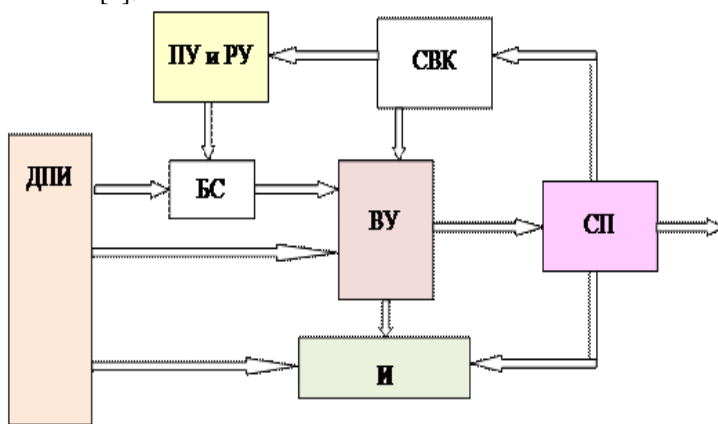


Рис. 1. Блок схема автопилота

СВК – система встроенного контроля – совокупность специально созданных приборов, измеряющих параметры процесса управления и/или движения ЛА, производящих обработку этих замеров по определенному алгоритму с целью получения показателей правильности процесса управления ЛА посредством АП (например: ограничение критического угла атаки - α крит).

ДПИ – система датчиков первичной информации (V, Н, углы, угловые скорости, перегрузка и др.).

БС – блок связи – агрегат, согласующий выходные характеристики взаимодействующих с АП систем и ДПИ с входными характеристиками АП. (блок согласования, обнуляет рассогласование сигнала конкретного датчика и заданного параметра стабилизации (например, по тангажу для горизонтального полета), что предотвращает возникновение скачкообразных управляющих сигналов на входе вычислительного устройства САУ и исключает рывки рулевого агрегата).

ВУ – вычислительное устройство или блок формирования управляющих сигналов - агрегат, осуществляющий логическо-вычислительные операции и операционно-функциональные преобразования с сигналами ДПИ и вырабатывающий управляющие сигналы в АП в соответствии с реализованным в нем законом управления.

СП – сервопривод АП, исполнительный механизм – силовая следящая система, предназначенная для перемещения органа управления ЛА, или устройство, непосредственно вырабатывающее управляющее усилие (или момент), приложенное к ЛА.

И – индикаторы, сигнальные, измерительные и командные приборы, обеспечивающие передачу качественной и количественной информации об условиях полета ЛА и техническом состоянии АП (приборы и указатели, отображающие параметры полета по сигналам ДПИ, параметры настройки и состояния вычислителя САУ, величины перемещения органов управления и иную необходимую информацию).

Члены летного экипажа работают с системой автоматического управления полётом с помощью панели MCP (ModeControlPanel) – Панель управления режимами автопилота.

Фактически – это основная панель управления системой автоматизированного управления полетом.

- (1) А/Р – кнопка активации всех трех автопилотов к системе. После нажатия штурвал или сайдстик передается под управление автопилоту. Разрешено нажатие на любую из двух клавиш, так как они являются равносильными по отношению друг к другу.

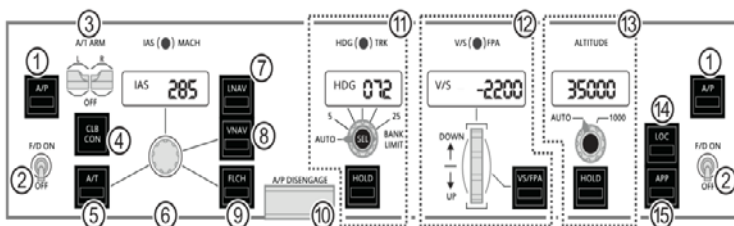


Рис.2. Приборная панель автопилота

- (2) F/D ON – тумблер подключения системы директорного управления (FlightDirectorSystem) пилотажного командного прибора (PFD). В зависимости от использования левого или правого тумблера система выводит директора на командирском пилотажном приборе или на приборе второго пилота соответственно.

- (3) А/Т АРМ – тумблеры, которые приводят автомат тяги в состояние готовности к работе. Каждый тумблер отвечает за свой сервопривод.

В положения «ARM» автомат тяги приводится в работу выбором одного из следующих режимов: FLCH, VNAV, V/S или TO/GA.

Положение «OFF» – свидетельствует о том, что автомат тяги выведен из состояния армирвания.

(4) CLB CON. Если оба двигателя находятся в работоспособном состоянии, то нажатие на эту кнопку изменит текущий режим тяги на заданный в FMC режим CLIMB. А если мы осуществляем полет на одном работающем двигателе, то активация этого режима необходима для реализации максимальной длительности полета.

(5) A/T – принудительное подключение автомата тяги. Активируется режим тяги, соразмерный текущему значению величины тангажа. Автомат должен быть в армированном положении, если истинная высота менее 400 футов.

(6) IAS/MACH. Панель необходимая для контроля приборной скорости.

Маленькая кнопочка, расположенная в верхней части над окошком приборной скорости, служит для смены системы исчисления скорости с IAS на MACH или обратно.

(7) LNAV – LateralNavigation – кнопка, отвечающая за активацию полета по маршруту, заданному в FMC.

(8) VNAV – VerticalNavigation – обеспечивает включение режима, при котором система: ведет самолет по заранее спланированному вертикальному профилю с выдерживанием скорости полёта согласно маршруту полёта, заданного в FMC;

(9) FLCH – FlightLevelChange – нажатие включает режим набора высоты полета, указанной (установленной) в окошке «ALTITUDE» на MCP – (13), с поступательной скоростью, заданной в окошке «IAS/MACH» на MCP в случае, если текущая высота менее установленной в окошке «ALTITUDE», либо режим снижения с текущей высоты до заданной высоты снижения, если текущая высота выше значения высоты, установленной в окошке «ALTITUDE»,

В общем случае набор высоты осуществляется на режиме CLB CON, а снижение – на режиме малого газа

(10) LOC – Localizer. Данной клавишей армируется/включается режим полета по сигналам курсового маяка системы захода на посадку ILS/GLS.

(11) APP – Approach. Этой кнопкой армируется/активируется функция захода на посадку по сигналам курсового и глиссадного маяков системы захода на посадку ILS/GLS[3].

В заключении следует отметить, что необходимость использования автопилота на воздушных судах состоит прежде всего в следующем:

1. При выполнении полета на больших высотах, особенно в воздушном пространстве, где применяются правила сокращенного вертикального эшелонирования (RVSM), возникает необходимость очень точно контролировать и выдерживать заданный эшелон полета. Это связано с потребностью осуществлять безопасное и эффективное эшелонирование самолетов в воздухе. Это возможно производить и в ручном режиме, но с течением времени у пилотирующего пилота (PF) будет накапливаться утомление и как следствие ухудшаться внимание, что приведет к неизбежному возникновению ошибки и скажется на безопасности выполнения полета

2. В многочленном экипаже обязанности разделяются следующим образом – один пилот осуществляет процесс пилотирования (PF), а второй контролирует параметры всех систем (PM). В том случае если передать часть задач системе автопилота, то:

во-первых, исключаются ошибки связанные с техникой пилотирования;

во-вторых – осуществлять мониторинг и контроль параметров будут способны уже оба пилота.

3. В случаях каких-либо отказов производители современных ВС настойчиво советуют использование автопилота, при появлении такой возможности. Экипаж в это время сможет направить свои силы на выполнение memory items аварийных чек-листов (выполнение корректирующих действий «по памяти» в случае отказа двигателя или другого критически важного для продолжения полёта оборудования), чтение контрольных карт проверок QRH (чтение и выполнение последовательности действий, отображенных в документации самолета).

1. Воробьев В.Г., Кузнецов С.В. Автоматическое управление полетом. - М.: Транспорт, 1995. – С.65.

2. Гусев А.А., Демченко А.Г., Кузнецов С.В. Системы автоматического управления полетом. Пособие по выполнению лабораторных работ «Автопилоты». - М.: МГТУ ГА, 2010.

3. Юков М.С. Бортовые автоматические системы управления // Международный студенческий научный вестник. 2020. № 6.;
URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20324> (дата обращения: 21.09.2025).

Konstantin Robertovich Zakharov, Docent,
Viktor Valerievich Klepikov, Senior Lecturer
*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher
Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after
Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev»
(Russia, Ulyanovsk) e-mail: kafedralebp@yandex.ru
Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071*

AUTOPILOT FUNCTION ON CIVIL AVIATION AIRCRAFT

As the aircraft's range increased, making it possible to fly for many hours, constant attention led to severe fatigue and loss of concentration. The addition and integration of additional Modern technologies, such as the introduction of radio navigation equipment, have made it possible to conduct not only daytime flights but also nighttime flights under adverse weather conditions.

Key words: high-altitude flight, airspace, reduced vertical separation rules, aircraft, crew.

Коврижных Евгений Николаевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой ЛЭиБП

Мирошин Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры ЛЭиБП

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск)

e-mail: kafedralebr@yandex.ru

ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ДОПУЩЕНИЯ СЕРЬЕЗНЫХ ОШИБОК ЭКИПАЖЕМ ВС ГА ПРИ РАБОТЕ С БОРТОВЫМ КОМПЬЮТЕРОМ

Система автоматического управления хоть и является одним из основных элементов для повышения общего уровня безопасности полетов, но существуют такие ситуации, когда пилоты должны вмешиваться в управление для предупреждения возникновения особой ситуации или выхода из нее.

Ключевые слова: авиационная техника, штурвальная колонка, автопилот, техническая документация, воздушное судно, пилот, ручное управление.

Одним из возможных способов, предусмотренных рядом производителей авиационной техники, является воздействие на штурвальную колонку с определенными усилиями, вследствие чего система производит отключение автопилота.

На большинстве самолетов данная система работает следующим образом: при оказании усилий в несколько раз, превышающих воздействие автопилотом на штурвальную колонку или при оказании усилий на штурвал в течение определенного временного интервала, прописанного в технической документации воздушного судна, пилот переводит самолет на ручное управление. Однако, необходимо учитывать, что на большинстве современных самолётов отключение автопилота пересиливанием запрещается [1].

Рассмотрим механизм возникновения ошибки, допускаемой летным экипажем, на примере авиационного события с самолетом Saab 2000, случившегося в 2014 году на территории Великобритании. При выполнении захода на аэродром прибытия экипаж принимает решение о выполнении процедуры ухода на второй круг и дальнейшее построение повторного захода. Пилоты переводят самолет в набор до высоты, согласованной с диспетчерским пунктом, и в этот момент происходит поражение воздушного судна электрическим разрядом.

Экипаж, имеющий опыт полетов на других типах авиационной техники, считает, что система автоматизации из-за попадания молнии отключилась, вручную отклоняет штурвал на кабрирование, пытается пересиливанием автопилота отключить его и перейти на ручное управление, и произвести набор заданной высоты в ручном режиме. Однако, пилоты замечают, что для эволюций самолета в воздушной среде приходится прикладывать большие усилия, при норме в 5-7 килограмм преодолевать порядка 20-25 килограмм.

При достижении самолетом заданной высоты система автопилота переводит его в резкое пикирование с вертикальной скоростью порядка 50 м/с и лишь после этого происходит самоотключение автопилота. Экипаж смог выровнять и сбалансировать самолет и в дальнейшем произвести благополучную посадку.

Результаты расследования показали, что экипаж допустил эту ошибку по ряду причин:

1. Влияние на экипаж внешних условий, которые вызвали дезориентацию и не позволили своевременно обратить внимание, что автопилот по-прежнему функционирует.

2. Отсутствие в технической документации информации о том, что происходит с автопилотом при пересиливании.

3. Недостаточная индикация работоспособности системы автоматического управления: имелась лишь одна надпись на пилотажно-навигационном приборе.

4. Опыт полетов на другой авиационной технике, то есть сработала мышечная память. Командир считал, что после попадания молнии пилоты должны были перейти на ручное управление [2].

На протяжении любого этапа по производству полета экипаж постоянно осуществляет взаимодействие с бортовым компьютером, который является главной системой всего самолета, ведь именно он производит все расчёты по необходимым параметрам, на основе внесенных исходных данных, и посылает сгенерированные информационные сигналы по каналам подключения остальным системам. Пилоты в ручном режиме или на высокоавтоматизированных современных воздушных судах, диспетчеры авиакомпаний через канал ACARS вносят всю необходимую информацию в вычислитель. Именно эти операции сильно подвержены человеческому фактору, особенно, когда экипаж производит перепрограммирование изначально введенных данных, ввиду каких-либо изменений, например, смены полосы [3].

Эти ошибки особенно хорошо просматриваются, когда на экипаж действуют психоэмоциональные факторы, такие как возникновение дефицита времени или сильнейшая напряженность при возникновении нестандартных ситуаций или проявление усталости из-за плохого отдыха накануне вылета или большой длительности полета, ярким примером может послужить выполнение трансатлантических перелетов. Как показывает практика, экипаж может перепутать схему захода или выхода, неправильно внести исходные данные, что приведет к тому, что вопреки ожиданиям членов летного экипажа, система автопилота, получая некорректные данные от системы самолетовождения, будет вести самолет по незапланированному маршруту или с иной скоростью, как в вертикальной плоскости, так и в горизонтальной [4].

В заключении следует отметить, что основными причинами допущения таких серьезных ошибок являются:

1. Незнание экипажа о полной функциональности, и способов взаимодействия с бортовым компьютером, что свидетельствует о недочетах, допущенных в программе обучения.

2. Появление дефицита времени, при котором члены летного экипажа выполняют все действия в спешке.

3. Влияние внешних факторов, вызывающих усталость и эмоциональное напряжение, которые содействуют ухудшению концентрации и способности экипажа принимать адекватные решения и действия.

4. Мышечная память проявляется, когда пилоты привыкли заходить на аэродром по определенной схеме, а когда происходит смена схемы подхода или выхода, или переназначается полоса, экипаж оказывается не готовым к этому.

1. Юков М.С. Бортовые автоматические системы управления // Международный студенческий научный вестник. 2020. № 6.; URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=20324> (дата обращения: 21.09.2025).

2. Федунов Б.Е. Бортовые интеллектуальные системы тактического уровня. – М.: Де’Либри, 2018. – 246 с.

3. Радионавигационные системы аэропортов / Вольнец В. А., Макаров К. В., Червецов В. В., Шешин И. Ф. - М.: Транспорт, 1978. - 336 с.

4. Сливцкий А.Б. Концепция оценки уровня готовности технологий, производств как механизм формирования единого инновационно-технологического пространства. // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 12. / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; Отв. ред. В.И. Герасимов. – М., 2017. Ч.1. С.618-624.

Evgeny Nikolaevich Kovrizhnykh, PhD in Engineering, Head of the Department of Power Engineering and Power Systems

Aleksandr Nikolaevich Miroshin, Department of Aviation Safety and Security

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk)

e-mail: kafedralebp@yandex.ru

Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

THE MAIN REASONS FOR SERIOUS ERRORS BY CIVIL AVIATION CREW WHEN WORKING WITH THE ON-BOARD COMPUTER

Flight operations practice shows that although the automatic control system is one of the key elements for improving the overall level of flight safety, there are situations when pilots must intervene in the controls to prevent the occurrence of an exceptional situation or to get out of it.

Key words: aviation equipment, control column, autopilot, technical documentation, aircraft, pilot, manual control.

*Соболевский Сергей Борисович, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Транспортные системы и технологии»
Белорусского национального технического университета,
oapdd_atf@bntu.by, ул. Я. Коласа, 12, г. Минск, 220013*

АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В статье анализируется текущее состояние применения природного газа в качестве моторного топлива. Отмечено наличие соответствующих компетенций как производителей автотранспортной техники, так и организаций сферы обслуживания, что позволит увеличить объемы потребления природного газа в качестве моторного топлива.

Ключевые слова: природный газ, моторное топливо, газозаправочные станции, техническое обслуживание.

Использование природного газа в качестве моторного топлива активно развивается более чем в 80 странах мира. В качестве моторного топлива природный газ используется в двух видах: сжиженном (далее - СПГ) и сжатом (далее - КПГ). КПГ реализуется через автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), где он осушается, сжимается при помощи компрессора и подается в бак транспортного средства под давлением 200-250 атмосфер. Потенциальными потребителями КПГ являются пассажирский, легкий грузовой, легковой транспорт и коммунальная техника, в отдельных случаях – речной транспорт и сельскохозяйственная техника.

СПГ – это природный газ, охлажденный до температуры минус 162 градуса по Цельсию. При охлаждении природный газ переходит в жидкое состояние, при этом его объем уменьшается в 600 раз. СПГ транспортируется и хранится в крио-емкостях. СПГ реализуется потребителям через криоАЗС, на которых транспорт может заправляться природным газом в жидком виде.

Кроме того, существуют заправочные станции, на которых осуществляется заправка как КПГ, так и СПГ. Это могут быть криоАЗС с регазификацией (переводом газа из сжиженного в газообразное состояние) или АГНКС с криогенным оборудованием (осуществляющим сжижение газа). Ключевыми потребителями СПГ являются магистральный автомобильный, железнодорожный, водный транспорт, карьерная и сельскохозяйственная техника.

Широко используются КПП и СПГ в качестве моторного топлива таких странах, как Бразилия, США, Германия, Италия, Южная Корея и др. Мировой парк автомобилей, работающих на КПП ежегодно увеличивается на 25-30 %. Во многих странах действуют различные меры по стимулированию использования КПП на транспорте. В Пакистане, Южной Корее, Бразилии введен запрет на использование дизельного топлива на автомобилях малой и средней грузоподъемности. Как следствие, например, в Южной Корее 95 % муниципальных автобусов работает на КПП. Во Франции общественный и коммунальный транспорт не может работать на топливе, получаемом при переработке нефти. В Италии нельзя строить автозаправки без блока заправки газом. В Швеции газомоторный подвижной состав освобождают от платежей за парковку. В Китае снят запрет на въезд в природоохранные зоны автомобилей, работающих на КПП. Согласно прогнозу Международного газового союза, парк автотранспорта, использующего в качестве топлива природный газ увеличится с 50 млн. единиц с 2020 года до 70 млн. единиц к 2030 г. К 2035 году потребление газа на транспорте вырастет в 5-9 раз по сравнению с 2022 годом. Снижение эффективной мощности транспортных средств, работающих на КПП на 5-10 % компенсируется:

- снижением транспортно-эксплуатационных затрат при перевозке продукции с 25-30 % в себестоимости перевозки, до 10-15 %;
- увеличением ресурса двигателя в на 20-30 % за счет отсутствия нагара на деталях цилиндрико-поршневой группы;
- сокращение выброса в атмосферу сажи, высокотоксичных ароматических углеводородов, окиси углерода, непредельных углеводородов и окислов азота.

На сегодняшний день, практически все мировые производители автомобильной и сельскохозяйственной техники имеют в своем ассортименте модели, использующие природный газ в качестве моторного топлива. Такие модели, по информации, опубликованной пресс-центрами соответствующих компаний, есть и в линейках продукции ОАО «ММЗ», ОАО «БелАЗ», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «МТЗ», ОАО «МАЗ», СЗАО «БелДЖИ».

Минским моторным заводом разработан шести цилиндровый газовый двигатель ММЗ-262NG рабочим объемом 7,98 литра, имеющий электронную систему подачи газа (компримированного или сжиженного метана), для установки на тракторную, комбайновую, автомобильную и автобусную технику. Характеристики и области применения двигателя приведены на рисунке 1. По оценке производителя выбросы вредных веществ снижены на 65 % (в среднем) по оксидам азота и на 80 % меньше выбросов твердых частиц по сравнению с дизельными

моторами, оборудованными окисляющим каталитическим нейтрализатором.



Рис. 1. Характеристики и области применения газового двигателя MMZ-262NG

ОАО «БелАЗ» разрабатывает и производит карьерные самосвалы на сжиженном природном газе. Первым таким самосвалом стал 90-тонный БЕЛАЗ-7558Н, представленный в 2022 году. 10 сентября 2025 года ОАО «БелАЗ» представил опытный образец нового газодизельного карьерного самосвала БЕЛАЗ-7513W грузоподъемностью 130 тонн. Главная инновация – двигатель, работающий в газодизельном режиме, который позволяет замещать до 50 % дизельного топлива СПГ. Газовые самосвалы ОАО «БелАЗ» представлены на рисунке 2.

Газовые самосвалы ОАО «БелАЗ» предлагают экономию топлива и снижение выбросов вредных веществ. По данным пресс-центра БелАЗ газовый двигатель самосвала БЕЛАЗ-7558Н примерно на 30 % экономичнее и значительно экологичнее стандартного дизельного мотора. Перспективная 90-тонная машина оснащена эффективным газопоршневым двигателем мощностью 1068 л.с. и современным тяговым электроприводом переменного тока. Благодаря объемным криобаккам, вмещающим 1400 и 350 литров газа, самосвал обрабатывает смену без остановок на дозаправку. На машине также предусмотрена

возможность установки инновационной системы мониторинга работы карьерного транспорта IMS собственной разработки БелАЗ. За время эксплуатационных испытаний в Кузбассе самосвал БЕЛАЗ-7558Н получил многочисленные положительные отзывы.



БЕЛАЗ-7558Н



БЕЛАЗ-7513W

Рис. 2. Газовые самосвалы ОАО «БелАЗ»

ОАО «Гомсельмаш» разработан и испытан комбайн «Палессе GS4118К», работающий на КПП. Заправка комбайнов осуществлялась прямо в полевых условиях с использованием передвижной газозаправочной станции ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». В настоящее время в Гомельской области эксплуатируются 50 газомоторных комбайнов, заправка которых осуществляется с помощью передвижных заправщиков ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». Комбайн «Палессе GS4118К» представлен на рисунке 3.



Рис.3. Комбайн «Палессе GS4118К»

ОАО «МТЗ», на производственной базе ТПК «МТЗ-Татарстан», разработаны тракторы, работающие на природном газе, в частности, модели «Беларус-2022GT» и «Беларус-1221GT», которые оснащаются газопоршневыми двигателями MMZ-262NG производства Минского моторного завода. Трактор «Беларус-2022GT» получил сертификат соответствия и готов к серийному производству. Трактор «Беларус-2022GT» представлен на рисунке 4. Эти тракторы разработаны

совместно с российскими компаниями. Предназначены для использования в сельском хозяйстве и могут быть востребованы в регионах, где есть доступ к природному газу.



Рис. 4. Трактор «Беларус-2022GT»

ОАО «МАЗ» выпускает ряд моделей автобусов и грузовиков, работающих на газовом топливе, включая модели на КПГ и СПГ. Среди них автобусы МАЗ-203, МАЗ-206 и МАЗ-303, а также грузовой тягач МАЗ-54402К, самосвал МАЗ-65012К, коммунальная машина МАЗ-590423-042 и другие модели. Модели автобусов МАЗ представлены на рисунке 5, модели грузовых автомобилей – на рисунке 6. За последние 10 лет заводом изготовлено и реализовано более 1700 единиц автотранспортной техники, использующих газ в качестве моторного топлива.



МАЗ-203



МАЗ-206



МАЗ-303

Рис. 5. Газовые автобусы МАЗ



МАЗ-54402К



МАЗ-65012К



МАЗ-590423-042

Рис. 6. Грузовые газовые автомобили МАЗ

По заданию Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь БЕЛНИИТ «ТРАНСТЕХНИКА» для эксплуатации автобусов, с двигателями, работающими на КПП, разработан комплект технологической и технической нормативной правовой документации (ТНПА):

- технологический процесс технического обслуживания автобусов МАЗ с двигателем, работающем на КПП;

- технический кодекс установившейся практики «Автобусы с двигателями, работающими на компримированном природном газе»;

- типовая технологическая схема проведения работ технического обслуживания и ремонта газобаллонных автобусов, технологическая схема участка аккумулирования КПП, планировочное решение для поста выпуска (аккумулирования) газа и дегазации баллонов, рекомендации по технологическому оснащению организаций, эксплуатирующих от 25 до 200 газобаллонных автобусов.

С учетом разработанных ТНПА внесены соответствующие изменения в ТКП 248-2010 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения» [1].

СЗАО «БЕЛДЖИ» в кооперации с ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» проведена работа по адаптации модели S50 к работе на метане, представлен на рисунке 7. Газовая версия автомобиля прошла сертификационные испытания и была экспонирована на площадке Петербургского международного газового форума - 2024.



Рис. 7. Газомоторный автомобиль Belgee S50

Таким образом, очевидно, что основные производители автотракторной и сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь имеют в своем производстве разработанные и сертифицированные модели, использующие природный газ в качестве моторного топлива.

Важным аспектом для эффективности функционирования таких моделей является рациональное размещение газовых заправочных станций и пунктов заправки газом АЗС.

Основные компании на рынке газовых заправок в Беларуси:
ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»:

Является основным оператором АГНКС в Беларуси, реализуя природный газ под брендом «Экогаз». Располагает 28 АГНКС. В планах компании строительство завода по выпуску сжиженного природного газа, с участием компании «Газпром гелий сервис», на площадке зоны с особым правовым режимом - Индустриальный парк «Великий камень». Мощность будущего комплекса - 3 360 тонн СПГ, основные потребители топлива - машины МАЗ и БелАЗ. Использовать СПГ с предприятия в Индустриальном парке «Великий камень» планируется для заправки транспорта на трассе М1 (по маршруту Брест-Москва) и трассе М5 (по маршруту Гомель-Санкт-Петербург).

Ассоциация международных автомобильных перевозчиков БАМАП рассматривает использование магистральной техники на КПП/СПГ как один из важных факторов повышения рентабельности белорусских и российских предприятий в сфере грузоперевозок.

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»:

Крупнейший поставщик топлива на рынке АЗС в Беларуси, предлагающий широкий спектр услуг, включая заправку газом. В настоящее время сеть «Белоруснефти» насчитывает более 230 АГЗС, к концу 2025-го планируется ввести в действие еще 25 АГЗС. Для удобства водителей на 40 заправках апробирован сервис по заправке газом ПБА (пропан-бутан автомобильный) под дистанционным контролем персонала станции. Данный сервис компания планирует расширять, с учетом возрастания спроса на данную услугу.

ГК «А-100 АЗС»:

Крупнейшая частная сеть АЗС с белорусским капиталом. Основным видом деятельности является реализация топлива, товаров и услуг через сеть автозаправочных станций «А-100», насчитывающую 40 АЗС. Компаний выпущено мобильное приложение с указанием карты станций, предлагающих заправку автомобилей газом.

ИООО «ЛУКОЙЛ Белоруссия»:

Российская нефтяная компания, входящая в состав группы «ЛУКОЙЛ» располагающая в Республике Беларусь сетью АЗС, на части из которых оказывает услуги по заправке газом. На АЗС ИООО «ЛУКОЙЛ Белоруссия» реализуют сжиженный углеводородный газ марки ПБА - пропан-бутан автомобильный, соответствующий ГОСТ Р 52087-2003 «Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия».

РУП «Стройтехнорм» разработан СН 3.02.14-2020 «Автозаправочные станции», содержащий требования к размещению, территории и оснащению автомобильных газозаправочных станций и

автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, включая требования к передвижным заправочным станциям.

В заключение можно отметить наличие в Республике Беларусь полного набора компетенций в части производства и обслуживания автотранспортных средств и сельскохозяйственной техники, использующих природный газ в качестве моторного топлива. Для существенного увеличения производства моделей вышеуказанной техники и использования природного газа в качестве моторного топлива целесообразно:

развивать механизмы государственного стимулирования для производителей и владельцев транспортных и сельскохозяйственных средств, работающих на природном газе, учитывая мировой опыт стимулирования применения альтернативного топлива;

сформировать устойчивый механизм функционирования объединенного рынка газа Союзного государства с принятием необходимых правовых актов или внесением изменений в действующие, исходя из принципа дальнейшего сближения условий хозяйствования в газовой сфере и исполнения сторонами норм соответствующих межправительственных соглашений [2].

1. Соболевский С.Б. Особенности технического обслуживания автобусов с двигателями, работающими на сжатом природном газе. /Соболевский С.Б., Д.Д. Яцкевич, И.В. Матвиенко/ Материалы Международной заочной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса» (Минск, 1-15 декабря 2025 г.). С. 52-62.

2. Российское газовое общество. Россия и Беларусь формирует объединенные рынки газа и электроэнергии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gazo.ru/ru/news/sector/rossiya-i-belarus-formiruet-obedinennyye-rynki-gaza-i-elektroenergii/>

S. Sobolevskiy, Ph. D. in Eng., Ass. Prof.

Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

oapdd_atf@bntu.by,

ANALYSIS OF AREAS OF APPLICATION OF NATURAL GAS AS MOTOR FUEL IN THE REPUBLIC OF BELARUS

The article analyzes the current state of the use of natural gas as a motor fuel. It was noted that there are relevant competencies of both manufacturers of motor vehicles and service organizations, which will allow increasing the volume of consumption of natural gas as a motor fuel.

Key words: natural gas, motor fuel, gas filling stations, maintenance.

Седюкевич Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет (Беларусь, Минск), e-mail: Sedziukevich@bntu.by, просп. Независимости, 65, г. Минск, 220013

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Рассматриваются методы нормирования расхода топлива для автомобилей на основе статистической обработки данных о фактических расходах и корреляционно-регрессионного анализа в зависимости от основных определяющих факторов (пробега транспортного средства, продолжительности времени движения, выполненной транспортной работы и числа загрузок и (или) разгрузок с приводом механизмов от двигателя автомобиля).

Ключевые слова: автомобиль; топливо; нормирование; условия эксплуатации, статистические методы

В себестоимости автомобильных перевозок около 1/3 составляют затраты на топливо. Поэтому сокращение этих затрат путем применения обоснованных норм расхода автомобилями топлива является актуальной задачей. При сокращении расхода топлива снижается также количество вредных отработавших газов, попадающих в окружающую среду.

В настоящее время принято, что базовые линейные нормы расхода топлива автомобилем определяются индивидуально для каждой модели (модификации) автомобиля и корректируются в зависимости от условий эксплуатации [1]. Современное развитие производства автомобилей характеризуется большой степенью их индивидуальности (модификации) по параметрам двигателя, трансмиссии, шин, дополнительного оборудования, что существенно влияет на расход топлива в базовых условиях. Все это приводит к тому, что для каждой модели и модификации автомобиля требуется утверждение нормы расхода топлива.

Установленная базовая норма расхода топлива корректируется с применением коэффициентов, значения которых принимаются из установленного диапазона организацией, эксплуатирующей автомобиль. Таким образом, базовая норма расхода топлива корректируется с помощью коэффициентов, которые определены для различных условий в достаточно широком диапазоне (от нуля и до не более определенного процента или нормы повышения или понижения) (пункты 10 – 13,

16 – 17 [1]). При этом проценты повышения нормы расхода могут суммироваться. Однако этого оказывается в некоторых случаях недостаточно для установления реальной нормы расхода топлива. Например, предусмотренный дополнительный расход дизельного топлива на транспортную работу в базовом размере 1,3 л на 100 ткм составляет с понижением на 15 % для дорог с асфальтобетонным и цементным покрытием за пределами населенного пункта 1,13 л на 100 ткм, а при международных перевозках перевозчиками эта норма устанавливается в два и более раза ниже. Исходя из вышеизложенного следует, что нет необходимости определять нормы расхода топлива с высокой точностью для базовых условий, так как фактический расход топлива зависит в большой степени от условий эксплуатации, точный учет которых не предусмотрен, а указан только возможный диапазон изменения норм [1]. Это приводит к тому, что фактически в реальных условиях эксплуатации норма расхода топлива автомобилем с учетом снижения (повышения) принимается субъектом хозяйствования, эксплуатирующим автомобиль. Вышеуказанные причины обусловили принятие решения, по которому с 01.01.2020 субъекты хозяйствования имеют право самостоятельно устанавливать нормы расхода топлива [2].

Исходя из вышеизложенного актуальным является рассмотрение вопроса нормирования расхода топлива применением статистических методов на основе данных о фактических расходах в конкретных условиях эксплуатации автомобилей. До формирования статистики по реальному расходу топлива в зависимости от различных факторов норма расхода автомобилем устанавливается временной [1].

При установлении норм расхода топлива статистическими методами возможны два случая:

1-й – автомобиль эксплуатируется в одних и тех же условиях (например, на одном маршруте или группе идентичных маршрутов, в одном и том же карьере на определенном виде перевозок, постоянно в других однородных условиях с практически одинаковой степенью использования загрузки автомобиля);

2-й – автомобиль выполняет перевозки в разнотипных условиях эксплуатации (городские в городах с различной численностью населения, пригородные и междугородные перевозки с различными дорожными условиями и т.п.).

Во всех случаях нормы расхода топлива необходимо устанавливать отдельно для различных сезонов года (осенне-весенний, летний, зимний).

Расходы топлива за расчетный период на работу установленного на автомобиле дополнительного оборудования Q_d определяется по формуле:

$$Q_d = \sum_{k=1}^n q_{чк} t_{pk} , \quad (1)$$

где $q_{чк}$ – удельная норма расхода топлива на 1 ч работы k -го вида оборудования, литрах (куб. м) за час;

t_{pk} – длительность работы k -го вида оборудования, установленного на автомобиле, за расчетный период, ч;

n – общее число видов установленного на автомобиле оборудования, расходующего топливо.

Значения удельных норм t_{pk} необходимо принимать по данным технической характеристики установленного на автомобиле оборудования k -го вида.

В 1-м случае рекомендуется устанавливать удельную норму расхода $q_{нкм}$ в литрах (куб. м) на 100 км пробега, которая учитывает установившиеся условия эксплуатации автомобиля.

В этом случае для нахождения значений удельных норм расхода топлива $q_{нкм}$ необходимо периодически обрабатывать информацию о расходе топлива в данных условиях эксплуатации для каждой марки, модели, модификации автомобиля и сезона года и определять следующие выборочные значения удельного расхода:

- средний удельный расход топлива $q_{км}$ на 100 км пробега

$$q_{км} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{100Q_i}{L_i} ; \quad (2)$$

- дисперсия удельного расхода топлива

$$S_q^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m \left(\frac{100Q_i}{L_i} - q_{км} \right)^2 , \quad (3)$$

где Q_i – значение случайной величины в виде расхода топлива (в литрах или куб. м) за расчетный i -й (например, суточный) период работы;

L_i – соответствующий пробег автомобиля (в километрах), при котором расходовано топливо в количестве Q_i ;

m – количество зарегистрированных значений случайной величины Q_i по автомобилям одной марки и модели, работающим в однородных условиях.

Значение Q_i , если дополнительное оборудование питается от топливного бака системы питания двигателя автомобиля, определяется как разница между общим расходом топлива Q_{oi} и расходом топлива

для питания дополнительного оборудования Q_{di} :

$$Q_i = Q_{oi} - Q_{di} , \quad (4)$$

где Q_{oi} – значение случайной величины в виде общего расхода топлива (в литрах) автомобилем за расчетный i -й (например, суточный) период работы автомобиля;

Q_{di} – значение случайной величины в виде расхода топлива (в литрах) на питание дополнительного оборудования от топливного бака системы питания двигателя автомобиля за расчетный i -й период, за который зафиксировано значение расхода топлива Q_{oi} .

Число m рекомендуется принимать не менее 50. При формировании массивов исходных данных необходимо исключать случаи, когда расход топлива был превышен различными нештатными ситуациями, например, негерметичностью топливной системы.

В предположении, что распределение удельного расхода топлива $100 Q_i / L_i$ подчинено нормальному закону распределения, эта норма должна устанавливаться такой, чтобы ее верхняя интервальная оценка математического ожидания обеспечивалась с вероятностью γ , близкой к единице, например, $\gamma = 0,95$.

Тогда норма удельного расхода топлива q_{HKM} будет определяться по формуле [3]:

$$q_{HKM} = q_{KM} + \frac{t_{\gamma, m-1} S_q}{\sqrt{m}} = q_{KM} \left(1 + \frac{t_{\gamma, m-1} V}{\sqrt{m}} \right) , \quad (5)$$

где $t_{1-\gamma, n-1}$ – квантиль распределения Стьюдента при значении вероятности γ и числе степеней свободы $m-1$ (при $\gamma = 0,95$ и $n = 50$ значение $t_{\gamma, m-1} = 1,677$); $S_q = \sqrt{S_q^2}$ – выборочное среднеквадратическое (стандартное) отклонение удельного расхода топлива; V – коэффициент вариации случайной величины, определяемый отношением S_q к q_{KM} .

Например, при $q_{KM} = 40,5$, $V = 0,25$ и $m = 50$ q_{HKM} составит:

$$q_{HKM} = q_{KM} \left(1 + \frac{t_{\gamma, m-1} V}{\sqrt{m}} \right) = 40,5 \left(1 + \frac{1,677 * 0,25}{\sqrt{50}} \right) \approx 42,9 \text{ (л/100 км)}. \quad (6)$$

При вероятности $\gamma = 0,95$ $t_{\gamma, m-1}$ при $m = 10$ равно 1,833, при

$m=20 - 1,729$, при $m=30 - 1,699$, при $m=40 - 1,685$, при $m=50 - 1,677$.
 Значения $t_{\gamma, m-1}$ можно найти с помощью Excel, например как
 =СТЮДЕНТ.ОБР($\gamma; m-1$) (=СТЮДЕНТ.ОБР(0,95;49)=1,676551).

Таким образом, в 1-м случае общий расход топлива автомобилем Q_{oy} по установленной норме за отчетный период будет определяться по формуле:

$$Q_{oy} = q_{нкм} L_{oy} / 100 + \sum_{k=1}^n q_{чк} t_{рук} , \quad (7)$$

где $q_{нкм}$ – установленная норма расхода топлива автомобилем, л (куб. м)/100 км;

L_{oy} – общий пробег автомобиля за отчетный период, км;

$t_{рук}$ – общее время работы дополнительного оборудования k -го вида за отчетный период, ч.

Во 2-м случае рекомендуется устанавливать удельную (линейную) норму расхода топлива в литрах (куб. м) на 100 км пробега и удельные расходы топлива в зависимости от других влияющих факторов в виде аддитивного уравнения регрессии.

В качестве интегрального фактора, учитывающего условия движения и определяющего расход топлива, предлагается величина затрат времени на движение автомобиля (чем более тяжелые условия эксплуатации, тем выше затраты времени на движение при одном и том же пробеге).

При перевозке грузов на расход топлива оказывает влияние выполненная транспортная работа, которая определяется степенью использования автомобиля по пробегу (коэффициент использования пробега) и грузоподъемности (коэффициент использования грузоподъемности).

Учет расхода топлива для работы двигателя при выполнении грузовых операций (загрузка и (или) разгрузка автомобиля) предлагается учитывать числом выполненных операций (числом ездки с грузом).

В общем виде предлагается уравнение регрессии следующего вида:

$$Q = q_o L / 100 + q_y t_{дв} + q_{ткм} P / 100 + q_c n_c , \quad (8)$$

где Q – общий расход топлива автомобилем за расчетный период без учета расхода на работу дополнительного оборудования), л (куб. м);

q_o – коэффициент, определяющий удельный (линейный) расход топлива автомобиля, л (куб. м)/100 км;

L – общий пробег автомобиля за расчетный период, км;

q_y – коэффициент, определяющий удельный расход топлива на 1 ч движения автомобиля, л (куб. м)/ч;

$t_{\text{дв}}$ – длительность времени движения автомобиля за расчетный период, ч;

$q_{\text{ткм}}$ – коэффициент, определяющий удельный расход топлива на 100 ткм выполненной транспортной работы, л (куб. м)/100 ткм;

P – транспортная работа, выполненная автомобилем за расчетный период, ткм;

q_e – коэффициент, определяющий удельный расход топлива на выполнение операции загрузки и (или) разгрузки автомобиля, л (куб. м) на 1 ед.;

n_e – число операций загрузки и (или) разгрузки (число ездов автомобиля с грузом) за расчетный период, ед.

Проведением множественного корреляционно-регрессионного анализа по реальным значениям показателей Q_i , L_i , $t_{\text{дв}i}$, P_i , n_{ei} по автомобилям с одинаковыми параметрами (марка, модель, вид топлива, мощность двигателя, вид трансмиссии) за расчетные периоды (например, суточные) находятся значения параметров (коэффициентов) уравнения регрессии q_o , q_y , $q_{\text{ткм}}$, q_e и другие значения анализа: критерий Фишера F , уровень значимости критерия Фишера p -value, критерии Стьюдента для отдельных факторов t_s и уровень значимости каждого из них p -value, коэффициент средней линейной относительной ошибки аппроксимации ($i = 1, 2, \dots, m$, где m – общее число зарегистрированных значений зависимой переменной (расхода топлива) и значений каждого фактора). Значения показателей для проведения корреляционно-регрессионного анализа определяются на основе первичных учетных данных о расходе топлива и работе транспортных средств, в том числе регистрируемых в электронной форме.

Перед многофакторным анализом необходимо проводить парный анализ между фактором L и каждым из факторов $t_{\text{дв}}$, P и n_e . Если между фактором L и другим фактором имеет место тесная корреляционная связь (значение p -value менее 0,05), то этот другой фактор следует исключить из рассмотрения.

Если при многофакторном анализе для вычисленной статистики

критерия Фишера F и статистик критерия Стьюдента значения p -value менее 0,05, то уравнение регрессии в целом адекватно экспериментальным данным, а факторы являются значимыми. Если для какого-то фактора p -value критерия Стьюдента выше 0,05, то фактор является малозначимым и его необходимо исключить из уравнения регрессии. Если все факторы $t_{дв}, P, n_{е}$ исключаются из уравнения регрессии, то это указывает, что 2-й случай вырождается до 1-го.

Полученные значения коэффициентов уравнения регрессии для практического применения должны быть увеличены по аналогии с формулой (5), чтобы их оценка обеспечивалась с заданной вероятностью. При этом коэффициент вариации V принимается равным обратному значению статистики критерия Стьюдента для соответствующего фактора, т.е. $V = 1/t_s$. В результате будут получены оценки значимых коэффициентов для практического применения: $q_{по}, q_{пу}, q_{пткм}, q_{пе}$, которые должны быть установлены эксплуатирующей автомобиль организацией как удельные нормы. Если фактор $t_{дв}$, P или $n_{е}$ исключается из рассмотрения, то соответствующий удельный расход топлива $q_{пу}, q_{пткм}$ или $q_{пе}$ не устанавливается.

Таким образом, во 2-м случае расход топлива автомобилем по установленным нормам $Q_{оу}$ за отчетный период будет определяться по формуле следующего общего вида:

$$Q_{оу} = q_{по}L_{оу}/100 + q_{пу}t_{удв} + q_{уткм}P_y/100 + q_{пе}n_{уе} + \sum_{k=1}^n q_{чк}t_{рук}, \quad (9)$$

где $q_{по}$ – установленная удельная (линейная) норма расхода топлива автомобилем, л (куб. м)/100 км;

$L_{оу}$ – общий пробег автомобиля за отчетный период, км;

$t_{удв}$ – общая продолжительность времени движения автомобиля при выполнении за отчетный период пробега $L_{оу}$, ч;

P_y – выполненная транспортная работа при пробеге автомобиля $L_{оу}$ за отчетный период, ткм;

$n_{уе}$ – общее число операций загрузки и (или) разгрузки (число ездов автомобиля с грузом) за отчетный период.

Расчеты для 1-го случая могут проводиться с применением программы MS Excel и для 2-го случая с помощью статистических пакетов, таких как STATISTICA, SPSS и других.

При систематическом превышении фактического расхода топлива автомобилем над расходом, рассчитанным по установленным нормам, должен проводиться анализ причин и затем реализовываться соответствующие корректирующие мероприятия:

- диагностирование технического состояния автомобиля и устранение неисправностей, которые вызывают повышенный расход топлива;

- обучение водителя автомобиля экономному вождению;

- устранение других причин, связанных с повышенным расходом топлива (состояние дорожного покрытия, регулирование дорожного движения и т.п.).

Резюме. Применение предложенных статистических методов нормирования расхода автомобилями топлива дает возможность устанавливать значения удельных норм расхода топлива для конкретных марок, моделей, модификаций автомобилей с учетом условий их эксплуатации. Расчеты по определению удельных норм расхода топлива могут проводиться самостоятельно организацией, эксплуатирующей автомобили, или другим лицом по заказу эксплуатирующей организации. Предложенные статистические методы могут применяться также для нормирования расхода электрической энергии электромобилями. Установление обоснованных удельных норм расхода топлива для реальных условий эксплуатации автомобилей способствует снижению себестоимости перевозок.

1. Об утверждении Инструкции о порядке применения норм расхода топлива для механических транспортных средств, машин, механизмов и оборудования [Электронный ресурс]: постановление М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 31 дек. 2008 г. №141 // Нац. реестр прав. актов Респ. Беларусь", 09.03.2009, N 56, 8/20462.

2. О налогообложении [Электронный ресурс]: указ Президента Республики Беларусь, 31 дек. 2019 г. № 503 // Нац. прав. Интернет-портал Респ. Беларусь, 10.01.2020, 1/18781.

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

Sedziukevich Uladzimir, PhD (Engineering), Associate Professor,
BELARUSIAN NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
(Belarus, Minsk), e-mail: Sedziukevich@bntu.by,
65 Nezavisimosti Ave., Minsk, 220013

STATISTICAL METHODS FOR FUEL CONSUMPTION NORM FOR AUTOMOBILES

The article examines methods for norm fuel consumption for for automobiles on statistical processing of data on actual consumption and correlation-regression analysis depending on the main determining factors (automobile mileage, duration of movement time, completed transport work and the number of loading and (or) unloading with mechanisms driven by the automobile engine.

Key words: automobile; fuel; norm; exploitation conditions; statistical methods.

Раздел 5. ИННОВАЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 612.821.6

*Дубовский Владимир Андреевич, кандидат технических наук
Савченко Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент*

*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
(Беларусь, Минск), e-mail: vdubovsky.email@gmail.com,
ул. Академическая, 12, г. Минск, 220072*

КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

В работе рассмотрена проблема применения когнитивных технологий в высокоавтоматизированных и беспилотных транспортных средствах. Показано, что процесс интеллектуализации транспортных средств осуществляется прежде всего путем расширения когнитивных возможностей систем помощи водителю, которые в перспективе должны трансформироваться в когнитивные системы автоматизированного вождения, способные управлять транспортными средствами без какой-либо помощи водителя при любых условиях внешней среды.

Ключевые слова: автоматизированные транспортные средства; водитель; когнитивные технологии; системы помощи водителю; транспорт.

В настоящее время автомобильные транспортные средства (ТС) эволюционируют в направлении автономных (беспилотных) ТС [1-3]. Этот процесс может быть проиллюстрирован стандартом SAE J 3016, разработанным Society of Automotive Engineers [4], который формально определяет уровни автоматизации вождения (DA) от 0 (нет автоматизации вождения - No DA) до 5 (полная автоматизация вождения - Full DA) (рис. 1).

В соответствии с указанным стандартом переход к беспилотным ТС характеризуется постепенной, вплоть до полной, передачей функций по управлению ТС от человека-водителя системе автоматизированного вождения (САВ). В этой связи все более актуальным становится использование когнитивных технологий при разработке САВ для высокоавтоматизированных и беспилотных ТС [5, 6].

0	1	2	3	4	5
No DA	Driver Assistance Automated driving system (ADS) performs lateral or longitudinal vehicle motion control.	Partial DA ADS performs lateral and longitudinal vehicle motion control. Driver supervises the ADS.	Conditional DA ADS performs entire dynamic driving task. Driver must be ready to intervene when necessary.	High DA ADS performs entire dynamic driving task. Driver may not be ready to intervene.	Full DA

Рис. 1. Уровни автоматизации вождения [4]

Под когнитивными технологиями в широком смысле понимаются технологии искусственного интеллекта, имитирующие работу человеческого мозга. Такие технологии открывают возможность создания искусственных когнитивных технических систем, которые могут самостоятельно и целенаправленно функционировать: воспринимать окружающую среду и анализировать ее состояние, планировать свое поведение и предвидеть необходимость определенных действий, приспосабливаться к непрерывно меняющимся внешним обстоятельствам и обучаться на собственном опыте [7, 8]. На сегодняшний день задача создания полноценных когнитивных технических систем, функционирующих подобно человеческому мозгу, еще далека от решения ввиду ее сложного междисциплинарного характера. При этом в мире достаточно интенсивно ведутся работы, направленные на решение частных практических задач в разных областях исследований и разработок [8].

Применительно к транспортным системам когнитивные технологии находят применение в рамках создания ТС с уровнями автоматизации 4 и 5 и поддерживающей их транспортной инфраструктуры [6]. Из рис. 1 видно, что процесс интеллектуализации ТС осуществляется прежде всего путем расширения когнитивных возможностей систем помощи водителю, которые, как ожидается, в перспективе должны трансформироваться в полноценные когнитивные САВ, способные управлять ТС без какой-либо помощи водителя при любых условиях внешней среды. Такие ТС получили название когнитивных ТС (когнитивных автомобилей) [9].

В соответствии с определением, данным немецким научно-исследовательским обществом (German Research Society) когнитивное ТС – это «технологическая система, которая обладает способностью

воспринимать себя и окружающую ее среду, а также собирать и структурировать информацию автономным образом» [9]. Из данного определения следует, что когнитивное ТС должно быть способно логически мыслить и обучаться на собственном опыте, что требует умения целенаправленно обрабатывать информацию. На рис. 2 схематически приведена обобщенная концепция создания когнитивного ТС, в которой отражены основные этапы процесса интеллектуализации ТС и связанное с ними усложнение технологических разработок с ходом времени. Данная концепция служит основой для решения частных проблем, касающихся тех или иных этапов создания когнитивного ТС.

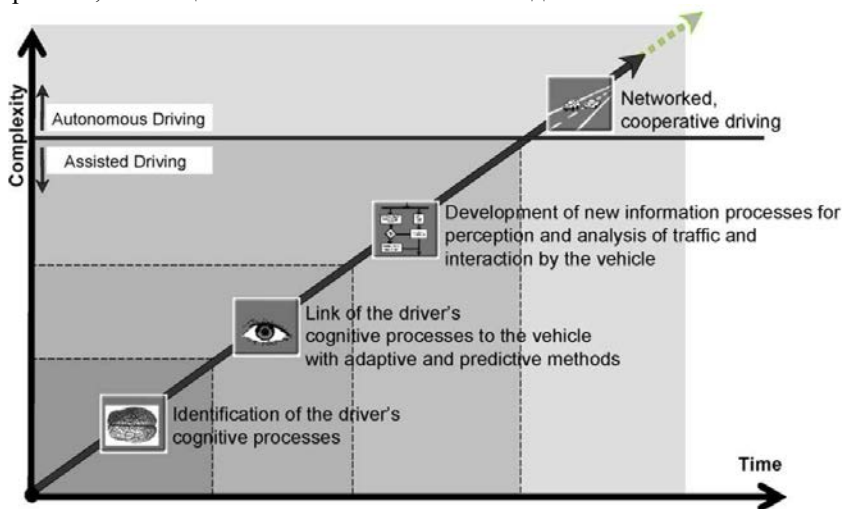


Рис. 2. Обобщенная концепция создания когнитивного ТС [9]

Из рис. 2 видно, что ключевым моментом в создании когнитивного ТС является технологический переход от систем помощи водителю, при использовании которых еще требуются те или иные действия водителя по управлению ТС, к автономному вождению, при котором уже не требуется от водителя никаких действий. Хотя приведенная концепция проиллюстрирована поэтапным развитием технологий автоматизации вождения, она допускает как совместную, так и параллельную разработку технологий, относящихся к различным этапам.

Предполагается, что когнитивные ТС будут представлять собой самодостаточные ТС, которые будут способны адаптироваться к потребностям пассажиров (сделают процесс вождения «персонализированным» для удобства пользователей, находящихся в

ТС), заботиться о себе (обучаться и следить за своим состоянием) и взаимодействовать с другими ТС в реальном масштабе времени [10]. Концептуальная схема такого самодостаточного ТС приведена на рис. 3. Для этих целей когнитивные ТС должны будут оснащены соответствующими системами сбора необходимой информации о пассажирах и внешней среде, а также системами коммуникации с другими ТС и транспортной инфраструктурой.

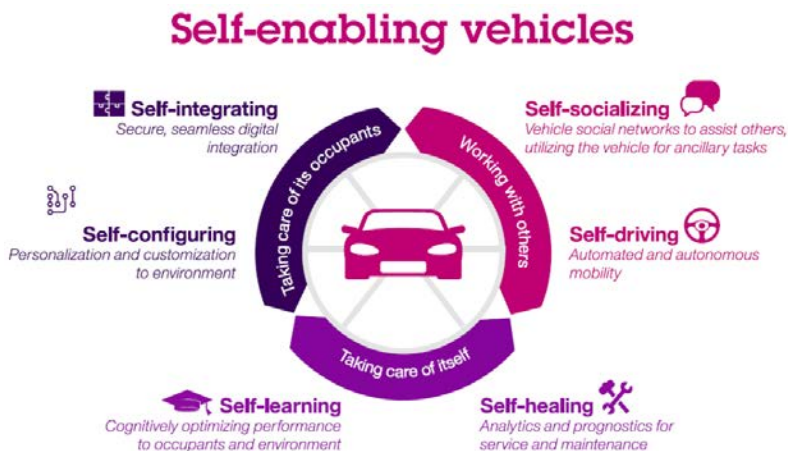


Рис. 3. Концептуальная схема самодостаточного ТС [10]

Обобщенная структурная схема когнитивного ТС приведена на рис. 4.

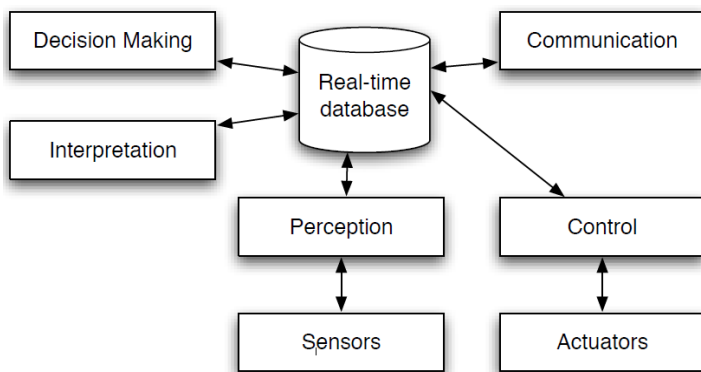


Рис. 4. Обобщенная структурная схема когнитивного ТС [5]

Из рис. 4 видно, что основными компонентами функционирования когнитивного ТС являются:

- восприятие (perception) окружающей среды с помощью датчиков (sensors);
- интерпретация (interpretation) полученной информации для получения представления о текущей ситуации;
- принятие решений (decision-making) при планировании маршрута и управлении ТС;
- коммуникация (communication) с другими ТС как в отношении совместного восприятия окружающей среды, так и в отношении совместного управления (control) ТС.

Восприятие ТС окружающей среды предполагает определение полосы движения, перекрестков, других ТС и препятствий на пути движения. Для этих целей ТС должны получать информацию не только от установленных на нем многих датчиков, прежде всего таких, как видеокамеры, лидары и радары, но и информацию от других ТС и инфраструктуры. В связи с этим существенное значение для корректного восприятия окружающей среды имеют методы объединения данных от различных датчиков ТС. Результатом процесса восприятия окружающей среды является описание значимых для безопасности дорожного движения объектов, которое затем используется в компонентах более высокого уровня для интерпретации воспринятой информации и принятия решений.

При интерпретации воспринятой информации принимаются во внимание предварительные знания, такие как правила дорожного движения и ранее выученные ситуации. Интерпретация дорожной ситуации включает в себя идентификацию места происшествия и критических объектов в пределах этого места. Эта информация используется в процессе принятия решений, в результате которого определяется корректное поведение в текущей дорожной ситуации.

Процесс принятия решений включает в себя расчет разрешенной для движения зоны и оптимальной скорости ТС, а также планирование траектории движения ТС.

Коммуникация ТС с другими ТС предполагает подключение в режиме реального времени его базы данных (real-time database) к базам данных других ТС для обмена данными. Это позволяет ТС расширять свои возможности восприятия окружающей среды путем получения необходимой информации от других ТС и, как следствие, интерпретировать дорожную ситуацию и принимать решения более взвешенно.

Таким образом, основными характеристиками когнитивных ТС являются автономное вождение и способность к коммуникации как с другими ТС, так и с системами управления дорожным движением. Ожидается, что внедрение когнитивных технологий в транспортные системы позволит повысить эффективность транспортного потока, сократить число аварий, вызванных ошибками водителя, а также повысить эффективность эксплуатации ТС и комфорт водителей и пассажиров.

Основным направлением использования когнитивных технологий при интеллектуализации ТС является совершенствование систем помощи водителю (ADAS) вплоть до создания «искусственного водителя» (an artificial co-driver or co-pilot,) для управления ТС в сотрудничестве с человеком-водителем. Обобщенная структурно-функциональная схема искусственного водителя предложенная в [11], приведена на рис. 5.

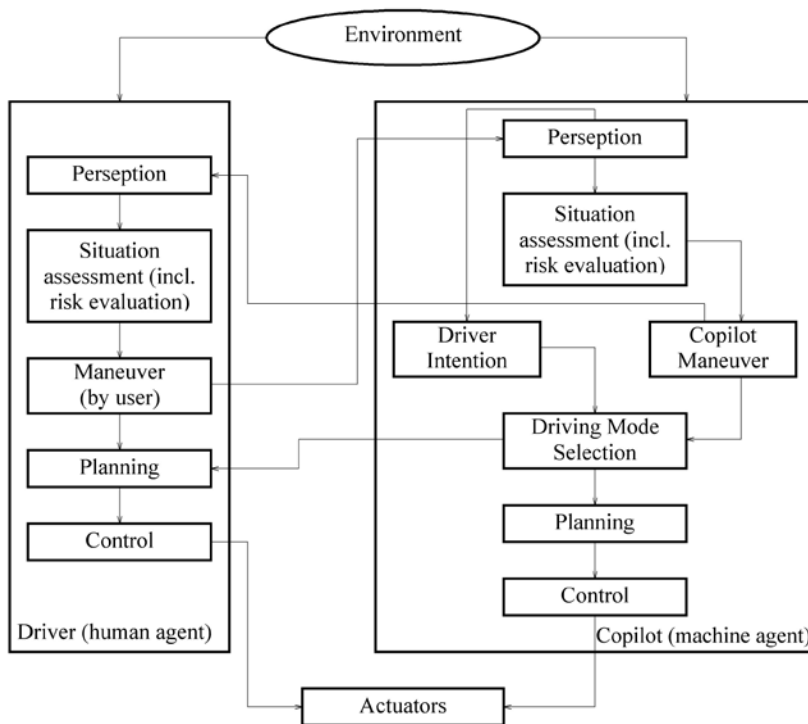


Рис. 5. Обобщенная структурно-функциональная схема искусственного водителя, предложенная в [11]

В соответствии с рис. 5 водитель (human agent) воспринимает окружающую обстановку и оценивает возможные риски, используя информацию от искусственного водителя (co-pilot or machine agent) в качестве поддержки. Основываясь на этих результатах, водитель формулирует свое намерение и планирует следующие действия (траекторию движения в будущем), которые реализуются путем нажатия на педали и рулевое управление. В это же время искусственный водитель также анализирует окружающую среду и прогнозирует возможность аварии или потенциально критической ситуации.

Искусственный водитель оценивает риски и создает свой собственный план вождения, сравнивает его с тем, который фактически выполняет водитель, принимая во внимание намерения водителя. При этом определяется, насколько опасной может быть текущая ситуация, и, следовательно, необходимый уровень автоматизации (например, подача предупреждающего сигнала или какой-либо информации человеку-водителю, или автоматическое вмешательство). Для обеспечения эффективного взаимодействия человека-водителя и искусственного водителя существенным моментом является решение задач, связанных с их взаимопониманием касательно намерений друг друга. В перспективе такой искусственный водитель будет основывать свои решения на неполной информации о состоянии окружающей среды и может полностью заменить человека-водителя.

Важным аспектом процесса интеллектуализации ТС путем совершенствования систем искусственного водителя является создание системы мониторинга состояния человека-водителя и ее интеграция в систему искусственного водителя. В этом случае параметры состояния человека-водителя становятся входными данными для искусственного водителя, которые используются последним как с целью помощи водителю, так и с целью персонализации ТС. Кроме того, системы мониторинга состояния человека-водителя играют решающую роль в ТС третьего и четвертого уровней автоматизации при принятии решений в процессах перехода между автоматизированным и ручным вождением. Это связано с тем, что в таких ТС водитель может передать управление ТС системе автоматизированного вождения и не контролировать ее работу. Но в критических ситуациях человек-водитель должен (для уровня 3) или может (для уровня 4) быть вовлечен в управление ТС. В этих случаях он может быть не в состоянии безопасно управлять ТС. В настоящее время эта проблема решается на основе мониторинга состояния водителя и выдачи ему соответствующего запроса на ручное вождение. Однако, из-за сложного междисциплинарного характера эта проблема не решена окончательно [12-13].

Из вышесказанного следует, что в настоящее время процесс дальнейшей интеллектуализации ТС требует использования междисциплинарного подхода, включающего технические и когнитивные науки. При этом одной из важнейших проблем остается проблема человеческого фактора, для решения которой необходимо использовать знания о когнитивной системе человека. Все это говорит о том, что использование когнитивных технологий при производстве ТС является на сегодняшний день актуальной задачей.

Поскольку экономика Республики Беларусь в значительной степени ориентирована на автомобилестроительную промышленность, изменения, связанные с интеллектуализацией ТС в мире, оказывают на нее непосредственное влияние. В связи с этим развитие когнитивных технологий и их внедрение в автомобильной отрасли имеет важное значение как для устойчивого существования относящихся к ней промышленных предприятий, так и Республики Беларусь в целом.

1. Tanelli M., Toledo-Moreo R., Stanley L. M. Multifaceted driver-vehicle systems: Toward more effective driving simulations, reliable driver modeling, and increased trust and safety // IEEE Transactions on human-machine systems. 2018. Vol. 48. №. 1. P. 1–5.

2. Hancock P. A., Nourbakhsh I., Stewart J. On the future of transportation in an era of automated and autonomous vehicles // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2019. № 116(16). P. 7684–7691.

3. Wang J., Huang H., Li K., Li J. Towards the unified principles for level 5 autonomous vehicles // Engineering. 2021. Vol. 7. P. 1313–1325.

4. Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems // SAE On-Road Automated Vehicles Standards Committee. J3016. 2014. [Электронный ресурс]. URL: https://www.sae.org/standards/j3016_202104-taxonomy-definitions-terms-related-driving-automation-systems-road-motor-vehicles (дата обращения: 03.10.2025).

5. Vacek S., Nagel R., Batz T., Moosmann F., Dillmann R. An integrated simulation framework for cognitive automobiles // IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Istanbul, Turkey. 2007. P. 221-226.

6. Lopez-Gonzalez, M. An Argument and Proposal for Integrating Human Cognitive Intelligence into Autonomous Vehicle Perception // IS&T Electronic Imaging Symposium: Autonomous Vehicles and Machines, (IS&T, Springfield, VA, 2019). P. 054-1–054-8.

7. Kuzior A., Kwilinski A. Cognitive Technologies and Artificial Intelligence in Social Perception // Management Systems in Production Engineering. 2022. Vol. 30. Iss. 2. P. 109–115.

8. Евневич Е. Л. Анализ тенденций развития искусственных когнитивных систем // Информатика, вычислительная техника и управление. 2018. № 6. С. 45–51.

9. Heide A., Henning K. The ‘‘cognitive car’’: A roadmap for research issues in the automotive sector // Annual Reviews in Control. 2006. Vol. 30. P. 197–203.

10. Smith P. A. Automotive 2025 - Industry without borders [Электронный ресурс]. [2016] URL:<https://www.linkedin.com/pulse/automotive-2025-industry-without-borders-peter-j-korsten/> (дата обращения: 03.10.2025).

11. Amparore E., Beccuti M., Collina S., De Simone F., Donatelli S., Tango F. Cognitive Systems in Intelligent Vehicles – A New Frontier for Autonomous Driving // Proc. of the 11th Int. Conf. on Informatics in Control, Automation and Robotics (IVC&ITS-2014), P. 817-822.

12. Дубовский В. А., Савченко В. В. Подход к организации передачи управления транспортным средством от автоматизированной системы вождения человеку // Доклады БГУИР. 2020. Т. 18. № 7. С. 40-46.

13. Dubovsky V. A., Savchenko V. V. A concept of evaluating the driver's readiness to take over control from an autonomously driving vehicle // Беларусь-Китай: Контуры инновационно-технологического сотрудничества. Сборник материалов научно-практической конференции // сост. М. А. Войтешенок. Минск: БНТУ, 2023. С. 115-117.

Dubovsky Vladimir, PhD in Eng.

Savchenko Vladimir, PhD in Eng., associate professor

The Joint Institute of Mechanical Engineering

of the National Academy of Sciences of Belarus (Belarus,

Minsk), e-mail: v_dubovsky@tut.by,

Academicheskaya st., 12, Minsk, 220072

COGNITIVE TECHNOLOGIES IN HIGHLY AUTOMATED VEHICLES

This paper examines the application of cognitive technologies in highly automated and driverless vehicles. It is shown that the process of vehicle intellectualization is carried out primarily by expanding the cognitive capabilities of driver assistance systems, which in time should be transformed into cognitive automated driving systems capable of operating vehicles without any assistance from the driver under any environmental conditions.

Key words: automated vehicles; driver; cognitive technologies; driver assistance systems; transport.

Серебряков Игорь Андреевич, кандидат технических наук

Горнак Илья Владимирович

Фалей Павел Алексеевич

Невертович Валерий Дмитриевич

Белорусский национальный технический университет

(Беларусь, Минск), e-mail: serabakovtea@bntu.by,

пр. Независимости, 65, г. Минск

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДВИЖУЩЕЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЯ И РАСЧЕТ ЕЁ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В статье рассматривается разработка универсальной электрической движущей части для переоборудования городских легковых автомобилей на электрическую тягу. Представлены конструктивные и программные решения на основе компонентов Nissan Leaf и микроконтроллера STM32, обеспечивающие управление силовой установкой и её диагностику. Проведены расчёты энергетических и динамических характеристик опытного образца на базе ВАЗ-2114, подтверждающие работоспособность системы и определяющие направления дальнейшей оптимизации.

Ключевые слова: электромобиль; электрическая движущая часть; переоборудование автомобилей; инвертор; микроконтроллер STM32; аккумуляторная батарея; электротяга.

Рост числа электрических транспортных средств и развитие технологий накопления и преобразования электроэнергии создают предпосылки для перехода от традиционных двигателей внутреннего сгорания к электрическим системам привода в рамках городской транспортной среды [1]. Электромобили характеризуются высокой энергоэффективностью, низким уровнем шума и отсутствием вредных выбросов, что делает их перспективным направлением развития городской мобильности. Вместе с тем, высокая стоимость серийных электромобилей ограничивает их массовое распространение. Одним из решений данной проблемы является переоборудование существующих автомобилей в электромобили на основе универсальных электрических движущих частей.

На базе кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» Белорусского национального технического университета разработан проект универсальной электрической движущей части с открытым исходным кодом, предназначенной для установки в различные типы легковых автомобилей и грузовой коммерческой техники до 3,5 тонн.

В качестве основы была использована силовая установка от автомобиля Nissan Leaf, включающая в себя инвертор, электродвигатель и редуктор. Для запуска штатного инвертора без оригинальной CAN-шины был выполнен реверс-инжиниринг штатной платы контроллера инвертора, в результате которого была разработана упрощённая управляющая плата на микроконтроллере ARM STM32F103R8T6. Микроконтроллер обеспечивает следующее:

- считывание положения ротора (с помощью датчика-резольвера);
- контроль температуры электродвигателя;
- обработку сигналов педали газа, кнопки «Старт/Стоп» и режимов «драйв», «нейтраль» и «реверс»;
- управление рекуперацией и системой предварительного заряда конденсаторов инвертора;
- диагностику напряжений и токов силовой шины.

Прошивка микроконтроллера разработана на языке программирования «C», с возможностью обновления и настройки по Wi-Fi через модуль ESP8266MOD. Веб-интерфейс позволяет контролировать основные параметры силовой установки и проводить настройку режимов работы онлайн с любого устройства, имеющего доступ к Wi-Fi. Разработанная плата универсальна и позволяет запускать любой трёхфазный двигатель переменного тока (синхронный или асинхронный) в диапазоне напряжений 24–550 В, что делает решение пригодным для переоборудования различных типов автомобилей [2].

Разработанная электрическая силовая установка была интегрирована в автомобиль VA3-2114. Бензиновый двигатель VA3-2111 и механическая коробка передач были демонтированы. На их место установлен электродвигатель и редуктор Nissan Leaf EM61, закреплённые через разработанные кронштейны и штатные подушки двигателя, что обеспечивает простоту монтажа и обслуживания. Для передачи крутящего момента использованы модифицированные приводы, изготовленные из приводов VA3-2114 и Nissan Leaf ZE0, что позволило сохранить стандартные ступицы и шлицевые соединения. В качестве силовой аккумуляторной батареи применена литий-ионная батарея, собранная из 12 ячеек от Nissan Leaf (напряжение каждой ячейки – 8 В), соединённых последовательно (общее напряжение батареи – 96 В). Батарея размещена в багажном отсеке автомобиля. Система жидкостного охлаждения электродвигателя и инвертора построена на базе штатного радиатора VA3-2114 и электронасоса с двумя отдельными контурами – для электродвигателя и для инвертора, что предотвращает тепловое взаимодействие между ними.

Остальное электрооборудование автомобиля (система освещения, приборная панель и др.) сохранены в штатной конфигурации. Разработан отдельный блок реле и предохранителей, интегрированный в электрическую схему. На рис. 1 представлен внешний вид первого прототипа автомобиля ВАЗ-2114, переведённого на электротягу.



Рис. 1. Внешний вид изготовленного прототипа:

а – вид подкапотного пространства; б – вид силовых аккумуляторных батарей в багажном отсеке; в – вид салона автомобиля

Для оценки эффективности переоборудования была проведена серия расчётов, включающая определение энергетических параметров силовой установки, ожидаемого запаса хода, максимальной скорости, крутящего момента и основных динамических характеристик автомобиля.

Как было сказано, аккумуляторная батарея собрана на базе Li-Ion аккумуляторных ячеек (12 ед.) Nissan Leaf. Энергозапас E (кВт·ч) батарейного блока определяется по формуле

$$E = \frac{U \cdot C}{1000} \quad (1)$$

где U – напряжение блока аккумуляторных батарей, В.

C – общая емкость батарейного блока одной ячейки, А·ч.

Учитывая, что напряжение заряженной батареи 96 В, а остаточная емкость ячеек 40 А·ч., энергозапас батареи составит

$$E = \frac{96 \cdot 40}{1000} = 3,84 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (2)$$

Запас хода S (км) определяется по формуле

$$S = \frac{E}{q} \quad (3)$$

где q – удельное потребление электроэнергии на один километр пробега, кВт·ч/км.

Принимаем для легкового городского электротранспорта $q = 0,2$ кВт·ч/км.

$$S = \frac{3,84}{0,2} = 19,2 \text{ км} \quad (4)$$

Полученное значение запаса хода является недостаточным для практического применения даже в городских условиях. Для увеличения дальности пробега требуется увеличить ёмкость аккумуляторной батареи, что можно реализовать путём параллельного соединения идентичных блоков (увеличение ёмкости при сохранении напряжения); либо последовательным соединением ещё одного блока (увеличение напряжения и, соответственно, энергетического запаса при сохранении ёмкости). В результате применение двух параллельно соединённых батарейных блоков позволит увеличить запас хода примерно до 38–40 км, что является минимально допустимым показателем для опытного образца.

Максимальную допустимую скорость предлагается выразить через расчётную максимальную мощность P_{max} (кВт) тягового электродвигателя [3]

$$P_{max} = \frac{v_{max}}{3600 \eta_{тр}} \left(\Psi_d m g + \frac{k_{вА_{\text{лоб}}} v_{max}^2}{3,6^2} \right) \quad (5)$$

где v_{max} – максимальная скорость автомобиля, м/с;

P_{max} – максимальная мощность тягового электродвигателя, кВт. Принимаем для электродвигателя EM-61

$$P_{max} = I \cdot U = 200 \cdot 96 = 19,2 \text{ кВт};$$

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии. Принимаем $\eta_{тр} = 0,89$;

Ψ_d – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости. Принимаем $\psi = 1,5 \% = 0,015$;

m – допустимая полная масса, кг. Массу автомобиля ВАЗ-2114 после модификации принимаем $m_a = 1100$ кг;

g – ускорение свободного падения м/с^2 . $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

k_B – коэффициент лобового сопротивления. Принимаем для ВАЗ-2114 $k_B = 0,445$;

A_B – площадь лобового сопротивления, м^2 .

Принимаем $A_B = 2,31 \text{ м}^2$.

Подставив величины в формулу, получим

$$19,2 = \frac{v_{max}}{3600 \cdot 0,89} \left(0,015 \cdot 1100 \cdot 9,81 + \frac{0,445 \cdot 2,31 \cdot v_{max}^2}{3,6^2} \right) \quad (6)$$

Произведя арифметические действия и выразив скорость, получим её равной $v_{max} = 84,5 \text{ км/ч}$.

Крутящий момент $M_K (\text{Н}\cdot\text{м})$ на колесах определяем по формуле

$$M_K = M_{ном} \cdot u \cdot \eta_{тр} \quad (7)$$

где $M_{ном}$ – номинальный момент электродвигателя, $\text{Н}\cdot\text{м}$. Принимаем для электродвигателя ЕМ-61 $M_{ном} = 280 \text{ Н}\cdot\text{м}$;

u – передаточное число трансмиссии. Принимаем для редуктора ЗЕ0 двигателя ЕМ-61 $u = 7,937$.

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии. Принимаем $\eta_{тр} = 0,89$.

Расчетное значение момента составит

$$M_K = 280 \cdot 7,937 \cdot 0,89 = 1977 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (8)$$

В качестве динамических показателей произведён расчёт времени разгона. Определим ускорение $a (\text{м/с}^2)$ по формуле

$$a = \frac{F_T - F_C}{m} \quad (9)$$

где F_T – касательная сила на колесе, Н. Определяется по формуле (10);

F_C – сопротивления дороги и воздух, Н. Определяется по формуле (11).

$$F_T = \frac{M_K}{R} \quad (10)$$

$$F_C = mg\psi + k_B A_{лоб} v^2 \quad (11)$$

где R – радиус колеса, м. Принимаем для ВАЗ-2114 с радиусом колеса R13 $R = 0,547 \text{ м}$.

Подставив величины, получим

$$a = 3,15 - 0,000934v^2 \quad (12)$$

Время разгона t (с) до заданной скорости определяется по формуле:

$$t = \frac{v}{a} = \frac{v}{3,15 - 0,000934v^2} \quad (13)$$

Значения расчетных величин изменения времени разгона от набора скорости представлены в табл. 1 и на рис. 2 соответственно.

Таблица 1

Зависимость времени разгона от скорости			
Скорость (v), км/ч	v , м/с	a , м/с ²	t , с
10	2,78	3,39	0,88
20	5,56	3,11	1,78
30	8,33	2,98	2,70
40	11,11	2,97	3,66
50	13,89	2,33	4,67
60	16,67	1,96	5,77
70	19,44	1,87	6,95
80	22,22	1,77	8,26

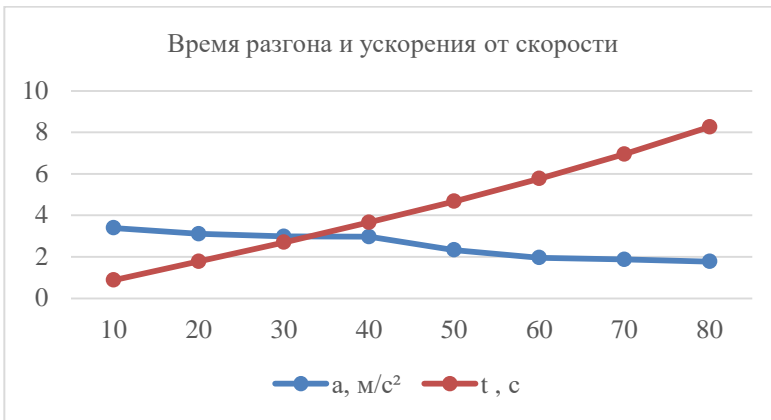


Рис. 2. Зависимость времени разгона и ускорения от скорости

Рост числа электромобилей и развитие технологий накопления и преобразования электроэнергии создают благоприятные предпосылки для перехода на электрическую тягу в городском транспорте. Высокая стоимость серийных электромобилей ограничивает их массовое распространение, что открывает перспективы для переоборудования существующих легковых и коммерческих автомобилей в электромобили. На базе БНГУ разработан проект универсальной электрической движущей части с открытым исходным кодом, совместимой с различными типами трёхфазных двигателей и управляемой через микроконтроллер STM32 с возможностью онлайн-настройки. Первый опытный образец на базе ВАЗ-2114 подтвердил работоспособность силовой установки, включая аккумуляторный блок, систему охлаждения и управление трансмиссией, и продемонстрировал возможность реализации подобных проектов в образовательной и научно-технической среде.

Расчёты энергетических и динамических характеристик показали, что при использовании одной секции аккумуляторных ячеек запас хода составляет всего 19,2 км, что явно недостаточно для практического применения даже в городских условиях. Применение двух параллельно соединённых блоков позволит увеличить запас хода до 38–40 км, что является минимально допустимым для опытного образца. Максимальная расчетная скорость автомобиля составляет 84,5 км/ч, крутящий момент на колесах достигает 1977 Н·м, а время разгона до 80 км/ч – 8,26 секунд, что подтверждает приемлемые динамические показатели электромобилия.

Полученные данные демонстрируют эффективность предложенного подхода к переоборудованию автомобилей в электромобили и указывают на направления дальнейших улучшений: увеличение ёмкости аккумуляторного блока, оптимизацию схемы соединения батарей, совершенствование системы управления и охлаждения, а также адаптацию силовой установки к различным типам транспортных средств. Проект создаёт платформу для практической подготовки студентов, испытания конструкторских решений и внедрения инновационных технологий в области электротранспорта.

1. Автомобильная ассоциация «БАА». Публикации статистических данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://auto-baa.by/statistic> (дата обращения: 15.10.2025).

2. Прототипирование универсальной электрической движущей части электромобилия с открытым исходным кодом / И. А. Серебряков, И. В. Горнак; IV Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования с международным участием: сборник материалов / редкол.: Д. Л. Коваленко (гл. ред.) [и др.]; М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф.

Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. С. 77–78.

3. Выбор параметров и оценка тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобиля / О.С. Руктешель. – Минск : БНТУ, 2015. – 77 с.

Serebryakov Igor Andreevich, PhD in Engineering, Associate Professor

Harank Ilya Vladimirovich

Faley Pavel Alekseevich

Nevertovich Valery Dmitrievich

Belarusian National Technical University

(Belarus, Minsk), e-mail: harnakiv@bntu.by,

Nezavisimosti Ave., 65, Minsk

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL ELECTRIC DRIVE PART OF A VEHICLE AND CALCULATION OF ITS DYNAMIC CHARACTERISTICS

This article discusses the development of a universal electric propulsion system for the conversion of city cars to electric propulsion. Design and software solutions based on Nissan Leaf components and an STM32 microcontroller are presented, providing powertrain control and diagnostics. Calculations of the energy and dynamic characteristics of a prototype based on a VAZ-2114 vehicle are performed, confirming the system's operability and identifying areas for further optimization.

Key words: electric vehicle; electric propulsion system; vehicle conversion; inverter; STM32 microcontroller; battery; electric traction.

*Ляхов Сергей Владимирович, кандидат технических наук,
Гончаров Игорь Петрович*
БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»
(Беларусь, Минск), e-mail: ot@niit.by
ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ДОРОЖНОЙ КАРТЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КОРИДОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОАВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Предлагаемая Дорожная карта опирается на синтез национальных практик, международных стандартов и современных IT-решений, обеспечивая переход от локальных пилотных проектов к масштабной интеграции цифровых коридоров в транспортную систему с использованием высокоавтоматизированных транспортных средств.

Ключевые слова: цифровые коридоры, высокоавтоматизированные транспортные средства, дорожная карта, предложения, направления, этапы

Создание цифровых транспортных коридоров с использованием высокоавтоматизированных транспортных средств (далее – ВАТС) представляет собой стратегически вектор развития мировой транспортной отрасли, в том числе и стран ЕАЭС. К ожидаемым эффектам внедрения коридоров можно отнести:

- снижение аварийности и связанных с ней затрат;
- снижение операционных расходов операторов (экономия топлива/энергии; снижение OPEX);
- ускорение доставки и рост пропускной способности (короткие сроки доставки, увеличение т/сут.);
- рост доступности и качества логистических сервисов (реальное время мониторинга, улучшенные SLA);
- создание высокотехнологичных рабочих мест и развитие компетенций (новые профессии, сертификация кадров);
- стимулирование индустриального роста и экспорта технологий (локальная компонента, экспортный потенциал);
- энергетическая устойчивость и экологические улучшения (снижение CO₂, интеграция V2G и ВИЭ);
- повышение безопасности данных и доверия пользователей (Data Trust; privacy-by-design; меньше инцидентов);

- снижение транзакционных и таможенных задержек (e-CMR, Single Window, DLT; сокращение времени на границе);
- увеличение инновационной устойчивости и регуляторной гибкости (песочницы; быстрый масштаб успешных решений).

В Республике Беларусь принят ряд документов, направленных на цифровизацию транспортных коридоров [1, 2]. В связи с этим целесообразно разработать Дорожную карту (далее – Карта), которая должна стать первым этапом по проведению работ. Карта должна представлять интегрированный, многоуровневый план перехода от локальных пилотных проектов к масштабной эксплуатации цифровых транспортных коридоров на базе ВАТС.

Предлагаемая структура Карты (рисунок) предусматривает интеграцию шести направлений: правового, транспортно-логистического, IT/цифрового, индустриального, социально-экономического и международного/торгового. Каждое направление Карты разбивается на этапы, для которого должны быть определены результаты, ответственные исполнители, ключевые индикаторы эффективности (международное сокращение – KPI) и риски. Временной шаг базового сценария принимается равным одному году.

Правовое направление

1. Нормативно-правовая база (рисунок 1, п. 1)

Формирование правовой основы и организации управления для запуска и регламентации ВАТС.

Дорожная карта, как документ-план, определяющий этапы, сроки и ответственных за разработку и внедрение нормативных актов и стандартов в сфере ВАТС.

Стандарты, как свод технических и организационных требований, согласованных на национальном или международном уровне.

Регуляторные органы: государственные учреждения и комиссии, уполномоченные разрабатывать, утверждать и контролировать исполнение правовых норм для ВАТС.

KPI: принятые нормативные акты; введение процедуры одобрения типа для ВАТС, сроки рассмотрения заявок на сертификацию.

2. Регуляторные песочницы (рисунок 1, п. 2)

Создание безопасных тестовых площадок с минимальными требованиями и вовлечение гражданского общества

Пилотные зоны: ограниченные территории с упрощенными требованиями для тестирования ВАТС без полной правовой регламентации.

Общественные консультации: механизм вовлечения заинтересованных сторон для повышения прозрачности и доверия.

Название этапа	Временная шкала, ед.										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Нормативно-правовая база	[Yellow]										
2. Регуляторные песочницы		[Yellow]									
3. Модернизация инфраструктуры		[Blue]									
4. Интеллектуальные системы		[Blue]									
5. Цифровые платформы		[Red]									
6. Управление данными		[Red]									
7. Серийное производство		[Green]									
8. Подготовка кадров		[Purple]									
9. Пилотное внедрение		[Blue]									
10. Страхование и риски		[Purple]									
11. Масштабирование		[Purple]									
12. Международная интеграция		[Orange]									
13. Стандартизация и международная сертификация		[Orange]									
14. Валидация безопасности и верификация		[Green]									
15. Человеко-машинный интерфейс (HMI) и переход управления		[Green]									
16. Энергетическая инфраструктура и зарядные станции		[Blue]									
17. Участие заинтересованных сторон и общественное принятие	[Purple]										
18. Устойчивость и экологический мониторинг	[Purple]										
19. Конфиденциальность и защита персональных данных	[Red]										
Направления											
[Yellow]	Правовое	[Green]	Индустриальное								
[Blue]	Транспортно-логистическое	[Purple]	Социально-экономическое								
[Red]	IT-решения/Цифровое	[Orange]	Международное/Торговое								

Рис. 1 – Структура Карты и 10 шагов

KPI: число и масштаб песочниц, продолжительность перехода от песочницы к стандартизированной эксплуатации, охват заинтересованных сторон.

Транспортно-логистическое направление

3. Модернизация инфраструктуры (рисунок 1, п. 3)

Преобразование дорожной сети и связи для обеспечения эксплуатации ВАТС по основным коридорам

Реконструкция трасс: укрепление, выравнивание и модернизация дорожного покрытия и сопутствующих сооружений.

5G: мобильная связь пятого поколения для обмена данными между ВАТС и инфраструктурой.

Пилотные коридоры: заранее обозначенные маршруты с интегрированными ИСТ решениями для опытной эксплуатации.

KPI: протяженность реконструированных коридоров, покрытие 5G вдоль коридоров, доступность цифровых знаков.

4. Интеллектуальные системы (рисунок 1, п. 4)

Внедрение датчиков, цифровых знаков и центров управления для взаимодействия с автономными ТС

V2X: набор технологий двусторонней связи (V2V, V2I, V2P) для передачи предупредительных и телеметрических данных.

5. Цифровые двойники: виртуальные модели дорог и объектов.

6. Энергетическая инфраструктура и зарядные станции (рисунок 1, п. 16)

Развертывание зарядных станций и интеграция ВАТС с энергосетью для стабильного энергоснабжения

Развертывание быстрой зарядной инфраструктуры.

V2G: двунаправленный обмен энергией между ВАТС и сетью для сглаживания пиковых нагрузок.

Оценка влияния на энергосеть и меры стабилизации при массовом подключении ВАТС.

Резервное и бесперебойное питание для непрерывной работы инфраструктуры.

KPI: плотность зарядной сети, время зарядки до 80 %, доля энергии от возобновляемых источников.

ИТ-решения/Цифровое направление

Разработка ИТ-решений для сбора, хранения и анализа данных о движении, состоянии дорог и грузах

7. Цифровые платформы (рисунок 1, п. 5)

Мониторинг: непрерывный сбор и визуализация показателей в реальном времени.

Логистика: управление перемещением грузов и/или пассажиров с учетом загрузки и времени доставки.

Телеметрия: дистанционная передача данных (скорость, расход энергии, состояние компонентов).

KPI: время отклика платформы, точность прогнозов технического состояния, уровень доступности сервисов.

8. Управление данными (рисунок 1, п. 6)

Установление единой стратегии работы с данными, открытых интерфейсов и механизмов доверенного доступа

API: стандартизованный интерфейс для обмена данными между системами и внешними сервисами.

Data Trust: юридически оформленная структура для контроля хранения и доступа к данным.

Open Data: открытые данные общего пользования для анализа и разработки сервисов.

KPI: число интегрированных сервисов через API, уровень соблюдения SLA на обмен данными, наличие сертифицированного Data Trust.

9. Конфиденциальность и защита персональных данных (рисунок 1, п. 19)

Обеспечение неприкосновенности личных данных водителей и пассажиров при сборе и обработке телеметрии

Privacy by design: встроенная защита личных данных на всех этапах разработки.

Псевдоминимизация: замена идентифицирующих данных искусственными идентификаторами.

Соответствие GDPR и национальному законодательству в части сбора, обработки и хранения персональных данных.

KPI: количество инцидентов утечки данных, процент анонимизированных записей, соответствие аудиторским требованиям.

Индустриальное направление

10. Серийное производство (рисунок 1, п. 7)

Организация массового выпуска ВАТС для выхода на рынок

Разработка производственных линий и автоматизация процессов.

Стандартизация компонентов и унификация сборочных процедур.

Контроль качества на всех стадиях производства.

Оптимизация цепочек поставок и логистики.

KPI: количество произведенных единиц в год, доля сертифицированных изделий, снижение себестоимости.

11. Валидация безопасности и верификация (рисунок 1, п. 14)

Доказательство безопасности ВАТС во всех критических сценариях и условиях

Виртуальное тестирование: симуляторы и сценарии для моделирования дорожных ситуаций.

Трек тесты: испытания на полигонах.

Реальные тесты на дорогах с участием прочих участников движения и экстренных служб.

Safety case по ISO 26262: документированная аргументация обеспечения функциональной безопасности.

KPI: полнота сценариев, покрытых тестированием; результаты независимых верификаций, время на устранение выявленных недостатков.

12. Человеко-машинный интерфейс (HMI) и переход управления ВАТС (рисунок 1, п.15)

Проектирование запросов передачи управления и исследования взаимодействия оператора с системой

Проектирование Takeover-запросов и процедур, уведомляющих оператора о необходимости немедленного принятия управления ВАТС.

Адаптация технических систем к возможностям и ограничениям человека для обеспечения комфортного и безопасного взаимодействия (эргономика).

Стандартизация сигналов, установление единых правил вида, цвета и звуковых характеристик предупреждений и указаний для оператора ВАТС.

KPI: доля успешных передач управления; скорость реакции оператора; уровень ошибок HMI.

Социально-экономическое направление

13. Подготовка кадров (рисунок 1, п. 8)

Обучение операторов, инженеров и аналитиков по международным программам и стандартам

Комплекс учебных программ и практических тренингов для развития умений и знаний, необходимых операторам, инженерам и аналитикам ВАТС.

ISO-сертификация подтверждение соответствия учебных программ и компетенций персонала международным стандартам ISO по управлению качеством и компетенциями.

KPI: число сертифицированных специалистов; качество практических показателей на стажировках; степень соответствия программ международным стандартам.

14. Страхование и риски (рисунок 1, п. 10)

Разработка специализированных страховых продуктов и моделей управления рисками на основе телематики

Liability: распределение ответственности между участниками, производителями и операторами за причиненный ущерб между участниками движения, производителями и операторами.

Telematics: интеграция телеметрии и связи для сбора данных о поведении ВАТС, используемых при оценке рисков и формировании страховых тарифов.

Parametric insurance: параметрическое страхование с автоматическим урегулированием платежей при наступлении заранее установленных параметров без экспертизы повреждений.

KPI: наличие специализированных страховых продуктов; скорость урегулирования претензий; точность риск-моделей.

15. Масштабирование (рисунок 1, п. 11)

Расширение сети коридоров, подключение новых регионов и обеспечение устойчивой эксплуатации

Расширение сети коридоров, подключение новых регионов и обеспечение устойчивой эксплуатации.

Интеграция с платформами обмена телематическими и дорожными данными (например, «Автодата») и системами управления коридорами.

KPI: темпы прироста протяжённости коридоров; уровень межрегиональной совместимости сервисов.

16. Участие заинтересованных сторон и общественное обсуждение (рисунок 1, п. 17)

Формирование доверия к ВАТС, сбор фидбека и адаптация процессов на основе обратной связи

Рабочие группы, семинары с участием экспертов, чиновников, бизнес-сообщества и общественных организаций для совместного решения проблем и обмена опытом.

Опросы, сбор мнений и оценок пользователей и жителей регионов о восприятии и ожиданиях от внедрения ВАТС.

Информационные кампании (медиа-материалы, социальные сети, публичные мероприятия) для формирования позитивного имиджа проекта и повышения осведомленности.

KPI: уровень общественного одобрения; количество внесённых на основании фидбека изменений.

17. Устойчивость и экологический мониторинг (рисунок 1, п. 18)

Оценка жизненного цикла, минимизация углеродного следа и негативного воздействия на окружающую среду

LCA методологический подход (Life-Cycle Assessment) для оценки экологических воздействий продукции или системы на всех этапах жизненного цикла.

Мониторинг шума и атмосферных выбросов, вредных веществ вдоль коридоров.

KPI: сокращение углеродного следа в тонна км; снижение уровня шума; результаты LCA.

Международное/торговое направление

18. Международная интеграция (рисунок 1, п. 12)

Гармонизация электронного документооборота и создание межгосударственной координации перевозок

e-CMR электронная международная накладная, позволяющая обмениваться данными о перевозке без бумажных документов в соответствии с Протоколом к Конвенции CMR.

Single Window единое окно подачи всех внешнеторговых документов через один интерфейс, упрощающее взаимодействие с таможенными и контролирующими органами.

DLT распределенный реестр (Distributed Ledger Technology), обеспечивающий неизменяемость и прозрачность записей о перевозках между государствами.

KPI: число границ с поддержкой e-CMR; время прохождения таможенных процедур; степень цифровизации документооборота.

19. Стандартизация и международная сертификация (рисунок 1, п. 13)

Гармонизация технических регламентов и получение одобрения типа в разных юрисдикциях

Гармонизация технических регламентов и получение одобрения типа в разных юрисдикциях.

UNECE WP.29; ISO/SAE; Type approval – процедуры и стандарты для унификации требований и подтверждения соответствия.

KPI: количество подписанных международных соглашений; время получения внешних одобрений.

Предлагаемая структура Дорожной карты предусматривает поэтапную, интегрированную и практико-ориентированную модель внедрения цифровых транспортных коридоров с использованием высокоавтоматизированных транспортных средств. Она объединяет нормативно-правовые меры, модернизацию инфраструктуры, энергетические решения, цифровизацию и связь, промышленную стандартизацию и социально-экономические механизмы, обеспечивая сквозную согласованность задач и ответственных исполнителей.

Ключевыми факторами успеха являются наличие регуляторных песочниц, пилотных коридоров с 5G-покрытием и V2X, стандартизированных цифровых платформ, устойчивой энергетической инфраструктуры и обеспечение безопасности.

Центром внимания на всех этапах должна оставаться сертификация, функциональная и кибербезопасность, а также взаимодействие с обществом и бизнесом.

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 октября 2022 г. № 724 «О порядке функционирования интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования и улицах населенных

пунктов» – [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22200724>. – Дата доступа: 11.10.2025.

2. Указ Президента Республики Беларусь от 22 мая 2023 г. № 329 «О Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь» – [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://adu.by/images/2023/05/post-sovmin-329-2023.pdf>. – Дата доступа: 11.10.2025.

Liakhau Siarhei, Phd,

Goncharov Igor,

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT

«TRANSTEKHNIKA» (Belarus, Minsk), e-mail: ot@niit.by,

Platonova str., 22A, Minsk, 220005

PROPOSALS FOR THE ROADMAP FOR IMPLEMENTING DIGITAL CORRIDORS USING HIGHLY AUTOMATED VEHICLES

The proposed Roadmap is based on a synthesis of national practices, international standards, and modern IT solutions, enabling the transition from localized pilot projects to the large-scale integration of digital corridors into the transport system through the use of highly automated vehicles.

Key words: digital corridors, highly automated vehicles, roadmap, proposals, directions, stages

Семченков Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент
Скиркоцкий Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент

Белорусский национальный технический университет
(Беларусь, Минск), e-mail: s.setchenkov@bntu.by,
ул. Якуба Коласа, 12, г. Минск, 220013

Капский Денис Васильевич, доктор технических наук, профессор,
Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь

(Беларусь, Минск), e-mail: d.kapsky@gmail.com
пр. Независимости, 66, г. Минск, 220072

Корольчук Максим Александрович, магистр технических наук,
филиал «Трамвайный парк» ГП «Минсктранс»
(Беларусь, Минск)

УМНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК КЛЮЧЕВОЙ КОМПОНЕНТ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МАРШРУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА УСТОЙЧИВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается роль искусственного интеллекта в повышении безопасности дорожного движения маршрутных транспортных средств в контексте устойчивых транспортных систем. Актуальность исследования обусловлена необходимостью снижения аварийности и обеспечения безопасности перевозок пассажиров в устойчивых транспортных системах. На примере опыта г. Минска анализируются современные методы и алгоритмы искусственного интеллекта, применяемые в бортовых системах подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта. Исследование инновационных технологий направлено на выявление потенциала искусственного интеллекта в создании более безопасной и эффективной устойчивой транспортной системы.

Ключевые слова: Искусственный интеллект; Безопасность дорожного движения; Маршрутный пассажирский транспорт; Устойчивые транспортные системы; Безопасность перевозок.

Проектирование, внедрение, эксплуатация и развитие устойчивых транспортных систем, работа которых направлена на минимизацию экологического воздействия и обеспечение безопасности дорожного движения и перевозок, является приоритетом современности. Особое внимание уделяется маршрутному пассажирскому транспорту, играющему ключевую роль в устойчивых транспортных системах.

Искусственный интеллект уже ни один год революционизирует сферу безопасности дорожного движения благодаря своим передовым

возможностям. Обработка больших объемов данных, распознавание образов, включая объекты инфраструктуры, транспортные средства и уязвимых участников дорожного движения, позволяет искусственному интеллекту точно анализировать дорожную обстановку и прогнозировать её изменение. Способность с помощью нейросетей прогнозировать опасные ситуации и принимать решения в реальном времени обеспечивает динамичное управление активной безопасностью транспортных средств, что особенно важно в условиях сложной городской среды, в которой эксплуатируется маршрутный пассажирский транспорт устойчивых транспортных систем.

Таким образом, интеграция искусственного интеллекта в бортовые системы подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта рассматривается как перспективное направление для повышения безопасности устойчивых транспортных систем.

Стоит отметить, что автоматизация, улучшенное прогнозирование и активная безопасность транспортных средств благодаря компьютерному зрению, машинному обучению и нейросетям также позволяют технологиям искусственного интеллекта адаптироваться к меняющимся условиям дорожного движения, повышая эффективность систем предупреждения столкновений, автоматизированного управления и других функций безопасности [1].

Анализ структуры потерь линейного времени маршрутного пассажирского транспорта на примере трамвая г. Минска (рис. 1) показывает, что наибольшую долю (62 %) составляют потери, связанные с дорожно-транспортными происшествиями (28 % с трамваем, 34 % посторонних транспортных средств), 14 % трамвайный путь, 7 % техническая неисправность подвижного состава, 6 % энергоснабжение, 11 % прочее.

В частности, при совершенном вагонами годовом пробеге 5 321 755 км, использованном линейном времени 362954,67 мч и количестве выполненных рейсов 476430 в годовом измерении (за 2024 г.) произошло 119 ДТП (в т.ч. 8 по вине водителей трамвая), из них 112 ДТП с материальным ущербом (в т.ч. 7 по вине водителей трамвая) и 7 ДТП с пострадавшими (в т.ч. 4 по вине водителей трамвая). При этом анализ аварийности ДТП с участием трамваев выявляет ряд вызовов для системы обеспечения безопасности движения маршрутного пассажирского транспорта. Во-первых, наблюдается недостаточное понимание водителями других транспортных средств потенциальной опасности, что приводит к неправильной оценке ситуации и принятию ошибочных решений. Во-вторых, отмечается неадекватная реакция других участников дорожного движения на трамвай, обусловленная восприятием его другими участниками движения.

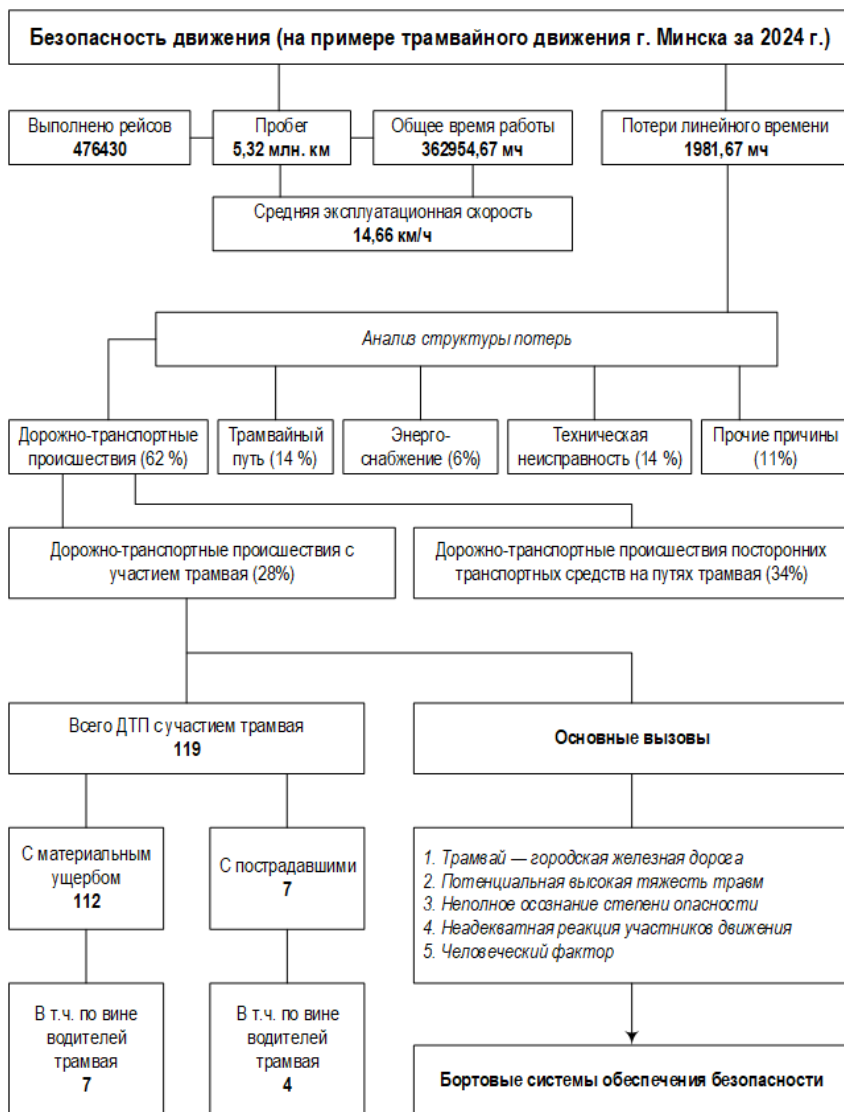


Рис. 1. Предпосылки к применению бортовых систем обеспечения безопасности движения на основе искусственного интеллекта

В-третьих, значительную роль играет человеческий фактор, проявляющийся в проблемах восприятия риска, ожидания, невнимательности и склонности к рискованному поведению со стороны всех участников движения, в том числе и водителей маршрутного пассажирского транспорта. В-четвертых, следует обратить внимание на потенциальную повышенную опасность тяжести травм пешеходов при возникновении трамвайно-пешеходных ДТП [2; 3].

Несмотря на эти особенности, необходимо учитывать, что трамвай в целом, как вид транспорта, характеризуется относительно высокой безопасностью по сравнению с другими видами транспорта [4; 5].

Важно подчеркнуть, что работа водителей маршрутного пассажирского транспорта характеризуется высокой степенью профессионального риска, обусловленной сочетанием жестко регламентированных условий труда и сложной психофизиологической нагрузкой. Водители испытывают давление, связанное с необходимостью соблюдения расписания, поддержания постоянной концентрации внимания, прогнозирования дорожной обстановки и соблюдения всех эксплуатационных ограничений. Эти факторы в совокупности с усталостью от работы, недостаточной осведомленностью о дорожно-транспортной ситуации, нехваткой времени и организационными аспектами работы, включая производственную культуру и дисциплину, приводят к повышенному риску возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Водители маршрутного пассажирского транспорта, являясь профессиональными водителями, проводят значительную часть своего рабочего времени в движении, управляя транспортным средством в условиях интенсивного дорожного движения и постоянного взаимодействия с другими участниками дорожного движения, пешеходами и пассажирами. Данный фактор (в сочетании с высокой психоэмоциональной нагрузкой и особенностями выполнения перевозок пассажиров, циклическим движением по установленному маршруту), обуславливает повышенный риск возникновения опасных и аварийных ситуаций. Более того, результаты проведенного исследования свидетельствуют о наличии статистически значимой положительной корреляции между продолжительностью пребывания водителя за управлением и вероятностью попадания в дорожно-транспортное происшествие. Причем это необходимо рассматривать в двух аспектах:

в ежесменном масштабе, когда по мере увеличения времени, проведенного водителем за управлением от начала смены, возрастает вероятность развития усталости, снижения концентрации внимания, ухудшения психомоторных реакций и, как следствие, повышения риска совершения ошибок, приводящих к опасным или аварийным ситуациям;

рассматривая этот вопрос независимо от границ ежедневной работы, с позиции того, что чем больше времени, в принципе, водитель находится за управлением транспортным средством, тем он больше взаимодействует с другими участниками дорожного движения, соответственно вероятность возникновения опасных, аварийных ситуаций для профессионального водителя становится выше и это сопряжено именно с количеством взаимодействий с другими участниками движения.

Причём вторая зависимость проявляется независимо от возраста, пола водителя и опыта его работы, подчеркивая ключевую роль «фактора времени» в обеспечении безопасности дорожного движения в устойчивых транспортных системах. Этот вывод также согласуется с принципами теории вероятности, подчеркивая роль человеческого фактора и сложности дорожного движения как динамичной системы. Таким образом, количество взаимодействий является ключевым фактором, влияющим на безопасность профессиональных водителей, что требует разработки эффективных мер по снижению рисков, к числу которых следует отнести внедрение систем помощи водителю, работающих на уровне обеспечения активной безопасности транспортного средства, находящегося в движении.

Использование искусственного интеллекта в системах управления подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта формирует значительные перспективы для направления повышения безопасности дорожного движения и позволяет эффективно противодействовать трем классам основных опасностей:

1. Психофизиологический аспект и физическое состояние водителя. Являясь определяющими факторами безопасности дорожного движения, они обуславливают разработку систем мониторинга, направленных на непрерывное отслеживание признаков усталости, снижения внимания и ухудшения физического состояния. Эти системы, функционирующие на двух уровнях, обеспечивают раннее предупреждение водителя (первый уровень) и, при необходимости, автоматическое вмешательство в управление транспортным средством, включая торможение и, при необходимости, удержание полосы движения (второй уровень). Применение таких систем позволяет существенно снизить риски, связанные с психофизиологическими факторами водителя, которые часто являются причиной серьезных дорожно-транспортных происшествий.

2. Человеческий фактор физического отвлечения от управления транспортным средством. Искусственный интеллект предоставляет эффективное решение для снижения рисков, связанных с человеческим фактором, посредством отслеживания и анализа поведения водителя в

реальном времени. Первый уровень работы данных систем включает анализ поведения водителя для выявления событий отвлечений (использование мобильного телефона, просмотр социальных сетей, ответ на сообщения, реализация билетной продукции и т.д.), нарушений правил технической эксплуатации, курения, приёма пищи и т.д. Второй уровень направлен на определение агрессивного вождения и других факторов, повышающих вероятность аварий. Превентивные меры, такие как предупреждения для водителя и, при необходимости, автоматическое снижение скорости, позволяют дисциплинировать водителя и минимизировать риски.

3. Человеческий фактор оценки дорожно-транспортных ситуаций. Снижение данных рисков обусловлено применением искусственного интеллекта в системах перманентного мониторинга и анализа приёмов управления транспортным средством в контексте текущей дорожно-транспортной ситуации и возможного прогнозирования потенциальных опасностей по ключевым триггерам. Основой функционирования таких систем является интеграция компьютерного зрения и датчиков (камеры, радары, лидары), позволяющих нейросетям в реальном времени обрабатывать большие объемы данных, распознавая объекты (пешеходы, велосипедисты, пользователи средств персональной мобильности, другие транспортные средства), дорожные знаки, светофоры (со считыванием показаний светофоров) и технические средства организации дорожного движения, в том числе и условиях недостаточной видимости и в ночное время. Алгоритмы обеспечивают предсказание траекторий движения других участников дорожного движения, оценку рисков столкновений и заблаговременную реакцию систем безопасности, что включает в себя раннее предупреждение водителя и, при необходимости, автоматическое снижение скорости транспортного средства.

Для предотвращения происшествий (рис. 1), вызванных опасностями первого и второго класса целесообразно использовать аппаратные решения, основанные на мониторинге состояния водителя. Известный подход предполагает использование компьютерного зрения для машинного анализа получаемого с камеры изображения лица водителя. Эта технология позволяет оценивать признаки усталости, отвлечения, сонливости и других факторов, влияющих на безопасность управления транспортным средством. Альтернативный подход включает в себя использование контактных устройств, таких как запястные браслеты, для измерения объективных физиологических показателей, например, частоты сердечных сокращений, дыхания, потоотделения и активности, что также может указывать на состояние водителя.

Для снижения риска происшествий, обусловленных опасностями второго и третьего класса необходимо внедрение систем, способных анализировать параметры движения транспортного средства и окружающую дорожную обстановку. Это включает в себя анализ скорости, ускорения, траектории движения, динамических характеристик движения транспортного средства. Кроме того, критически важно определение местоположения транспортного средства в пространстве, а также относительно других объектов в режиме реального времени - транспортных средств, пешеходов и дорожной инфраструктуры. Это позволяет распознавать опасные дорожные ситуации и предпринимать соответствующие меры для предотвращения аварийных ситуаций [6].

Схема интеграции искусственного интеллекта в системы управления транспортных средств приведена на рисунке 2.

Опыт применения бортовых систем обеспечения безопасности дорожного движения на подвижном составе маршрутного пассажирского транспорта в г. Минске включает в себя три этапа: первоначальная тестовая эксплуатация системы «Антисон»; внедрение системы «Мовон», внедрение системы «Cognitive Pilot».

Система «Антисон», основанная на компьютерном зрении и искусственном интеллекте, анализировала поведение водителя для выявления признаков усталости, фактов отвлечения внимания и возникновения других опасных состояний, мгновенно оповещая водителя транспортного средства и операторов ситуационного центра (которые в свою очередь по телефонной связи связывались с главным диспетчером центра управления движением и информировали о срабатывании системы). Несмотря на функциональные возможности, система не получила применения в г. Минске, более того отсутствие интеграции с системами управления транспортным средством ограничило возможности автоматического вмешательства в процесс движения транспортного средства в критических ситуациях. Также отмечались жалобы водителей на дискомфорт в глазах, вызванный инфракрасным излучением камеры.

Дальнейшим развитием данного направления стало применение в г. Минске системы «Мовон», установленной на 44 электробуса АКСМ-Е433 (2025 г.в.). Система осуществляет комплексный мониторинг поведения водителя, используя методы компьютерного зрения для выявления признаков, указывающих на нарушения правил технической эксплуатации или правил дорожного движения. Анализ включает в себя обнаружение психофизиологических факторов, таких как сонливость, зевание, засыпание, а также поведенческих факторов (отвлечение внимания, курение, использование мобильного телефона, отсутствие водителя на месте и физическое блокирование устройства наблюдения).

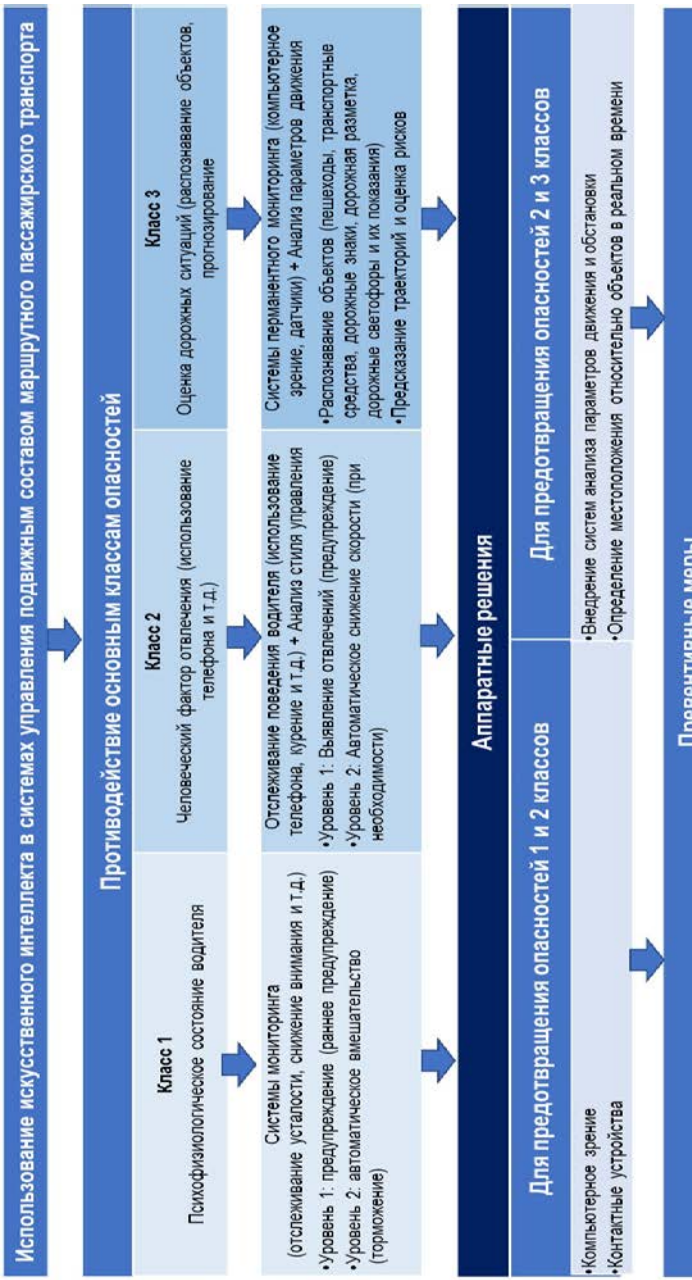


Рис. 2. Схема интеграции искусственного интеллекта в системы управления транспортными средствами

В рамках следующего этапа «эволюции», осуществлена интеграция системы «Мовон» и системы помощи водителю «Cognitive Pilot» на подвижном составе модели АКСМ-Т811 (20 вагонов 2024 г.в.).

Система «Cognitive Pilot» представляет собой инновационное решение для автоматизации управления трамвайными вагонами, основанное на алгоритмах искусственного интеллекта и интеграции с бортовой системой управления трамваем. Функциональность системы охватывает ключевые аспекты управления, включая контроль скорости, реагирование на дорожную обстановку и обеспечение соблюдения правил технической эксплуатации трамвая и правил дорожного движения. Алгоритмы искусственного интеллекта анализируют данные с датчиков, камер и информацию о маршруте, обеспечивая автоматизированное принятие решений, что снижает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором. Ключевыми функциями системы являются: поддержание безопасного скоростного режима, предупреждение и автоматическое реагирование на показания дорожных светофоров, и обнаружение препятствий на пути трамвая. Система контролирует скорость движения, предотвращая превышение заданных значений скорости (значения скорости вносятся в систему на этапе создания цифрового двойника трамвайных линий). При приближении к запрещающему показанию дорожного светофора система подает предупреждение и автоматически снижает скорость, вплоть до полной остановки. Аналогичный механизм применяется при обнаружении потенциальных опасностей, исходящих от транспортных средств или пешеходов, что позволяет минимизировать риск столкновений.

На момент публикации система «Cognitive Pilot» введена в промышленную эксплуатацию на трамвайном подвижном составе в Минске, что свидетельствует о ее практической значимости и потенциале для устойчивой транспортной системы. Внедрение подобных систем способствует повышению безопасности пассажиров и пешеходов, снижению эксплуатационных расходов, что делает технологию перспективной для дальнейшего развития и внедрения в других городах. Практический опыт эксплуатации в Минске предоставляет ценную информацию для дальнейшего совершенствования подобных систем.

В заключение необходимо отметить, что применение искусственного интеллекта в бортовых системах безопасности подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта представляет собой ключевой элемент в создании устойчивых транспортных систем. Алгоритмы компьютерного зрения и

искусственного интеллекта автоматизируют и интеллектуализируют функции, необходимые для эффективного обеспечения безопасности дорожного движения. Анализ больших данных позволяет строить точные модели поведения участников дорожного движения и прогнозировать развитие дорожно-транспортных ситуаций, что способствует разработке адаптивных систем управления и проактивному снижению аварийности. Опыт применения в г. Минске подтверждает, что ответственный подход к искусственному интеллекту позволит реализовать его потенциал для создания безопасных и эффективных устойчивых транспортных систем.

1. Kapski, Denis & Semchenkov, Sergey & Korolchuk, Maxim & Ikramov, Akmal. (2024). Improving the efficiency of route passenger transport systems by using recovered energy. *E3S Web of Conferences*. 592. 10.1051/e3sconf/202459207001;

2. Assessment measures developed to improve quality of route transport Polotsk and Novopolotsk / D. Kapski, S. Semchenkov, I. Gamulsky [et al.] // *E3S Web of Conferences*. – 2024. – Vol. 515. – P. 03003. – DOI 10.1051/e3sconf/202451503003. – EDN QRQQVZ.

3. Kapski, D. Measures to Improve the Operation of Passenger Transport and Urban Mobility / D. Kapski, S. Semtchenkov, L. Khmel'nitskaya // *Komunikacie*. – 2023. – Vol. 25, No. 1. – P. A14-A25. – DOI 10.26552/com.c.2023.007. – EDN GQUPFC.

4. Semtchenkov, S. Application of the sectoral method to improve the efficiency of route passenger transport / S. Semtchenkov, D. Kapsky, A. Czerepicki // *WUT Journal of Transportation Engineering*. – 2022. – Vol. 134. – P. 17-33. – DOI 10.5604/01.3001.0016.0376. – EDN NIRRCO.

5. Kapski, Denis & Semchenkov, Sergey & Korolchuk, Maxim & Umidulla, Abdurazzokov. (2024). Identification of key route indicators to compare different modes of transport. *BIO Web of Conferences*. 145. 03017. 10.1051/bioconf/202414503017

6. Reducing a possibility of transport congestion on freeways using ramp control management / R. Lagerev, D. Kapski, M. Burinskienė, A. Barauskas // *Transport*. – 2017. – Vol. 32, No. 3. – P. 314-320. – DOI 10.3846/16484142.2017.1336643. – EDN XNKSFY.

Semchenkov Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Skirkovsky Sergey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences,

Belarusian National Technical University (Belarus, Minsk),

e-mail: s.semchenkov@bntu.by,

Yakub Kolas str., 12, Minsk, 220013

Kapsky Denis Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, The Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus (Belarus, Minsk), e-mail: d.kapsky@gmail.com, Nezavisimosti Ave., 66, Minsk, 220072

Korolchuk Maxim Aleksandrovich, Master of Technical Sciences, Tram Park branch of the of the State Enterprise Minsktrans (Belarus, Minsk)

SMART SECURITY: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AS A KEY COMPONENT OF ON-BOARD ROLLING STOCK SYSTEMS FOR ROUTE PASSENGER TRANSPORT AND SUSTAINABLE TRANSPORT SYSTEMS

The role of artificial intelligence in improving road safety of route vehicles in the context of sustainable transport systems is considered. The relevance of the study is due to the need to reduce accidents and ensure the safety of passenger transportation in sustainable transport systems. Using the experience of Minsk as an example, modern methods and algorithms of artificial intelligence used in onboard systems of rolling stock of scheduled passenger transport are analyzed. The research of innovative technologies is aimed at identifying the potential of artificial intelligence in creating a safer and more efficient sustainable transport system.

Key words: Artificial intelligence; Road safety; Route passenger transport; Sustainable transport systems; Transportation safety.

*Баурина Марина Сергеевна, магистрант
Матаницева Ольга Юрьевна, профессор кафедры Экономика
автомобильного транспорта, доктор. эконом. наук, доцент
Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)
(Россия, Москва), email: m.baurina@bk.ru
Ленинградский проспект, 64, Москва, 125319*

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ ПЕРЕВОЗКАХ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

В статье рассмотрено применение электробусов как инновации в общественном транспорте стран СНГ. Произведен сравнительный анализ данных пассажироперевозок девяти столиц стран СНГ, выявлены взаимосвязи между величиной пассажиропотока и численностью подвижного состава городского транспорта столиц, а также стоимости перевозки. Рассмотрены последние модели внедренных электробусов в городах Москвы и Минска и произведено сравнение последних тенденций в производстве электробусов.

Ключевые слова: электротранспорт, пассажиропоток, пассажироперевозки, подвижной состав, электрификация, загазованность, экологизация.

Постоянное обновление городского транспорта - один из вопросов, который всегда будет волновать граждан и министерство транспорта любого современного государства. В процессе исследования был рассмотрен подвижной состав транспорта общего пользования стран СНГ и, в частности, их столиц, а также объем пассажироперевозок, численность подвижного состава автобусных парков и существующая система внедрения инновационных транспортных единиц. Ниже приведена таблица 1, в которой указано в каком году была начата эксплуатация электробусов на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта общего пользования в столицах стран СНГ. Одними из первых столичных городов, в которых появились электробусы стали Москва и Минск. Следующим городом, который стал эксплуатировать электробусы на маршрутах регулярного общественного транспорта, стала Астана. В последние четыре года электробусы появились также в Душанбе, Ташкенте, Баку. Последней столицей стран СНГ, внедрившей электробусы, стал Бишкек. В двух из девяти столиц (Ереване и Кишенёве) электробусы на маршрутах регулярного общественного транспорта пока еще не эксплуатируются. Тем не менее, ведется анализ моделей этого вида транспортных средств, имеющихся

на рынке, для их приобретения, либо для наладки собственного сборочного производства, что связано с отличиями климатических условий страны производства и страны дальнейшей эксплуатации электробусов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что ввод в эксплуатацию электробусов на постоянной основе является важной степенью в расширении электрификации городского транспорта.

Таблица 1

Данные по году введения в столицах стран СНГ электробусов в подвижной состав общественного транспорта

№ п/п	Наименование страны СНГ и столицы	Год введения электробусов на маршруты
1	Азербайджан, Баку	2023 [1]
2	Армения, Ереван	-
3	Беларусь, Минск	2017 [2]
4	Казахстан, Астана	2019 [3]
5	Киргизия, Бишкек	2025 [4]
6	Молдавия, Кишинёв	-
7	Россия, Москва	2017 [5]
8	Таджикистан, Душанбе	2021 [6]
9	Узбекистан, Ташкент	2022 [7]

Внедрение электробусов обычно начинается с одного городского маршрута и в дальнейшем при условии успешной эксплуатации и отсутствии нареканий со стороны пассажиров муниципалитет отводит все большее число маршрутов данному виду электротранспорта, тем самым решая сразу две проблемы: экологизации и обновления парка подвижного состава. Число введенных в эксплуатацию электробусов в столицах стран СНГ по состоянию на 2025 г., а также численность автобусов, приведено в таблице 2. Среднее значение численности автобусов (1 679 ед.) превышает в трех столицах из девяти (Баку, Бишкек и Ташкент), но в Кишенёве и Душанбе численность подвижного состава, находящегося в государственной или в коммунальной собственности, составляет соответственно 184 ед. и 308 ед. Это свидетельствует о том, что в Кишенёве и Душанбе численности транспорта общего пользования, находящегося в государственной или в коммунальной собственности, недостаточно для полного удовлетворения потребностей населения в перемещениях. Поэтому муниципальные органы этих городов организуют перевозки пассажиров в регулярном сообщении посредством широкого привлечения для их выполнения автобусов частных перевозчиков. Как следствие, в виду отсутствия информации об общем количестве автобусов в Кишенёве и

Душанбе, выполняющих перевозки пассажиров в регулярном сообщении, а также из-за отсутствия информации об общем объеме таких перевозок, определить по этим городам число перевезенных пассажиров в расчете на одну единицу подвижного состава не представляется возможным.

Таблица 2

Данные по численности автобусов и электробусов, объем перевозок одним автобусом в сутки в столицах стран СНГ на 2025 г.

Столицы стран СНГ	Число автобусов наземного городского транспорта, ед.	Число электробусов, работающих в наземном городском транспорте, ед.	Доля электробусов, %	Число пассажиров одного автобуса в сутки, человек
Баку	2 160 [8]	166 [9]	7,69	560 [9]
Ереван	752 [10]	0 [11]	0	372 [10]
Минск	1 130 [12, 13]	108 [13]	9,56	337 [12]
Астана	1 210 [14]	100 [3]	8,27	826 [14]
Бишкек	1 520 [15]	30 [16]	1,97	385 [15]
Кишинёв	184 [17]	0 [18]	0	-
Москва	6 000 [19]	2 250 [19]	37,5	457 [19]
Душанбе	308 [20]	30 [21]	9,74	-
Ташкент	1 847 [22]	304 [22]	16,46	758 [22]

Исходя из анализа данных, приведенных в таблице 2, Москва занимает первое, Ташкент второе, Душанбе третье место среди столиц стран СНГ по доле электробусов в общем количестве подвижного состава. В связи с чем можно сделать вывод о том, что Россия и Узбекистан располагают наибольшими возможностями для внедрения инноваций и повышения за счет этого уровня комфорта граждан, пользующихся услугами транспорта общего пользования. Всего в столицах стран СНГ курсирует 2 988 электробусов, из них в Москве – 2250 ед., или 75,3 % от общего количества. На основании этого можно заключить, что в большинстве столиц стран СНГ численность электробусов, эксплуатируемых на маршрутах регулярного общественного транспорта, является незначительной.

Несмотря на то, что в Москве самый многочисленный парк автобусов, в расчете на один автобус перевозится только 457 чел. в сутки. В среднем, в расчете на один автобус в сутки, в столицах стран СНГ перевозится 528 чел. Максимальное число перевезенных пассажиров в расчете на одно транспортное средство наблюдается в Астане, Ташкенте и Баку. В связи с

чем можно заключить, что в этих городах возможно требуется увеличить численность парка подвижного состава транспорта общего пользования.

На основании данных о транспортном обслуживании столиц стран СНГ можно сделать заключение о том, что наибольшее количество подвижного состава городского транспорта общего пользования наблюдается в Москве. При этом Москва уступает трем столицам стран СНГ по такому показателю, как количество пассажиров, перевезенных за сутки в расчете на один автобус, что свидетельствует об относительно комфортных условиях для проезда. Но для обеспечения таких условий требуется наличие соответствующих финансовых ресурсов, в связи с чем стоимость проезда на транспорте общего пользования в Москве так же достигает самого высокого показателя в выборке.

Рассмотрим данные о стоимости проезда на наземном транспорте общего пользования в столицах стран СНГ, которые приведены в таблице 3 (для удобства сравнения цен стоимость в национальной валюте указана в таблице 3 также в конверсии на российский рубль по курсу Центрального банка Российской Федерации на 18.10.2025). Исходя из данных таблицы 3, самая высокая стоимость проезда наблюдается в Москве и Ереване, а самая низкая – в Душанбе и Бишкеке. В связи с чем можно заключить, что общая численность парка подвижного состава транспорта общего пользования, как и доля электробусов в его структуре, существенно не влияют на стоимость пассажироперевозки.

Таблица 3

Стоимость проезда в национальной валюте в столицах стран СНГ на 2025 г.

Столицы стран СНГ	Стоимость проезда, в национальной валюте	Стоимость проезда, рос.руб.	Средняя заработная плата, в национальной валюте	Доля стоимости проезда к заработной плате в национальной валюте, %
Баку	0,60 манат	28,58	1 002,8 манат	0,06
Ереван	300 драмов	63,50	191 543 драма	0,16
Минск	0,95 бел.руб.	25,79	3 596,8 бел.руб.	0,03
Астана	180 тенге	27,10	598 267 тенге	0,03
Бишкек	20 сомов	18,52	51 977 сомов	0,04
Кишинёв	6 леев	28,83	16 252,2 лея	0,04
Москва	-	74,0	161 000 рос.руб.	0,05
Душанбе	1,2 сомони	10,54	2 709,33 сомони	0,04
Ташкент	3000 сум	19,98	10 100 000 сумов	0,03

При этом одним из основных факторов, влияющих на стоимость пассажироперевозки, является ее себестоимость. В нормативном акте, принятом Министерством транспорта Российской Федерации [23], приведена формула вычисления величины себестоимости перевозок пассажиров автобусами в расчёте на 1 км пробега. Согласно этой формуле себестоимость складывается из: расходов на оплату труда водителей автобусов и кондукторов; отчислений на социальные нужды от величины расходов на оплату труда водителей автобусов и кондукторов; расходов на топливо для автобусов; расходов на смазочные и прочие эксплуатационные материалы для автобусов; расходов на износ и ремонт шин автобусов; расходов на техническое обслуживание и эксплуатационный ремонт автобусов; амортизации автобусов; накладных расходов; управленческих расходов; коммерческих расходов [23].

При определении стоимости проезда также важно учитывать уровень доходов населения города. В таблице 3 приведены значения средней заработной платы в столицах стран СНГ, а также указана доля, которую занимает в ней стоимость проезда. Анализ данных таблицы 3 показал, что доля стоимости проезда по отношению к заработной плате в национальной валюте в среднем составляет не более 0,05 %, при этом в Ереване наблюдается самая высокая относительная стоимость проезда, которая составляет 0,16 % от средней заработной платы. Абсолютное же большинство столиц стран СНГ поддерживают стоимость проезда на уровне не более 0,035 % от средней заработной платы.

Следовательно, можно заключить, что одними из факторов, влияющих на повышенную стоимость перевозок в Москве, Ереване, Кишиневе и Баку являются уровень доходов населения, расходы на закупку нового подвижного состава, в том числе инновационного электротранспорта, а также организация его эксплуатации, например, на основе контрактов полного жизненного цикла, предусматривающих поставку электробусов, их техническое обслуживание, создание зарядных станций.

Как указано выше, современные столицы стран СНГ стремятся к повышению уровня электрификации наземного пассажирского транспорта. Например, по данным ГУП «Мосгортранс» (далее – Мосгостранс), маршруты столицы Российской Федерации обслуживают уже более 2 600 электробусов. В 2025 г. в Москве вышли на маршруты новые модели электробусов: 45 современных машин КАМАЗ-6282, более 220 электробусов КАМАЗ-52222 и 20 новых электробусов ЛиАЗ-6274. Для обслуживания электробусов в 2025 г. подключено более

60 ультрабыстрых зарядных станций, что свидетельствует о росте расходов на закупку и организацию эксплуатации инновационного электрического транспорта. По данным, представленным на VII Научно-практической конференции «Электрический транспорт: реальность и перспективы», парк ГП «Минсктранс», обслуживающий граждан столицы Республики Беларусь, насчитывает 708 троллейбусов, 137 трамвайных вагонов и 108 электробусов. На долю электротранспорта общего пользования приходится две трети пассажиропотока Минска, что характеризует общественный транспорт Минска, как один из экологических [24].

Стремление к расширению использования электротранспорта также связано с повышенной загазованностью городских территорий: чем выше численность подвижного состава, тем больше выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. На рисунке 1 представлен экологический эффект от перехода на электробусы в Москве по данным Мосгортранса. Положительный эффект от перехода на электробусы, оказываемый на окружающую среду и жизнь граждан города, является важным стимулом для расширения использования инновационных видов электротранспорта.



Рис. 1. Графическое представление экологического эффекта от перехода на электробусы в Москве с 2018 по 2024 гг. по данным Мосгортранса

Большинство столиц стран СНГ не только более пяти лет используют электробусы в качестве подвижного состава городского транспорта общего пользования, но и активно модернизируют парк электробусов, заменяя устаревшие модели более современными. Как было отмечено выше, в 2025 г. последняя модель электробуса КАМАЗ 52222 была выпущена на маршруты Москвы. Основные технические параметры данного электробуса представлены на рисунке 2.

Электробус нового поколения КАМАЗ 52222



Электробус

Характеристики

Основные параметры:

Габариты автобуса (Длина x Ширина x Высота), м	12400 x 2500 x 3400
Полная масса автобуса, кг	18000
Колесная база (размер), мм	1200/1360/1360
Пассажироместность, чел	85
Количество мест для сидения + места для инвалидов	35+1
Максимальная скорость, км/ч	70

Рис. 2. Основные технические параметры электробуса КАМАЗ 52222

Самый современный электробус, эксплуатируемый в Москве, способен развивать скорость до 70 км/ч, имеет пассажироместность 85 чел. При этом запас автономного хода данного электробуса составляет 100 км (при загрузке 50 % пассажироместности и температуре окружающего воздуха +10°C), время зарядки сокращено до 15–20 мин, аккумуляторы рассчитаны на 20 000 циклов зарядки. Следовательно, путем расчетов было выявлено, что пробег последней модели электробуса КАМАЗ 52222 до первой замены аккумулятора теоретически составляет 2 млн км [25].

Для сравнения, электробус Vitovt E490 производства ВКМ Holding (Белкоммунмаш), основные технические параметры которого представлены на рисунке 3, способен развивать скорость до 60 км/час, имеет пассажироместность до 67 чел. При этом запас автономного хода этой модели электробуса составляет 180 км, а время зарядки литиевой аккумуляторной батареи, рассчитанной на 10 000 циклов зарядки – 180 мин. Следовательно, путем расчетов было выявлено, что теоретически пробег электробуса Vitovt E490 до первой замены аккумулятора составляет порядка 1,8 млн км [26].


Options *		MODEL E490	
			
Length, m		9,5	
Passenger capacity		80	
Number of seats		18	
Unladen weight, kg		9 540	
Max. weight, kg		15 000	

Рис. 3. Основные технические параметры электробуса Vitovt E490

Подводя итог можно заключить, что высокий средний уровень наполнения автобусов за сутки является показателем снижения качества перевозок пассажиров, а это, в свою очередь, является одним из стимулов для государства в увеличении численности парка такого подвижного состава. Вместе с тем, необходимость в увеличении количества автобусов влечет за собой ущерб для окружающей среды за счет роста выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и увеличения шумового воздействия на граждан. Решением данной проблемы является расширение использования для перевозок пассажиров транспортом общего пользования такого инновационного вида подвижного состава, как электробус. Большинство стран СНГ обновляют парк подвижного состава транспорта общего пользования электробусами современных моделей с учетом наличия для этого соответствующих финансовых возможностей. Поэтому при принятии решения о заключения договора на поставку электробусов необходимо предварительно оценивать экономический и экологический эффект от такого обновления парка и, в частности, учитывать его возможное влияние на рост стоимости пассажироперевозок.

1. Первый электробус запущен на линию в Баку [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://azertag.az/ru/xeber/pervyi_elektrobuz_zapushchen_na_liniyu_v_baku-2762965 (дата обращения: 18.10.2025).

2. В этот день 6 лет назад был выпущен первый Белорусский электробус! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://holdingbkm.com/news/v-etot-den-6-let-nazad-byi-vypushchen-pervyy-belorusskiy-elektrobuz/> (дата обращения: 18.10.2025).

3. Электробусы компании Yutong успешно доказали, что суровый астанинский мороз им не страшен [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.zakon.kz/press-reлизy/6385206-elektrobussy-kompanii-Yutong-uspeshno-dokazali-chto-surovyy-astaninskiy-moroz-im-ne-strashen.html> (дата обращения: 18.10.2025).

4. С 25 сентября в Бишкеке начнут курсировать новые электробусы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://economist.kg/transport/2025/09/23/s-25-sientabria-v-bishkiekie-nachnut-kursirovat-novyie-eliektrobussy/> (дата обращения: 18.10.2025).

5. Московский электробус - начало [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://transport.mos.ru/mostrans/all_news/118427 (дата обращения: 18.10.2025).

6. На улицы Душанбе выехали собранные в столице Таджикистана электробусы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mir24.tv/news/16487741/R0lGODlhAQABAIAAAP/wAAACH5BAEAAAAALAAAABAAEAAAICRAEAOw==> (дата обращения: 18.10.2025).

7. Транспортную систему ожидают изменения: в Узбекистане появились пассажирские электробусы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vzglyad.uz/ru/post/2022/02/04/transportnuyu-sistemu-ozhidayut->

izmeneniya-v-uzbekistane-poyavilis-passazhirskie-elektrobussy/ (дата обращения: 18.10.2025).

8. В Баку будет увеличено количество автобусов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://icma.az/ru/news/v-baku-budet-uvelicheno-kolichestvo-avtobusov-454628> (дата обращения: 18.10.2025).

9. Сколько электробусов будет введено в эксплуатацию в этом году в Баку? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://caliber.az/post/skolko-elektrobusov-budet-vvedeno-v-ekspluatatsiyu-v-etom-godu-v-baku> (дата обращения: 18.10.2025).

10. Общественный транспорт в Ереване [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.yerevan.am/ru/transport-department/> (дата обращения: 18.10.2025).

11. Мэрия Еревана закупит 250 новых электробусов при поддержке АБР, стоимость программы - 98 млрд. драмов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arka.am/news/economy/meriya-erevana-zakupit-250-novykh-elektrobusov-pri-podderzhke-abr-stoimost-programmy-98-mlrd-dramov/> (дата обращения: 18.10.2025).

12. Сколько маршрутов общественного транспорта работает в Минске в 2025 году, рассказал эксперт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://belta.by/regions/view/skolko-marshrutov-obschestvennogo-transporta-rabotaet-v-minske-v-2025-godu-rasskazal-ekspert-707532-2025/> (дата обращения: 18.10.2025).

13. Число электрокаров в Минске за 3 года выросло почти в 10 раз. Сколько их сейчас? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://av.by/news/skolko-electrocarov-v-minske-dannye-na-nachalo-2025-goda> (дата обращения: 18.10.2025).

14. В Астане за день общественным транспортом воспользовались более миллиона человек [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.zakon.kz/obshestvo/6475812-v-astane-za-den-obshchestvennym-transportom-voispolzovalis-bolee-milliona-chelovek.html> (дата обращения: 18.10.2025).

15. Популярность общественного транспорта в Бишкеке растет [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://novosti.kg/2025/07/populyarnost-obshhestvennogo-transporta-v-bishkeke-rastet/> (дата обращения: 18.10.2025).

16. В Бишкек придут 90 электробусов в июле [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://news.kg/2025/06/09/v-bishkek-pribudut-90-jelektrobussov-v-ijule/> (дата обращения: 18.10.2025).

17. Количество автобусных маршрутов в пригороды Кишинева увеличено [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://noi.md/ru/stolica/kolichestvo-avtobusnyh-marshrutov-v-prigorody-kishineva-velicheno> (дата обращения: 18.10.2025).

18. Зелёная революция: электробусы Made in Moldova! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ybp.md/ru/article/zelenaya-revolyuetsiya-elektrobussy-made-in-moldova> (дата обращения: 18.10.2025).

19. Ликсутов назвал число поездок на автобусах и электробусах в Москве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iz.ru/1819196/2025-01-08/likstov-nazval-chislo-poezdok-na-avtobusakh-i-elektrobussakh-v-moskve> (дата обращения: 18.10.2025).

20. С 1 сентября в Душанбе увеличится количество общественного транспорта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/society/20250825/s-1-sentyabrya-v-dushanbe-uvelichitsya-kolichestvo-obshhestvennogo-transporta> (дата обращения: 18.10.2025).

21. В столице Таджикистана начали курсировать 30 новых электробусов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://asiamedium.com/душанбе-30-новых-электробусов/> (дата обращения: 18.10.2025).

22. В Ташкенте 142 тысячи человек пересели с автомобилей на автобусы - Минтранс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.spot.uz/ru/2025/10/07/public-transport/> (дата обращения: 18.10.2025).

23. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/3566> (дата обращения: 18.10.2025).

24. "Минсктранс": доля электротранспорта на предприятии составляет 48,6 % [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://belta.by/society/view/minsktrans-dolja-elektrotransporta-na-predpriyatii-sostavljaet-486-741873-2025/> (дата обращения: 18.10.2025).

25. Электробус нового поколения КАМАЗ 52222 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bus-tion.ru/project/elektrobus-novogo-pokoleniya-kamaz-52222/> (дата обращения: 18.10.2025).

26. Городской электробус БКМ Е490 VITOVT MINI ELECTRO [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://romanov-otors.ru/katalog/gorodskie/gorodskoy-elektrobus-e490-vitovt-mini-elecmtro?ysclid=nh5intxxzs783801750> (дата обращения: 18.10.2025).

*Baurina Marina Sergeevna, master's student
Olga Yuryevna Matantseva, Professor of the Department of Economics of
Automobile Transport, Doctor of Economics, Associate Professor
Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
(Russia, Moscow), email: m.baurina@bk.ru
64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319*

Assessment of the feasibility of introducing innovative rolling stock for public transport

This article examines the use of electric buses as an innovation in public transport in the CIS countries. A comparative analysis of passenger transportation data from nine capital cities of the CIS countries was conducted, and relationships were identified between the volume of passenger traffic and the number of rolling stock in urban transport in the capital cities, as well as the cost of transportation. The latest models of electric buses introduced in the cities of Moscow and Minsk are examined and the latest trends in the design of electric buses are compared;

Key words: Electric transport, passenger flow, passenger transportation, rolling stock, electrification, gas pollution, greening.

Насковец Михаил Трофимович, кандидат технических наук, доцент
Найденко Илья Леонидович, студент 4 курса
Белорусский государственный технологический университет
(Беларусь, Минск), naskovets@belstu.by, naydenok2005@mail.ru,
ул. Свердлова, 13а, г. Минск, 220006

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗИМОГО ОБЪЁМА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

Представленный анализ исследует современный подвижной состав и автопоезда, предназначенные для грузоперевозок. Установлено, что существующие конструкции, включая сортиментовозы с прицепами и тягачи с полуприцепами, не всегда в полной мере удовлетворяют потребностям, особенно в части эффективного использования разрешенного пространства для транспортировки лесоматериалов. Расчет максимально допустимой полезной длины автопоезда по формуле выявил ограничения. В свете этих наблюдений, предлагается использование полуприцепов с увеличенной базой для оптимизации перевозимого объема и повышения эффективности транспортных средств.

Ключевые слова: автопоезд; лесоматериалы; полезная длина; оптимизация; полуприцеп; сортиментовоз; грузоперевозки.

В общем случае, подвижной состав, используемый для транспортировки грузов и пассажиров, определяется как совокупность тяговых и прицепных единиц.

Тяговые транспортные средства, предназначенные для грузоперевозок, характеризуются наличием силовых установок, обеспечивающих автономное передвижение (с грузом или без него), а также способность буксировать безмоторные прицепные единицы. В контексте лесозаготовительных операций, к тяговым транспортным средствам относятся сортиментовозы, седельные тягачи и лесовозные тягачи.

Прицепной состав включает единицы, не оснащенные силовыми установками в своей конструкции. Для транспортировки древесины применяются различные типы прицепного состава, включая прицепы, полуприцепы и прицепы-ропуски, а также их комбинации с тяговыми единицами.

Прицеп характеризуется размещением всего лесоматериала исключительно на его платформе. В отличие от прицепов, полуприцепы и прицепы-ропуски несут лишь часть общей массы груза, тогда как оставшаяся часть нагрузки распределяется на тяговое транспортное средство. Конструктивной особенностью прицепа-ропуски является возможность изменения его длины посредством дышла, что позволяет

адаптировать его под габариты перевозимой древесины. Дополнительно, лесовозные автопоезда с прицепами-ропусками часто предусматривают возможность компактного складывания при движении без груза.

Полуприцеп сопрягается с седельным тягачом посредством специализированного сцепного устройства, формируя автопоезд.

Седельный тягач представляет собой транспортное средство, предназначенное исключительно для буксировки полуприцепа, который сопрягается с ним посредством специального устройства и неспособное к самостоятельной перевозке грузов.

Автопоезд определяется как транспортная система, состоящая из тягового средства (тягача или седельного тягача), соединенного с одной или несколькими прицепными единицами (прицепом, полуприцепом или прицепом-ропуском).

Общее количество осей подвижного состава, будь то одиночный автомобиль или автопоезд, может варьироваться. Типовая осевая формула для тягового состава включает две или три оси; для прицепов – две или четыре оси; для полуприцепов – две или три оси.

Тяговые транспортные средства также классифицируются по количеству ведущих осей. Преимущественно, ведущими являются задние оси тяговых средств (одна или две спаренные оси), несущие основную часть нагрузки от груза. Для улучшения проходимости подвижного состава на дорогах с пониженной несущей способностью могут применяться полноприводные конфигурации, включающие привод на переднюю ось. Следует также отметить вариативность количества колес на каждой оси подвижного состава.

Автопоезда, включающие автомобиль и прицеп (рис. 1) или полуприцеп (рис. 2), могут быть оснащены односкатными колесами на всех осях.



Рис. 1. Автомобиль-сортиментовоз с прицепом



Рис. 2. Седелный тягач с полуприцепом

Однако, в конфигурациях подвижного состава со спаренными колесами (например, тягач с прицепом-ропуском, прицепом или полуприцепом), передние оси автомобиля всегда комплектуются односкатными колесами.

При проектировании и выборе подвижного состава необходимо учитывать, что спаренные колеса обеспечивают снижение удельного давления на дорожное полотно по сравнению с односкатными колесами.

Для того чтобы предложить новые варианты проанализируем существующие конструкции воспользовавшись формулой для определения запаса полезной длины автопоезда $L_{\text{макс.пол}}$ (м):

$$L_{\text{макс.пол}} = L_{\text{норм}} - L_{\text{общ}} + L_{\text{доп}}$$

где $L_{\text{норм}}$ – максимально допустимая длина автопоезда, м (согласно пункту ПДД 186.2.4 на октябрь 2025 года составляет 20 м);

$L_{\text{доп}}$ – максимально разрешённая допустимая длина выступа за задний габарит, м (согласно пункту ПДД 186.4 на октябрь 2025 года составляет 2 м, при этом, согласно пункту ПДД 185, груз, должен быть обозначен опознавательными знаками «Крупногабаритный груз», а в темное время суток и (или) при недостаточной видимости дороги, кроме того, фонарем, излучающим красный свет).

Проведенный анализ позволяет сделать выводы о том, что сортиментовоз с прицепом позволяет наиболее полно использовать всё пространство для перевозки грузов, а тягач с полуприцепом не в полной мере использует имеющееся пространство для размещения лесоматериалов.

Кроме того, автопоезд сортиментовоз с прицепом не предназначен для перевозки длинномерных хлыстов и полухлыстов. В свою очередь, конструктивные особенности автопоезда типа седельный тягач с полуприцепом, даёт возможность транспортировать на нём длинномерные лесоматериалы (полухлысты).

Таким образом, на основании данных фактов, с целью оптимизации перевозки лесоматериалов, предлагается использовать полуприцепы с удлинённой базой, для перевозки полухлыстовой лесопродукции.

1. Правила дорожного движения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pddonline.by/pravila/> (дата обращения: 25.10.2025).

2. Насковец, М. Т. Лесные дороги и вывозка древесины : учеб.-метод. пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство» / М. Т. Насковец. – Минск : БГТУ, 2018. – 70 с.

3. Лесозаготовительное производство: проблемы и решения : материалы II Международной науч.-техн. конф., Минск, 13–15 мая 2020 г. / [гл. ред. И. В. Войтов и др.]. – Минск : БГТУ, 2021. – 167 с. – ISBN 978-985-530-961-2.

Naskovets Mikhail Trofimovich,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Naidjonok Ilya Leonidovich, 4th year student

Belarusian State Technological

University (Belarus, Minsk),

naskovets@belstu.by,

naydenok2005@mail.ru,

Sverdlov St., 13a, Minsk, 220006

RECOMMENDATIONS FOR OPTIMIZING THE VOLUME OF TIMBER TRANSPORTED BY MOTOR ROLLING STOCK

The presented analysis examines modern rolling stock and road trains designed for cargo transportation. It has been established that existing structures, including sorting trucks with trailers and tractors with semi-trailers, do not always fully meet the needs, especially in terms of efficient use of permitted space for timber transportation. The calculation of the maximum allowable useful length of a road train using the formula revealed limitations. In the light of these observations, it is proposed to use semi-trailers with an increased base to optimize the transported volume and increase the efficiency of vehicles.

Key words: road train; timber; useful length; optimization; semi-trailer; sorting truck; cargo transportation.

Волков Александр Константинович, кандидат технических наук, доцент
Косачевский Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент
Фролова Лидия Ивановна, кандидат технических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени
Главного маршала авиации Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск),
e-mail: ivai@list.ru, ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

Захарьчева Анна Андреевна, второй пилот Boeing 737 АО «АВИАКОМПАНИЯ
«СИБИРЬ» (Россия, Обь), e-mail: s7@s7.ru,
пр-т Мозжерина, 10, г. Обь, Новосибирская область, 633104

КЛАССИФИКАЦИЯ СХЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО ВНИМАНИЯ ПИЛОТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА BAG OF VISUAL WORDS

В статье предложен новый подход к классификации схем распределения и переключения зрительного внимания пилота. Предлагается классифицировать изображения карт фиксации и траекторий взгляда на основе метода Bag of Visual Words. Данный метод позволяет не только углубить понимание взаимодействия человека с информационными системами, но и существенно повысить эффективность оценки профессиональных компетенций пилотов в условиях реальных и тренажерных полётов.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, пилот, технология eye-tracking, метод bag of visual words

Безопасность полётов является важнейшим приоритетом деятельности гражданской авиации. Несмотря на постоянное совершенствование технологий и стандартов безопасности, человеческий фактор продолжает играть центральную роль в обеспечении безопасных пассажирских перевозок. В условиях увеличения сложности электронных систем отображения информации (EFIS) важность своевременного и точного восприятия и обработки визуальной информации пилотами приобретает особое значение. Современные исследования демонстрируют перспективы применения окулометрии для анализа взаимодействия пилотов с системами отображения информации, что открывает новые возможности для оценки их ситуационной осведомленности, уровня подготовки и психоэмоциональной напряженности.

Благодаря развитию технологии окулометрических измерений (eye-tracking), сегодня становится возможным не только регистрировать и оцифровывать координаты взгляда, траекторию движения

глаз (саккады и фиксации), время фиксации, общее время фиксации в выделенных зонах интереса, но и визуализировать эти данные с помощью тепловых карт и графиков траекторий (scan path), которые наглядно показывают, на какие элементы пилот обращает больше внимания. Эти данные позволяют выявлять характерные паттерны распределения и переключения зрительного внимания (РПЗВ), что актуально для повышения качества обучения и оценки экипажей. Опубликованные результаты научных исследований подтверждают целесообразность применения данных методов для совершенствования методов тренажерной подготовки пилотов [1].

Однако, перспективы анализа графического представления параметров РПЗВ, открывают новые горизонты - начиная от автоматической классификации схемы РПЗВ пилота и его потенциального психоэмоционального напряжения до выдачи рекомендаций инструктору и создания персонализированных систем обучения.

В данной статье предлагается подход к классификации изображений карт фиксаций, выявленных в траектории, и путей сканирования, построенных по анализируемым траекториям, с помощью метода обратного поиска (Content-based image retrieval, CBIR) с применением концепции «мешка визуальных слов» (Bag of Visual Words, BoVW), что является продолжением предыдущих исследований [2, 3, 4, 5]. Данный метод позволят не только более детально исследовать процесс взаимодействия пилота с EFIS, но и существенно повысить эффективность оценки профессиональных компетенций в условиях реальных и тренажерных полётов.

В тренажерном центре УИГА с 2017 по 2025 год проведена серия экспериментальных исследований, целью которых являлась оценка возможности использования технологии eye-tracking для совершенствования программ тренажерной подготовки пилотов и оценки эффективности перспективных технических средств подготовки и обучения. Экспериментальные исследования проводились с участие летно-инструкторского состава и курсантов-пилотов. Для проведения исследований была разработана методика, которая основывалась на действующей программе летной подготовки курсантов. По результатам экспертного опроса из программы были отобраны упражнения различного уровня сложности, что позволило оценить влияние уровня психофизиологической напряженности пилота на качество пилотирования. Для данного исследования был выбрано выполнение горизонтального полета по приборам в сложных метеорологических условиях.

Для количественной оценки перемещений и фиксации взгляда пилота все эксперименты проводились с использованием психофизиологических методов высокоточного измерения и анализа движения глаз, а также реакции зрачка посредством технологии ай-трекинга. В качестве регистратора данных использовался ай-трекер Gazepoint 3HD, который устанавливался под основным пилотажным дисплеем (PFD) и обеспечивал контроль РПЗВ курсантов по всем предварительно определенным областям, находящимся на этом мониторе.

В ранее опубликованных исследованиях рассматривались методы обработки параметров глазодвигательной активности (ГДА) в аналоговом представлении, с использованием экспертной оценки, анализа комплексных параметров ГДА и методов кластеризации, таких как метод k-средних [3, 4, 5]. В настоящей работе предлагается использование графического представления параметров ГДА, ранее не применявшегося для анализа, что позволяет наглядно представить схему РПЗВ пилота. Такой подход способствует более объективной оценке и последующему брифингу с применением принципов фасилитации, что соответствует рекомендациям Международной организации гражданской авиации ИКАО по внедрению компетентностного подхода к обучению и оцениванию пилотов (СВТА).

Принципы формирования оптимальной схемы РПЗВ при пилотировании воздушных судов с EFIS базируются на том, что основным методом управления современными самолетами является ориентирование по пространственному положению – через углы тангажа и крена. В условиях приборного полёта, при отсутствии естественного горизонта, применяется искусственный горизонт, отображаемый на PFD. В рамках этой модели пилот условно делит поле зрения на четыре зоны, образующие воображаемый крест: верхняя зона отвечает за контроль указателей крена и скольжения; правая – высоты и вертикальной скорости; нижняя – магнитного курса; левая – скорости. Данная схема предназначена для того, чтобы указатель тангажа находился в поле зрения пилота примерно 80–90 % времени. При этом расширенная линия горизонта, отображаемая на дисплее, позволяет сохранять ситуационную осведомлённость о пространственном положении воздушного судна, снижая риск пропуска критической информации, особенно при выполнении полётов по приборам и в условиях ограниченной видимости.

В результате предварительной обработки параметров ГДА и выявления макропараметров, обусловленных ее первичными характеристиками и визуализацией с помощью программно-аппаратного

комплекса ОКС ОПТ, была сформирована выборка из 75 изображений карт фиксации, полученных в траекториях сканирования, а также путей сканирования, построенных на основе анализа траекторных данных. Эти изображения были распределены по категориям соответствия или несоответствия оптимальной схеме РПЗВ на основе экспертной оценки, выполненной пилотом-инструктором.

Задачу классификация РПЗВ пилотов в работе предлагается рассматривать как задачу обратного поиска (Content-based image retrieval, CBIR) с применением концепции «мешка визуальных слов» (Bag of Visual Words, BoVW). CBIR включает следующие шаги: построение вектора признаков изображений (применяется BoVW); выбор наиболее близких изображений для целевого согласно выбранной мере близости (используется косинусная близость); присвоение класса целевого изображения – как класса, наиболее часто встречающегося среди наиболее похожих изображений (к примеру, если три из четырех найденных изображений относятся к одному классу, то данный класс присваивается целевому изображению). Косинусная близость представлена формулой:

$$\text{cossim}(A, B) = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|}$$

где A и B – векторы сравниваемых изображений;

$A \cdot B$ – скалярное произведение векторов;

$\|A\|$ и $\|B\|$ – длины модулей векторов A и B .

Использование BoVW предполагает разбиение изображения на небольшие элементы, которые интерпретируется как «визуальные слова» [1]. Реализация BoVW предполагает следующие шаги: извлечение дескрипторов изображений; выявление визуальных слов с помощью метода кластеризации; построение кодового словаря; вычисление вектора для каждого изображения и создание на его основе гистограммы с помощью частотного анализа.

Набор данных, на которых проходила апробация, включает в себя 15 изображений, описывающих плохое РПЗВ и 60 изображений, характеризующих хорошее РПЗВ.

Для извлечения признаков в работе применяется метод масштабно-инвариантной трансформации признаков SIFT (Scale-Invariant Feature Transform, SIFT) [7]. Метод SIFT определяет ключевые точки на изображении и описывает их на основе их локальной окрестности. Метод генерирует 128-мерные дескрипторы для каждого изображения. На рисунке 1 представлены дескрипторы SIFT для двух изображений из обучающего набора данных.

После применения метода SIFT ко всем изображениям был получен набор из 39 212 дескрипторов (каждый дескриптор представляет собой 128-мерный вектор). Для группировки дескрипторов применяется метод k -средних. После применения метода k -средних центры кластеров интерпретируются как «визуальные слова», которые используются для создания кодовой книги. Зависимость между числом кластеров и суммой внутрикластерных расстояний представлена на рисунке 2. Исходя из указанной зависимости выбрано значение $k=30$. Таким образом, размер кодовой книги составляет 30 слов.

На рисунке 3 представлен пример гистограммы частотного вектора для первого изображения. Гистограмма позволяет оценить как часто встречается на изображении «визуальное слово», содержащееся в кодовой книге.

На рисунке 4 представлен пример поиска похожих изображений для целевого изображения, описывающего хорошее РПЗВ пилота. Все четыре отобранных наиболее близких изображения по косинусной близости относятся

На рисунке 4 представлен пример поиска похожих изображений для целевого изображения, описывающего хорошее РПЗВ пилота. Все четыре отобранных наиболее близких изображения по косинусной близости относятся

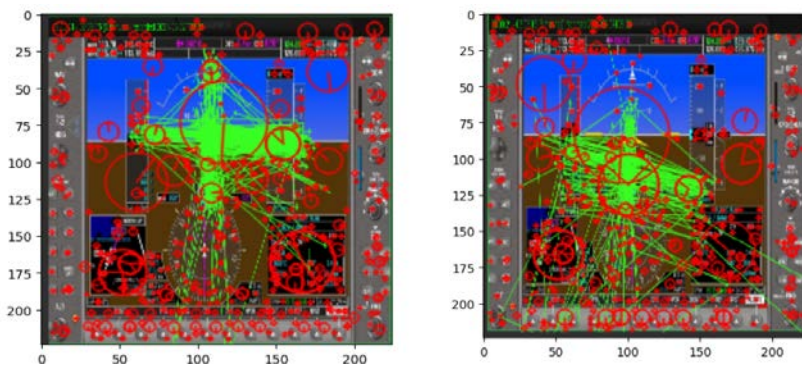


Рис. 1. Примеры дескрипторы SIFT

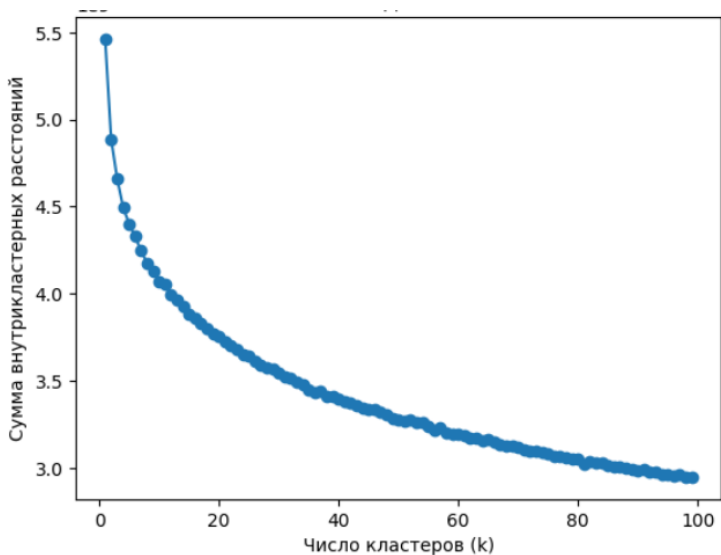


Рис. 2. Зависимость между числом кластеров и суммой внутрикластерных расстояний

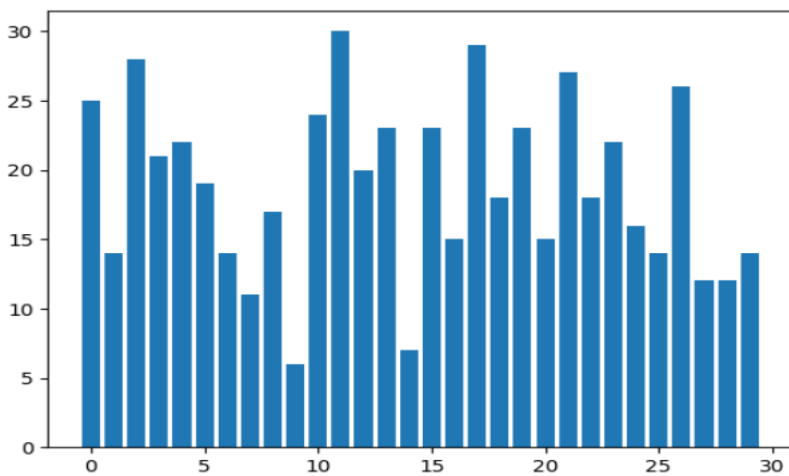


Рис. 3. Гистограмма частотного вектора



Рис. 4. Пример поиска похожих изображений:
а – целевое изображение; *б* – изображение класса «хорошее РПЗВ»
 (косинусная близость: 0.976);
в – изображение класса «хорошее РПЗВ» (косинусная близость: 0.973)

к классу хорошее РПЗВ. Таким образом, можно сделать вывод, подход верно предложил изображения того же класса что и целевое изображение.

В заключение сформулируем обобщающие выводы:

1. Применение технологии eye-tracking позволяет решать диагностические задачи в области подготовки пилотов.
2. Проведена апробация метода классификации РПЗВ с помощью обратного поиска с применением метода Bag of Visual Words.
3. В дальнейшем планируется увеличение обучающего набора данных и внедрение этапа их предварительной обработки.

1. Saini, Manisha, and Seba Susan. "Bag-of-Visual-Words codebook generation using deepfeatures for effective classification of imbalancedmulti-class image datasets." *Multimedia Tools and Applications* (2021) 80:20821–20847 <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10612-w>.

2. Eye-Tracking Study on Interaction of Cadet-Pilots with Electronic Flight Instrument System / Al. Volkov, L. Frolova, S. Kosachevsky, D. Aidarkin, Z. Zabbarov // *AIP Conference Series : IV International Conference Advanced Technologies in Aerospace, Mechanical and Automation Engineering (MIST Aerospace-IV – 2021)*. Vol. 2700. P. 1-8. DOI: 10/1063/5.0125010.

3. Диагностика схем распределения и переключения зрительного внимания пилотов при первоначальной летной подготовке / Л. И. Фролова, А. К. Волков, С. г. Косачевский, З. Р. Заббаров // *Научный вестник ГосНИИ ГА. – Москва : ФГУП Государственный НИИ гражданской авиации, 2023. – С. 19-27.*

4. Оценка компетентности курсанта в процессе первоначальной летной подготовки на основе нечеткого моделирования / А. К. Волков, Л. И. Фролова, С. г. Косачевский, З. Р. Заббаров // *Научный вестник ГосНИИ ГА. – № 38 (349). – Москва : ФГУП Государственный НИИ гражданской авиации, 2022. – С. 105-115.*

5. Разработка и исследование нечеткой модели оценки компетентности курсанта-пилота / Л. И. Фролова, В. А. Чукин, И. В. Клириков // Состояние и основные тенденции развития гражданской авиации: сборник материалов Международной молодежной научно-практической конференции – Санкт-Петербург : СПбГУ ГА, 2023. – С. 545-552.

6. Advanced Qualification Program [Текст] : Advisory Circular №120-54А. – FAA.

7. Lowe, D. “Distinctive image features from scaleinvariant keypoints” International Journal of Computer Vision, 60, 2 (2004), pp. 91-110.

Aleksandr K. Volkov, PhD in Engineering, Associate Professor

Sergey G. Kosachevsky, PhD in Engineering, Associate Professor

Lidiya I. Frolova, PhD in Engineering

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk), e-mail: uvau@list.ru, Mozhaiskogo St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

Anna A. Zakharcheva, Boeing 737 co-pilot JSC SIBERIA

AIRLINES (Russia, Ob), e-mail: s7@s7.ru,

Mozzherina Ave., 10, Ob, Novosibirsk region, 633104

CLASSIFICATION OF PILOT VISUAL ATTENTION PATTERNS BASED ON THE BAG OF VISUAL WORDS METHOD

This article proposes a new approach to classifying pilot visual attention patterns. We propose classifying images of fixation and scan path maps and scan path using the Bag of Visual Words method. This method not only deepens our understanding of human interaction with information systems but also significantly improves the effectiveness of assessing pilot professional competencies in real-world and simulator flight conditions.

Key words: professional training, pilot, eye-tracking technology, Bag of Visual Words method

УДК: 004.4, 004.7

Житко Александр Викторович, ведущий инженер, магистр технических наук

БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»

(Беларусь, Минск), e-mail: ot@niit.by

ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

Езерский Виктор Юрьевич, начальник отдела информационных технологий,

РУП «Информационно-вычислительный центр

Национального статистического комитета Республики

Беларусь» (Беларусь, Минск), e-mail: admin@ivcstat.by, пр.

Партизанский, 12а, г. Минск, 220070

Мельничук Егор Алексеевич, студент группы 11006123

Мельничук Никита Алексеевич, студент группы 11006123

Факультет энергетического строительства,

Белорусский национальный технический университет

(Беларусь, Минск), пр. Независимости, 65, г. Минск

ЦИФРОВИЗАЦИЯ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

В статье рассматривается вопрос интеграции технологии блокчейн в процесс морской перевозки. Внедрение технологии блокчейн в процессы морской перевозки представляет собой инновационный подход, направленный на трансформацию традиционных логистических систем за счет использования децентрализованных распределенных реестров. Данная технология обладает потенциалом для повышения уровня прозрачности, безопасности, эффективности и автоматизации в цепочках поставок, что особенно актуально в контексте глобальной морской логистики, характеризующейся высокой сложностью и множеством участников.

Ключевые слова: блокчейн, интеграция морская перевозка, логистика, локальные информационные системы.

Морская перевозка – один из наиболее важных и широко распространённых видов международных и внутренних транспортных услуг, связанный с перемещением грузов и пассажиров по водным путям с помощью судов. Этот вид транспорта играет ключевую роль в глобальной торговле, обеспечивая более 80 % мировых перевозок по объёму.

В соответствии со статьей 2 Кодекса торгового мореплавания Республики Беларусь морская перевозка – совокупность организационно и технологически взаимосвязанных операций по перемещению

пассажиров, грузов и багажа морским транспортом. Конвенция Организации Объединенных Наций о морской перевозке грузов предлагает ряд понятий определяющих основные положения в части морских перевозок.

Важность развития электронного документооборота для морской отрасли, имеющей значительное для мировой торговли и развития всех стран отмечено в докладе Конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД) «Обзор морского транспорта, 2021 год».

Рассматривая вопрос цифровизации морской перевозки с применением технологии блокчейн необходимо определить ряд элементов системы морской перевозки, которые могут быть модернизированы.

Блокчейн – это распределенная база данных, которая обеспечивает неизменяемость записей и прозрачность операций за счет криптографической защиты и консенсусных алгоритмов. В контексте морской перевозки данная технология позволяет создавать единые цифровые платформы, где все участники – судовладельцы, экспедиторы, таможенные органы, грузоотправители и получатели – могут взаимодействовать на основе доверия без необходимости централизованных посредников.

Путем внедрения технологии блокчейн могут быть модернизированы, следующие ключевые компоненты:

- документооборот и электронные документы;
- отслеживание грузов и цепочка поставок;
- портовые операции и управление терминалами;
- таможенное оформление и сертификация;
- оплата и финансовые транзакции;
- управление данными о суднах и экипаже;
- страхование грузов;
- интеграция с внутренними информационными системами.

Внедрение технологии блокчейн в эти элементы системы морской перевозки способствует повышению прозрачности, автоматизации процессов, снижению издержек и рисков мошенничества, а также ускорению международных логистических операций. Рассмотрим преимущества внедрения данной технологии:

1. Оптимизация документооборота посредством внедрения защищенных цифровых документов на базе блокчейна включает в себя несколько ключевых аспектов, направленных на повышение эффективности, безопасности и прозрачности бизнес-процессов. К ним относятся: улучшение управления документами, повышение уровня безопасности, сокращение расходов, повышение скорости обработки документов и обеспечение юридической значимости. Традиционные

бумажные носители, такие как коносаменты и грузовые накладные, требуют физической передачи или обмена по электронной почте, что создает риски их утери, подделки и повреждения. Использование распределенной реестровой системы обеспечивает неизменность и прозрачность данных, а также автоматическую проверку подлинности документов всеми участниками цепи поставок. Это способствует сокращению времени оформления грузов и снижению вероятности ошибок. Основные аспекты оптимизации представлено в таблице 1.

Таблица 1
Основные аспекты оптимизации документооборота

Оптимизируемый аспект	Способ оптимизации
Улучшение управления документами	Внедрение блокчейн в управление документами повышает их безопасность, обеспечивает неизменяемость и прозрачность истории, автоматизирует процессы согласования и утверждения, а также снижает издержки и риски мошенничества.
Повышение уровня безопасности	Неизменяемость данных обеспечивает безопасность и надежность системы. Благодаря блокчейну информация, записанная в цепочку блоков, остается неизменной, что исключает возможность подделки или несанкционированного изменения документов.
	Защита от взлома и утечек обеспечивается благодаря децентрализованному хранению данных. Это значительно повышает уровень безопасности по сравнению с традиционными системами, делая информацию более устойчивой к несанкционированному доступу и возможным атакам.
	Шифрование и контроль доступа позволяют использовать блокчейн для защиты данных и организации сложной системы управления доступом к документам. Это обеспечивает дополнительный уровень безопасности и надежности хранения информации.
Сокращение расходов	Внедрение блокчейн способствует сокращению расходов за счет повышения прозрачности и автоматизации бизнес-процессов, что уменьшает необходимость в посредниках и снижает операционные издержки. Благодаря децентрализованной и неизменяемой природе блокчейна, процессы аудита и контроля становятся более эффективными и менее затратными. Также использование блокчейна улучшает управление цепочками поставок и повышает безопасность данных, что помогает устранить неэффективности и снизить связанные с ними расходы. В результате эти меры делают бизнес более эффективным и устойчивым к внешним экономическим шокам, что в конечном итоге способствует увеличению прибыли.
Повышение скорости обработки документов	Быстрое согласование и утверждение блокчейну позволяет автоматизировать процесс, значительно

Оптимизируемый аспект	Способ оптимизации
	сокращая время, необходимое для утверждения документов.
	Ускоренная обработка запросов обеспечивается быстрым доступом к документам и их автоматизированной обработкой, что значительно повышает эффективность и сокращает время реагирования.
Обеспечение юридической значимости	Криптографическая защита, обеспечиваемая блокчейном, укрепляет безопасность электронных документов, повышая их юридическую значимость и уровень доверия к ним.
	Прослеживаемость изменений с помощью блокчейна фиксирует все внесённые корректировки, что укрепляет юридическую значимость документа и помогает избежать возможных споров.
	Внедрение блокчейн-технологий в документооборот помогает компаниям соблюдать требования законодательства, связанные с электронным документооборотом, обеспечивая надежность и соответствие нормативным стандартам.

2. Отслеживание грузов является частью управления цепочкой поставок и представляет собой процесс мониторинга перемещения товаров от поставщика к потребителю. Интеграция данных с датчиков, находящихся в системе интернета вещей (интернет вещей (Internet of Things) – это множество физических объектов, подключенных к интернету и обменивающихся данными, далее – IoT) и GPS-устройств в распределенную систему позволяет фиксировать местоположение и состояние груза в реальном времени. Такой подход обеспечивает достоверность информации о перемещении товаров и их условиях хранения, что повышает уровень доверия между участниками логистической цепи и позволяет своевременно реагировать на возможные отклонения или инциденты.

Внедрение технологии блокчейн предлагает повышение прозрачности и отслеживаемости грузов, снижение риска краж и потерь, улучшенный контроль за условиями транспортировки (температура, влажность), упрощение процессов разрешения споров.

Примером успешного внедрения технологии блокчейн является система отслеживания и прослеживаемости грузов (Track & Trace). Данная система позволяет использовать технологии блокчейн для создания цифровой цепочки поставок, обеспечивая прозрачность, надежность и эффективность на всех этапах транспортировки. Примером успешного внедрения блокчейн-технологий в систему отслеживания грузов является платформа, которая позволяет создавать цифровую цепочку поставок, обеспечивая прозрачность, надежность и эффективность на

всех этапах транспортировки. Такая система фиксирует каждое движение груза, его состояние и условия хранения в защищенной цепочке данных, что помогает быстро выявлять проблемы и предотвращать мошенничество.

3. Портовые операции и управление терминалами – это комплекс услуг и процессов, связанных с обработкой грузов и судов в портах, а также управлением инфраструктурой и логистикой терминалов. Они включают в себя погрузочно-разгрузочные работы, хранение грузов, таможенное оформление, ремонт контейнеров, а также управление всеми операциями на территории терминала, включая транспорт и технику. Внедрение блокчейна в портовые операции и управление терминалами может значительно повысить эффективность, прозрачность и безопасность процессов. Основные аспекты модернизации портовых операций представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные аспекты и способы оптимизации портовых операций блокчейна

Оптимизируемый аспект	Способ оптимизации
Портовые операции	Погрузочно-разгрузочные работы включают перемещение грузов с судов на берег и между различными видами транспорта, а также временное хранение грузов в складских помещениях. Перегрузка обеспечивает эффективное перемещение товаров, например, с судна на железнодорожный транспорт или автомобили.
	Технологии блокчейн повышают прозрачность и безопасность процессов, позволяют отслеживать перемещение грузов в реальном времени, предотвращать ошибки и мошенничество, а также ускорять оформление документов. Это способствует более эффективной и надежной работе всей логистической цепочки.
Управление терминалами	Управление контейнерами, оборудованием и персоналом является важной частью эффективной работы терминала. Оно включает прием, хранение, погрузку, разгрузку и перегрузку контейнеров, а также обеспечение исправной работы техники и организацию работы сотрудников. Внедрение блокчейн-технологий повышает прозрачность, безопасность и эффективность процессов в цепочке поставок, обеспечивая надежную регистрацию всех операций.
Пример операций на терминале	Обработка грузов на терминале включает прием контейнеров с судна, их размещение, проверку состояния и последующую погрузку на транспорт для дальнейшей перевозки. Грузы хранятся на складах до отправки или перегрузки. Внедрение блокчейн-технологий обеспечивает безопасность, прозрачность и надежную регистрацию всех операций, повышая эффективность цепочки поставок.

4. Таможенное оформление и сертификация тесно связаны между собой, когда речь идет о перемещении товаров через границу. Сертификация является частью процесса таможенного оформления, подтверждая соответствие товаров требованиям технических регламентов и стандартов, что необходимо для их законного ввоза и выпуска в обращение. Использование электронных сертификатов на базе блокчейна обеспечивает быструю проверку подлинности документов таможенными органами без необходимости обращения к разрозненным источникам информации или повторной проверки данных. Преимущества: ускорение таможенного оформления, сокращение затрат на таможенные процедуры, снижение риска контрабанды и нарушений таможенного законодательства, повышение прозрачности и эффективности работы таможенных органов.

Внедрение блокчейна в таможенное оформление модернизирует его от процедуры контроля на основе бумажных документов до системы превентивного, прозрачного и автоматизированного администрирования. Ключевые аспекты - создание единого доверенного пространства данных, автоматизация через смарт-контракты и формирование цифровых профилей доверия - ведут к значительному повышению эффективности, снижению коррупционных рисков и созданию комфортных условий для добросовестных участников внешней торговли. Это формирует основу для таможенной службы будущего, ориентированной на данные, а не на документы.

5. Финансовые транзакции – это операции, связанные с перемещением денежных средств или других ценностей между различными сторонами. Внедрение технологии блокчейн в оплату и финансовые транзакции открывает возможности для повышения эффективности, безопасности и прозрачности финансовых операций. Блокчейн позволяет создавать децентрализованные системы, где транзакции подтверждаются и записываются в цепочку блоков, их преимущества (**повышенная безопасность, прозрачность, скорость и эффективность, снижение затрат и т.д.**) в том, что они обеспечивают неизменность данных и снижает зависимость от посредников. Это все рассказано в таблице 3.

Таблица 3

Основные аспекты оплаты и финансовые транзакции с блокчейном

Оптимизируемый аспект	Способ оптимизации
Использование сторонних сервисов и платежных шлюзов	Внедрение децентрализованных платежных платформ на базе блокчейна с использованием смарт-контрактов для автоматизации обработки платежных операций, что сокращает время подтверждения, снижает транзакционные издержки и уменьшает зависимость от

Оптимизируемый аспект	Способ оптимизации
	<p data-bbox="421 177 729 197">централизованных посредников.</p> <p data-bbox="421 296 958 387">Стандартизация протоколов взаимодействия между различными системами через блокчейн, что упрощает межсистемные расчеты и расширяет возможности международной торговли.</p>
<p data-bbox="136 397 398 443">Разработка собственной блокчейн-платформы</p>	<p data-bbox="421 397 958 517">Обеспечивает децентрализованную архитектуру, позволяя распределённому хранению данных исключить необходимость центрального управляющего органа и повысить устойчивость системы к сбоям и внешним атакам</p> <p data-bbox="421 521 958 639">Гарантирует неизменность данных посредством использования современных криптографических методов, что исключает возможность изменения или удаления зафиксированных транзакций и укрепляет доверие участников системы</p>
<p data-bbox="136 644 398 691">Использование смарт-контрактов</p>	<p data-bbox="421 644 958 716">Обеспечивают автоматизацию выполнения условий договорных обязательств, что снижает необходимость в посредниках и повышает эффективность процессов.</p> <p data-bbox="421 721 958 793">Гарантируют прозрачность и неизменность условий контрактов, что способствует укреплению доверия между участниками системы.</p> <p data-bbox="421 798 958 869">Расширяют возможности внедрения новых бизнес-моделей, таких как токенизация активов и децентрализованные приложения.</p>

6. Управление данными о судах и экипаже – это процесс сбора, хранения, обработки и использования информации, связанной с техническим состоянием судов, их характеристиками, маршрутами, расписаниями, а также данными о членах экипажа, их квалификациях, графиках работы и документации. Эта деятельность обеспечивает эффективное планирование эксплуатации судов, соблюдение нормативных требований, безопасность судоходства и оптимизацию операционных процессов. В контексте использования блокчейн-технологий управление такими данными может обеспечить их надежность, прозрачность и доступность для всех заинтересованных сторон в реальном времени. Основные аспекты управления данными о судах и экипаже и способы оптимизации приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Основные аспекты управления данными о судах и экипаже
и способы их оптимизации**

Оптимизируемый аспект	Способ оптимизации
Регистрация и учёт судов	Ведение реестра судов, включая информацию о типе судна, его владельце, технических характеристиках, месте регистрации и другие данные, необходимые для идентификации и учёта судов
Управление данными об экипаже	Сбор и хранение информации о членах экипажа, включая их личные данные, квалификационные документы, опыт работы, медицинские освидетельствования и другую информацию, необходимую для обеспечения безопасности плавания и соблюдения трудового законодательства
Обеспечение безопасности плавания	Использование данных о судах и экипаже для планирования и организации безопасных морских перевозок, включая выбор оптимальных маршрутов, контроль за соблюдением правил безопасности и реагирование на чрезвычайные ситуации.
Соблюдение трудового законодательства	Управление данными о сотрудниках экипажа для соблюдения трудовых норм, начисления заработной платы, предоставления социальных льгот и гарантий.
Обеспечение соответствия требованиям	Управление данными о судах и экипаже для обеспечения соответствия требованиям международных и национальных стандартов, касающихся безопасности мореплавания, защиты окружающей среды и трудовых отношений.

7. Страхование грузов – это услуга, которая защищает имущественные интересы владельца груза от финансовых потерь, связанных с повреждением, утратой или хищением груза во время перевозки. Оно позволяет минимизировать риски и обеспечить компенсацию ущерба, если с грузом что-то случится в пути. Внедрение блокчейна в страхование грузов может повысить прозрачность, эффективность и безопасность процессов, а также снизить транзакционные издержки. К основным преимуществам страхования грузов относятся финансовая защита, снижение рисков, повышение доверия, защита интересов партнеров и т.д. Варианты оптимизации при страховании грузов с помощью системы блокчейн представлены в таблице 5.

Таблица 5

Основные аспекты оптимизации сохранения грузов в системе блокчейн

Оптимизируемый аспект	Способ оптимизации
Повышение прозрачности и доверия	Блокчейн обеспечивает неизменяемость записей, что позволяет всем участникам цепочки поставок видеть актуальную информацию о грузах, их перемещениях и страховых случаях. Это снижает риск мошенничества и недоразумений.
Ускорение обработки страховых случаев	Автоматизация процессов с помощью смарт-контрактов позволяет быстро инициировать выплаты при наступлении страхового случая, сокращая время рассмотрения претензий.
Обеспечение безопасности данных	Шифрование и распределенное хранение данных делают информацию о грузах защищенной от несанкционированного доступа и изменений.

8. Интеграция системы блокчейн с внутренними информационными системами предприятий (ERP (Enterprise Resource Planning - Планирование ресурсов предприятия), CRM (Customer Relationship Management - Управление взаимоотношениями с клиентами)) создает единый источник достоверных данных для всех участников логистической цепи.

Основные преимущества интеграции ERP и CRM – повышение эффективности и производительности, сокращение затрат, улучшение качества обслуживания клиентов, гибкость и масштабируемость, повышение точности данных. Это способствует устранению разрозненности информации, повышению ее точности и сокращению времени обмена данными.

Интеграция блокчейна во внутренние информационные системы морских предприятий повышает безопасность и целостность данных, ускоряет обработку документов и операций, обеспечивает прозрачность и прослеживаемость грузов, а также снижает издержки за счет автоматизации бизнес-процессов.

Модернизация морской перевозки с использованием системы блокчейн представляет собой инновационный подход, направленный на повышение эффективности, прозрачности и безопасности логистических процессов, а также обеспечивает децентрализованное хранение данных, что способствует повышенной прозрачности и неизменяемости информации, а также исключает возможность её фальсификации. Это значительно улучшает отслеживание грузов, судов и операций, ускоряет оформление документов, таких как таможенные и сертификационные процедуры, за счет автоматической передачи электронных документов между участниками цепочки поставок. Кроме того, использование криптографических методов защиты повышает безопасность данных и

снижает риски несанкционированного доступа. Внедрение смарт-контрактов позволяет автоматизировать финансовые транзакции и страховые операции, что способствует снижению издержек и минимизации человеческого фактора. Также блокчейн может служить универсальной платформой для интеграции с внутренними информационными системами компании, обеспечивая единый источник данных.

Однако наряду с преимуществами существуют недостатки. Высокие начальные затраты на разработку, внедрение технологий и обучение персонала могут стать препятствием для многих участников рынка. Текущие реализации блокчейна сталкиваются с ограничениями по масштабируемости и производительности при обработке большого объема транзакций в реальном времени. Регуляторные барьеры и неопределенность правового статуса технологий создают дополнительные риски для участников. Техническая сложность системы требует наличия квалифицированных специалистов для её обслуживания и поддержки. Кроме того, возможны трудности в интеграции новых решений с существующими системами и стандартами.

1. Трегубов Владимир Николаевич Перспективы использование технологии блокчейн в сфере городского транспорта // International Journal of Open Information Technologies. 2023. №10.

2. Чипига А.Ф. Информационная безопасность автоматизированных систем. М.: Гелиос АРВ, 2017. 336 с.

3. Зубаков г. В., Проценко О. Д., Проценко И. О. ОТ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК К УПРАВЛЕНИЮ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН // Экономика и управление. 2019. №11 (169).

4. Ермаков И. А., Кузьминых С. С. Применение технологии распределенного реестра как одного из механизмов цифровой интеграции цепей поставок // E-Management. 2019. №2.

5. Генкин, А. Блокчейн. Как это работает и что ждет нас завтра / А. Генкин, А. Михеев. - М.: Альпина Паблишер, 2018. - 592 с.

Zhytko Aliaksandr Viktaravich – *Leading Engineer, Master of Technical Sciences.*

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT
«TRANSTEKHNIKA»

e-mail: ot@niit.by, (Belarus, Minsk)

st. Platonova, 22A, Minsk, 220005

Yezerky Viktor Yuryevich – *Head of the Information Technology Department*

Republican Unitary Enterprise Information and Computing Centre of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus (Belarus, Minsk), e-mail: admin@ivcstat.by,

Partizansky Ave., 12a, Minsk, 220070, Belarus

Melnichuk Egor Alekseevich, *student of the 11006123 group*

Melnichuk Nikita Alekseevich, *student of the 11006123 group*

Faculty of Energy Construction, Belarusian National Technical University (Minsk, Belarus), Nezavisimosti Ave. 65, Minsk, 220013

Digitalization of maritime transportation using blockchain Technology

Abstract: The article discusses the issue of integrating blockchain technology into the maritime transportation process. The introduction of blockchain technology into maritime transportation processes is an innovative approach aimed at transforming traditional logistics systems through the use of decentralized distributed registries. This technology has the potential to increase transparency, security, efficiency, and automation in supply chains, which is especially relevant in the context of global maritime logistics, characterized by high complexity and multiple participants.

Key words: blockchain, integration, sea transportation, logistics, local information systems.

УДК: 004.4, 004.7

Житко Александр Викторович, ведущий инженер, магистр технических наук

БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»

(Беларусь, Минск), e-mail: ot@niit.by,

ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

Езерский Виктор Юрьевич, начальник отдела информационных технологий

РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь»

(Беларусь, Минск), e-mail: admin@ivcstat.by,

пр. Партизанский, 12а, г. Минск, 220070

ПРИМЕНЕНИЕ SIEM-СИСТЕМ В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

В рамках статьи рассматривается функционирование системы управления событиями безопасности, а также возможные направления применения SIEM-систем в транспортной отрасли

Ключевые слова: система управления; события безопасности; информационная безопасность; транспорт; параметры; процесс; анализ.

Решения класса SIEM уже давно стали неотъемлемой частью любой серьезной системы информационной безопасности.

Security information and event management (далее – SIEM) - это система управления событиями безопасности. Технология SIEM обеспечивает анализ в реальном времени событий безопасности, исходящих от сетевых устройств и приложений, и позволяет реагировать на них до наступления существенного ущерба. Основными задачами систем данного класса являются сбор, обработка и анализ событий безопасности, поступающих в систему из множества источников, также обнаружение в режиме реального времени атак и нарушений критериев и политик безопасности. На основе получаемых событий информационной безопасности (далее – ИБ) осуществляется оперативная оценка защищенности информационных, телекоммуникационных и других критически важных ресурсов, анализ и управление рисками безопасности. Во многие современные SIEM системы встроены механизмы принятия решений и инструменты расследования инцидентов. Также неотъемлемой частью SIEM является наличие средств для формирования отчетных документов.

SIEM используют для мониторинга и анализа поступающей информации, но сама она не защищает инфраструктуру от внешних и

внутренних угроз. Собранный аналитика используется для определения инцидентов и оптимизации защиты компании.

Задаются критерии, по которым оценивается состояние инфраструктуры. Прописывается оборудование, которое будет отслеживаться SIEM. Если происходит событие, которое выходит за рамки настроенных шаблонов, то SIEM реагирует на изменение и регистрирует инцидент.

Рекомендуется сначала развернуть систему на малом количестве устройств для тестирования. Администраторы проверяют ее работоспособность, редактируют правила, а после запускают в рабочем режиме.

Дополнительная возможность системы: на основе полученных данных анализируются действия злоумышленников. Другими словами, регистрация инцидентов помогает расследовать такие события.

Встроенная функция оповещения сообщает администраторам о нарушениях или проблемах по email, через SMS и мессенджеры.

Программное обеспечение представляет собой гибкий инструмент, который конфигурируется по требованиям и желаниям пользователя.

Программное решение условно разделяют на две составных части. К первой относятся агенты мониторинга. Они устанавливаются на элементы информационной системы, с которых снимаются показания. Второй элемент - серверная часть. Она обрабатывает поступающую информацию от агентов, регистрирует события и инциденты на основе заданных правил. Шаблоны обработки информации и регистрации инцидентов задаются специалистами по ИБ во время конфигурирования.

Дальнейший анализ зарегистрированных инцидентов ложится также на отдел ИБ. Они при помощи встроенных инструментов создают отчеты, реагируют на события, стараясь не допустить повторения инцидентов в дальнейшем. Также интегрируются промежуточные элементы - коллекторы и корреляторы. Первые устанавливаются как обычные хранилища. Они фильтруют данные, отсеивая дубли и пустые записи. Вторые же вычлняют необходимые данные среди множества событий. Учитывая, что информация представляется в разных форматах и разного рода, SIEM-система собирает ее и приводит к единому виду.

В качестве источников информации для SIEM-решений могут выступать:

- антивирусные программы;
- системы авторизации и аутентификации;
- межсетевые экраны, брандмауэры;
- журналы сетевого оборудования, серверов и рабочих станций;
- контроллеры домена;

- системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS);
- системы предотвращения утечки информации (DLP);
- решения для контроля активов и инвентаризации.

В современной транспортной отрасли, являющейся кровеносной системой мировой экономики, цифровая трансформация привела к созданию сложных киберфизических систем. Авиационные и железнодорожные перевозки, логистика, судоходство и управление цепями поставок сегодня критически зависят от бесперебойного функционирования информационных технологий и операционных технологий (ИТ/ОТ). В этом контексте SIEM-системы перестают быть просто инструментом ИТ-безопасности, а становятся стратегическим активом, обеспечивающим устойчивость, безопасность и надежность всей транспортной инфраструктуры.

Основная задача SIEM в транспортном секторе - это агрегация, корреляция и анализ в режиме реального времени гигантских объемов данных, поступающих из разнородных источников. К ним относятся традиционные ИТ-системы (серверы, рабочие станции, сетевые устройства), специализированные отраслевые приложения (системы бронирования и продажи билетов, управления расписанием, трекинга грузов), а также критически важные системы ОТ - SCADA-системы управления движением поездов, диспетчерские центры аэропортов, системы навигации и автоматизации портов. SIEM-система создает единую картину безопасности, позволяя выявлять сложные многокомпонентные кибератаки, которые остались бы незамеченными при раздельном рассмотрении логов.

Ключевые сценарии применения SIEM в транспортной отрасли можно разделить на несколько направлений:

1. Обеспечение кибербезопасности критической инфраструктуры. Транспортные объекты - лакомые цели для хакеров, кибершпионажа и хактивистов. SIEM позволяет обнаруживать атаки на системы управления движением, попытки проникновения в сети аэропортов или железнодорожных вокзалов, массовые сканирования уязвимостей. С помощью правил корреляции система может выявить, например, подозрительную активность, когда с одного IP-адреса последовательно осуществляются попытки доступа к системам управления багажом и к коммерческой информации авиакомпании, что может указывать на целенаправленную атаку.

2. Борьба с мошенничеством. Транспортная отрасль сталкивается с разнообразными схемами мошенничества: от продажи билетов с использованием украденных банковских карт до махинаций с бонусными милями и манипуляций с данными о грузах. SIEM может анализировать логи систем бронирования, данные о транзакциях и

поведении пользователей на веб-порталах. Если система обнаруживает аномалии, например, несколько попыток покупки билетов из разных точек мира с одной учетной записи за короткий промежуток времени, или нехарактерно большой объем операций с бонусными милями, она немедленно генерирует оповещение для службы безопасности.

3. Обеспечение соответствия требованиям регуляторов (Compliance). Транспортные компании, особенно авиационные и обрабатывающие персональные данные пассажиров (PNR), подпадают под строгое регулирование, такое как GDPR в Европе или отраслевые стандарты. SIEM предоставляет централизованный механизм для сбора и хранения логов, необходимых для аудита, и автоматизированного формирования отчетов, доказывающих, что доступ к конфиденциальным данным осуществляется правомерно и контролируется.

4. Оперативное реагирование на инциденты. В транспортной отрасли каждая минута простоя означает миллионные убытки и репутационный ущерб. SIEM, интегрированная с системами SOAR (Security Orchestration, Automation and Response), позволяет не только обнаружить инцидент, но и автоматизировать реакцию на него. Например, при обнаружении признаков ransomware в корпоративной сети, система может автоматически изолировать зараженные сегменты, заблокировать вредоносные IP-адреса на межсетевых экранах и уведомить группу кибербезопасности, значительно сокращая время реакции и сдерживая угрозу.

SIEM играет важную роль в защите конвергентных ИТ/ОТ-сетей. Исторически системы ОТ (управляющие движением поездов, диспетчерские системы) были изолированы, но сегодня они часто интегрируются с бизнес-сетями для повышения эффективности. Это открывает новые векторы атак. SIEM, получающая данные как с сетевых устройств ИТ-сегмента, так и с контроллеров SCADA, может выявить аномальную активность, например, попытку доступа к сети управления из сегмента бухгалтерии, что является грубейшим нарушением политик безопасности и может быть индикатором целенаправленной атаки.

Таким образом, современная транспортная компания без внедренной и грамотно настроенной SIEM-системы подобна крупному аэропорту без системы управления воздушным движением - она уязвима, не обладает ситуационной осведомленностью и неспособна адекватно реагировать на современные киберугрозы. SIEM является тем центральным нервным узлом, который объединяет разрозненные источники информации в единую картину, превращая данные в полезные сведения и, в конечном счете, в проактивные действия, обеспечивающие безопасность миллионов пассажиров и бесперебойность глобальных цепочек поставок.

Проведенный анализ позволяет сделать фундаментальный вывод: в современной транспортной отрасли произошла глубокая конвергенция физической и цифровой безопасности. Две рассмотренные системы - SiEM (Safety and Environmental Management) и SIEM (Security Information and Event Management) - более не являются изолированными дисциплинами; они стали двумя сторонами одной медали, совместно обеспечивающими надежность, устойчивость и безопасность транспортного комплекса.

Ключевая взаимосвязь заключается в том, что в современном транспорте кибератака может напрямую привести к физической аварии, а операционная ошибка - создать уязвимость в информационной системе. Сбой в системе навигации (киберинцидент) может стать причиной столкновения судов (происшествие в сфере физической безопасности). Неадекватная подготовка экипажа (проблема SIEM) может привести к неправильным действиям при кибератаке.

Успех и конкурентоспособность транспортной компании в XXI веке зависят от интеграции этих двух подходов. Эффективная система управления безопасностью (SIEM) должна учитывать киберриски, а система кибербезопасности (SIEM) - понимать критически важные операционные процессы. Только их симбиоз позволяет создать целостную, устойчивую экосистему, способную противостоять как традиционным операционным угрозам, так и вызовам цифровой эпохи, гарантируя безопасность людей, сохранность грузов и бесперебойность глобальной экономики.

1. Цымбал Федор Алексеевич Управление инцидентами безопасности и событиями (siem) // Столыпинский вестник. 2022. №4.

2. Шабля Владимир Олегович, Коноваленко Сергей Александрович, Едунов Роман Владимирович Анализ процесса функционирования SIEM-систем // E-Scio. 2022. №5 (68).

3. Перекотий З. А., Демкин Д. А. Роль SIEM-систем в информационной безопасности // Вестник науки. 2024. №8 (77).

4. Хлестова Дарья Робертовна, Попов Кирилл Геннадьевич Анализ актуальности использования siem-систем на предприятиях // Символ науки. 2016. №7-1.

5. Дмитрий Георгиевич Кирсанов, Андрей Размикевич Айдинян Эффективное обеспечение безопасности с помощью SIEM // Молодой исследователь Дона. 2024. №3.

6. Шишков Сергей Анатольевич, Путятю Михаил Михайлович, Макарян Александр Самвелович, Немчинова Валерия Олеговна Разработка методов обнаружения вредоносного воздействия на основе корреляционного анализа событий информационной безопасности в SIEM-системах // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2022. №3 (59).

Zhytko Aliaksandr Viktaravich – *Leading Engineer, Master of Technical Sciences.*

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT
«TRANSTEKHNIKA»

e-mail: ot@niit.by, (Belarus, Minsk)

st. Platonova, 22A, Minsk, 220005

Yezerzky Viktor Yuryevich – *Head of the Information Technology Department*

Republican Unitary Enterprise Information and Computing Centre of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus (Belarus, Minsk), e-mail: admin@ivcstat.by,

Partizansky Ave., 12a, Minsk, 220070, Belarus

APPLICATION OF SIEM-SYSTEMS IN THE TRANSPORT INDUSTRY

The article examines the functioning of the security event management system, as well as possible areas of application of SIEM systems in the transport industry

Key words: management system; security events; information security; transport; parameters; process; analysis.

УДК: 004.4, 004.7

Житко Александр Викторович, ведущий инженер, магистр технических наук

БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»

(Беларусь, Минск), e-mail: ot@niit.by,

ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

Езерский Виктор Юрьевич, начальник отдела информационных технологий

РУП «Информационно-вычислительный центр

Национального статистического комитета Республики

Беларусь» (Беларусь, Минск), e-mail: admin@ivestat.by,

пр. Партизанский, 12а, г. Минск, 220070

Викторов Александр Витальевич студент группы 11006123

Факультет энергетического строительства,

Белорусский национальный технический университет

(Беларусь, Минск), пр. Независимости, 65, г. Минск

МОДЕЛИРОВАНИЕ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В рамках статьи рассматривается возможность внедрения искусственного интеллекта в систему моделирования русловых процессов на основе искусственного интеллекта в целях прогнозирования динамики изменения параметров русел рек в заданный период времени.

Ключевые слова: методика моделирования; искусственный интеллект; русловой процесс; динамика; параметры; процесс; русло.

Русловой процесс – процесс изменения рельефа и плановых очертаний речного русла (его вертикальные и плановые деформации), происходящие вследствие воздействия движущегося водного потока.

Проблемы разработки и совершенствования методов и средств компьютерного моделирования руслового процесса имеют важное практическое значение. Поскольку изменение рельефа и плановых очертаний речного русла оказывает отрицательное влияние на деятельность внутреннего транспорта, мостовые сооружения, хозяйственные инфраструктуры и прибрежные территории, в особенности на крупных реках.

В настоящее время существует ряд программных комплексов, которые реализуют морфодинамические модели руслового потока различной размерности, среди которых

– одномерные – имеющие один параметр, длину);

- двумерные (плановые) – имеющие два параметра, длину и ширину;
- трехмерные – имеющие три параметра, длину, ширину и высоту.

Однако при применении этих моделирующих комплексов для решения практических задач возникает вопрос об их способности точно описывать русловые деформации конкретных участков рек в реальных условиях. Ключевым элементом при моделировании руслового процесса являются формулы для определения расхода наносов. Примером такой формулы является формула Мейера-Петера (1) (предназначена для оценки интенсивности перемещения донных наносов) [1]

$$Gs = k \cdot (V - V_{кр}) \cdot H \cdot J \quad (1)$$

где: $V_{кр}$ – критическая скорость начала движения частиц;

H – глубина;

J – уклон;

k – коэффициент расхода донных наносов на единицу ширины;

Цель данной работы – рассмотреть внедрение технологии искусственного интеллекта в систему моделирования русловых процессов.

Для моделирования изменения размыва берегов реки DeepSeek предлагает решение упрощенную физико-математическую модель на языке программирования Python. Предложенная модель учитывает основные параметры руслового процесса, перечисленные выше.

Ключевые уравнениями данной модели являются величина размыва за единицу времени и динамика уклона берега.

Чтобы модель начала работать зададим ей начальные параметры (B – ширина берега, h – высота берега, V – скорость течения, R – крепость грунта, критический угол, который равен 45°).

Начальным этапом модели при расчете руслового процесса является, сколько грунта смыывает за один день по формуле (2)

$$E = \frac{A \cdot \theta_{кр\text{ут}}}{R} \quad (2)$$

где E – размыв;

A – сила воды;

$\theta_{кр\text{ут}}$ – крутизна склона;

R – крепость грунта.

Далее выполняется расчет ширины берега на следующий день по формуле (3)

$$B_2 = B_1 - \Delta E \quad (3)$$

где B_2 – ширина берега следующего дня;

B_1 – ширина берега первого дня;

Е – размыв.

Далее рассчитывается пересчет уклона в тот же день по формуле (4)

$$\theta = \arctan\left(\frac{h}{B_2}\right) \quad (4)$$

где θ – уклон;

h – высота берега;

B_2 – ширина берега следующего дня.

Заключительным этапом расчета является проверка на обрушения. Если уклон начинает превышать 45° , то берег обваливается и происходит потеря 30 % ширины русла реки.

По данной модели выполняется расчет для каждого дня в году и строятся графики ширины берега и уклона.

Ключевыми компонентами физико-математической модели на языке программирования Python являются: динамика размыва (эрозия пропорциональна скорости течения, экспоненциальная зависимость от уклона берега, обратная зависимость от устойчивости грунта), критические события (при достижении угла более 45° происходит обрушение, мгновенная потеря 30 % ширины берега, автоматическая коррекция уклона после обрушения), визуализация (два взаимосвязанных графика: ширина берега и угол наклона, отметки моментов обрушения, линия критического угла).

Интерпретацией результатов физико-математической модели на языке программирования Python являются фазы: ускоренной эрозии (для неё характерно иметь, крутой начальный уклон, который за собой влечет интенсивный размыв берегов, следовательно ширина берега уменьшается), стабилизации (в процессе этой фазы происходит уменьшение уклона эрозии, что за собой влечет плавное изменение параметров руслового процесса), обрушения берега (эта фаза возникает при превышении критического угла, это вызывает скачкообразные изменения параметров руслового процесса, что приводит к перестройке берега).

Для развития данной модели определен перечень факторов для её модификации. Данный перечень может иметь следующий вид:

- сезонные изменения;
- разные типы грунта;
- влияние растительности.

Моделирование русловых процессов, основанное на классических физико-математических подходах, хотя и обладает высокой предсказательной силой, сталкивается с проблемами высокой вычислительной сложности, необходимости трудоемкой калибровки и наличия неопределенностей в параметрах. Внедрение технологий

искусственного интеллекта (ИИ), в частности, моделей машинного обучения, предлагает альтернативный и комплементарный подход, позволяющий выявлять сложные, нелинейные зависимости непосредственно из данных наблюдений.

В рамках данного исследования рассматривается прототип модели, разработанный с использованием языка программирования Python. Модель демонстрирует как искусственный интеллект может быть применен для прогнозирования динамики береговой эрозии с акцентом на пороговые события, такие как обрушение берега.

Предложенная модель является упрощенной физико-математической имитацией, которая абстрагирует ключевые процессы береговой эрозии. Ее концептуальная основа заключается в итеративном расчете двух основных динамических параметров: величины размыва за единицу времени ($\Delta t = 1$ день) и угла наклона берега.

Модель оперирует следующими входными параметрами:

B_1 – начальная ширина береговой линии (м);

h – высота берегового уступа (м), предполагаемая постоянной;

v – скорость течения воды (м/с), определяющая кинетическую энергию потока;

R – коэффициент сопротивления (крепость) грунта (усл. ед.).

Чем выше R , тем устойчивее грунт к размыву;

$\theta_{\text{крит}}$ – критический угол устойчивости откоса (град.), принятый за 45° .

Алгоритм работы модели представляет собой циклический процесс, выполняемый для каждого дня моделируемого периода (например, одного года). Вычислительный цикл для одного временного шага включает следующие этапы:

1. Расчет суточного размыва (ΔE). Количество грунта, смыаемое за один день, рассчитывается по эмпирической формуле (5), которая отражает основные физические зависимости:

$$\Delta E = (A * \theta_{\text{крут}}) / R \quad (5)$$

Где ΔE – величина размыва (уменьшение ширины берега за день, м);

A – "сила воды", агрегированный параметр, пропорциональный скорости течения (V) и другим гидродинамическим факторам;

$\theta_{\text{крут}}$ – текущая крутизна склона (рад.), рассчитанная на предыдущем шаге;

R – крепость грунта.

Данная формула инкапсулирует интуитивно понятные зависимости: эрозия усиливается с ростом энергии потока (A) и крутизны склона ($\theta_{\text{крут}}$) и ослабевает с увеличением устойчивости грунта (R).

2. Обновление ширины берега. Новая ширина берега на следующий день (B_2) вычисляется по формуле (6)

$$B_2 = B_1 - \Delta E \quad (6)$$

3. Пересчет угла наклона берега. После обновления ширины, определяется новый угол наклона (θ) как функция от высоты и ширины по формуле (7)

$$\theta = \arctan (h / B_2) \quad (7)$$

4. Проверка на критическое событие (обрушение). На каждом шаге производится проверка условия устойчивости: если рассчитанный угол θ превышает критический угол $\theta_{\text{крит}}$ (45°), инициируется событие обрушения. В модели это реализовано как мгновенная потеря 30 % от текущей ширины берега (8)

$$B_2 = B_2 * 0.7 \quad (8)$$

После обрушения угол склона немедленно пересчитывается по формуле (7), что приводит к его уменьшению и временной стабилизации берега.

Модель реализована на языке Python, что позволило эффективно организовать итерационный процесс и визуализировать результаты. Код структурирован следующим образом:

1. Инициализация параметров (задание начальных значений ширины, высоты, скорости течения, крепости грунта и длительности моделирования);

2. Цикл моделирования (последовательный для каждого дня расчет ΔE , обновление B , пересчет θ и проверка условия обрушения);

3. Сбор данных (на каждом шаге значения ширины берега и угла наклона сохраняются в массивы для последующего анализа);

4. Визуализация (Построение двух взаимосвязанных графиков во временной области: динамики ширины берега и динамики угла наклона. На графиках специальными отметками (например, вертикальными линиями или точками другого цвета) выделяются моменты обрушения, а также отображается линия критического угла).

Результаты работы модели, отображенные на графиках, позволяют выделить несколько характерных фаз развития руслового процесса на данном участке:

1. Фаза ускоренной эрозии (характеризуется крутым начальным уклоном, что в соответствии с формулой (6) приводит к высокой интенсивности размыва. Ширина берега быстро уменьшается);

2. Фаза стабилизации (по мере уменьшения ширины берега, угол его наклона, согласно формуле (7), увеличивается, но скорость размыва может меняться нелинейно. На этом этапе изменения параметров могут стать более плавными);

3. Фаза обрушения берега (при достижении критического угла происходит скачкообразное изменение состояния системы – обрушение. Это событие приводит к резкому уменьшению ширины берега и последующему переформированию профиля склона (уменьшению угла). Данная фаза наглядно демонстрирует способность модели воспроизводить не только постепенные, но и катастрофические события).

Представленная модель является концептуальной, но она служит основой для дальнейшего развития и интеграции с более сложными методами машинного обучения. Перечень возможных модификаций и направлений развития включает:

1. Обогащение модели данными

1.1. Сезонные изменения (ввод зависимостей параметров A (сила воды) и R (устойчивость грунта) от времени года для учета паводков и промерзания);

1.2. Неоднородность грунта (Замена скалярного параметра R на пространственно-распределенную модель, учитывающую разные слои и типы грунтов).

1.3 Влияние растительности (введение коэффициента, увеличивающего R на участках, защищенных корневой системой растений);

2. Превращение в модель, основанную на данных (Data-Driven Model)

2.1. Калибровка параметров с помощью ИИ (вместо ручного подбора параметров (A , R), можно использовать алгоритмы оптимизации (например, градиентный спуск) для настройки модели по историческим данным наблюдений за размывом конкретного участка реки);

2.2. Создание суррогатной модели (Результаты работы сложной 2D/3D гидродинамической модели (например, Delft3D) можно использовать как эталонные данные для обучения быстрой нейронной сети. Эта нейронная сеть, обученная на выходных данных физической модели, сможет предсказывать деформации дна с высокой скоростью, эмулируя работу ресурсоемкого комплекса).

Наиболее перспективным направлением является создание гибридных моделей, где детерминированные уравнения (например, Сен-Венана) решаются для основных потоков, а нейросетевые блоки (например, архитектуры от DeepSeek или другие Transformer-модели) используются для прогнозирования трудноформализуемых параметров, таких как коэффициент шероховатости, скорость транспорта наносов или вероятность образования русловых форм.

Таким образом, разработанная модель на Python служит не только инструментом для демонстрации ключевых принципов береговой эрозии, но и концептуальным каркасом для внедрения более совершенных технологий

искусственного интеллекта в практику гидрологического и руслового моделирования.

Данная модель учитывает все параметры моделирования русловых процессов кроме: аккумуляции наносов, боковой эрозии, линейную геометрию берега, а также модель использует упрощенную гидродинамику.

Моделирование русловых процессов с помощью искусственного интеллекта (далее – ИИ) – это не столько замена традиционному программному обеспечению (далее – ПО), сколько его эволюция и мощное дополнение. Прямо сказать, что ИИ всегда лучше, нельзя – у каждого подхода есть свои преимущества. Однако ИИ открывает уникальные возможности, которых нет у классических детерминированных моделей (HEC-RAS, Delft3D, MIKE).

Ключевые преимущества ИИ заключаются в том, что он легко работает с данными, высокая скорость прогнозирования, прогнозирование сложных, плохо формализуемых явлений (осередков, миграция излучин, образование перекатов и др.) обработка больших данных дистанционного зондирования (снимки рек со спутников за разные периоды), создания суррогатных моделей рек (с помощью ИИ или программ для математических моделей приведенных выше).

К недостаткам ИИ можно отнести то, что мы не всегда можем понять, как ИИ пришел именно к такому результату в сравнении с обычными математическими моделями, требовательность к точности и количеству исходных данных, экстраполяция (ИИ хорошо работает в пределах условий в которых модель обучалась, за рамки этих условий она выйти не может).

В перспективе развитие гибридных моделей, где физические уравнения (Сен-Венана, неразрывности и движения потока жидкости (1D, 2D, 3D) и др.) интегрируются, с нейронными сетями (DeepSeek и др.) можно сохранить физическую осмысленность и использовать вычислительные мощности ИИ для решения сложных уравнений или учета неучтенных факторов.

Таким образом, моделирование русловых процессов с помощью ИИ становится полезным инструментом там, где важны скорость, обработка огромных массивов данных, выявление сложных неявных зависимостей или создание быстрых эмуляторов. Однако для фундаментального понимания, прогнозирования экстремальных сценариев и проектирования критически важных объектов классическое ПО, основанное на физических законах, остается незаменимым. Перспектива развития моделирования русловых процессов заключается в разумном использовании сочетания программного обеспечения и искусственного интеллекта.

Проведенное исследование демонстрирует, что разработанная на Python упрощенная физико-математическая модель служит эффективным инструментом для демонстрации ключевых принципов динамики береговой эрозии, в частности, пороговых событий, таких как обрушение. Модель успешно учитывает и визуализирует взаимосвязь между скоростью течения, устойчивостью грунта, крутизной склона и шириной берега. Однако важно подчеркнуть, что данная модель является концептуальной и имеет ряд ограничений, поскольку не учитывает такие сложные процессы, как аккумуляция наносов, полноценная боковая эрозия, пространственная неоднородность и линейная геометрия берега, а также опирается на существенно упрощенную гидродинамику.

Анализ современных подходов позволяет утверждать, что моделирование русловых процессов с помощью ИИ представляет собой не замену традиционному ПО, основанному на физических законах, а его закономерную эволюцию и мощное дополнение. Некорректно утверждать, что ИИ всегда превосходит классические детерминированные модели, такие как HEC-RAS, Delft3D или MIKE. Напротив, каждый подход обладает уникальными преимуществами. Сильные стороны ИИ заключаются в его способности легко обрабатывать большие данные, обеспечивать высокую скорость прогнозирования после обучения, выявлять сложные, плохо формализуемые закономерности (например, миграцию излучин или образование перекатов), эффективно анализировать массивы данных дистанционного зондирования и создавать быстрые суррогатные модели, эмулирующие работу ресурсоемких гидродинамических комплексов.

В тоже время, ИИ присущи и существенные недостатки, главным из которых является «проблема черного ящика» – сложность интерпретации и понимания внутренней логики принятия решений моделью по сравнению с прозрачными физическими уравнениями. Кроме того, ИИ крайне требователен к объему и качеству исходных данных для обучения и обладает ограниченной способностью к экстраполяции, то есть надежно работает лишь в рамках условий, представленных в обучающей выборке, и может давать некорректные результаты за ее пределами.

Наиболее перспективным направлением развития является создание гибридных моделей, в которых строгие физические уравнения (Сен-Венана, неразрывности и движения жидкости) интегрируются с возможностями нейронных сетей. Такой симбиоз позволит сохранить физическую осмысленность и прогностическую надежность традиционных моделей, одновременно используя вычислительную эффективность и способность

ИИ к аппроксимации сложных зависимостей для уточнения отдельных параметров или моделирования плохо формализуемых подпроцессов. Таким образом, моделирование русловых процессов с помощью ИИ становится незаменимым инструментом в тех прикладных задачах, где критически важны скорость, обработка больших данных и выявление скрытых паттернов. Однако для фундаментального изучения физики процессов, прогнозирования экстремальных и нештатных сценариев, а также для проектирования ответственных гидротехнических сооружений классическое физическое моделирование остается основным и незаменимым методом.

Будущее развитие данного научно-прикладного направления лежит не в противопоставлении, а в разумном и синергетическом сочетании возможностей традиционного программного обеспечения и передовых технологий искусственного интеллекта.

1. Шмакова М.В. Гидрология: научная статья/М.В. Шмакова. – Москва, 2025. - 108-115 с.

2. Шмакова М.В. Гидрология/ М.В. Шмакова, И.Н Липовицкая. 2016. – 28-35 с.

3. Макаревич А.А., Речной сток и русловые процессы: учеб.-метод. пособие/А.А. Макаревич А.Е. Яратов. – Минск, 2019.

4. Зенин В.Г. Механика жидкости и газа: учеб.-метод. пособие/В.Г. Зенин – Челябинск, 2016.

5. Чалов Р.С. Русловые процессы: учеб.-метод. пособие/ Р.С. Чалов, - Москва, 2025.

6. Лепихин А.П. Современные гидродинамические модели русловых процессов: научная статья/А.П. Лепихин, А.А. Тиунов 2019.

7. Журавков, М.А. Технологии искусственного интеллекта и интеллектуальные системы компьютерного моделирования и инженерных расчетов. Вводный курс : учеб. пособие / М.А. Журавков ; БГУ, Механикоматематический фак. – Минск : БГУ, 2024. – 177 с.

8. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. Издательство "Лань". 2016. 324 с. ISBN 978-5-8114-2128- 2.

Zhytko Aliaksandr Viktaravich – *Leading Engineer, Master of Technical Sciences.*

*BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT
«TRANSTEKHNIKA»*

e-mail: ot@niit.by, (Belarus, Minsk)

st. Platonova, 22A, Minsk, 220005

Yezerky Viktor Yuryevich – *Head of the Information Technology Department*

Republican Unitary Enterprise Information and Computing Centre of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus (Belarus, Minsk), e-mail: admin@ivcstat.by,

Partizansky Ave., 12a, Minsk, 220070, Belarus

Victorov Alexander Vitalevich, *student of the group 11006123*

Faculty of Energy Construction, Belarusian National Technical University (Minsk, Belarus), Nezavisimosti Ave. 65, Minsk,

220013

MODELING OF THE RIVERBED PROCESS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The article considers the possibility of introducing artificial intelligence into a system for modeling riverbed processes based on artificial intelligence in order to predict the dynamics of changes in riverbed parameters over a given period of time.

Key words: modeling methodology; artificial intelligence; channel process; dynamics; parameters; process; channel.

УДК: 004.4, 004.7

Житко Александр Викторович, ведущий инженер, магистр технических наук

**БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»**

(Беларусь, Минск), e-mail: ot@niit.by,

ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

Езерский Виктор Юрьевич, начальник отдела информационных технологий

РУП «Информационно-вычислительный центр

Национального статистического комитета Республики

Беларусь» (Беларусь, Минск), e-mail: admin@ivestat.by,

пр. Партизанский, 12а, г. Минск, 220070

Луговой Иван Витальевич – студент группы 11006123

Факультет энергетического строительства,

Белорусский национальный технический университет

(Беларусь, Минск), пр. Независимости, 65, г. Минск

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА, ВОЗМОЖНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМУ МОДЕЛИРОВАНИЯ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

В рамках выполнения работы проведен анализ существующих методов моделирования русловых процессов. На основании проведенного исследования рассматривается возможность внедрения искусственного интеллекта в систему моделирования русловых процессов для прогнозирования динамики изменения параметров русел рек в заданный период времени.

Ключевые слова: методы моделирования; искусственный интеллект; русловой процесс; динамика; параметры; процесс; русло.

Моделирование русловых процессов – научный и инженерный подход к прогнозированию изменений речного русла (плановых очертаний, глубин, рельефа дна), происходящих в результате воздействия природных и антропогенных факторов, на основе применения специальных методов и инструментов. Моделирование русловых процессов включает в себя комплексное изучение динамики взаимодействия водного потока, наносов (песок, галька, ил) и деформируемого русла.

Целью моделирования русловых процессов является эффективное управление водными ресурсами и экологией, оценка рисков размыва берегов, подмыва опор мостов и трубопроводов, изменения судоходных трасс, защита территорий от наводнений и

эрозий, инженерное проектирование и обеспечение безопасности гидротехнических сооружений, а также научные исследования в области динамики русловых потоков, гидромеханики, гидравлики, гидрологии и геоморфологии.

Моделирование русловых процессов требует учета следующих параметров:

- объекта моделирования;
- горизонтальные деформации, вертикальные деформации;
- формирования русловых образований;
- взаимодействие с сооружениями (мостоми, дамбами, плотинами).

Объектами моделирования руслового процесса реки являются: речное русло, включая его форму и излуины; перекаты; рукава; донные отложения; берега и поймы.

Процессы, которые изучаются при моделировании руслового процесса:

- горизонтальные деформации (миграция (смещение) излучин, размыв берегов, образование новых рукавов, смещение перекатов);
- вертикальные деформации (размыв (углубление), аккумуляция (намыв) дна в разных участках русла).

К параметрам моделирования руслового процесса относятся формирование русловых образований (динамика песчаных гряд (полузаросшая или оголенная цепь песчаных наносов), осередков (наносное отложение в русле реки), островов, а также взаимодействие с сооружениями (размывы у опор мостов, водосбросов, дамб, заиление водохранилищ).

В процессе моделирования русловых процессов рек учитываются следующие движущие силы:

- гидрологический режим (расходы и уровни воды (особенно паводки), скорость течения);
- транспорт наносов (перенос частиц водой во взвешенном состоянии или волочением по дну);
- характеристики грунтов (состав и устойчивость донных и береговых отложений к размыву);
- антропогенные воздействия (строительство плотин, дамб, водозаборов, дноуглубление, изменение стока);
- гидродинамики, транспорта наносов и взаимодействия потока с деформируемым дном и берегами.

Существует несколько основных классов методов моделирования русловых процессов, различающихся по принципам, сложности, масштабу и целям.

Принцип этого моделирования заключается в создании уменьшенной копии участка реки в лабораторном лотке (гидравлическом лотке) с соблюдением критериев подобия (геометрического, кинематического, динамического).

В процессе применения этого метода моделируется деформация русла (размывы, аккумуляция (процесс осаждения грунта в низовьях реки)), миграция излучин (процесс плановых (горизонтальных) смещений речных меандров), формирование перекатов (мелководный участок русла реки) и осередков, работа гидротехнических сооружений.

Примером физического моделирования руслового процесса является научная работа (Современные гидродинамические модели русловых процессов), в которой описан процесс наблюдения за рекой Сылва в районе сёл Посад, и Усть-Кишерть. В данной научной работе рассмотрены особенности современных гидродинамических моделей русловых процессов, реализующих принцип активного взаимодействия водного потока и морфометрии русла. Для корректного задания морфометрии рассматриваемого водного объекта использованы материалы детальной эхолотной съемки. Обработка первичных материалов осуществлялась в программном комплексе ArcGIS v.10.1. Производилась доработка полученных векторных данных (берегов, изолиний, точек глубин водного объекта) в виде шейп-файлов. В программном комплексе SMS v.11.1 в специальном модуле «Мар» проведена конвертация полученных ранее шейп-файлов во внутренний формат программы для дальнейшего использования при создании модели. Для моделирования транспорта наносов использован гранулометрический состав двух проб грунта, взятых на участке моделирования. В качестве методов осаждения наносов в расчете используются перенос несвязных донных наносов – метод Ван Рейна. В результате расчетов получены поля изменения дна для двух сценариев. Из расчетных данных следует: чем больше расход воды, тем значительнее процессы изменения дна русла р. Сылвы. При первом сценарии незначительные изменения русла происходят в районе опор автомобильного моста, точнее, идет небольшой намыв в основном русле р. Сылвы. Существенные изменения русла наблюдаются при втором сценарии – происходит размыв между опорами и намыв перед и, особенно, после опор, наблюдаются также изменения по всему руслу, а вдоль берегов происходит намыв и размыв дна р. Сылвы.

Преимущества физического моделирования русловых процессов наглядность, возможность изучения сложных нестационарных процессов, проверки проектных решений.

Недостатками этого процесса являются высокая стоимость и трудоемкость, трудности с точным соблюдением всех критериев

подобия (особенно для транспорта наносов), масштабные эффекты, ограниченность размеров моделируемого участка.

Это наиболее широко используемый и развивающийся класс методов. Делится на подклассы (детерминированные гидродинамические модели (это математическая модель, которая воспроизводит физические процессы в русле реки), морфодинамические модели (это математический инструмент, описывающий эволюцию речного русла во времени под влиянием потоков воды, наносов и внешних факторов).

Основным принципом математического моделирования русловых процессов является численное решение системы уравнений, описывающих физические закон.:

Уравнения Сен-Венана (или Рейнольдса – осредненные Навье-Стокса) (описывает движение жидкости с учётом турбулентности и свободной поверхности. Их физический смысл раскрывается через баланс массы и импульса в потоке).

$$\begin{cases} \frac{du_i}{dx_i} = 0 \\ p \frac{du_i}{dt} + pu_j \frac{du_i}{dx_j} = -\frac{dp}{dx_i} + \frac{d}{dx_j} \left(u \frac{du_i}{dx_j} - \overline{pu'_i u'_j} \right). \end{cases} \quad (1)$$

Уравнения неразрывности и движения потока жидкости (3D, 2D, 1D) (описывают фундаментальные законы сохранения массы и импульса для жидкости).

$$p \left(\frac{d\vec{v}}{dt} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} + p \vec{g}, \quad (2)$$

где p – давление;

μ – динамическая вязкость;

\vec{g} – ускорение свободного падения.

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial u} = q_l,$$

(3)

где H – глубина воды;

u и v – компоненты скорости по осям x , y ;

q_l – боковой приток.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l, \quad (4)$$

где A – площадь живого сечения;

Q – расход воды;

q_l – боковой приток.

Уравнения неразрывности для взвешенных и влекомых наносов (описывают закон сохранения массы наносов в элементарном объеме водного потока (реки, канала) за единицу времени).

$$\frac{\partial}{\partial t}(C_8 H) + \nabla \cdot (\vec{q}_8) = E - D + \frac{\partial}{\partial t}((1 - \lambda_p)z_b) + \Phi, \quad (5)$$

где C_8 – концентрация взвешенных наносов;

H – глубина потока;

\vec{q}_8 – вектор удельного расхода взвешенных наносов;

E – скорость эрозии;

D – скорость осаджений;

λ_p – пористость грунта;

z_b – отметка дна;

Φ – источники/стоки.

Расчет осаднения и эрозии (описывают скорости обмена наносами между водной толщей и донными отложениями) [5];

$$E = k_e \cdot (\tau_b - \tau_{cr,e})^+ \quad (6)$$

где: k_e – коэффициент эродруемости грунта;

τ_b – касательное напряжение на дне;

$\tau_{cr,e}$ – критическое напряжение начала эрозии;

$(x)^+$ – $\max(x, 0)$.

$$D = w_8 \cdot C_b \cdot \left(1 - \frac{\tau_b}{\tau_{cr,d}}\right)^+, \quad (7)$$

где w_8 – скорость осаднения частиц;

C_b – концентрация частиц у дна;

$\tau_{cr,b}$ – критическое напряжение для осаднения.

Формула для определения гидравлического сопротивления (шероховатости) (описывает величину потерь механической энергии потока (напора или удельной энергии) из-за трения о стенки, дно русла)

$$R_a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |Y_i|, \quad (8)$$

где R_a – среднее арифметическое отклонение профиля в пределах базовой длины профиля;

Y_i – отклонения профиля (расстояние между точкой профиля и базовой линией);

n – число выбранных точек на профиле.

Формулы транспорта наносов разной крупности (формула Энгелунда-Хансена, формула Баньольда) (описывают количественные закономерности перемещения осадочных частиц (песка, гравия, гальки и др.) водными потоками, учитывая их размер, гидравлические условия и механизмы движения)

$$G = 0.05 \cdot p \cdot v^2 \cdot \left(\frac{v}{\sqrt{g \cdot h \cdot l}}\right)^{1.5} \cdot \frac{d^{0.5}}{(p_H - p)^{0.5}}, \quad (9)$$

где v – скорость потока;
 h – глубина;
 I – уклон русла.

$$G_b = \frac{\tau_0 \cdot v}{g} \cdot \left(\frac{\tau_0}{\tau_c} - 1 \right), \quad (10)$$

где τ_0 – касательное напряжение на дне;

τ_c – критическое напряжение для начала движения.

Параметров турбулентности (k – ω и др. для 3D/2D) (физический смысл ключевых параметров турбулентности заключается в описании характеристик хаотического, неупорядоченного движения жидкости или газа) [5]

$$\omega = \frac{\varepsilon}{(C_\mu k)} \quad (11)$$

Математические модели классифицируются по размерности:

– 1D Модели (продольные) (рассчитывают параметры потока (расход, уровень, скорость) и транспорта наносов в среднем по сечению вдоль русла. Примеры визуализации этих математических моделей могут предоставить следующие программы (HEC-RAS (модуль SAM), MIKE 11, GSTARS));

– 2D Модели (плоские, глубинно-осредненные) (рассчитывают поле скоростей, уровней, концентраций наносов и деформации дна в горизонтальной плоскости. Примеры 2D математических моделей визуализируют следующие программы (TELEMAC-MASCARET, MIKE 21 FM/ST, Delft3D FM (2D mode), HEC-RAS 2D, SRH-2D));

– 3D Модели (рассчитывают полную трехмерную структуру течения, турбулентности, концентраций наносов и деформаций. Примеры 3D моделей могут смоделировать текущие программы (Delft3D FM (3D mode), OpenFOAM (с специализированными модулями), FLOW-3D)).

Преимуществами математического моделирования являются физическая обоснованность, возможность моделирования сложных русловых процессов (свободное меандрирование, миграция рукавов в разветвлённых руслах, глубинный размыв ниже плотин и др.), детальность (особенно 2D/3D).

Недостатками математического моделирования являются высокие требования к вычислительным ресурсам (особенно 3D и долгосрочные прогнозы), сложность калибровки и верификации, неопределенности в выборе замыкающих соотношений и параметров.

Несмотря на эффективность и физическую обоснованность существующих методов математического моделирования, их широкое практическое применение сталкивается с рядом вызовов: высокая

вычислительная стоимость, особенно для 3D-моделей и долгосрочных прогнозов; сложность и трудоемкость калибровки и верификации; наличие неопределенностей в эмпирических параметрах и «замыкающих» соотношениях. Эти ограничения открывают возможность для внедрения технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ), которое следует рассматривать не как замену традиционным подходам, а как их эволюцию и создание мощных гибридных инструментов.

Возможные направления интеграции ИИ в систему моделирования русловых процессов включают.

1. Создание суррогатных моделей (Surrogate Models). Вычислительно дорогостоящие гидродинамические модели (например, Delft3D, MIKE) могут быть использованы для генерации обширных наборов эталонных данных. На этих данных можно обучить быстродействующие нейронные сети, которые будут эмулировать работу исходных комплексов с высокой точностью, но на порядки быстрее. Это позволяет проводить многовариантные расчеты, оперативное прогнозирование и интерактивный анализ сценариев, что недостижимо при прямом численном моделировании.

2. Прогнозирование сложных, плохо формализуемых явлений. Классические модели часто с трудом описывают такие процессы, как спонтанное образование и миграция осередков, динамика меандрирования или формирование перекатов. Методы машинного обучения, особенно рекуррентные нейронные сети (RNN, LSTM) и сверточные сети (CNN), способны выявлять скрытые пространственно-временные закономерности из исторических данных наблюдений (включая спутниковые снимки и данные гидропостов) и строить эффективные прогнозные модели этих явлений.

3. Обработка больших данных дистанционного зондирования. ИИ, в частности алгоритмы компьютерного зрения, позволяет автоматически и с высокой точностью анализировать огромные архивы аэро- и космических снимков. Это дает возможность отслеживать исторические изменения планового положения береговой линии, миграцию русловых форм, динамику растительности на пойме и оперативно обновлять цифровые модели рельефа для калибровки и верификации физических моделей.

4. Повышение эффективности традиционных моделей. ИИ может быть интегрирован в классические вычислительные циклы в качестве «интеллектуального» модуля. Например, нейросети могут использоваться для оптимизации и адаптивного подбора ключевых

параметров (таких как коэффициент шероховатости или скорость осаждения наносов) в процессе расчета, тем самым повышая точность детерминированной модели и сокращая время на ее калибровку.

5. Развитие гибридных моделей. Наиболее перспективным направлением является создание гибридных (фреймворков), в которых физические законы, выраженные в виде дифференциальных уравнений (Сен-Венана, транспорта наносов), сочетаются с нейросетевыми компонентами. В такой архитектуре ИИ берет на себя моделирование тех подпроцессов, которые плохо поддаются детерминированному описанию, в то время как ядро системы гарантирует соблюдение фундаментальных законов сохранения.

Однако внедрение ИИ сопряжено и с определенными трудностями. К ним относятся «проблема черного ящика» – сложность интерпретации решений, принимаемых нейронной сетью; высокая требовательность к объему и качеству данных для обучения; а также ограниченная способность к экстраполяции за пределы условий, представленных в обучающей выборке.

Проведенный анализ существующих методов моделирования русловых процессов – от натурального физического до сложного математического моделирования – показал их высокую значимость для решения прикладных задач управления водными ресурсами, проектирования гидротехнических сооружений и оценки рисков. Каждый из рассмотренных подходов обладает уникальными преимуществами: наглядность и возможность проверки проектных решений у физических моделей; физическая обоснованность и детальность у математических, реализованных в таких программных комплексах, как HEC-RAS, MIKE и Delft3D.

Однако эти методы сталкиваются с системными ограничениями, такими как высокая стоимость, трудоемкость, значительные вычислительные затраты и неопределенности в параметризации. Эти вызовы открывают возможность для целесообразного и перспективного внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в данную предметную область.

Как показало исследование, ИИ не является панацеей или прямой заменой традиционным методам. Его ценность заключается в создании новых возможностей: построения быстрых суррогатных моделей, прогнозирования слабо формализуемых явлений (миграция излучин), автоматизированной обработки больших массивов данных дистанционного зондирования и, что наиболее важно, – формирования гибридных моделей. В таких гибридных системах строгие физические

законы, описываемые дифференциальными уравнениями, интегрируются с аппроксимирующей способностью нейронных сетей, что позволяет сохранить физическую осмысленность прогноза и многократно повысить его эффективность.

Таким образом, будущее моделирования русловых процессов лежит не в противопоставлении классических и инновационных подходов, а в их разумной и синергетической интеграции. Сочетание проверенных временем детерминированных моделей с мощным инструментарием искусственного интеллекта позволит выйти на качественно новый уровень точности, скорости и глубины прогнозирования динамики речных русел, что является ключевым фактором для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития речных систем.

1. Шмакова М.В. Гидрология: научная статья/М.В. Шмакова. – Москва, 2025. - 108-115 с.
2. Шмакова М.В. Гидрология/ М.В. Шмакова, И.Н. Липовицкая. 2016. – 28-35 с.
3. Макаревич А.А., Речной сток и русловые процессы: учеб.-метод. пособие/А.А. Макаревич А.Е. Яратов. – Минск, 2019.
4. Зенин В.Г. Механика жидкости и газа: учеб.-метод. пособие/В.Г. Зенин – Челябинск, 2016.
5. Чалов Р.С. Русловые процессы: учеб.-метод. пособие/ Р.С. Чалов, - Москва, 2025.
6. Лепихин А.П. Современные гидродинамические модели русловых процессов: научная статья/А.П. Лепихин, А.А. Тиунов 2019.

Zhytko Aliaksandr Viktoravich – *Leading Engineer, Master of Technical Sciences.*

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT «TRANSTEKHNIKA»

e-mail: ot@niit.by, (Belarus, Minsk)

st. Platonova, 22A, Minsk, 220005

Yezerzky Viktor Yuryevich – *Head of the Information Technology Department*

Republican Unitary Enterprise Information and Computing Centre of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus (Belarus, Minsk), e-mail: admin@ivcstat.by,

Partizansky Ave., 12a, Minsk, 220070, Belarus

Lugovoy Ivan Vitalevich, *student of the group 11006123*

Faculty of Energy Construction, Belarusian National Technical University (Minsk, Belarus), Nezavisimosti Ave. 65, Minsk, 220013

IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY INTO THE SYSTEM OF MODELLING CHANNEL PROCESSES

As part of the work, an analysis of existing methods for modeling channel processes was carried out. Based on the conducted research, it is proposed to introduce artificial intelligence into the system for modeling channel processes in order to predict the dynamics of changes in river channel parameters over time.

Key words: modeling methods, artificial intelligence, channel process, dynamics, parameters, proces

Раздел 6. РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ И ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

УДК 656.13

Ду Сичжоу, аспирант

Белорусский национальный технический университет
(Беларусь, Минск), e-mail: dusizhuo@gmail.com
ул. Я. Коласа, 12, г. Минск, 220013

АНАЛИЗ СПРОСА НА ПОЕЗДКИ НА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ НА ОСНОВЕ ПРИВЫЧЕК ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

В данной статье исследуется спрос на поездки на электромобилях на основе привычек пользователей, с целью предоставления теоретической основы для рационального выбора мест размещения зарядных станций. В работе обобщаются пять основных принципов выбора места размещения зарядных станций: ориентация на потребности пользователя, внедрение дифференцированных услуг и бизнес-моделей, выбор места с учетом преимуществ и экономии территории, соответствие общему городскому плану и безопасности дорожной сети, а также соответствие положениям о выборе места расположения. На этой основе, посредством детального анализа цепочек поездок пользователей, были выявлены несколько типичных моделей передвижения пользователей из дома на работу, для социальных развлечений, покупок и других мероприятий, с последующим возвращением домой, а также проведено вероятностное моделирование распределения времени этих поездок. Исследование показало, что время первого выезда и время последнего завершения соответствуют нормальному распределению, с выделением различий в зависимости от рабочих и выходных дней. Настоящее исследование посредством построения модели поведения пользователей предоставляет данные и теоретическое руководство для планирования и оптимизации городской зарядной инфраструктуры, с целью повышения удобства и удовлетворенности пользователей электромобилей.

Ключевые слова: электромобили; выбор места расположения зарядных станций; поведение пользователей в поездках; цепочка поездок; анализ спроса; нормальное распределение.

1. Принципы выбора места расположения зарядных станций.

При выборе места расположения зарядных станций для обеспечения сбалансированного, качественного и стабильного электроснабжения необходимо провести тщательный анализ, учитывающий общий план города и его энергетическую сеть. На основании соответствующих национальных планов и правил можно

сформулировать следующие принципы выбора места расположения зарядных станций:

1) Ориентация на потребности пользователя. Создание умной зарядной станции должно соответствовать потребностям пользователей в месте ее строительства. Спрос на зарядку электромобилей должен учитывать как плотность электромобилей в городе, так и их режимы движения. Необходимо стремиться к тому, чтобы распределение мощности зарядных устройств было пропорционально плотности энергетических систем в каждом районе [1]. Таким образом, при планировании размещения зарядных станций необходимо учитывать как взаимосвязь спроса и предложения в регионе, так и пространственное распределение в городе, чтобы адаптироваться к эксплуатационным потребностям местной энергетической системы.

2) Внедрение дифференцированных услуг и бизнес-моделей. В соответствии с потребностями в зарядных станциях в каждом районе, региональный план требует создания зарядных станций, обеспечивающих разумный масштаб или схожую плотность оборудования в каждом районе, для достижения его сбалансированного размещения в регионе. Учитывая влияние срока службы аккумуляторов, пробки на дорогах и другие факторы, а также с целью недопущения неудобств для пользователей, рекомендуется устанавливать радиус обслуживания зарядных устройств в 100 км. Зона обслуживания центральной зарядной станции может охватывать территорию от 100 до 200 квадратных километров.

3) Выбор места с учетом преимуществ с целью экономии использования территории. При рассмотрении строительства отдельных центральных зарядных станций следует учитывать их разнообразие. Например, сочетание общественных и частных зарядных станций. Общественные зарядные станции обычно размещаются в крупных торговых центрах, больницах и других местах с большим потоком людей [2], в то время как специализированные зарядные станции размещаются в жилых комплексах, зонах обслуживания и других местах с меньшим потоком людей.

4) Соответствие общему городскому плану и безопасности дорожной сети. Проектирование зарядных станций основано на комплексном анализе потребностей в зарядных станциях в различных регионах. На практике местоположение зарядных станций определяется в соответствии с реальной ситуацией в городе. Также в процессе строительства зарядных станций необходимо полностью учитывать безопасность электросети. Поэтому, для обеспечения безопасности использования зарядных станций, при их строительстве проводится оценка местного спроса на электроэнергию.

5) Соответствие положениям о выборе места размещения зарядных станций. Строительство зарядных станций должно производиться в соответствии с национальными правилами безопасности зарядных сооружений и с соблюдением соответствующих законов и строительных нормативов. Площадь застройки должна удовлетворять соответствующим правилам, а разрешение на строительство должно быть получено от жителей близлежащих районов и правительства [3]. Кроме того, в процессе строительства зарядных станций необходимо учитывать не только экономическую эффективность от их эксплуатации, но и влияние на жилые условия и экологическую среду в близлежащих районах [4]. Для обеспечения безопасности использования зарядных станций их следует размещать в местах с хорошо развитой электросетью, транспортной и пожарной инфраструктурой.

2. Анализ спроса на поездки на электромобилях на основе привычек пользователей

На основе теории спроса на поездки пользователей было проанализировано влияние привычек пользователей на спрос на электромобили и систематизирована цепочка поездок пользователей. Цепочка поездок пользователя представляет собой процесс, в котором пользователь покидает дом, отправляется в поездку и возвращается домой. Ее характеристики включают места деятельности пользователя [5], время деятельности пользователя, время отправления пользователя и время возвращения в исходную точку, а также последовательность различных действий. Обычно существует пять основных пунктов назначения, которые могут выбрать пользователи, включая жилой район – H (Home), социальные развлечения – SR (Social and Recreational), работу – W (Work), торговый центр – SE (Shopping and Eating) и другие дела – O (Other/family/personal errands).

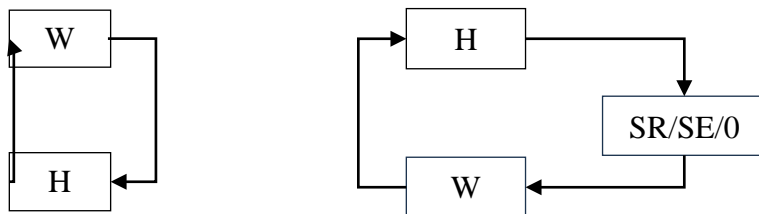
На рисунке 1 приведены схемы типовых цепочек поездок пользователя:

схема *a* соответствует цепочке поездок, при которой пользователь едет из дома на работу, а затем с работы домой, что представляет собой однолинейную поездку между домом и компанией (предполагается, что пользователи, поездки которых соответствуют данной схеме составляют 35 % от общего числа пользователей);

схема *b* соответствует цепочке поездок, при которой пользователь едет из дома на работу, затем покидает компанию для участия в общественной деятельности или шопинга, а после этого возвращается домой – это трехточечная цепочка поездок (предполагается, что пользователи, поездки которых соответствуют данной схеме составляют 40 % от общего числа пользователей);

схема c соответствует цепочке поездок пользователя из дома для участия в других общественных мероприятиях (предполагается, что пользователи поездки которых соответствуют данной схеме составляют 25 % от общего числа пользователей).

Очевидно, что схемы a и b на рисунке 1 представляют собой цепочки поездок пользователя в будние дни, а схема c – цепочку поездок пользователя в выходные дни.

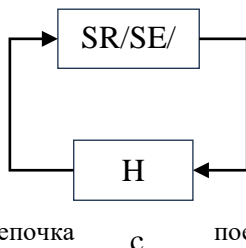


a

b

Рис. 1.
 поездок
 a – трехточечная
 c – цепочка
 дни

1.



Схемы типовых цепочек
 пользователя:
 a – однолинейная поездка;
 b – цепочка поездок;
 c – поездок пользователя в выходные
 дни

Структура данных для каждой цепочки поездок имеет вид:

$$STR = [BP, TP, DT], \quad (1)$$

где BP – начальная точка;

TP – конечная точка;

DT – время в пути.

Исследования показали, что время первого выезда и время последнего завершения соответствуют нормальному распределению. Следовательно, время первого выезда и время окончания рабочего дня пользователя являются функциями нормального распределения.

Вероятностное распределение времени первой поездки:

$$f_e(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_e} e^{-\frac{(x-\mu_e)^2}{2\sigma_e^2}} & 0 < x \leq \mu_e + 12 \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_e} e^{-\frac{(x+24-\mu_e)^2}{2\sigma_e^2}} & \mu_e + 12 < x \leq 24 \end{cases} \quad (2)$$

где $\mu_s = 5.83$; $\sigma_s = 2.26$.

Вероятностное распределение времени окончания рабочего дня:

$$f_s(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} e^{-\frac{(x+24-\mu_s)^2}{2\sigma_s^2}} & 0 < x \leq \mu_s - 12 \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} e^{-\frac{(x-\mu_s)^2}{2\sigma_s^2}} & \mu_s - 12 < x \leq 24 \end{cases} \quad (3)$$

где $\mu_s = 6.58$; $\sigma_s = 1.59$.

В выходные дни (схема *c* на рисунке 1) 70 % пользователей используют основные транспортные цепочки, при этом их основными видами передвижения являются покупки, социальные контакты и другие виды социальной активности, а время в пути подчиняется нормальному распределению.

Исследование показало, что время первого выезда и время последнего завершения соответствуют нормальному распределению, с выделением различий в зависимости от рабочих и выходных дней. Настоящее исследование посредством построения модели поведения пользователей предоставляет данные и теоретическое руководство для планирования и оптимизации городской зарядной инфраструктуры с целью повышения удобства и удовлетворенности пользователей электромобилей.

1. Wang, Y., & Cao, S. (2019). Research on electric vehicle charging station location based on user travel behavior. *Energy Procedia*, 158, 5966-5971.

2. Liu, Z., Li, J., Ma, C., & Li, M. (2019). Electric vehicle charging station location optimization considering user travel patterns and grid constraints. *Journal of Cleaner Production*, 235, 788-798.

3. Ду С, Капский Д.В., Лобашов А.О. Анализ преимуществ и недостатков методов восполнения энергии для зарядных станций электромобилей[J]. 2024..

4. Yang, L., Fan, Y., & Wei, R. (2020). An integrated approach for electric vehicle charging station placement considering user preferences and grid impact. *Energy*, 190, 116423.

5. Ду С., Капский Д.В. Модель размещения зарядных станций электромобилей в мегаполисах на основе алгоритма поиска по воробьям[J]. Системный анализ и прикладная информатика, 2024 (3): 12-16.

Du Sizhuo, PhD

Belarusian National Technical University

e-mail: dusizhuo@gmail.com,

Kolasa str., 12, Minsk, 220013, Belarus

ANALYSIS OF ELECTRIC VEHICLE TRAVEL DEMAND BASED ON USER HABITS

This article conducts an in-depth investigation into the analysis of electric vehicle travel demand based on user habits, aiming to provide a theoretical framework for the rational selection of charging station locations. The study first summarizes five core principles for charging station site selection: user-demand orientation, implementation of differentiated services and business models, advantageous site selection with land conservation, alignment with the overall urban plan and road network safety, and compliance with relevant site selection regulations. Building upon this, through a detailed analysis of user travel chains, several typical travel patterns were identified, including users commuting from home to work and back, or engaging in social activities/shopping after work before returning home, as well as journeys from home directly to other social engagements. Probabilistic modelling of the time distribution for these trips was also performed. The research revealed that the times of the first departure and final arrival both conform to a normal distribution, with distinctions made based on weekdays and weekends. By constructing a user behaviour model, this study offers data support and theoretical guidance for the planning and optimization of urban charging infrastructure, with the goal of enhancing electric vehicle users' charging convenience and satisfaction.

Key words: electric vehicles; charging station site selection; user travel behaviour; travel chain; demand analysis; normal distribution.

*Александрова Светлана Александровна, ст. преподаватель
кафедры «Логистика и организация производства»*

*Мацкевич Роман Дмитриевич, студент 4 курса
специальности «Транспортная логистика»*

*Межгосударственное образовательное учреждение высшего
образования «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ*

УНИВЕРСИТЕТ (Беларусь, Могилев),

e-mail: sv.a.alexandrova@yandex.by,

пр-т Мира, 43 г. Могилев, 212000

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ТРОЛЛЕЙБУСНОГО ТРАНСПОРТА В БЕЛАРУСИ И СТРАНАХ ЕВРОПЫ

В статье изучено развитие базовой инфраструктуры троллейбусного транспорта в Республике Беларусь и дана сравнительная оценка роли троллейбусного транспорта в транспортной системе городов и трендам в его развитии в Беларуси и ряде стран Европы.

Ключевые слова: общественный транспорт; троллейбусный транспорт; инфраструктура; сравнительная оценка.

Современная тенденция развития электрифицированного транспорта требует изучения всех его видов для определения приоритетов отрасли. Если рассматривать транспортную систему городов, можно отметить, что одним из основных видов общественного транспорта является троллейбус – городской безрельсовый электротранспорт для перевозки пассажиров по эксплуатационным качествам являющийся промежуточным звеном между автобусом и трамваем. Эта гибридная форма позволяет ему эффективно работать в городской среде, предлагая определенную гибкость и экологические преимущества [1].

Современные троллейбусы делятся на две основные модификации. Первая – это классические модели, которые полностью зависят от контактной сети и могут передвигаться только под проводами. Вторая, более современная модификация – это троллейбусы с увеличенным автономным ходом, оснащённые аккумуляторами. Они могут заряжаться во время движения от контактной сети, а затем опускать штанги и проезжать значительные расстояния на батареях, что позволяет им объезжать препятствия и продлевать маршруты в районы без проводов.

В странах бывшего СССР и Восточной Европы сосредоточено самое большое количество троллейбусных систем, построенных в

основном в советское время. Во многих городах России, Украины, Беларуси и Молдовы троллейбус продолжает играть ключевую роль в транспортной системе городов.

В Центральной и Западной Европе систем троллейбуса значительно меньше, но они отличаются высоким качеством. Здесь троллейбус рассматривается не как бюджетное, а как высококлассное, быстрое и экологичное решение. Инфраструктура и подвижной состав, как правило, отвечают самым высоким стандартам.

Беларусь является одной из стран, где троллейбус продолжает играть ключевую роль в системе общественного транспорта. Для оценки масштабов, текущего состояния и динамики развития троллейбусной инфраструктуры в стране обратимся к статистическим данным (таб. 1, составлена по данным [2]).

Таблица 1

Основные показатели инфраструктуры троллейбусного транспорта
Беларуси за 2015-2023 гг.

Показатель	Год								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Протяженность эксплуатационных троллейбусных путей, км	514,2	509,4	516,2	519,6	524,4	528,2	528,6	529,1	529,5
Количество троллейбусов, ед.	1 699	1 610	1 536	1 494	1 425	1 424	1 424	1 356	1 357
Плотность троллейбусов, ед./км	3,30	3,16	2,98	2,88	2,72	2,70	2,69	2,56	2,56

Анализ данных таб. 1 позволяет сделать следующий вывод: численность троллейбусов в транспортной системе городов Беларуси за последние 10 лет сокращалась, хотя при этом протяженность контактной сети оставалась стабильной и даже несколько выросла, что привело к уменьшению показателя плотности. Это может свидетельствовать как об упадке системы, так и о её трансформации. Анализ показал, что вероятнее второе – сокращение парка связано с выводом из эксплуатации устаревших классических моделей, которые были негибкими и проигрывали в маневренности. Сохранение же инфраструктуры показывает, что ставка делается на качественное обновление – замену старых машин на современные троллейбусы с увеличенным автономным ходом. Такой подход позволяет более

эффективно использовать существующую сеть, повышая гибкость маршрутов и плавно модернизируя городской электротранспорт.

Данные по Беларуси дают представление о состоянии одной из крупнейших троллейбусных сетей в Европе. Для анализа и выявления региональных трендов рассмотрим показатели стран, близких по географическому положению и историческому опыту. Для сравнения были выбраны следующие страны Европейского Союза: Чехия, Литва, Латвия, Польша и Болгария.

Критериями выбора являлись:

1. Общее историческое наследие. Все страны из списка выше входили в «Восточный блок» или были частью СССР, как страны Балтии. Они унаследовали схожую модель организации транспортной инфраструктуры, разработанную в советский период. Главная особенность такой модели – массовое развитие троллейбусных систем.

2. Аналогичный путь постсоциалистической трансформации. После 1990-х годов эти страны встали на путь рыночных реформ и столкнулись с похожими проблемами:

- нехватка финансирования на обновление инфраструктуры;
- необходимость оптимизации служб города;
- рост автомобилизации населения.

3. Доступность и сопоставимость статистических данных. Главным критерием является наличие и сопоставимость официальных статистических данных. Для проведения корректного сравнительного анализа необходимо, чтобы информация о транспортных системах собиралась по схожим методикам и была доступна в открытых источниках.

Результаты сравнения численности парка транспорта по видам представлены в таб. 2.

Таблица 2

Структура парка общественного транспорта по странам и видам [2, 3]

Страна	Показатель	Автобусы	Троллейбусы	Электробусы	Всего
Беларусь	количество, ед.	30 308	1 313	147	31 768
	структура, %.	95,40	4,13	0,46	100
Чехия	количество, ед.	21 758	780	189	22 727
	структура, %.	95,74	3,43	0,83	100
Литва	количество, ед.	7 523	426	166	8 115
	структура, %	92,70	5,25	2,05	100
Латвия	количество, ед.	4 051	225	142	4 418
	структура, %	91,69	5,09	3,21	100
Польша	количество, ед.	91 443	235	1 150	92 828
	структура, %	98,51	0,25	1,24	100
Болгария	количество, ед.	16 712	539	366	17 617
	структура, %	94,86	3,06	2,08	100

Во всех представленных странах основу парка общественного транспорта с подавляющим преимуществом составляют автобусы. Электротранспорт занимает незначительную долю, однако его структура и показатели сильно различаются по странам:

- Беларусь имеет абсолютное лидерство по троллейбусам, но при этом доля электробусов самая низкая среди сравниваемых стран;

- Польша демонстрирует лидерство по количеству электробусов, доля троллейбусов – всего 0,25 %, это может свидетельствовать о том, что Польша делает ставку на внедрение электробусов;

- для Литвы и Латвии характерна самая высокая доля электротранспорта (7,3 % и 8,3 % соответственно), троллейбусы играют важную роль в транспортной сети общественного транспорта (доля >5 %);

- Чехия и Болгария – в этих странах сохраняется значительный троллейбусный парк, но при этом идет внедрение электробусов.

Чтобы понять, как страны пришли к текущему состоянию и каковы их перспективы, необходимо изучить динамику численности троллейбусного парка (таб. 3).

Таблица 3

Динамика численности троллейбусного парка в отдельных странах за 2015-2024 гг., штук

Страна	Год									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Беларусь	1 699	1 610	1 536	1 494	1 425	1 424	1 424	1 356	1 357	1 313
Чехия	717	779	723	756	722	714	643	695	742	780
Литва	430	400	406	408	496	415	395	393	383	426
Латвия	269	290	254	253	259	278	278	235	235	225
Польша	216	223	219	231	249	257	241	235	-	-
Болгария	540	437	390	376	369	370	379	429	450	539

Беларусь, обладая самым крупным парком, одновременно лидирует по масштабу его сокращения, сократив 386 единиц с 2015 по 2024 год. Болгария после резкого спада к 2019 году вернулась почти к уровню 2015 года, а Чехия, пройдя спад в 2021, нарастила парк до 780 единиц, превысив исходный показатель, что указывает на программы обновления. Литва показывает постоянную изменчивость без четкого тренда, с резким скачком в 2019 году. Среди малых парков Латвия демонстрирует медленное, но стабильное сокращение, а Польша, напротив, показывает небольшой, но в целом положительный рост.

Абсолютные цифры показывают общую картину, но не раскрывают интенсивности и характера изменений из года в год. Необходимо проанализировать показатели динамики – цепные темпы роста, которые наглядно представлены на графике (рис. 1).

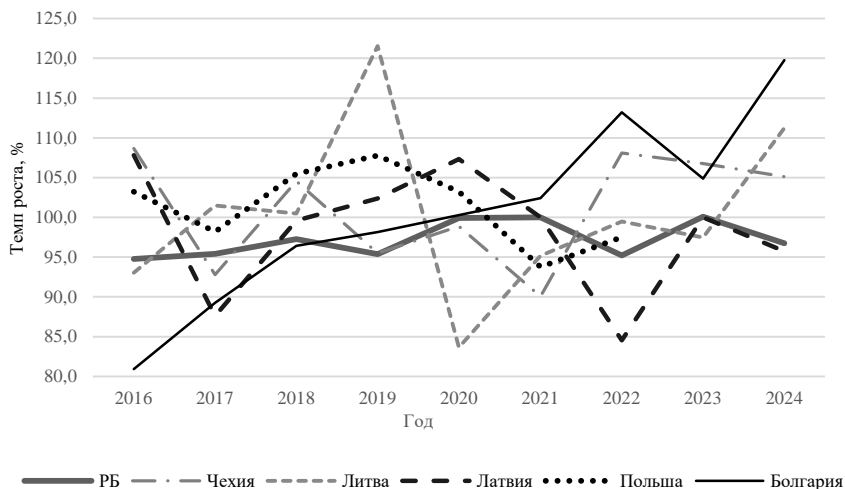


Рис. 1. Динамика роста парка троллейбусов по странам

Болгария демонстрирует трансформацию от отстающего с резким сокращением в 2016 году до лидера, показывая стабильный рост с 2020 года, что говорит о долгосрочной программе. Литва является символом нестабильности: гигантский пик в 2019 году сменился резким падением в 2020 году. Беларусь показывает планомерное сокращение – график стабильно держится чуть ниже 100 %, отражая ежегодное списание старой техники на 2-5 % без равноценной замены. Графики Чехии и Латвии отличаются неоднозначностью изменений и часто пересекают отметку 100 %, что свидетельствует о чередовании лет закупок и списаний без четкого долгосрочного вектора.

Совместный анализ абсолютных и относительных показателей показывает, что за общей картиной сокращения троллейбусного парка в регионе скрываются совершенно разные национальные стратегии: от планомерного сокращения в Беларуси до бурного и нестабильного обновления в Литве и уверенного возрождения в Болгарии.

Чтобы детально рассмотреть эти различия, обратимся к сравнительной таблице, содержащей данные о численности троллейбусов и их базисных темпах роста их числа в выбранных странах за период с 2015 по 2024 гг. (таб. 4, составлена по данным [3]).

Таблица 4

Динамика парка троллейбусов

Страна	2015 год	2020 год	2022 год	2024 год
Беларусь:				
количество, ед.	1 699	1 424	1 356	1 313
базисный темп роста, %	-	83,81	79,81	77,28
Чехия:				
количество, ед.	717	714	695	780
базисный темп роста, %	-	99,58	96,93	108,79
Литва:				
количество, ед.	430	415	393	426
базисный темп роста, %	-	96,51	91,40	99,07
Латвия:				
количество, ед.	269	278	235	225
базисный темп роста, %	-	103,35	87,36	83,64
Польша:				
количество, ед.	216	257	235	-
базисный темп роста, %	-	118,98	108,80	-
Болгария:				
количество, ед.	540	370	429	539
базисный темп роста, %	-	68,52	79,44	99,81

Базисные темпы роста в таблице 4 свидетельствуют, что за хаотичными годовыми колебаниями могут скрываться четкие долгосрочные стратегии. Беларусь и Латвия находятся в состоянии системного сокращения парка. Чехия и Польша успешно его наращивают. А Болгария и Литва, несмотря на всю турбулентность, в итоге демонстрируют политику сохранения парка подвижного состава, завершив десятилетний цикл практически с теми же показателями, с которых и начинали.

В целом, проведенный анализ показывает, что троллейбусный транспорт в странах Центральной и Восточной Европы переживает не упадок, а период глубокой стратегической трансформации. Несмотря на общее советское наследие, единой модели развития больше не существует. На примере Беларуси видно, что сокращение парка при сохранении контактной сети является признаком качественной модернизации - перехода от устаревших классических моделей к более гибким троллейбусам с увеличенным автономным ходом. Этот подход позволяет эффективно использовать существующую дорогостоящую инфраструктуру, повышая маневренность и расширяя маршрутную сеть.

Следует также отметить, что троллейбус в Центральной и Восточной Европе не исчезает, а эволюционирует, но делает это крайне неравномерно. Вопреки общему тренду на сокращение парков, детальное рассмотрение позволяет увидеть три различные долгосрочные стратегии. Беларусь и Латвия идут по пути планомерной оптимизации, сокращая количество устаревших машин. Чехия и Польша, напротив, демонстрируют успешный рост, доказывая жизнеспособность современных троллейбусных систем. Наконец, Болгария и Литва показывают пример устойчивости, сумев восстановить свои парки после значительных спадов.

1. Как устроен и работает троллейбус [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.baif.by/stati/stroitelstvo-i-rekonstruktsiya-avtodorog> (дата обращения: 22.10.2025).

2. Статистика транспорта // Интерактивная информационно-аналитическая система распространения официальной статистической информации Национального статистического комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/rubric-info/10610> (дата обращения: 23.10.2025).

3. Eurostat database [Electronic resource]. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> (accessed 23 October 2025).

*Aleksandrova Svetlana Aleksandrovna, Senior Lecturer,
Department of Logistics and Production Management
Mackevich Roman Dmitrievich, 4th-year student
majoring in Transport Logistics
Belarusian-Russian University
Mogilev, Belarus, e-mail: sv.a.alexandrova@yandex.by,
Mira Ave, 43, Mogilev, 212000*

COMPARATIVE ASSESSMENT OF TROLLEYBUS TRANSPORT DEVELOPMENT IN BELARUS AND EUROPEAN COUNTRIES

The article examines the development of the basic infrastructure of trolleybus transport in the Republic of Belarus and provides a comparative assessment of the role of trolleybus transport in the urban transport system and trends in its development in Belarus and a number of European countries.

Key words: public transport, trolleybus transport; infrastructure, comparative assessment.

Раздел 7. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ, КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.1.05:159.95

*Богданович Сергей Валерьевич, кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры «Транспортные системы и
технологии»*

*Белорусский национальный технический университет
(Беларусь, Минск), e-mail: bogda.sv@bntu.by,
просп. Независимости, 65, г. Минск, 220013*

АТТЕНЦИОНАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ И ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ПОЛЕЗНОСТЬ «СЧАСТЛИВОГО ПУТИ»: ЦЕННОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТИШИНЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

В статье рассматривается проблема негативного влияния некритичных сообщений на информационных табло на безопасность движения. Вводится и формализуется понятие «аттенциональный капитал» – когнитивный ресурс водителя, истощаемый иррелевантной информацией. Обосновывается, что «информационная тишина» является необходимой стратегией сбережения этого ресурса для критических ситуаций.

Ключевые слова: Аттенциональный капитал; интеллектуальные транспортные системы (ИТС); безопасность дорожного движения; когнитивная нагрузка; усталость от предупреждений; информационная тишина.

Распространенная практика эксплуатации интеллектуальных транспортных систем (ИТС) включает использование динамических информационных табло для трансляции сообщений общего характера, не несущих оперативной дорожной информации (например, пожеланий «Счастливого пути») (рис.1). Несмотря на интуитивно воспринимаемую безобидность, подобное использование дорогостоящей инфраструктуры требует критического осмысления. В рамках данной работы выдвигается тезис о том, что трансляция тривиального контента не просто лишена практической полезности, но и оказывает измеримое негативное воздействие на функциональное состояние водителя, снижая общую безопасность движения.

В современной научной литературе данный феномен преимущественно рассматривается через призму концепций десенсибилизации или, используя устоявшуюся англоязычную терминологию, «усталости от предупреждений» (alarm fatigue).

Механизм, как правило, описывается следующим образом: систематическое столкновение с нерелевантными или ложными стимулами ведет к угасанию ориентировочной реакции и постепенному игнорированию источника сигнала [1, 2]. Как следствие, в критический момент валидный сигнал тревоги рискует остаться без необходимого реагирования. Тем не менее, сведение проблемы исключительно к пассивному привыканию представляется несколько упрощенным подходом, не отражающим всей полноты наносимого когнитивного ущерба. Проблема не ограничивается поведенческой адаптацией.



Рис. 1. Пример нерелевантной информации на информационном табло

Фундаментальный аспект проблемы лежит в плоскости когнитивной экономики. Мы исходим из постулата, что любое информационное воздействие, даже нерелевантное текущей задаче вождения, инициирует когнитивную нагрузку, истощая ограниченный психический ресурс оператора транспортного средства. Для описания данного ресурса нами предлагается использовать понятие «аттенциональный капитал» или «капитал внимания». Это не метафора, а поддающаяся оценке величина, характеризующая меру доверия к информационному каналу, а также готовность водителя распределять драгоценные доли секунды и когнитивные усилия на восприятие и обработку поступающего сигнала.

Из этого следует пересмотр статуса «информационной тишины» – намеренного отсутствия сообщений на табло. Она перестает

рассматриваться как пассивный фон или признак бездействия системы. Информационная тишина трансформируется в осмысленную и необходимую эксплуатационную стратегию. Это стратегия сбережения и аккумуляции капитала внимания для тех редких, но абсолютно критических ситуаций, когда своевременно донесенная информация способна предотвратить дорожно-транспортное происшествие. Целью настоящей статьи является построение теоретической модели, описывающей динамику аттенционального капитала, и определение методологических границ для ее последующей эмпирической верификации.

Объяснительная модель, базирующаяся на понятии «усталости от предупреждений», безусловно, обладает ценностью и является подходящей основой для последующего анализа. Тем не менее, данный подход носит преимущественно описательный, а не предиктивный характер. Он констатирует явление снижения реакции водителей на повторяющиеся стимулы, однако не проникает вглубь его механизма. Отсутствует формальная модель для оценки степени этого когнитивного истощения. Данный подход также не предоставляет исследователю инструментария для управления этим процессом. Как соизмерить негативный эффект от одного нерелевантного сообщения и позитивный эффект от одного критически важного предупреждения? Психологический подход не дает ответа на этот вопрос.

Именно здесь для преодоления указанного ограничения предлагается смена исследовательского подхода. Необходимо совершить переход от психологии восприятия к инструментарии, заимствованному из поведенческой экономики, и ввести в оборот понятие аттенциональный капитал.

Термин определяется нами как измеримый, хотя и конечный, когнитивный актив. Он представляет собой своеобразный «сплав» доверия водителя к источнику информации и его готовности выделить ограниченные ресурсы внимания на обработку сигнала. Понятие намеренно отсылает к финансовой сфере. Подобно денежному капиталу, его можно накапливать и преумножать, а можно растратить в череде последовательных транзакций [3]. Каждое сообщение на информационном табло представляет собой именно такую транзакцию.

Такая модель позволяет по-новому взглянуть на архитектуру взаимодействия. Любой сигнал имеет свою «цену». Цена выражается в затратах когнитивных ресурсов на его обнаружение, прочтение и осмысление. Когда сообщение несет в себе критически важную для безопасности информацию (например, «ГОЛОЛЕД ЧЕРЕЗ 1 КМ»), оно становится высокодоходной инвестицией. Полученная польза несоизмеримо превосходит когнитивные затраты. Это укрепляет доверие к каналу и, как

следствие, пополняет капитал внимания [4]. И наоборот. Беспольное сообщение – это транзакция с гарантированно отрицательной доходностью. Водитель расходует свой капитал внимания, не получая взамен абсолютно ничего [5].

Переход от метафорического описания к формализованному подходу является необходимым условием для строгого анализа. Для этих целей требуется разработка математической модели, способной описать динамику рассматриваемого процесса. Следует подчеркнуть, что предлагаемая модель носит преимущественно концептуальный характер. Ее основная функция – служить эвристическим инструментом, позволяющим наглядно проиллюстрировать и проанализировать ключевые аспекты эрозии аттенционального капитала.

Допустим, $C_i(t)$ – это уровень аттенционального капитала для водителя i в момент времени t . Данный показатель может быть измерен по условной шкале от 0 (полное недоверие к информационному каналу и его игнорирование) до 100 (максимальная концентрация и готовность к немедленной реакции). В таком случае, изменение этого капитала после взаимодействия с информационным табло в момент t можно описать следующей рекуррентной формулой:

$$C_i(t + 1) = C_i(t) - \delta + f(U_t).$$

Проанализируем компоненты формулы. Величина δ представляет собой константу когнитивной стоимости – базовые затраты ресурсов внимания, которые водитель несет при обработке любого сообщения, вне зависимости от его содержания. Это цена самой информационной транзакции. Переменная U_t обозначает полезность конкретного сообщения t , которая может варьироваться от $U > 0$ для критически важного предупреждения до $U = 0$ для семантически пустого сообщения. Наконец, $f(U_t)$ является функцией возврата, отражающей меру пополнения капитала внимания в зависимости от полученной пользы. Основное допущение нашей модели заключается в том, что $f(0) = 0$. Сообщение с нулевой полезностью не способно восполнить капитал. Оно его только истощает.

Эта формула позволяет описать три базовых сценария.

Первый сценарий – «информационная тишина». Информационное табло неактивно. Транзакция отсутствует, следовательно, $C(t+1) = C(t)$. Аттенциональный капитал полностью сохраняется.

Второй сценарий – трансляция бесполезного сообщения ($U=0$). В этом случае формула мгновенно упрощается до $C(t+1) = C(t) - \delta$. Мы наблюдаем чистую, ничем не скомпенсированную эрозию капитала.

И, наконец, третий, наиболее сложный для анализа случай, возникает при трансляции действительно полезного сообщения ($U > 0$). Итоговое изменение аттенционального капитала, описываемое выражением $(-\delta + f(U))$, будет определяться балансом между когнитивными затратами (δ) и полученной информационной выгодой ($f(U)$). Только ценная и своевременная информация, для которой возврат $f(U)$ превышает когнитивную стоимость δ , способна не просто сохранить, но и преумножить капитал внимания водителя.

Этот подход перекликается с базовыми принципами теории обнаружения сигнала, согласно которой постоянный шум (бесполезные сообщения) снижает способность оператора обнаруживать истинный сигнал (важное сообщение) [6].

Проведем мысленный эксперимент для иллюстрации практических следствий модели. Предположим, что водитель, впервые движущийся по данной автомагистрали, обладает максимальным кредитом доверия к системе: $C(0) = 100$ условных единиц. Допустим, когнитивная стоимость обработки одного сообщения δ эквивалентна 5 единицам. На маршруте водитель последовательно встречает десять информационных табло с нейтральной информацией (например, «Соблюдайте ПДД»), для которой $U = 0$. Простая арифметика демонстрирует неуклонное снижение его аттенционального капитала: $C(1) = 95$, $C(2) = 90$, и после десятого табло его уровень снизится до $C(10) = 50$. Если принять во внимание нелинейный характер многих когнитивных процессов и предположить, что зависимость между уровнем капитала и вероятностью реакции на стимул также нелинейна, то снижение капитала вдвое может повлечь за собой падение вероятности реакции на порядки величин [7]. Таким образом, серия внешне безобидных сообщений приводит к измеримому и существенному снижению уровня безопасности дорожного движения.

Теоретический подход, вне зависимости от его эвристической ценности, остается умозрительным до тех пор, пока не пройдет процедуру эмпирической верификации. Предложенная модель аттенционального капитала не является исключением. Очевидно, что проведение натуральных экспериментов, связанных с целенаправленным созданием рискованных дорожных ситуаций, является неэтичным и недопустимым. Следовательно, единственным адекватным методом для валидации предлагаемой концепции является контролируемое исследование с использованием высокоточного симулятора вождения. Именно такой подход позволяет поместить испытуемого в безопасную, но при этом реалистичную и, что крайне важно, полностью воспроизводимую среду.

Какова архитектура подобного эксперимента? Его центральная цель – осуществить первичную проверку гипотезы о существовании аттенционального капитала и количественно оценить, насколько стратегия «информационной тишины» способна повысить эффективность восприятия критически важных сигналов. Для этого требуется не просто программное обеспечение, а высокотехнологичный инструментальный комплекс: современный симулятор вождения с панорамным обзором, полноценной силовой обратной связью на рулевом колесе и, что принципиально, с интегрированной системой отслеживания движений глаз (ай-трекером) [8]. Именно ай-трекер способен предоставить объективные данные о направлении взгляда водителя в критический момент времени.

Эксперимент целесообразно выстраивать по межгрупповому дизайну для полного исключения эффектов обучения. Предполагается набор выборки объемом не менее шестидесяти участников, которые методом случайного распределения делятся на три равные группы. Каждому участнику предстоит совершить одну поездку по виртуальной автомагистрали, в ходе которой он встретит одиннадцать последовательных информационных табло.

Основной элемент исследования заключается в экспериментальной манипуляции. Первые десять информационных табло функционируют в различном режиме для каждой из трех групп, формируя у водителей определенный опыт взаимодействия с системой. Одиннадцатое табло, напротив, является идентичным для всех участников и предьявляет критически важное сообщение: «ОПАСНОСТЬ НА ДОРОГЕ. СНИЗЬТЕ СКОРОСТЬ».

Первая группа водителей (условное название «Шум») на протяжении первых десяти предьявлений сталкивается с информационным контентом, лишенным оперативной ценности («Будьте внимательны», «Счастливого пути»).

Вторая группа («Тишина») совершает поездку в условиях полного отсутствия информационных стимулов; все десять табло для этой группы выключены.

Третья группа («Польза») получает релевантную, полезную, но не экстренную информацию («Дождь через 5 км», «Ремонт дороги справа»).

Ожидаемые результаты и проверяемые гипотезы напрямую вытекают из предложенной математической модели.

Во-первых, мы предполагаем, что время реакции на критический сигнал (от момента его появления до первого касания педали тормоза) у водителей из группы «Шум» будет статистически значимо выше, чем у участников из группы «Тишина», поскольку их аттенциональный капитал подвергся систематической эрозии.

Во-вторых, данные системы отслеживания движений глаз, как ожидается, продемонстрируют, что доля водителей, чей взгляд не зафиксировался на одиннадцатом табло, в «шумной» группе окажется существенно выше.

В-третьих, наиболее убедительное подтверждение теории может быть получено от группы «Полезно»: их время реакции должно оказаться минимальным, так как каждое предшествующее полезное сообщение способствовало аккумуляции аттенционального капитала.

Разумеется, измеряемые метрики не ограничиваются временем реакции. В состав зависимых переменных необходимо включить данные ай-трекера о фиксации взгляда, параметры торможения (интенсивность, плавность) и итоговое снижение скорости. После завершения симуляции следует также собрать субъективные оценки доверия участников к информационной системе.

Тщательно спланированный и проведенный таким образом эксперимент позволит осуществить переход от теоретических построений к практическим данным. Он не только подтвердит или опровергнет выдвинутые гипотезы, но и предоставит первые количественные данные для калибровки ключевых параметров модели: когнитивной стоимости δ и функции возврата $f(U)$.

Полученные результаты – как на уровне теоретической модели, так и в рамках предложенного эксперимента – имеют далеко идущие последствия. Эти последствия затрагивают не только научное осмысление сложных процессов человеко-машинного взаимодействия, но и сугубо прикладные задачи проектирования интеллектуальных транспортных систем. Если будущий эксперимент подтвердит наши гипотезы, это станет первым веским эмпирическим свидетельством существования и эрозии капитала внимания. Такое подтверждение неизбежно потребует фундаментального пересмотра устоявшихся подходов к управлению дорожным движением.

Что это будет означать на практике? Подтверждение первых двух гипотез позволит с полной определенностью утверждать: стратегия трансляции некритичных, фоновых сообщений является не просто нейтральной, а активно вредоносной. Каждая дополнительная миллисекунда реакции, каждый пропущенный водителем из группы

«Шум» сигнал станет количественным доказательством того, что «информационный мусор» наносит прямой ущерб безопасности. Такой вывод позволяет отойти от общего описания «усталости от предупреждений» и перейти к оценке реального ущерба в показателях, которые могут быть напрямую связаны с риском возникновения дорожно-транспортных происшествий [9].

Одновременно с этим, подтверждение третьей гипотезы открывает не менее важную перспективу. Оно заключается в том, что аттенциональный капитал – это живой, динамический актив, который можно не только растратить, но и целенаправленно преумножить. Это, в свою очередь, открывает путь к созданию подлинно «умных» информационных систем. Систем, которые, дозируя действительно полезную информацию, исподволь повышают доверие водителя и готовят его к молниеносному и правильному восприятию настоящего экстренных сообщений.

Из вышесказанного вытекают два важных практических вывода, адресованных как инженерам-проектировщикам, так и дорожным службам, а также, что немаловажно, сотрудникам ГАИ.

Первый – это принцип «молчания по умолчанию». Данный подход должен стать основополагающим стандартом при разработке любых интерфейсов оповещения. Исходным, нормальным состоянием информационного табло должно быть полное, абсолютное молчание. Любое информационное вмешательство, любой выведенный на экран символ должен рассматриваться как исключение из правила, требующее веского, контекстно-зависимого обоснования.

Система должна ставить перед собой вопрос не «что бы еще показать водителю?», а «достаточно ли важна имеющаяся у нас информация, чтобы вторгаться в его когнитивное пространство и тратить крупницы его капитала внимания?».

Второй вывод носит концептуальный характер и заключается в необходимости пересмотра парадигмы отношения к вниманию водителей как к ценнейшему общественному ресурсу. Эксплуатирующие организации должны отказаться от практики использования дорогостоящей инфраструктуры для трансляции сообщений, не имеющих прямого отношения к дорожной обстановке. Взамен предлагается парадигма, в рамках которой совокупный аттенциональный ресурс водительской аудитории рассматривается как конечная, исчерпаемая и критически важная величина. Управление этим когнитивным ресурсом требует не меньшей ответственности, чем управление физической дорожной инфраструктурой. Практическое

применение данного подхода подразумевает полный отказ от вывода сообщений общего характера и переход к осмысленной, целенаправленной стратегии «информационной тишины», сберегающей эффективность канала связи для тех редких моментов, когда от него действительно зависит человеческая жизнь.

В заключение следует обобщить основные положения работы. В настоящем исследовании предпринят критический анализ распространенной практики использования дорожных информационных табло для трансляции некритичных сообщений. Продемонстрирована недостаточность традиционной объяснительной модели, основанной на концепции привыкания. В качестве альтернативы предложен новый концептуальный аппарат, ядром которого является формализованное понятие аттенционального капитала водителя.

Центральный вывод исследования заключается в том, что нерелевантные сообщения не являются когнитивно-нейтральными. Они наносят прямой и потенциально измеримый ущерб, разрушая доверие к каналу коммуникации и истощая капитал внимания водителя, который может оказаться решающим в критической ситуации. В этом контексте «информационная тишина» перестает быть техническим термином и приобретает статус стратегического понятия. Это не сбой и не бездействие. Это необходимая, целенаправленная тактика сбережения ценнейшего когнитивного ресурса.

Таким образом, можно утверждать, что ценность интеллектуальных транспортных систем будущего будет определяться не только их способностью передавать информацию. В не меньшей, а возможно и в большей, степени она будет зависеть от их способности к стратегическому воздержанию от коммуникации – от умения принимать взвешенное решение о необходимости сохранения тишины. Именно в этом заключается подлинный, а не декларативный, признак системного интеллекта, ориентированного на обеспечение реальной безопасности человека.

1. Гершкович В. А. Эксплицитное игнорирование в мнемической деятельности // Культурно-историческая психология. - 2009. - Т. 5, № 2. - С. 51–59.

2. Психофизиология участников дорожного движения (транспортная психология) : учеб.-метод. пособие / Д. В. Капский, П. А. Пегин, И. И. Лобач. - Минск : БНТУ, 2018. - 385 с.

3. Attention economics [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://psychologycorner.com/neuromarketing-and-behavioral-economics/attention-economics/>, свободный. - Дата обращения: 12.10.2025.

4. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро : пер. с англ. / Д. Канеман. - Москва : АСТ, 2024. - 653 с. - Пер. изд.: Thinking, fast and slow. - ISBN 978-5-17-080053-7.

5. Eppler M. J., Mengis J. The concept of information overload: A review of literature from Organization Science, accounting, marketing, MIS, and related disciplines // The Information Society. - 2004. - Vol. 20, № 5. - P. 325–344. - DOI: 10.1080/01972240490507974.

6. Психологические измерения: теория, методы : общепсихологический практикум / А. Н. Гусев, И. С. Уточкин. - М. : Аспект Пресс, 2011. - 317 с.

7. Lee J. D., See K. A. Trust in Automation: Designing for Appropriate Reliance // Human Factors. - 2004. - Vol. 46, № 1. - P. 50–80. - DOI: 10.1518/hfes.46.1.50_30392.

8. Melnicuk V., Thompson S., Jennings P., Birrell S. Effect of cognitive load on drivers' state and task performance during automated driving: Introducing a novel method for determining stabilisation time following take-over of control // Accident Analysis & Prevention. - 2021. - Vol. 151. - Art. 105967. - DOI: 10.1016/j.aap.2020.105967.

9. Strayer D. L., Drews F. A. Attention // Handbook of Applied Cognition / ed. by F. T. Durso. - 2nd ed. - Hoboken : Wiley, 2007. - P. 29–54. - URL: <https://interruptions.net/literature/Strayer-HandbookAppliedCognition.pdf>_____ (дата обращения: 12.10.2025).

*Bogdanovich S.V., Phd, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Technologies
Belarusian National Technical University (Belarus, Minsk),
e-mail: bogda.sv@bntu.by,
Independence Avenue 65, Minsk, 220013, Belarus*

ATTENTIONAL CAPITAL AND THE NEGATIVE UTILITY OF «HAVE A GOOD TRIP»: THE VALUE OF INFORMATIONAL SILENCE IN INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

The article addresses the negative impact of non-critical messages on dynamic message signs on traffic safety. It introduces and formalizes the concept of driver's «attentional capital»—a cognitive resource depleted by irrelevant information. The paper argues that «informational silence» is a necessary strategy for preserving this capital for critical situations, thereby enhancing overall safety.

Key words: Attentional capital; intelligent transportation systems (ITS); traffic safety; cognitive load; alarm fatigue; informational silence.

Круглый Петр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент
Мисько Владимир Григорьевич, старший преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (Беларусь, Минск),

e-mail: kre.tots@bsatu.by, mvq.tots@bsatu.by
пр-т Независимости, 99, к. 2, г. Минск, 220012

Миленский Валерий Семенович, кандидат технических наук,
доцент

БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»

(Беларусь, Минск), e-mail: st@niit.by
ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

Круглый Сергей Петрович ГУ «Транспортная инспекция
Министерства транспорта и коммуникаций Республики
Беларусь» (Беларусь. Минск), e-mail: k.sp@mail.ru

ул. Смоленская, 15, г. Минск, 220088

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ПАРКА ПРЕДПРИЯТИЯ

Приведена методика расчета рациональной структуры автомобильного парка предприятия. Выполнен пример расчета автомобильного парка предприятия.

Ключевые слова: автомобильный парк, рациональная структура

В процессе эксплуатации автотранспортных средств важное место занимает эффективность их применения. Существует множество факторов, которые влияют на обеспечение этого направления: тип применяемого транспортного средства, структура перевозимых грузов, расстояние перевозки и т.д. При этом необходимо учитывать сезонность работ, при которой выработка автомобилей меняется не пропорционально [1].

Для выбора типа автомобильного транспортного средства используется метод, в соответствии с которым адекватность теоретического распределения эмпирическому проверялась по значению постоянной части энтропии выборки по формуле [1–6]

$$B = \sum_{i=1}^n P_{(xi)} \ln \frac{1}{P_{(xi)}} + \ln \Psi - \ln \sigma, \quad (1)$$

где $P_{(xi)}$ – вероятность попадания в интервал xi ;

n – количество интервалов;

Ψ – величина интервала;

σ – стандарт эмпирического распределения.

Так как каждому закону распределения соответствует свое значение B (Максвелла – 1,68, нормальному – 1,42, Эрланга – 0,80...1,39 с параметром $k = 0...4$), то эта величина служит для характеристики вида распределения и одновременно является его критерием.

Перед определением величины B с использованием стандартных компьютерных программ определяются статистические характеристики эмпирических распределений объемов грузов по расстояниям – среднее значение, стандарт, асимметрия.

После определения B строятся эмпирические гистограммы и аппроксимированные кривые распределения объемов грузов по расстояниям перевозок в напряженный период. Значения критерия B для большинства распределений находятся в пределах 1,22...1,38, что означает, что гипотеза о нормальном законе распределения объемов перевозок по расстояниям в напряженный период, как правило, не может быть отвергнута. Однако в ряде случаев распределение удовлетворительно аппроксимируется по закону Эрланга.

Таким образом анализ распределения объемов перевозок различных грузов, перевозимых на определенные расстояния в напряженный период времени, позволяет обосновать структуру автомобильного парка предприятия.

Процесс формирования рациональной структуры автомобильного парка предприятия зависит от множества факторов, ключевыми из которых являются:

- производственная специализация, объемы и виды перевозимых грузов;

- природно-климатические условия, сроки и интенсивность обслуживаемых работ, пиковые нагрузки на транспорт;

- конфигурация и состояние транспортных коммуникаций;

- стоимость приобретения, эксплуатации и ремонта техники;

- доступность на белорусском рынке определенных марок и моделей автомобилей, их технические характеристики и сервисная поддержка.

Анализ научной литературы [1–3, 7] показывает, что существуют различные подходы к обоснованию рациональной структуры транспортных парков. В основном они базируются на:

- расчетно-аналитических методах: определение потребности в транспорте на основе расчета грузооборота и грузопотоков;

- нормативных методах: использование установленных норм выработки и расхода топлива для различных видов транспортных работ;

- экономико-математическом моделировании: построение моделей, позволяющих найти оптимальное решение при заданных ограничениях (например, минимизация затрат).

Для условий Республики Беларусь наиболее применимым является комплексный подход, сочетающий элементы всех перечисленных методов и уделяющий особое внимание практической реализации и учету специфики отечественного рынка услуг [7].

Методика обоснования рациональной структуры автомобильного парка предприятия включает следующие этапы.

1. Анализ текущего состояния парка: инвентаризация имеющихся автомобилей с указанием марки, модели, года выпуска, технического состояния, балансовой и остаточной стоимости; анализ эксплуатационных затрат (расход топлива, затраты на ремонт и техническое обслуживание).

2. Расчет потребности в перевозках: определение годового объема перевозок по видам грузов на основе данных годовых отчетов; расчет грузооборота (т км) с учетом средних расстояний перевозок.

3. Определение необходимого количества и типов автомобилей: расчет потребного количества автомобилей по каждой группе грузоподъемности на основе годового грузооборота и нормативной годовой выработки одного автомобиля; выбор конкретных моделей автомобилей и прицепного состава с учетом их технических характеристик, доступности на рынке Республики Беларусь и рекомендаций «Системы перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства» [8].

4. Формирование рациональной структуры парка: сравнение расчетной потребности с фактическим наличием техники; разработка предложений по списанию устаревшей и изношенной техники; формирование итогового перечня необходимой автомобильной техники.

5. Разработка стратегии и тактики обновления: определение очередности обновления техники; анализ источников финансирования (собственные средства, кредиты, лизинг).

Расчет выполнялся по следующим зависимостям.

1. Годовой объем перевозок ($Q_{\text{год}}$, т):

для продукции растениеводства:

$$Q_{\text{год}} = ВП \cdot K_{\text{т}}, \quad (2)$$

где $ВП$ – валовой сбор продукции, т;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент товарности.

для молочной продукции:

$$Q_{\text{год}} = V_{\text{сут}} \cdot 365, \quad (3)$$

где $V_{\text{сут}}$ – суточный объем производства молока, т. (для прочих грузов – на основе данных предприятия).

2. Годовой грузооборот ($P_{\text{год}}$, т км):

$$P_{\text{год}} = Q_{\text{год}} \cdot L_{\text{ср}}, \quad (4)$$

где $L_{\text{ср}}$ – среднее расстояние перевозки одного и того же груза (км).

3. Потребное количество автомобилей (A_x):

$$A_x = P_{\text{год}} / (W_{\text{год}} \cdot q \cdot y), \quad (5)$$

где $W_{\text{год}}$ – годовая выработка одного автомобиля, км;

q – номинальная грузоподъемность, т;

y – коэффициент использования грузоподъемности.

Далее выполняется анализ текущего состояния автомобильного парка на основании ведомости основных средств.

Многие автомобили могут иметь значительный срок эксплуатации (более 10–15 лет) и, как следствие, высокую степень износа и низкую остаточную стоимость, что ведет к повышенным затратам на ремонт и топливо.

На основании данных годовых отчетов о деятельности конкретного предприятия можно определить объемы производства и реализации основной продукции, а также рассчитать необходимые объемы перевозок.

На основе анализа деятельности группы сельскохозяйственных предприятий предлагается следующая типовая рациональная структура их автомобильного парка.

Грузовые автомобили (самосвалы) – для перевозки зерна, сахарной свеклы, картофеля, органических удобрений:

МАЗ-6501С9 (6х4), грузоподъемность 19 т: не менее 5 единиц – современные, экономичные самосвалы, подходящие для больших объемов перевозок на средние и дальние расстояния;

МАЗ-5550С3 (4х2), грузоподъемность 12 т: не менее 4 единицы – более маневренные автомобили, эффективны для внутрихозяйственных перевозок и работы на полях с низкой несущей способностью грунта.

Специализированные автомобили:

автоцистерна для перевозки молока АЦИП-12М на шасси МАЗ: 2 единицы – для ежедневной доставки молока с трех МТК; вместимость 12 м³ позволит оптимизировать количество рейсов;

автотопливозаправщик АТЗ-11 на шасси МАЗ: не менее 1 единицы – для обеспечения топливом техники в полевых условиях;

скотовоз ППС-18 на базе автомобильного прицепа: не менее 1 единицы – для перевозки крупного рогатого скота на мясокомбинат.

Грузопассажирские и легковые автомобили:

УАЗ-390945 «Фермер»: не менее 3 единиц – для перевозки бригад, запчастей, малогабаритных грузов; отличаются высокой проходимостью;

Renault Dokker / LADA Largus: не менее 2 единиц – для служебных поездок специалистов, доставки мелких грузов, ветеринарных препаратов; обладают хорошей экономичностью;

Geely Atlas Pro / LADA Niva Travel: не менее 3 единиц – для служебных поездок руководства и главных специалистов; обеспечивают комфорт и проходимость по полевым дорогам.

Прицепной состав:

прицепы-самосвалы тракторные ПСТ-12, ПСТ-18: следует учитывать, что значительную часть транспортной работы выполняют тракторы, поэтому наличие достаточного количества тракторных прицепов является обязательным условием для снижения нагрузки на автомобильный парк в пиковые периоды.

Предлагаемый порядок обновления автомобильного парка.

Стратегия: поэтапное обновление автомобильного парка в течение 5–7 лет с целью замены изношенной техники на новые, более эффективные и экономичные модели, с максимальным использованием лизинговых программ.

Тактика:

1. Первоочередное списание: в первую очередь подлежат списанию автомобили с истекшим сроком амортизации и высокой стоимостью ремонта.

2. Приобретение новой техники:

целесообразно заключение договоров лизинга на новые самосвалы МАЗ и специализированную технику, поскольку заключение договоров лизинга позволяет обновлять парк без значительных единовременных вложений и относить лизинговые платежи на себестоимость;

собственные средства целесообразно направлять на приобретение легковых и грузопассажирских автомобилей посредством выбора поставщиков, предлагающих наиболее выгодные финансовые условия.

3. Примерный график обновления:

Годы 1–2: Приобретение 2-3 самосвалов МАЗ-6501С9 и 1-2 УАЗ «Фермер» в лизинг. Списание наиболее изношенной техники.

Годы 3–4: Приобретение оставшихся самосвалов, автоцистерн и топливозаправщика. Обновление парка легковых автомобилей.

Годы 5–7: Завершение обновления парка в соответствии с предложенной структурой.

Таким образом предложенная методика обоснования рациональной структуры автомобильного парка предприятия является научно-обоснованной и практически реализуемой. Ее внедрение позволит: снизить эксплуатационные затраты на 15–20 % за счет уменьшения расхода

топлива и затрат на ремонт; повысить производительность автомобильных транспортных средств за счет использования более грузоподъемной, надежной и эффективной техники; улучшить условия труда водителей.

1. Миленский В.С., Круглый П.Е., Круглый С.П. Анализ составных частей эргономической системы «водитель – автомобиль – дорога – внешняя среда». Наука и транспорт № 2 (47). Научно-практический журнал. Вестник БелГУТ. – Гомель, 2023. – С. 19-24.

2. Миленский В.С., Круглый П.Е., Круглый С.П. Методы расчета сложности маршрута в зависимости от дорожных условий. – В кн.: Перспективы развития транспортного комплекса: материалы IX Международной заочной научно-практической конференции. – Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2024. – С. 204–210.

3. Круглый П.Е., Балько А.А., Круглый П.С. и др. Определение и анализ влияния факторов на показатели использования автомобильных транспортных средств в сельском хозяйстве. – В кн.: Техсервис-2022: материалы научно-практической конференции. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 58-61.

4. Лоули Д., Максвелл А. Факторный анализ как статистический метод. – М.: Книга по требованию, 2013. – 145 с.

5. Ивуть Р.Б. Экономика автомобильного транспорта. В 2-х частях. – Минск: БНТУ. Часть 1, 2008. – 455 с., часть 2, 2010. – 275 с.

6. Кобзарь А.И. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

7. Методические рекомендации по определению оптимальной структуры машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь. – Минск: БелНИИ АЭ, 2019. – 157 с.

8. Система перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 годы и на период до 2030 года. – Минск, 2022. – 64 с.

Krugly Peter, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Misko Uladzimir, Senior Lecturer

Belarusian State Agrarian Technical University (Belarus, Minsk),

e-mail: kpe.tots@bsatu.by, mvg.tots@bsatu.by

Independence Ave., 99, room 2, Minsk, 220012, Belarus

Milenki Valery, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT

«TRANSTEKHNIKA» (Belarus, Minsk),

e-mail: st@niit.by, Platonov str., 22A, Minsk, 220005, Belarus

Krugly Sergey, State Institution «Transport Inspection

Ministry of Transport and Communications of the Republic of Belarus» (Belarus, Minsk)

e-mail: k.sp@mail.ru, Smolenskaya str., 15, Minsk, 220088

SUBSTANTIATION OF THE RATIONAL STRUCTURE OF THE ENTERPRISE'S VEHICLE FLEET

A methodology for calculating the rational structure of an enterprise's vehicle fleet is presented. An example of calculating the vehicle fleet for an enterprise is provided.

Key words: vehicle fleet, rational structure

*Карсункин Евгений Васильевич, кафедра ЛЭиБП, доцент,
e-mail: karsunkinev@mail.ru*

*Рябинов Анатолий Владимирович, старший преподаватель
кафедры ЛЭиБП, e-mail: rybinov57@mail.ru*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ульяновский институт
гражданской авиации имени Главного маршала авиации
Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск),*

*e-mail: kafedralebr@yandex.ru
ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071*

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ОБЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

На современном этапе «Концепция культуры безопасности полетов», включает определение и понятия культуры безопасности, описание компонентов и методов формирования позитивной культуры в системе управления безопасностью полетов, а позитивная культура влияет на состояние безопасности полётов. Поэтому соблюдение культуры безопасности способствует снижению рисков, уменьшению происшествий, а отсутствие или патологическая культура - может привести к более высокому количеству авиационных событий.

Ключевые слова: культура, безопасность полетов, система управления безопасностью полетов, риски, авиапроисшествия, концепция.

Авиационные происшествия стали неотъемлемой частью истории воздухоплавания с момента его зарождения. Параллельно с этим, научный прогресс неуклонно совершенствовал как конструкцию летательных аппаратов, так и методы исследования причин их падений. Ключевыми факторами, приводящими к авиационным событиям, традиционно считаются отказы техники и природные явления, такие как погодные условия. Ранний этап развития коммерческой авиации, характеризующийся отсутствием строгого регулирования, был отмечен рядом проблем: устаревшим оборудованием, неразвитой инфраструктурой, недостаточным надзором, слабым осознанием присущих отрасли опасностей и нереалистичными производственными планами, не подкрепленными соответствующими ресурсами. Вторая половина 1940-х годов ознаменовалась бурным развитием массовых авиaperевозок, что, к сожалению, повлекло за собой и существенный рост числа авиакатастроф и человеческих жертв. Однако, уже к середине

1950-х годов, благодаря повышению надежности летательных аппаратов и внедрению более строгих правил безопасности, удалось переломить эту негативную тенденцию. Следующий этап роста аварийности был связан с наступлением реактивной эры и экспансией авиатранспорта в развивающиеся регионы мира. Лишь к середине 1960-х годов, с появлением новых, более совершенных реактивных самолетов и установлением общепринятых стандартов безопасности во всех странах, удалось добиться устойчивого снижения числа происшествий. Этот период относительной безопасности продлился до конца 1970-х годов, когда динамика авиапроисшествий достигла плато. Даже с введением строгих правил и значительными инвестициями в модернизацию самолетов, авиационные происшествия не прекращались, а человеческий фактор оставался неизменной и ключевой причиной. Наибольшее число авиакатастроф было зафиксировано в середине 1970-х, с пиком смертности в 1972 году. Ранние исследования человеческого фактора концентрировались на личности пилота, недооценивая влияние окружающей его рабочей среды. Только к началу 1990-х годов было осознано, что поведение человека формируется под воздействием множества факторов в сложной обстановке. В середине 1990-х произошел сдвиг к системному подходу к безопасности полетов, который стал учитывать и организационные причины аварий. Это привело к появлению концепции «организационного происшествия», подчеркивающей роль корпоративной культуры в эффективности мер по обеспечению безопасности [1].

Культура безопасности полетов возникает как неотъемлемая часть общей организационной культуры. Она формируется на основе общих убеждений, устоявшихся практик и преобладающих отношений, и характеризуется тем, как сотрудники ведут себя по отношению к безопасности полетов и связанным с ними рискам, когда нет непосредственного надзора. Это отражение того, насколько руководство и сотрудники организации воспринимают, ценят и ставят в приоритет обеспечение безопасности полетов [2].

Данная культура проявляется в степени, в которой люди и группы:

- а) обладают осведомленностью о существующих рисках и известных опасностях, а также факторах, влияющих на организацию и ее авиационную деятельность;
- б) последовательно предпринимают действия, направленные на поддержание и улучшение уровня безопасности полетов;
- с) имеют доступ к необходимым ресурсам для осуществления безопасной деятельности;

д) демонстрируют готовность и способность к адаптации при возникновении проблем в области безопасности полетов;

е) проявляют готовность сообщать о выявленных проблемах, касающихся обеспечения безопасности полетов;

ф) осуществляют постоянную оценку поведения, связанного с безопасностью полетов, на всех уровнях организации [3].

В сфере безопасности полётов ключевую роль играет создание и поддержание проактивной, или созидательной, культуры безопасности. Такая культура отражает то, насколько серьёзно руководство и сотрудники относятся к вопросам поддержания должного уровня безопасности [4].

Для формирования такой позитивной среды необходимо учитывать следующие аспекты:

1. Преданность принципам безопасности полётов. Это демонстрируется тем, насколько высшее руководство организации показывает свою заинтересованность в безопасности и признаёт её приоритетность. Руководители должны быть искренне заинтересованы в достижении и поддержании высоких стандартов безопасности, а также вдохновлять и поддерживать своих сотрудников в стремлении к тем же целям. Примеры проявления преданности:

а) Руководители личным примером демонстрируют соблюдение правил безопасности и активно вовлекают подчинённых в вопросы безопасности, не ограничиваясь лишь словами, а показывая пример своим поведением.

б) Руководство выделяет необходимые ресурсы для выполнения задач, связанных с обеспечением безопасности, например, для обучения персонала.

в) Организован систематический мониторинг системы управления безопасностью полётов и создан эффективный механизм контроля [5].

2. Способность к адаптации и развитию в области безопасности полетов: Этот показатель характеризует, насколько сотрудники и руководство готовы учиться на прошлых ошибках и успехах, а также насколько они способны инициировать и проводить необходимые изменения для улучшения системы обеспечения безопасности полетов. Ключевыми факторами, стимулирующими такую адаптивность, являются:

а) Активное вовлечение всего персонала в процесс решения задач, связанных с безопасностью полетов.

б) Проведение детальных расследований всех инцидентов и выявленных недостатков, с последующей реализацией предложенных мер.

с) Постоянный и критический анализ существующих организационных процессов и процедур на предмет их соответствия требованиям безопасности полетов (высокий уровень самоанализа).

д) Демонстрация и неукоснительное соблюдение упреждающего (проактивного) подхода к управлению рисками.

Ключевой элемент – информированность о безопасности полетов:

Информированность в организации определяется тем, насколько полно и своевременно информация, касающаяся безопасности полетов, доходит до всех заинтересованных лиц. Это требует создания среды, где:

- Сотрудники чувствуют себя в безопасности, сообщая о проблемах: Им должны быть предоставлены как возможности, так и стимулы для информирования о любых инцидентах или потенциальных угрозах безопасности полетов. Важно, чтобы эти сообщения не оставались без внимания и получали соответствующую реакцию.

- Критически важная информация достигает адресатов: Рабочая информация, напрямую связанная с безопасностью полетов, должна быть целенаправленно доведена до сведения соответствующих сотрудников. Это помогает избежать недоразумений, которые могут иметь серьезные и опасные последствия для всей авиационной системы.

Для развития адаптивности в сфере безопасности полетов необходимо обеспечить следующие условия:

а) Создание доверительной среды: Должны существовать открытые и справедливые каналы для представления информации о безопасности полетов.

б) Оперативное предоставление данных: Информация по безопасности полетов должна поступать к сотрудникам своевременно, позволяя им эффективно выполнять свои обязанности и принимать обоснованные, безопасные решения.

с) Систематическая проверка: Руководители на всех уровнях должны регулярно оценивать, насколько хорошо сотрудники понимают и применяют информацию, связанную с безопасностью полетов.

д) Культура обучения и обмена опытом. Необходимо активно практиковать передачу знаний и обучение в области безопасности полетов, например, через обмен информацией об извлеченных уроках из прошлых ситуаций.

3. Осведомленность в авиационной организации характеризуется степенью понимания сотрудниками и руководством всех уровней потенциальных угроз безопасности полетов, влияющих на деятельность компании. Персонал должен быть полностью информирован о рисках, возникающих как в результате их непосредственной работы, так и в

более широком контексте. Поддержание высокого уровня бдительности в вопросах безопасности полетов является непрерывным процессом [6].

Формированию и поддержанию такой осведомленности способствуют следующие элементы:

- Система управления опасностями: Внедрена действенная система для идентификации и оценки опасностей и рисков.

- Ориентация на коренные причины: Расследования инцидентов проводятся с целью выявления и устранения первопричин, а не только поверхностных симптомов.

- Непрерывное обучение и адаптация: Организация активно отслеживает последние тенденции и достижения в области безопасности полетов, оперативно адаптируя свои процессы.

- Мониторинг эффективности мер. Проводится систематическая оценка внедренных улучшений в области безопасности полетов на предмет их соответствия запланированным результатам.

- Индивидуальная ответственность: Сотрудники четко понимают, как их собственные действия и общая операционная деятельность компании влияют на безопасность полетов.

Значение доверия в системе безопасности полетов. Для построения эффективной системы обеспечения безопасности полетов критически важно создать среду, способствующую формированию доверия. Это означает, что сотрудники должны быть уверены: их действия или бездействие, если они соответствуют их уровню подготовки и опыту, не будут наказываться. Для оценки такой ситуации можно применять «тест на обоснованность»: было ли данное действие или упущение разумным для специалиста с таким же уровнем квалификации и опыта? Такая среда, где четко определены правила поведения (что приемлемо, а что нет), где при расследовании инцидентов учитываются как индивидуальные особенности сотрудников, так и организационные факторы, где успехи в обеспечении безопасности признаются и поощряются, и где сотрудники готовы сообщать о происшествиях, является основой для действенной и эффективной системы отчетности о безопасности полетов.

В заключении важно отметить, что именно старшее руководство является главным инициатором и гарантом позитивной культуры безопасности. Их высказывания и действия, такие как: придание первостепенного значения безопасности полетов в рамках общей стратегии контроля рисков (и, соответственно, минимизации потерь); создание благоприятной рабочей среды, где критика, замечания и информация с низовых уровней по вопросам безопасности воспринимаются конструктивно; отказ от авторитарного навязывания

своих взглядов; а также своевременное и эффективное реагирование на выявленные недочеты в области безопасности полетов – служат образцом для всей организации.

1. Бойко Н.С., Карсункин Е.В., Рябинов А.В., Тамьярова М.В. Особенности программы подготовки авиационных специалистов по оценке состояния безопасности и культуры безопасности. Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2023. № 2 (102). С. 76-80.

2. Приказ МО РФ от 30 сентября 2002 г. №390 «Об утверждении Руководства по предотвращению авиационных происшествий с государственными воздушными судами в Российской Федерации». - М., 2003.

3. Руководство по управлению безопасностью полетов: ICAO, Doc 9859 - AN/474. - издание третье, 2013.

4. Квалификационные требования к военно-профессиональной подготовке выпускников (дополнение к федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по специальности 161002 Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов). - Воронеж, 2011.

5. Doc 9859 Safety Management Manual. 4th ed. Montreal: ICAO; 2018. 182 p. (In Engl.).

6. Doc 10151 Human Performance (HP): Manual for Regulators. 1st ed. Montreal: ICAO; 2021.50 p. (In Engl.).

Yevgeny Vasilyevich Karsunkin, Department of Flight Safety and Safety, Associate Professor, e-mail: karsunkinev@mail.ru

Anatoly Vladimirovich Ryabinov, Senior Lecturer, Department of Flight Safety and Aircraft Safety, e-mail: rybinov57@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk) Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

FLIGHT SAFETY CULTURE AS AN INTEGRAL PART OF THE OVERALL ORGANIZATIONAL CULTURE

At the present stage “Flight Safety Culture Concept” is characterized, which includes the definition and concepts of safety culture, a description of the components and methods for developing a positive culture in the flight safety management system. A positive culture influences flight safety, helps reduce risks, and reduces accidents, while an absent or pathological culture can lead to a higher rate of aviation accidents. Key words: concept, culture, flight safety, flight safety management system, risks, aviation accidents.

Коврижных Евгений Николаевич, кандидат технических наук, заведующий кафедрой ЛЭиБП

Козлов Вячеслав Владимирович, старший преподаватель кафедры ЛЭиБП

Сучков Александр Владимирович, старший преподаватель кафедры ЛЭиБП.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск), e-mail: kafedralebp@yandex.ru
ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕКРАЩЕНИЯ ВЗЛЕТА ПОСЛЕ ПРОХОЖДЕНИЯ V_1 НА ВС ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ ТИПА ИЛ-76

В статье предпринята попытка рассмотрения вопроса обеспечения безопасности полетов – прекращение взлета магистрального воздушного судна после прохождения скорости принятия решения V_1 . Процесс взлета является сложным, потому что происходит сочетание многих критически опасных факторов.

Ключевые слова: безопасность полетов, прекращение взлета, магистральное воздушное судно, скорости принятия решения.

Определение возможности прекращения взлета после прохождения скорости принятия решения V_1 , довольно сложно. Так, на рисунках 1 и 2 приведены номограммы для определения потребной дистанции прерванного взлета в зависимости от температуры воздуха, высоты аэродрома, взлетного веса самолета и его взлетной конфигурации: закрылки 30° , предкрылки 14° и закрылки 43° , предкрылки 25° . Условия, принятые при построении номограмм (рисунки 1 и 2):

Скорость принятия решения (V_1) - равна скорости V_r ;

Режим работы двигателей - взлетный, один (отказавший) двигатель выключен на разбеге;

Отбор воздуха для наддува кабины – включен;

Отбор воздуха для противообледенительной системы – выключен;

ВПП - сухой бетон;

Закрылки и предкрылки - во взлетном положении (указано на рисунках).

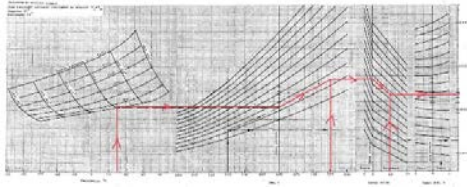


Рис. 1. Потребная дистанция прерванного взлета (закрылки 30°, предкрылки 14°)

При взлетной массе 190 т, закрылки 30°, предкрылки 14° потребная дистанция прерванного взлета составляет 2360 м, при взлетной массе 160 т. Потребная дистанция прерванного взлета составляет 1800 м.

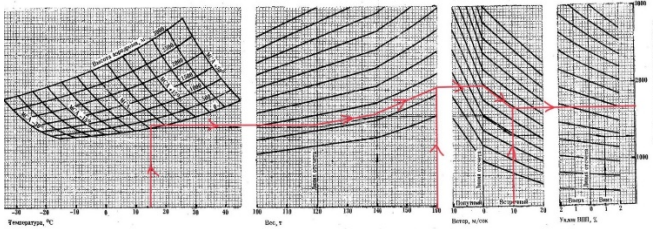


Рис. 2. Потребная дистанция прерванного взлета (закрылки 43°, предкрылки 25°)

В данном случае взлетная масса составляет 160 т, (закрылки 43°, предкрылки 25°). Потребная дистанция прерванного взлета равна 1670 м.

В случае отказа двигателя на скорости отрыва передней опоры шасси располагаемой длины ВПП аэродрома Шереметьево будет достаточно для остановки ВС в пределах ВПП.

Определим потребную длину разбега.

На номограммах (рисунки 3 и 4) для взлетных конфигураций закрылки 30°, предкрылки 14° и закрылки 43°, предкрылки 25° в зависимости от температуры воздуха, высоты аэродрома и взлетного веса показана потребная длина разбега для взлета при всех работающих двигателях.

Условия, принятые при построении номограмм (рисунков 3 и 4):

Режим работы двигателей – взлетный.

Отбор воздуха для наддува кабины – включен.

Отбор воздуха для противообледенительной системы - выключен
 Закрылки и предкрылки - во взлетном положении (смотреть
 рисунки 3 и 4).

ВПП - сухой бетон.

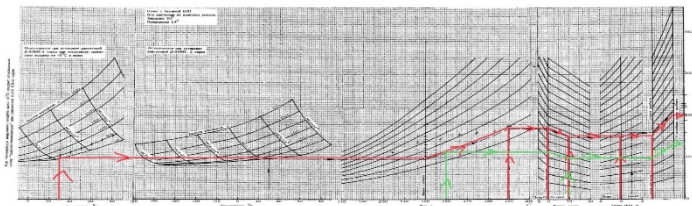


Рис. 3. Потребная длина разбега (закрылки 30°, предкрылки 14°)

Длина разбега составляет 1970 м при взлетной массе 190 т, 1330 м
 – при 160 т.

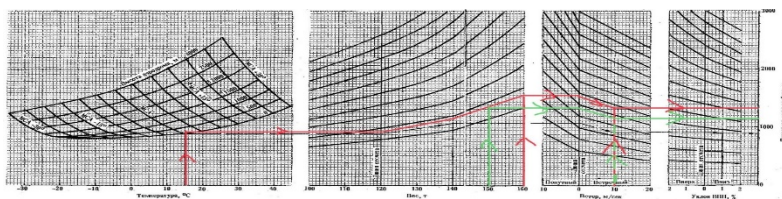


Рис. 4. Потребная длина разбега (закрылки 43°, предкрылки 25°)

Длина разбега составляет 1330 м при взлетной массе 160 т, 1150 м
 – при 150 т.

Определим потребную взлетную дистанцию.

Если максимально допустимый взлетный вес, определяемый по условиям отказа одного двигателя на взлете, не ограничивается располагаемой длиной разбега, взлетной дистанцией прерванного взлета, то для принятого значения взлетного веса следует определить потребную взлетную дистанцию при всех работающих двигателях.

Указанная потребная взлетная дистанция дана с коэффициентом длины ВПП, равным 1,15.

Условия, принятые при построении номограмм (рисунков 5):

Режим работы двигателей – взлетный.

Отбор воздуха для наддува кабины – включен.

Отбор воздуха для противообледенительной системы – выключен.

Закрылки и предкрылки - во взлетном положении (указаны на рисунке).

Шасси – выпущено.

Техника пилотирования - смотреть раздел 4 РЛЭ.

При взлете с закрылками 30° , предкрылками 14° при взлетной массе 190 т потребная дистанция составляет 2230 м, при 160 т – 1530 м (с набором до высоты 10,7 м соответственно).

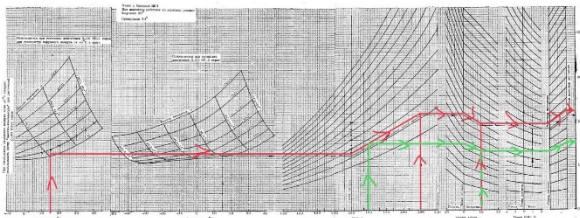


Рис. 5. Потребная взлетная дистанция (закрылки 30° , предкрылки 14°)

Безопасная скорость взлета V_2 на высоте 10,7 м должна быть при массе 190 т при закрылках 30° , предкрылки 14° - 286 км/ч (согласно фиг. 5.2-3 РЛЭ). При массе 150 т. при закрылках 43° , предкрылки 25° $V_2 = 238$ км/ч (согласно фиг. 5.2-4 РЛЭ).

Определим посадочные характеристики.

Первоначально определим скорости пересечения входной кромки ВПП $V_{ВК}$ и приземления $V_{П}$ (рисунок 6).

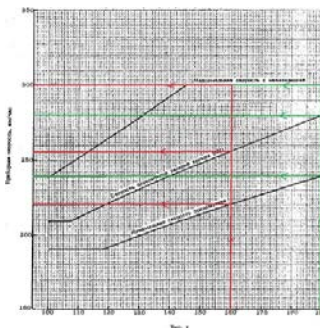


Рис. 6. Скорость на посадке (закрылки 43° , предкрылки 25°)

$V_{ВК} = 256$ км/ч (160 т) $V_{ВК} = 280$ км/ч (190 т)

$V_{П} = 220$ км/ч (160 т) $V_{П} = 238$ км/ч (190 т)

Определим длину пробега.

Условия, принятые при построении номограмм для определения потребной посадочной дистанции (рисунки 7 и 8):

Отбор воздуха для наддува кабины – включен.
 Отбор воздуха для противообледенительной системы – выключен.
 Закрылки, предкрылки - в посадочном положении (смотреть рисунки).

Шасси – выпущено.

Спойлеры - убраны до момента касания ВПП, полностью отклонены на пробеге.

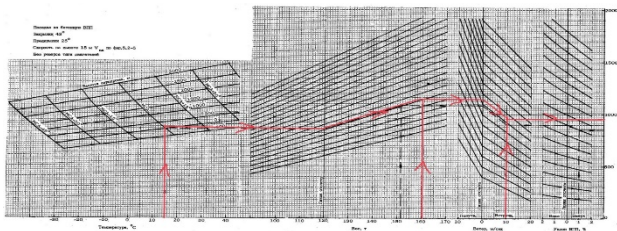


Рис. 7. Длина пробега (закрылки 43°, предкрылки 25°, без реверса тяги двигателей)

Длина пробега составляет 920 м при посадочной массе 160 т если ВС совершает пробег без реверса тяги двигателей. Расчетная скорость в момент касания ВПП $V_{II} = 220$ км/ч.

В соответствии с рисунком 8 длина пробега составляет 820 м при посадочной массе 160 т если используется реверс тяги внешних двигателей.

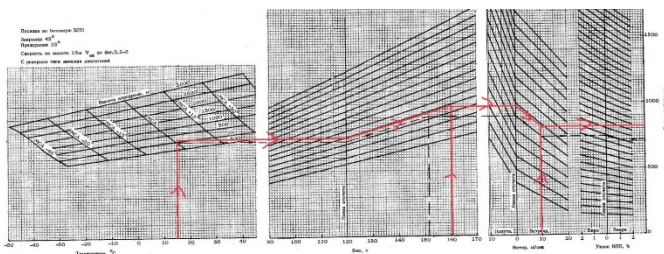


Рис. 8. Длина пробега (закрылки 43°, предкрылки 25°, с реверсом тяги внешних двигателей)

Определим посадочную дистанцию.

Условия, принятые при построении номограмм для определения потребной посадочной дистанции (рис. 9-12):

Отбор воздуха для наддува кабины – включен.

Отбор воздуха для противообледенительной системы – выключен.

Закрылки, предкрылки - в посадочном положении (см. рисунки).

Шасси – выпущено.

Спойлеры - убраны до момента касания ВПП, полностью отклонены на пробеге.

Техника пилотирования - обеспечивается планирование по глиссаде.

В соответствии с рисунком 9 требуемая посадочная дистанция для самолета с посадочной массой равной 160 т и закрылками 30°, предкрылки 25° составляет 2520 м. При этом скорость пересечения входной кромки ВПП $V_{вк} = 256$ км/ч. Скорость в момент касания ВПП $V_{п} = 220$ км/ч. При этом используется реверс тяги двух двигателей, спойлеры убраны до момента касания ВПП и полностью отклоняются на пробеге.

В соответствии с рисунком 20 требуемая посадочная дистанция для самолета с посадочной массой равной 160 т и закрылками 30°, предкрылки 25° составляет 2780 м. При этом скорость пересечения входной кромки ВПП $V_{вк} = 256$ км/ч. Скорость в момент касания ВПП $V_{п} = 220$ км/ч. При этом не используется реверс тяги двигателей, спойлеры убраны до момента касания ВПП и полностью отклоняются на пробеге.

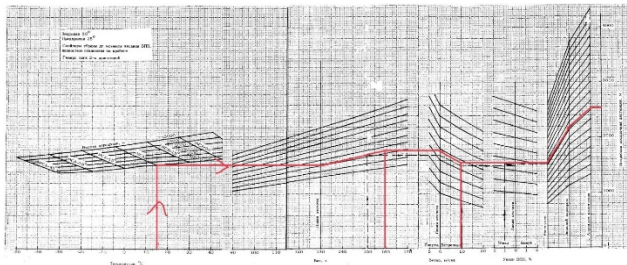


Рис. 9. Потребная посадочная дистанция (закрылки 30°, предкрылки 25°, реверс тяги двух двигателей, спойлеры убраны до момента касания ВПП, полностью отклонены на пробеге)

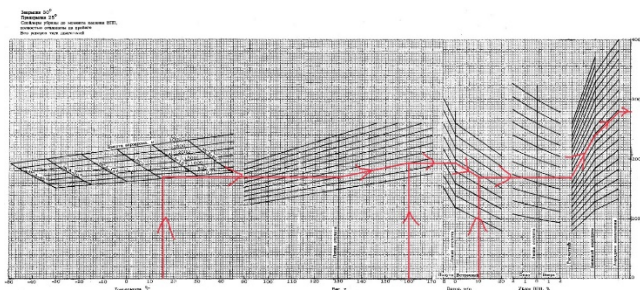


Рис. 10. Потребная посадочная дистанция (закрылки 30°, предкрылки 25°, без реверса тяги двигателей, спойлеры убраны до момента касания ВПП, полностью отклонены на пробеге)

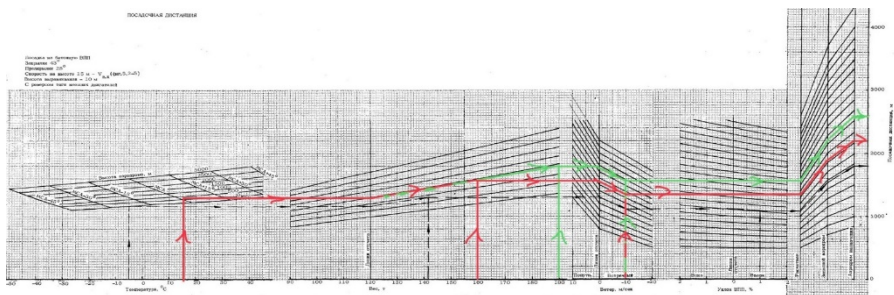


Рис. 11. Посадочная дистанция (закрылки 43°, предкрылки 25°, с реверсом тяги внешних двигателей)

В соответствии с рисунком 11 посадочная дистанция для самолета с посадочной массой равной 160 т. и закрылками 43°, предкрылки 25° составляет 2200 м. При этом скорость пересечения входной кромки ВПП $V_{\text{вк}} = 256$ км/ч. Скорость в момент касания ВПП $V_{\text{п}} = 220$ км/ч. При этом используется реверс тяги двух двигателей, спойлеры убраны до момента касания ВПП и полностью отклоняются на пробеге. Для самолета с посадочной массой равной 190 т и закрылками 43°, предкрылки 25° составляет 2590 м. При этом скорость пересечения входной кромки ВПП $V_{\text{вк}} = 280$ км/ч, скорость в момент касания ВПП $V_{\text{п}} = 238$ км/ч.

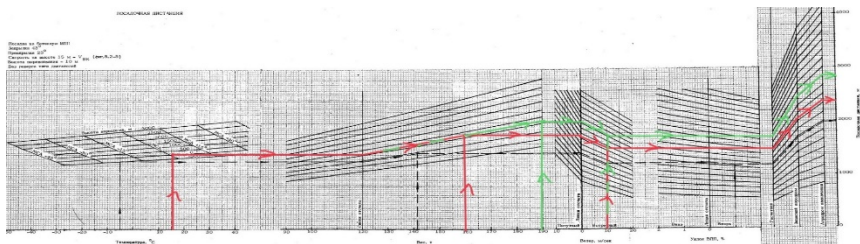


Рис. 12. Посадочная дистанция (закрылки 43°, предкрылки 25°, без реверса тяги двигателей)

В соответствии с рисунком 12 посадочная дистанция для самолета с посадочной массой равной 160 т и закрылками 43°, предкрылки 25° составляет 2380 м. При этом скорость пересечения входной кромки ВПП $V_{BK} = 256$ км/ч. Скорость в момент касания ВПП $V_{II} = 220$ км/ч. При этом не используется реверс тяги двух двигателей, спойлеры убраны до момента касания ВПП и полностью отклоняются на пробеге. Для самолета с посадочной массой равной 190 т и закрылками 43°, предкрылки 25° составляет 2840 м. При этом скорость пересечения входной кромки ВПП $V_{BK} = 280$ км/ч, скорость в момент касания ВПП $V_{II} = 238$ км/ч.

Проанализируем полученные результаты:

- Реверс тяги внешних двигателей позволяет уменьшить длину пробега на 10 %, при прочих равных;
- Уменьшение взлетной массы на 10 т позволяет уменьшить длину разбега на 13 %, при прочих равных;
- Отклонение механизации на больший угол при взлете не изменило длину разбега, при прочих равных;

• При отказе двигателя на скорости принятия решения $V_1 = V_r = 235$ км/ч для ВС с взлетной массой 190 т, закрылки 30°, предкрылки 14°, а также при отказе двигателя на скорости принятия решения $V_1 = V_r > 212$ км/ч для ВС с взлетной массой 160 т, закрылки 43°, предкрылки 25° располагаемой длины ВПП будет достаточно, чтобы оба самолета остановились в пределах полосы.

Прекращение взлета при $V_1 > V_r$:

1) Взлет до высоты 10,7 м (взлетная дистанция) + пробег. Считаем, что ВС поднимается до высоты 5 м, после чего прекращает взлет, спускаясь с этой высоты:

1.1) 1530 м + 920 м = 2450 м (ВС (массой 160 т, закрылки 30°, предкрылки 14°) + ВС (массой 160 т, закрылки 43°, предкрылки 25°, без использования реверса);

1.2) $1530 \text{ м} + 820 \text{ м} = 2350 \text{ м}$ (ВС (массой 160 т, закрылки 30° , предкрылки 14°) + ВС (массой 160 т, закрылки 43° , предкрылки 25° , с использованием реверса);

Примечание: необходимо учитывать изменение механизации крыла, различие в расчетных скоростях, расстояние, которое пролетит ВС во время перевода на снижение.

2) Разбег + Снижение с высоты 15 м до полной остановки ВС (посадочная дистанция). Считаем, что ВС поднимается до высоты 7,5 м, после чего прекращает взлет, спускаясь с этой высоты:

2.1) $1970 \text{ м} + 2590 \text{ м} = 4560 \text{ м}$ (ВС (массой 190 т, закрылки 30° , предкрылки 14°) + ВС (массой 190 т, закрылки 43° , предкрылки 25° , с использованием реверса);

2.2) $1330 \text{ м} + 2520 \text{ м} = 3850 \text{ м}$ (ВС (массой 160 т, закрылки 30° , предкрылки 14°) + ВС (массой 160 т, закрылки 30° , предкрылки 25° , с использованием реверса);

2.3) $1330 \text{ м} + 2200 \text{ м} = 3530 \text{ м}$ (ВС (массой 160 т, закрылки 43° , предкрылки 25°) + ВС (массой 160 т, закрылки 43° , предкрылки 25° , с использованием реверса);

Примечание: не следует рассматривать посадочные дистанции ВС без использования реверса так, как это приведет к увеличению проходимого расстояния; необходимо учитывать различие в расчетных скоростях, расстояние, которое пролетит ВС во время перевода на снижение.

3) Взлет до высоты 10,7 м (взлетная дистанция) + снижение с высоты 15 м до полной остановки ВС (посадочная дистанция). Считаем, что ВС поднимается до высоты 12,5 м, после чего прекращает взлет, спускаясь с этой высоты:

3.1) $1530 \text{ м} + 2520 \text{ м} = 4050 \text{ м}$ (ВС (массой 160 т, закрылки 30° , предкрылки 14°) + ВС (массой 160 т, закрылки 30° , предкрылки 25° , с использованием реверса);

3.2) $1530 \text{ м} + 2200 \text{ м} = 3730 \text{ м}$ (ВС (массой 160 т, закрылки 30° , предкрылки 14°) + ВС (массой 160 т, закрылки 43° , предкрылки 25° , с использованием реверса);

3.3) $2230 \text{ м} + 2200 \text{ м} = 4430 \text{ м}$ (ВС (массой 190 т, закрылки 30° , предкрылки 14°) + ВС (массой 190 т, закрылки 43° , предкрылки 25° , с использованием реверса);

Примечание: не следует рассматривать посадочные дистанции ВС без использования реверса так, как это приведет к увеличению проходимого расстояния; необходимо учитывать различие в расчетных скоростях, расстояние, которое пролетит ВС во время перевода на снижение, изменение положения механизации.

На основе полученных данных для Ил-76ТД при взлете с ВПП 06П, аэродрома Шереметьево, в условиях встречного ветра 10 м/с возможно прекращение взлета после прохождения скорости принятия решения V_1 при взлетной массе 160 т. Исходя из анализа взлетно-посадочных характеристик возможно рассмотрение прекращения взлета до высоты 5 м, при пилотировании согласно разделу 4 РЛЭ. При этом необходимо учитывать изменение положения механизации, которое в данном анализе происходит мгновенно. Также необходимо учитывать, что при переводе самолета на снижение его снижение начинается не мгновенно, вследствие чего борт пролетит некоторое расстояние. Также стоит учитывать, чем и в каком количестве загрязнена поверхность ВПП, что влияет на проходимое расстояние самолетом по полосе, чтобы понимать какое расстояние до торца осталось. Изучение возможности прекращения взлета выше 5 м не следует рассматривать так, как в этом случае необходима более длинная поверхность ВПП, иначе возможно выкатывание за торец ВПП с катастрофическими последствиями.

1. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы. Том I. Проектирование и эксплуатация аэродромов. Издание девятое, июль 2022 года.

2. Авиационные правила. Часть 25 «Нормы летной годности самолетов транспортной категории».

3. Авиационные правила. Часть 23 «Нормы летной годности гражданских летных самолетов».

4. Введение в ЛТХ ВС, изд. Airbus 2002 г.

5. Руководство по производству полетов «Аэрофлот», издание четвертое.

6. Николаев, Л. Ф. Аэродинамика и динамика полета транспортных самолетов: Учеб. для вузов. – М. : Транспорт, 1990. 392 с.

7. Приказ Минтранса РФ от 31 июля 2009 г. №128 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации».

8. Динамика полета. Ч.1. Траектории летательных аппаратов 2014. – Режим доступа: https://studref.com/544291/tehnika/dinamika_poleta_ch1_traektorii_letatelnyh_apparatorov (дата обращения 01.03.2022).

9. Самолет Ил-76Т (ТД): руководство по летной эксплуатации: в 2 кн. – Введ. 01.01.1985. М. 1984.

10. Карты Жерпесен аэропорта Шереметьево, г. Москва (UUEE)

11. Сборник аэронавигационной информации Российской Федерации. Часть 3 «Аэродромы». UUEE. Москва (Шереметьево).

12. Межгосударственный авиационный комитет. Окончательный отчет по результатам расследования авиационного происшествия Самолет А321-211 15.08.2019 г.

13. Flight crew operating manual A319/A320/A321, Vol. 2 Flight preparation.

14. Сборник аэронавигационной информации Российской Федерации. Часть 3 «Аэродромы». UUBW. Раменское.

15. Динамика полета: Пособие по выполнению лабораторных работ на ПЭВМ. М.: МГТУ ГА, 2007. – 28 с.

16. Приложение 8 к Конвенции о международной гражданской авиации. Летная годность воздушных судов. Издание тринадцатое, июль 2022 года.

Evgeny Nikolaevich Kovrizhnykh, PhD in Engineering, Head of the Department of Power Engineering and Power Systems

Vyacheslav Vladimirovich Kozlov, Senior Lecturer, Department of Aviation Safety and Security.

Alexander Vladimirovich Suchkov, Senior Lecturer, Department of Aviation Safety and Security.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk)

e-mail: kafedralebp@yandex.ru

Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF TAKEOFF TERMINATION AFTER PASSING V1 ON TRANSPORT CATEGORY AIRCRAFT TYPE IL-76

This article attempts to address the issue of flight safety-the abort of a mainline aircraft's takeoff after passing decision speed V1. Takeoff is a complex process, involving a combination of many critical factors.

Key words: flight safety, takeoff abort, mainline aircraft, decision-making speed.

Лурье Владислав Юрьевич, старший преподаватель кафедры ЛЭиБП, e-mail: vladislav.lurye.nav@gmail.com

Ковригина Ульяна Владиславовна, курсант учебной группы П-23-1

Юриков Даниил Вадимович, курсант учебной группы П-23-1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск)

e-mail: kafedralebr@yandex.ru

ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ С ПТИЦАМИ В АЭРОПОРТУ

Для успешного уменьшения и предотвращения столкновений самолетов с птицами нужно знать, какие из них часто представляют реальную опасность для полётов и авиации в целом. Для каждого аэропорта перечень самолётоопасных видов птиц является специфичным и напрямую зависит от географического расположения, биотопического окружения и прочих факторов. В основе определения самолётоопасных видов заключены учётные работы, которые необходимо проводить не менее 2-3-х раз в неделю, выявляя такие параметры, как вид птицы, их стайность, высота пролёта, характер поведения, дневная и ночная активность. Приведены примеры разработанных инженерных проектов. Сформулированы обобщающие выводы.

Ключевые слова: проактивное управление, новые технологии, радарные системы мониторинга, прогностическая информация, птицы, критические зоны, автоматизированные системы отпугивания.

Проблема столкновений воздушных судов с птицами остаётся серьёзной угрозой безопасности полётов, вызывая повреждения судов, аварийные ситуации и экономические потери. Рост воздушного движения и урбанизация близ аэропортов усиливают необходимость эффективных мер по предотвращению таких столкновений.

Эти инциденты могут быть вызваны как природными факторами, так и деятельностью человека, создающей благоприятные условия для присутствия птиц. Несмотря на предпринимаемые меры, проблема остается актуальной, что требует дальнейшего изучения и совершенствования методов предотвращения.

Существующие методы предотвращения столкновений с птицами

включают использование отпугивающих устройств, мониторинг популяций птиц и управление их ареалами обитания. Современные технологии, такие как радарные системы и искусственный интеллект, позволяют повысить точность прогнозирования и предотвращения столкновений. Однако их внедрение требует значительных ресурсов и координации между различными заинтересованными сторонами.

В течение последних пяти лет отмечалась устойчивая тенденция увеличения количества сообщений о случаях столкновений (угрозы столкновений) ВС с птицами в воздушном пространстве РФ (рис 1).

Следует отметить, что особенно высока вероятность столкновений в периоды сезонных миграций и во время летнего подъема молодых птиц на крыло [1].



Рис. 1. Гистограмма. Анализ количества сообщений о случаях столкновений (угрозы столкновений) ВС с птицами по Росавиации за период 2020-2024 гг.

Поведение птиц вблизи аэропортов формируется под воздействием множества факторов, таких как наличие открытых пространств, доступность пищи и укрытий, а также влияние человеческой деятельности. Аэропорты, обладая обширными территориями и минимальным количеством хищников, создают благоприятные условия для обитания птиц.

Как предписывает Руководство ИКАО по снижению риска столкновений с птицами (Doc 9137), программа управления орнитологической обстановкой должна быть адаптивной и учитывать

сезонные изменения в поведении и миграции птиц. Документ прямо указывает, что пики миграционной активности, наблюдаемые весной и осенью, требуют особых мер, таких как увеличение частоты патрулирования и приведение в готовность всех средств отпугивания.

Национальные нормативные акты, такие как Федеральные авиационные правила (ФАП) РФ и Наставление по орнитологическому обеспечению (НООБП), также обязывают аэродромные службы проводить сезонный анализ орнитологической обстановки.

Международные стандарты (ИКАО Doc 9137, FAA Advisory Circular 150/5200-33B) подчеркивают, что такие методы, как физический отлов и постоянное отпугивание, хотя и являются частью комплексного подхода, обладают ограниченной эффективностью при использовании изолированно. FAA прямо отмечает, что эффективность методов отпугивания может снижаться из-за привыкания птиц, что требует их ротации и интеграции в более сложные системы мониторинга.

В заключении следует отметить, что современная практика, одобренная EASA и FAA, смещается в сторону проактивного управления, основанного на данных. Ключевую роль здесь играют технологии:

✓ Радарные системы мониторинга: Такие системы, как используемые в аэропортах AMS (Нидерланды) или JFK (США), способны обнаруживать и отслеживать скопления птиц на расстоянии до 10-15 км, интегрируя данные с метеостанциями и предоставляя диспетчерам прогностическую информацию. Это позволяет не просто реагировать, а предвосхищать появление птиц в критических зонах.

✓ Автоматизированные системы отпугивания: ИКАО и FAA признают эффективность комплексов, сочетающих акустические (крики бедствия, звуки хищников) и визуальные (лазерные системы, световые импульсы) методы. В частности, успешное внедрение лазерных систем отпугивания, например, технологии от Bird Control Group, подтверждено независимыми исследованиями, в том числе при поддержке Управления военно-морских исследований США (ONR). Эти отчеты свидетельствуют о снижении активности птиц на 20-40 % в зонах действия таких систем, обеспечивая нелетальное и устойчивое воздействие.

ИКАО Doc 9137 и европейские правила EASA однозначно определяют, что ни одна отдельная мера не является достаточной. Требуется Интегрированная система управления рисками столкновений с птицами (Integrated Wildlife Risk Management), которая включает:

✓ Управление средой обитания: Регулярное кошение травы, дренаж водоемов и контроль над свалками в соответствии с FAA AC 150/5200-33B.

- ✓ Постоянный мониторинг: Использование радаров, данных орнитологов и отчетов экипажей.
- ✓ Активный контроль: Применение сертифицированных средств отпугивания.
- ✓ Анализ данных и обучение: Расследование каждого инцидента и адаптация стратегии на основе полученных данных.

1. Федеральное агентство воздушного транспорта Росавиация [Электронный ресурс]. URL: <https://www.favl.ru/deyatelnost-bezopasnost-poletov-stolknoveniya-ptici-stat/>

2. Беспалов А. Ф. Динамика фауны и населения птиц лесных местообитаний в приграничной зоне Казанского аэропорта/ Беспалов А. Ф., Беляев А. Н. // Казанский (Приволжский) федеральный университет. - Казань. [Электронный ресурс]. URL: kerwood@mail.ru.

3. Кунай Е. Ю. Нормативные и технологические принципы организации воздушного пространства и управления трафиком беспилотных летательных аппаратов в перспективной UAM системе/ Кунай Е. Ю., Шавединова К. В// Минск, 2021. 34 с.

4. Министерство транспорта Российской Федерации. приказ от 31 июля 2009 г. n 128 «Об утверждении федеральных авиационных правил «подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации российской федерации». С. 89-90.

5. Плотников Н.И. Портрет самолетоопасности для птиц: новая концепция безопасности полетов гражданской авиации/ Н.И. Плотников// Материалы XXVII международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». № 1.2020. С. 315-319.

6. Равкин Е.С. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц / Е.С. Равкин, Н.Г. Челинцев. // М.: ВНИИприрода Госкомприрода СССР, 1990.33 с.

Vladislav Yuryevich Lurye, Senior Lecturer, Department of Electrical Engineering and Electrical Engineering, e-mail: vladislav.lurye.nav@gmail.com

Ulyana Vladislavovna Kovrigina, Cadet, Study Group P-23-1

Daniil Vadimovich Yurikov, Cadet, Study Group P-23-1

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk) e-mail: kafedralebp@yandex.ru
Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071*

PREVENTING BIRD STRIKES AT AIRPORTS

To successfully reduce and prevent bird strikes, it's important to understand which species frequently pose a real hazard to flights and aviation in general. The list of bird species posing a hazard to aircraft is specific to each airport and directly depends on its geographic location, habitat, and other factors. Identifying hazards is based on censuses, which must be conducted at least two to three times a week, identifying parameters such as bird species, flock size, flight altitude, behavior patterns, and daytime and nighttime activity. Examples of developed engineering projects are provided, and summary conclusions are drawn.

Key words: proactive management, new technologies, radar monitoring systems, predictive information, birds, critical zones, automated repellency systems.

Гольдман Геннадий Эммануилович, старший научный сотрудник

Исупов Андрей Анатольевич, магистр техники и технологии

Якубович Сергей Петрович, магистр технических наук

**БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»**

(Беларусь, Минск), e-mail: autozd@niit.by

ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

О МЕТОДЕ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫБОРА ГОРОДОВ (РАЙОНОВ), ДЛЯ КОТОРЫХ ПРОЕКТЫ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ РАСШИРЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА ПРИ ПЕРЕВОЗКАХ ПАССАЖИРОВ ДОЛЖНЫ РЕАЛИЗОВЫВАТЬСЯ В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ

Рассмотрены основные критерии выбора городов (районов), для которых проекты по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров должны реализовываться в первую очередь, а также возможный метод проведения такого выбора.

Ключевые слова: электротранспорт; троллейбус, трамвай, электробус, инфраструктура энергоснабжения, выбор, критерии.

Выбор городов (районов), для которых проекты по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров должны реализовываться в первую очередь (далее, если не указано иное, – выбор городов), может осуществляться на основе сравнительного анализа городов (районов), являющихся претендентами на реализацию таких проектов, с использованием групп критериев технического, демографического, социально-экономического, экологического, политического и иного характера.

Основным из критериев, входящих в группу критериев технического характера, который представляется возможным использовать при проведении сравнительного анализа по выбору городов, является наличие или отсутствие инфраструктуры энергоснабжения, предназначенной для обеспечения движения пассажирского транспорта общего пользования на электрической тяге, такого как троллейбусы или трамваи (тяговые трансформаторные

подстанции, подземные или воздушные линии электропередач, линии контактной сети). Целесообразность использования такого критерия обусловлена тем, что от наличия вышеуказанной инфраструктуры энергоснабжения во многом зависит объем затрат на капиталовложения, необходимые для реализации проекта по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров (далее, если не указано иное, – проект). Так, например, при наличии инфраструктуры энергоснабжения, предназначенной для обеспечения движения троллейбусов или трамваев, для реализации проекта требуются значительно меньшие капитальные вложения, так как отсутствует необходимость в создании такой инфраструктуры с «нуля». Хотя и в этом случае потребуются капитальные вложения на модернизацию инфраструктуры энергоснабжения в целях создания технических условий для эксплуатации электробусов или троллейбусов с увеличенным автономным ходом (далее – троллейбусы ИМС) (для городов, в которых имеется инфраструктура энергоснабжения, предназначенная для обеспечения движения троллейбусов или трамваев).

Среди критериев, входящих в группу критериев технического характера, которыми также важно руководствоваться при проведении сравнительного анализа по выбору городов, можно отметить технические характеристики транспортных средств на электрической тяге такие как вместимость, способ и время зарядки, емкость бортовых источников энергии, так как она определяет запас хода, в том числе при использовании в соответствующие периоды года системы отопления и кондиционирования салона. Использование данных критериев, например, позволяет определить на основе результатов анализа существующей маршрутной сети и параметров использования транспортных средств, предлагаемых предприятиями-производителями: потребное количество транспортных средств (одной или нескольких моделей, предлагаемых предприятиями-производителями), потребное количество водителей, а также определить потребное количество зарядных станций и места для их размещения. Следует отметить, что количество транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания, подлежащих замене транспортными средствами на электрической тяге, должно определяться как с учетом вышеуказанных критериев технического характера, так и с учетом критериев политического характера в части, касающейся обеспечения обороноспособности. Применение такого подхода объясняется возможными отрицательными последствиями для обеспечения организациями пассажирского транспорта общего пользования военно-транспортных обязанностей,

возложенных на них в соответствии с требованиями законодательства об обороне, наступление которых возможно, к примеру, при полной замене транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания транспортными средствами на электрической тяге. Рассмотрение проекта с точки зрения возможных рисков для поддержания в необходимой степени готовности организаций пассажирского транспорта общего пользования к работе в любых условиях военно-политической обстановки, а также в чрезвычайных ситуациях, при полной замене транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания транспортными средствами на электрической тяге, обусловлено опытом проведения специальной военной операции, который свидетельствует о высокой степени уязвимости в военное время объектов системы энергоснабжения. На основании этого опыта и учитывая современные внешние вызовы и угрозы для национальной безопасности Республики Беларусь, можно сделать вывод о том, что полная замена транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания, эксплуатируемых организациями пассажирского транспорта общего пользования, транспортными средствами на электрической тяге в текущих условиях военно-политической обстановки представляется нецелесообразной.

В группу критериев демографического характера, на основе которых возможно проведение сравнительного анализа по выбору городов, входят критерии, определяющие размер спроса на перевозки, такие как: общая численность населения городов (районов), численность занятого населения городов (районов), численность студентов высших и средних специальных учебных заведений, численность пенсионеров. Использование данных критериев демографического характера позволяет проводить сравнительный анализ по выбору городов, например, с учетом необходимости удовлетворения потребностей самой активной части населения: занятого населения, а также студентов высших и средних специальных учебных заведений в перемещениях с трудовыми и культурно-бытовыми целями. Критерии демографического характера обычно используются совместно с критериями технического, социально-экономического и экологического характера.

К критериям, входящим в группу критериев социально-экономического характера, на основе использования которых возможно проведение сравнительного анализа по выбору городов, следует отнести:

- обеспечение занятости населения, а также обеспечение дополнительных поступлений в бюджет за счет роста производства транспортных средств на электрической тяге, предназначенных для выполнения перевозок пассажиров в регулярном сообщении (в первую

очередь электробусов и троллейбусов), электротехнического оборудования, увеличения объема строительно-монтажных работ;

– повышение полноты использования отечественных электрогенерирующих мощностей за счет роста потребления электрической энергии, необходимой для обеспечения выполнения перевозок пассажиров транспортными средствами на электрической тяге в регулярном сообщении;

– повышение сальдо внешней торговли за счет сокращения потребности в моторном топливе, производимом из импортируемой нефти, посредством расширения использования для перевозок пассажиров в регулярном сообщении транспортных средств на электрической тяге.

Использование данных критериев социально-экономического характера позволяет, например, на основе проведения укрупненных расчетов оценить необходимость в реализации проекта по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров на основании коммерческого экономического эффекта, который образуется в промышленности, электроэнергетике, строительстве в результате приобретения в целях реализации вышеуказанного проекта продукции и услуг предприятий этих отраслей экономики.

К критериям экологического характера, на основе использования которых возможно проведение сравнительного анализа по выбору городов, следует отнести снижение выбросов парниковых газов в атмосферный воздух за счет замены транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания транспортными средствами на электрической тяге в рамках реализации инвестиционного проекта по совершенствованию транспортного обслуживания населения. Необходимость использования таких критериев связана с тем, что в результате замены транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания транспортными средствами на электрической тяге можно ожидать улучшения общей экологической ситуации в городе (районе), а это, в свою очередь, не только окажет благоприятное воздействие на состояние здоровья населения, но и снизит риски материальных потерь для инженерной и транспортной инфраструктуры, лесного и сельского хозяйства, вызванных экстремальными погодными явлениями (смерчами, шквалами, градом, гололедицей, метелями, ливнями, продолжительными дождями, снегопадами, туманами, грозами, аномальной жарой и т. п.). Таким образом, использование критериев экологического характера позволяет оценить снижение вредного воздействия парниковых газов в денежном выражении, а также в

натуральном выражении оценить снижение массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

К критериям политического характера, на основе использования которых возможно проведение сравнительного анализа по выбору городов, в части, касающейся обеспечения экономической безопасности за счет развития экспорта, следует отнести наличие необходимости в рекламе инновационной продукции отечественного производства, такой как, например, электробусы, перед потенциальными покупателями. Это обусловлено тем, что реализация пилотных проектов по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров, позволяет наглядно демонстрировать потенциальным покупателям технические, экологические и иные преимущества таких инновационных транспортных средств, как электробусы, в реальных условиях эксплуатации.

Сравнительный анализ для выбора городов представляется целесообразным проводить на основе метода балльной экспертной оценки. Это обусловлено тем, что данный метод, несмотря на его субъективизм, позволяет с наименьшими затратами труда и времени проводить сравнительный анализ преимуществ и недостатков городов (районов), являющихся потенциальными претендентами на первоочередную реализацию проектов по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров, путем их ранжирования на основании критериев технического, демографического, социально-экономического, экологического и политического характера. Метод балльной экспертной оценки, как правило, включает несколько этапов. Прежде всего, устанавливается перечень критериев оценки и определяется удельный вес каждого из них в суммарной оценке (исходя из степени значимости), измеряемый коэффициентом весомости. Затем устанавливается шкала оценок по каждому из критериев в баллах. Определяется взвешенная оценка по каждому критерию (посредством умножения оценок по каждому из критериев в баллах на соответствующие коэффициенты весомости), а в результате выводится итоговая балльная оценка (посредством суммирования взвешенных оценок по каждому из критериев).

Применительно к проведению сравнительного анализа для выбора городов в перечень групп критериев, которыми следует при этом руководствоваться, представляется целесообразным включать группы критериев демографического, технического, социально-экономического и экологического характера. Такой подход обусловлен тем, что критерии, входящие в перечисленные выше группы критериев, имеют

количественные параметры, позволяющие на их основе осуществлять выбор городов с использованием метода балльной экспертной оценки. Критерии, входящие в группу критериев политического характера в части, касающейся обеспечения экономической безопасности за счет развития экспорта, не обладают объективными количественными параметрами, позволяющими на их основе осуществлять выбор городов с использованием метода балльной экспертной оценки. Тем не менее, такие критерии могут рассматриваться в качестве ключевых при принятии решения по выбору города (района), например, исходя из имиджевой, рекламной, логистической либо иной целесообразности в первоочередной реализации проекта по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров.

При проведении сравнительного анализа на основе критериев демографического характера с целью упрощения такого анализа все города (районы) группируются в зависимости от общей численности населения.

Города группируются следующим образом:

– группа 1 «Крупнейшие города». В эту группу включаются города, где общая численность населения составляет более 1 000 000 чел.;

– группа 2 «Крупные города». В эту группу включаются города, где общая численность населения составляет от 200 001 до 1 000 000 чел.;

– группа 3 «Большие города». В эту группу включаются города, где общая численность населения составляет от 100 001 до 200 000 чел.;

– группа 4 «Средние города». В эту группу включаются города, где общая численность населения составляет от 50 001 до 100 000 чел.;

– группа 5 «Малые города». В эту группу включаются города, где общая численность населения составляет от 20 001 до 50 000 чел.;

– группа 6 «Прочие города и городские поселки (являющиеся районными центрами)». В эту группу включаются города и городские поселки (являющиеся районными центрами), где общая численность населения составляет менее 20 000 чел.

Районы группируются следующим образом:

– группа 1 «Крупнейшие районы». В эту группу включаются районы, где общая численность населения составляет более 50 000 чел.;

– группа 2 «Крупные районы». В эту группу включаются районы, где общая численность населения составляет от 40 001 до 50 000 чел.;

– группа 3 «Большие районы». В эту группу включаются районы, где общая численность населения составляет от 30 001 до 40 000 чел.;

– группа 4 «Средние районы». В эту группу включаются районы, где общая численность населения составляет от 20 001 до 30 000 чел.;

– группа 5 «Малые районы». В эту группу включаются районы, где общая численность населения составляет от 10 001 до 20 000 чел.;

– группа 6 «Прочие районы». В эту группу включаются районы, где общая численность населения составляет менее 10 000 чел.

Значимость показателя общей численности населения при выборе города (района) определяется коэффициентом весомости такого критерия демографического характера в общей оценке. Величину данного коэффициента предлагается установить на уровне в 0,35. Предлагаемая величина коэффициента весомости обусловлена тем, что общая численность населения во многом определяет размер спроса на услуги пассажирского транспорта общего пользования.

Сравнительная оценка по критерию демографического характера осуществляется по шестибалльной шкале. Городам (районам), относящимся к группе 1 присваивается 6 баллов, к группе 2 – 5 баллов, к группе 3 – 4 балла, к группе 4 – 3 балла, к группе 5 – 2 балла, к группе 6 – 1 балл.

При проведении сравнительного анализа на основе критериев технического характера с целью упрощения такого анализа все города (районы) группируются в зависимости от наличия или отсутствия инфраструктуры энергоснабжения, предназначенной для обеспечения движения пассажирского транспорта общего пользования на электрической тяге, такого как троллейбусы или трамваи (тяговых трансформаторных подстанций, подземных или воздушных линий электропередач, контактной сети) (далее, если не указано иное, – инфраструктура энергоснабжения для движения электротранспорта).

В группу 1 включаются города, в которых имеется инфраструктура энергоснабжения, предназначенная для обеспечения движения, как троллейбусов, так и трамваев.

В группу 2 включаются города, в которых имеется инфраструктура энергоснабжения, предназначенная для обеспечения движения троллейбусов или трамваев.

В группу 3 включаются города, в которых отсутствует инфраструктура энергоснабжения, предназначенная для обеспечения движения троллейбусов или трамваев.

Сравнительная оценка по критерию технического характера осуществляется по пятибалльной шкале. Городам (районам), относящимся к группе 1 присваивается 5 баллов, к группе 2 – 3 балла, к группе 3 – 1 балл. Значимость наличия или отсутствия инфраструктуры энергоснабжения, предназначенной для обеспечения движения пассажирского транспорта общего пользования на электрической тяге, при выборе города (района) определяется коэффициентом весомости такого критерия технического характера в общей оценке. Величину данного коэффициента предлагается установить на уровне в 0,25. Предлагаемая величина коэффициента весомости обусловлена тем, что от наличия или отсутствия инфраструктуры энергоснабжения, предназначенной для обеспечения движения пассажирского транспорта общего пользования на электрической тяге, во многом зависит общий объем капиталовложений на реализацию проекта.

При проведении сравнительного анализа по критериям социально-экономического характера в части, касающейся экономической эффективности реализации проекта в иных отраслях экономики (помимо транспортной отрасли), с целью упрощения такого анализа все города (районы) группируются в зависимости от общей численности населения по аналогии с группировкой, предлагаемой для проведения сравнительного анализа по критерию демографического характера. Сравнительная оценка по критериям социально-экономического характера в части, касающейся экономической эффективности реализации проекта в иных отраслях экономики (помимо транспортной отрасли), осуществляется по шестибалльной шкале. Городам (районам), относящимся к группе 1, присваивается 6 баллов, к группе 2 – 5 баллов, к группе 3 – 4 балла, к группе 4 – 3 балла, к группе 5 – 2 балла, к группе 6 – 1 балл. Значимость экономической эффективности реализации проекта в иных отраслях экономики (помимо транспортной отрасли) оценивается коэффициентом весомости такого критерия социально-экономического характера в общей оценке. Величину данного коэффициента предлагается установить на уровне в 0,1. Предлагаемая величина коэффициента весомости обусловлена тем, что экономическую эффективность реализации проекта в иных отраслях экономики (помимо транспортной отрасли) точно установить не представляется возможным.

При проведении сравнительного анализа по критериям экологического характера с целью упрощения такого анализа все города (районы) группируются в зависимости от количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения.

Города (районы) по критериям экологического характера в части, касающейся количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения, группируются следующим образом:

– группа 1. В эту группу включаются города (районы), где количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения составляет менее 90 % от среднего значения количества таких выбросов по Республике Беларусь за год, предшествующий проведению сравнительного анализа;

– группа 2. В эту группу включаются города (районы), где количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения составляет от 90 % до 100 % от среднего значения количества таких выбросов по Республике Беларусь за год, предшествующий проведению сравнительного анализа;

– группа 3. В эту группу включаются города (районы), где количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения составляет свыше 100 % до 110 % от среднего значения количества таких выбросов по Республике Беларусь за год, предшествующий проведению сравнительного анализа;

– группа 4. В эту группу включаются города (районы), где количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения составляет свыше 110 % до 120 % от среднего значения количества таких выбросов по Республике Беларусь за год, предшествующий проведению сравнительного анализа;

– группа 5. В эту группу включаются города (районы), где количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения составляет свыше 120 % от среднего значения количества таких выбросов по Республике Беларусь за год, предшествующий проведению сравнительного анализа.

Сравнительная оценка в зависимости от количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения осуществляется по пятибалльной шкале. Городам (районам), относящимся к группе 1 присваивается 1 балл, к группе 2 – 2 балла, к группе 3 – 3 балла, к группе 4 – 4 балла, к группе 5 – 5 баллов. При отсутствии статистических данных о количестве выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения по каждому городу (району), для проведения сравнительного анализа предлагается использовать такие же статистические данные в региональном разрезе. Значимость количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в расчете на душу населения по каждому городу (району) в качестве критерия экологического характера

определяется коэффициентом весомости такого критерия в общей оценке. Величину данного коэффициента предлагается установить на уровне в 0,3. Предлагаемая величина коэффициента весомости обусловлена тем, что в результате замены транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания транспортными средствами на электрической тяге можно ожидать улучшения общей экологической ситуации в городе (районе), а это, в свою очередь, не только окажет благоприятное воздействие на состояние здоровья населения, но и снизит риски материальных потерь для инженерной и транспортной инфраструктуры, лесного и сельского хозяйства, вызванных экстремальными погодными явлениями (смерчами, шквалами, градом, гололедицей, метелями, ливнями, продолжительными дождями, снегопадами, туманами, грозами, аномальной жарой и т. п.).

По результатам сравнительного анализа городов (районов) по предложенным выше критериям (с использованием метода балльной экспертной оценки) составлен условный рейтинг всех городов (районов), являющихся потенциальными претендентами на первоочередную реализацию проектов по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров (далее, если не указано иное, – условный рейтинг). Следует отметить, что при равенстве итоговой балльной оценки более высокое место в условном рейтинге предоставлено городам (районам) с большей общей численностью населения.

Первые десять мест в условном рейтинге всех городов заняли (в порядке занятых мест) такие города, как: Витебск, Гомель, Минск, Гродно, Мозырь, Могилев, Брест, Бобруйск, Новополоцк, Борисов. Первые десять мест в условном рейтинге всех районов заняли (в порядке занятых мест): Минский, Гомельский, Витебский, Дзержинский, Пуховичский, Смолевичский, Калинковичский, Рогачевский, Гродненский и Волковысский районы. Если по предложенным выше критериям составить условный рейтинг городов, в которых отсутствует троллейбусная и (или) трамвайная маршрутная сеть, либо маршрутная сеть, обслуживаемая электробусами, то первые в таком рейтинге занимают такие города, как: Борисов (10*), Орша (11), Лида (12), Солигорск (13), Молодечно (14), Полоцк (15), Жлобин (16), Речица (17), Светлогорск (19), Слуцк (20).

* Указано место, занимаемое в условном рейтинге всех городов.

Goldman Gennadi, Senior Research Associate
Isupov Andrey, Master of Engineering and Technology
Yakubovich Sergey, Master of Technical Sciences
BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT
«TRANSTEKHNIKA», e-mail: autozd@niit.by,
Platonova str., 22A, Minsk, 220005, Belarus

**SERVICES ON THE METHOD OF SELECTING CITIES
(DISTRICTS) FOR WHICH PROJECTS TO IMPROVE PUBLIC
TRANSPORTATION SERVICES BY EXPANDING THE USE OF
ELECTRIC VEHICLES FOR PASSENGER TRANSPORTATION
SHOULD BE IMPLEMENTED FIRST**

The main criteria for choosing cities (districts) for which projects to improve public transport services by expanding the use of electric vehicles for passenger transportation should be implemented first, as well as a possible method for making such a choice, are considered.

Key words: electric transport; trolleybus, tram, electric bus, energy supply infrastructure, selection, criteria.

*Харлап Сергей Николаевич, кандидат технических наук,
доцент*

*Яковцева Оксана Игоревна, ассистент
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА (Беларусь, Гомель), e-mail: Hsn2013@tut.by,
ул. Кирова, 34, г. Гомель, 246653*

МЕТОД РАСЧЕТА ДОЛИ БЕЗОПАСНЫХ ОТКАЗОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ, СВЯЗАННЫХ С БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Предлагается метод раннего прогнозирования уровня полноты безопасности (УПБ), основанный на принципах архитектурных ограничений, изложенных в стандарте МЭК 61508. Метод фокусируется на количественной оценке двух ключевых параметров: уровня отказобезопасности и доли безопасных отказов (ДБО). Подробно описывается пошаговый алгоритм расчета ДБО, базирующийся на анализе видов и последствий отказов (FMEA) и оценке диагностического охвата. Для практической реализации метода и минимизации человеческих ошибок предлагается разработка специализированного программного обеспечения, которое позволит автоматизировать расчеты, оптимизировать принимаемые решения и гарантировать достижение требуемых показателей безопасности на этапе проектирования.

Ключевые слова: функциональная безопасность; уровень полноты безопасности; МЭК 61508; доля безопасных отказов; диагностический охват; прогнозирование; архитектурные ограничения.

Современные тенденции в области железнодорожного транспорта, такие как развитие высокоскоростного движения, кардинально повышают значимость систем управления и обеспечения безопасности. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики являются важной системой инфраструктуры, отказ которой недопустим. Последствия могут варьироваться от значительных финансовых потерь до катастроф с человеческими жертвами.

В этом контексте концепция функциональной безопасности, систематизированная в международных стандартах серии МЭК 61508, становится не просто рекомендацией, а обязательным требованием. Данные стандарты устанавливают, что безопасность системы должна быть «встроена» в нее на протяжении всего жизненного цикла – от концепции до вывода из эксплуатации. Ключевым количественным показателем, доказывающим соответствие требованиям, является уровень полноты безопасности – дискретный уровень (от 1 до 4) [1], определяющий целевые значения вероятности опасного отказа системы.

Традиционный подход к разработке критических систем, такой как V-модель [2], несмотря на свою структурированность, обладает фундаментальным недостатком: полноценная проверка соответствия требованиям безопасности (валидация) происходит на завершающей стадии, когда создан опытный образец или даже готовый продукт. Обнаружение на этом этапе несоответствия целевым показателям безопасности ведет к колоссальным затратам на перепроектирование и возврату к ранним этапам жизненного цикла. Это делает процесс разработки дорогостоящим и непредсказуемым.

Таким образом, актуальной научно-практической задачей является разработка методов и инструментов, позволяющих с достаточной степенью достоверности прогнозировать достижимый УПБ на ранних стадиях проектирования, когда внесение изменений в архитектуру системы наименее затратно.

Для решения обозначенной проблемы предлагается использовать метод, основанный на концепции архитектурных ограничений стандарта МЭК 61508. Данный подход позволяет формализовать требования к структуре системы и дать первоначальную количественную оценку её потенциала по обеспечению безопасности еще до начала детального проектирования и кодирования.

Ключевые параметры, определяющие достижимый УПБ

Стандарт МЭК 61508 [3] устанавливает, что максимально достижимый УПБ для программируемого электронного компонента (отнесенного к «Типу В» – сложные компоненты, такие как микроконтроллеры и ПЛИС) определяется двумя фундаментальными параметрами, закладываемыми на этапе архитектурного проектирования:

1. Уровень отказобезопасности (N) – этот параметр определяется аппаратной архитектурой системы и обозначает количество независимых отказов, которые система может выдержать без перехода в опасное состояние.

- N = 0. Одноканальная архитектура (1001 – «one out of one»). Одиночный отказ элемента может привести к опасному отказу системы. Это архитектура без избыточности, характеризующаяся наименьшей надежностью и безопасностью.

- N = 1. Двухканальная архитектура. Сюда относятся как дублированные системы (1002 – система обеспечивает безопасность, если функционирует хотя бы один канал из двух), так и мажоритарные системы (2003 – система обеспечивает безопасность, если функционируют хотя бы два канала из трёх). Один опасный отказ может быть перекрыт избыточным каналом.

- $N = 2$. Тройная архитектура (3oo3 – система обеспечивает безопасность, если функционируют хотя бы один канал из трех). Система может парировать опасные отказы в двух каналах. Это архитектура с высочайшим уровнем отказобезопасности.

2. Доля безопасных отказов (ДБО) – это расчетный показатель, выражаемый в процентах. Он характеризует эффективность всех применяемых в системе диагностических механизмов. ДБО показывает, какая часть всех возможных отказов компонента будет обнаружена и обработана таким образом, что система перейдет в заранее определенное безопасное состояние. Именно количественная оценка ДБО на ранних стадиях представляет наибольшую сложность и является предметом данного исследования.

Для количественной оценки ДБО предлагается использовать методологию, детализированную в стандарте МЭК 61508-6 [4]. Процесс является циклическим и состоит из нескольких последовательных этапов, результатом которых является заполнение сводной таблицы (табл. 1) данных по каждому компоненту системы.

Таблица 1

Расчет диагностического охвата и доли безопасных отказов

Компонент	S	D	DC_{COMP}	λ	λ_S	λ_D	$\lambda_{DD} + \lambda_{DU}$	$\lambda_S + \lambda_{DD}$
А	0,5	0,5						
Всего					$\sum \lambda_S$	$\sum \lambda_D$	$\sum (\lambda_{DD} + \lambda_{DU})$	$\sum (\lambda_S + \lambda_{DD})$

Этап 1: Анализ видов и последствий отказов

Первым и фундаментальным этапом является проведение FMEA. Цель этого анализа - определить, как каждый тип отказа каждого компонента влияет на поведение системы в условиях, когда диагностические функции отсутствуют или отключены. На основе подробной схемы аппаратных средств анализируется каждый компонент системы (например, шина, память, процессор) и определяются все возможные режимы его отказов. Для каждого вида отказа оценивается его влияние на систему.

На этом этапе для каждого компонента определяются доли S (доля безопасных отказов) и D (доля опасных отказов) от его общей

интенсивности отказов λ . Сумма долей S и D для одного компонента всегда должна равняться 1.

Распределение отказов на безопасные и опасные производится на основе инженерной оценки. Для сложных компонентов (например, микроконтроллеров, программируемых логических интегральных схем), внутренняя структура которых не позволяет провести детальный анализ, в соответствии с [4] используется упрощенное предположение: 50 % отказов являются безопасными и 50 % – опасными. Именно это предположение ($S = 0,5, D = 0,5$), использовано в качестве примера Таблицы 1. В проектах рекомендуется стремиться к более точному, обоснованному распределению, основанному на данных производителя или углубленном анализе.

Этап 2: Определение диагностического охвата (DC_{COMP})

После классификации отказов оценивается эффективность диагностических механизмов, предназначенных для их обнаружения. В столбец DC_{COMP} для каждого компонента заносится значение диагностического охвата, которое характеризует способность встроенных тестов обнаруживать отказы именно этого компонента. Это значение представляет собой вероятность того, что диагностика обнаружит отказ, при условии, что он произошел.

Следует учитывать ограничения, накладываемые стандартом. Стандарт МЭК 61508 (Приложение А [3] и Приложение С [4]) предоставляет ориентировочные значения диагностического охвата для различных типов компонентов и диагностических методик.

Этап 3: Расчет интенсивностей отказов

На этом этапе производится количественная оценка потоков отказов на основе исходных данных.

В столбец λ заносится общая интенсивность отказов для каждого компонента, обычно получаемая из справочных баз данных надежности или данных от производителя.

Интенсивность безопасных отказов (λ_S) рассчитывается как:

$$\lambda_S = \lambda \times S. \quad (1)$$

Интенсивность опасных отказов (λ_D) рассчитывается как:

$$\lambda_D = \lambda \times D. \quad (2)$$

Интенсивность обнаруженных опасных отказов (λ_{DD}) рассчитывается как:

$$(3) \quad \lambda_{DD} = \lambda_D \times DC_{COMP}.$$

Интенсивность необнаруженных опасных отказов (λ_{DU}) рассчитывается как:

$$(4) \quad \lambda_{DU} = \lambda_D - \lambda_{DD}.$$

Этап 4: Суммирование и расчет итоговых показателей

После того как все компоненты проанализированы и для каждого рассчитаны λ_S , λ_{DD} и λ_{DU} , производится их суммирование по всей системе. Это наиболее важный этап, на котором оценивается непосредственный вклад диагностики в безопасность.

Суммарная интенсивность безопасных отказов: $\sum(\lambda_S + \lambda_{DD})$.

Этот показатель включает в себя все безопасные отказы и те опасные отказы, которые были обнаружены диагностикой и, следовательно, переведены в разряд безопасных (например, путем перевода системы в безопасное состояние).

Суммарная интенсивность необнаруженных опасных отказов: $\sum \lambda_{DU}$.

Это наиболее критичная группа отказов, так как они остаются скрытыми и могут привести к отказу системы безопасности в момент необходимости.

Общая интенсивность отказов системы: $\sum \lambda_S + \sum \lambda_{DD} + \sum \lambda_{DU}$.

Этап 5: Расчет доли безопасных отказов

Доля безопасных отказов является интегральным показателем, определяющим, какая часть от общего числа отказов системы не приводит к потере ее безопасности функции.

$$(5) \quad \text{ДБО} = \frac{\sum \lambda_S + \sum \lambda_{DD}}{\sum \lambda_S + \sum \lambda_{DD} + \sum \lambda_{DU}}.$$

Итоговый результат выражается в процентах. Значение ДБО является ключевым для определения того, какому уровню полноты безопасности (УПБ) соответствует аппаратная часть системы в соответствии с таблицами МЭК 61508.

Таким образом, результаты расчета следует рассматривать как надежную инженерную оценку, а не как абсолютную истину. Данный метод позволяет сравнивать архитектурные решения, выявлять слабые места системы (компоненты с высоким вкладом в $\sum \lambda_{DU}$) и целенаправленно улучшать диагностику для достижения требуемых показателей безопасности.

Представленная методология предоставляет разработчикам систем ЖАТ инструмент для количественного обоснования решений в области функциональной безопасности на ранних этапах проектирования. Её применение позволяет перейти от интуитивных и избыточных решений к строго обоснованным и оптимизированным.

Ключевые преимущества предлагаемого подхода:

1. Раннее прогнозирование. Возможность оценить достижимый УПБ до начала дорогостоящих стадий изготовления аппаратуры и кодирования программного обеспечения.

2. Снижение рисков и затрат. Минимизация вероятности кардинальных переделок проекта на финальных стадиях, что значительно сокращает бюджет и сроки разработки.

3. Обоснованность архитектурных решений. Метод позволяет сравнивать различные архитектурные варианты (например, 1oo2 или 2oo3) по объективному критерию – прогнозируемому УПБ.

4. Целенаправленное улучшение. Расчеты выявляют «слабые звенья» системы – компоненты с наибольшим вкладом в необнаруженные опасные отказы ($\sum \lambda_{DU}$). Это позволяет целенаправленно усиливать диагностику именно для этих компонентов, а не применять методы защиты повсеместно.

Перспективным направлением развития данной методологии является разработка специализированного программного обеспечения. Такое ПО позволит автоматизировать трудоемкий процесс сбора данных, проведения FMEA, расчетов и формирования отчетов. Оно сможет:

- Интегрироваться с базами данных надежности компонентов.
- Предоставлять библиотеки типовых режимов отказов и значений диагностического охвата.
- Проводить анализ чувствительности, показывая, как изменения в диагностике влияют на итоговый УПБ.
- Формализовать и документировать процесс оценки для последующей сертификации системы.

Внедрение методологии прогнозирования УПБ на основе архитектурных ограничений в сочетании со специализированным

программным обеспечением позволит реализовать комплексный, научно обоснованный подход к обеспечению функциональной безопасности систем ЖАТ. Это является необходимым условием для создания конкурентоспособных, надежных и безопасных решений для современного и будущего железнодорожного транспорта.

1. ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 1. Общие требования. – Москва: Стандартинформ, 2014 – 51 с.

2. ГОСТ 33432-2015. Политика, программа обеспечения безопасности. доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 24 с.

3. ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 2. Требования к электрическим, электронным, программируемым электронным системам, относящимся к безопасности. – Москва: Стандартинформ, 2014 – 80 с.

4. ГОСТ Р МЭК 61508-6-2018. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 6. Руководство по применению ГОСТ Р МЭК 61508-2 и ГОСТ Р МЭК 61508-3. – Москва: Стандартинформ, 2014 – 102 с.

Kharlap Sergey Nikolaevich,

Ph.D. in Technical Science, Associate Professor

Yakovtseva Oksana Igorevna, Assistant

BELARUSIAN STATE UNIVERSITY OF TRANSPORT

(Belarus, Gomel), e-mail: Hsn2013@tut.by,

Kirov str. 34, Gomel, 246653

METHOD FOR CALCULATING THE SAFE FAILURE FRACTION FOR SAFETY-RELATED ELECTRONIC SYSTEMS

*These theses propose a method for early forecasting of the Safety Integrity Level (SIL), based on the architectural constraint's principles outlined in the IEC 61508 standard. The method focuses on the quantitative assessment of two key parameters: the fail-safe level and the Safe Failure Fraction (SFF). A step-by-step algorithm for calculating the SFF, based on Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) and diagnostic coverage assessment, is described in detail. For the practical implementation of the method and the minimization of human errors, the development of specialized software is proposed. This software will automate the calculations, optimize the decisions made, and guarantee the achievement of the required safety indicators at the design stage.
Key words: functional safety; safety integrity level; IEC 61508; safe failure fraction; diagnostic coverage; prediction; architectural constraints.*

*Харлап Сергей Николаевич, кандидат технических наук,
доцент*

*БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА (Беларусь, Гомель), e-mail: Hsn2013@tut.by,
ул. Кирова, 34, г. Гомель, 246653*

Бусько Иван Андреевич

*Гомельский центр автоматизированных систем управления
Конструкторско-технического центра Белорусской
железнодорожной, e-mail: king_of_kings@tut.by,
246050, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Ирининская, 2*

ОБЗОР ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА РИСКОВ В РАМКАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

В статье выполнен обзор программного обеспечения для качественного анализа рисков систем железнодорожной автоматики в соответствии с ГОСТ 33433-2015. ПО позволяет создавать методики оценки рисков, анализировать проекты, определять уровни риска и формировать журналы учета. Решение направлено на повышение безопасности, снижение аварийности и соответствие нормативным требованиям.

Ключевые слова: Управление рисками, журнал анализа рисков, качественный анализ рисков, матрица рисков, программное обеспечение, безопасность, железнодорожный транспорт.

Традиционные подходы, основанные на анализе статистики отказов простых электромеханических систем, не справляются с киберфизической сложностью современных решений. Цифровизация привносит новые классы угроз, такие как уязвимости программного обеспечения, кибератаки и непредсказуемые взаимодействия сложных программно-аппаратных комплексов.

В связи с этим управление рисками перестает быть формальной процедурой, и становится непрерывным итеративным процессом, пронизывающим весь жизненный цикл системы – от концепции до вывода из эксплуатации. Целью разработки программного комплекса является обеспечение процесса управления рисками на основе сочетания методологической строгости стандартов и мощного программного инструментария, что позволяет снизить трудоёмкость процесса и превратить его в стратегическое конкурентное преимущество.

Основополагающими документами в области управления рисками на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь являются:

– ГОСТ 33432-2015, который задает общие требования к анализу рисков для железнодорожных систем;

– ГОСТ 33433-2015, который детализирует процесс управления рисками, предоставляя методики и примеры.

Согласно этим стандартам, процесс управления рисками структурно делится на два уровня.

Стратегический уровень (Создание Системы Управления Рисками – СУР). Это разовая деятельность, результатом которой является корпоративная «Инструкция по управлению рисками». Этот документ, утверждаемый руководством, является «конституцией безопасности» организации.

Практический уровень (Анализ рисков конкретной системы). Это циклическая деятельность, выполняемая многократно. Ключевая идея заключается в том, что первоначальный анализ, проведенный на этапе проектирования и зафиксированный в «Журнале учета опасностей», является лишь первым приближением. Любые последующие изменения в системе – модификация программного обеспечения, изменение инфраструктуры, пересмотр эксплуатационных процедур – требуют повторного анализа. Именно эта необходимость в постоянных, согласованных переоценках и создает основную операционную нагрузку и является источником ошибок.

Все действия по обработке риска должны фиксироваться в журнале учета опасностей.

Журнал анализа рисков (Risk Register / Hazard Log) – это не просто документ, а централизованная и постоянно актуализируемая база данных, которая фиксирует всю историю управления рисками на протяжении всего жизненного цикла системы – от проектирования до вывода из эксплуатации.

Ключевые цели ведения журнала анализа рисков:

– доказательство безопасности (Демонстрация регуляторным органам и заказчику, что все идентифицированные риски были систематически выявлены, проанализированы и находятся под контролем.);

– сквозная прослеживаемость (Обеспечение полной истории каждого риска: кто его идентифицировал, как оценил, какие меры были приняты и как изменился уровень риска после их внедрения.);

– основа для принятия решений (Позволяет руководству принимать обоснованные решения о приемлемости рисков и приоритетах по их снижению.);

– база знаний организации (Накопленный опыт становится ценным активом для будущих проектов, позволяя избежать повторения ошибок).

Журнал анализа рисков обычно представляет собой таблицу (чаще всего – электронную базу данных), где каждая строка соответствует одной идентифицированной опасности или риску.

Жизненный цикл записи об опасности в журнале начинается с этапа идентификации, в ходе которого новая опасность выявляется с использованием различных методов, таких как мозговой штурм, анализ проектной документации или изучение опыта предыдущих инцидентов. Результатом этой стадии является создание в журнале новой записи, содержащей уникальный идентификатор (ID), детальное описание опасности и причины её возникновения. Следующим этапом является оценка, когда специалисты квалифицируют и, по возможности, квантифицируют параметры риска, заполняя поля «Последствия», «Тяжесть» и «Вероятность». На основе этих данных система или эксперт вручную присваивает записи «Исходный уровень риска».

Далее процесс переходит в стадию принятия решения, логика которого зависит от результата оценки. Если установленный уровень риска признан приемлемым в соответствии с корпоративными критериями, его статус изменяется на «Принят», а в журнале в обязательном порядке фиксируется обоснование этого решения. Если же риск классифицирован как неприемлемый, инициируется процесс его обработки: определяются и вносятся в журнал конкретные меры по снижению, назначается ответственный исполнитель и устанавливаются четкие сроки реализации.

После этого начинается этап обработки и верификации. Ответственное лицо обеспечивает внедрение запланированных мероприятий, по завершении чего проводится повторная, уже итоговая оценка. Её результаты отражаются в полях «Остаточный уровень риска». Критически важной частью этого этапа является независимая проверка, проводимая с помощью тестирования, аудита или анализа, которая подтверждает, что внедренные меры функционируют как задумано и остаточный риск действительно снижен до приемлемого уровня. Даже после успешного закрытия риска его жизненный цикл не считается полностью завершенным, так как наступает этап мониторинга и пересмотра. Для каждой записи, включая закрытые, устанавливается плановая дата следующего пересмотра. Кроме того, журнал в обязательном порядке проверяется на актуальность при любых существенных изменениях в системе, будь то модификация программного обеспечения, обновление оборудования или пересмотр

эксплуатационных процедур, что обеспечивает постоянное соответствие журнала реальному состоянию системы.

Журнал является главным доказательством того, что система была спроектирована и эксплуатируется с учетом всех выявленных рисков.

В рамках решения задачи автоматизации процессов качественной оценки рисков на железнодорожном транспорте был разработан прототип десктопного приложения. Данный программный комплекс предназначен для комплексного анализа и управления рисками в рамках различных проектов и предоставляет функциональные возможности для идентификации опасностей, оценки степени их тяжести и вероятности возникновения, классификации уровня рисков, а также формирования корректирующих мероприятий. Программный комплекс позволяет формировать и поддерживать журнал анализа рисков, и хранить его результаты с помощью базы данных.

Функциональная архитектура приложения структурирована вокруг трех ключевых модулей:

- формирование и актуализация методики оценки рисков;
- проведение анализа рисков в соответствии с утвержденной методикой;
- автоматизированное ведение и формирование журнала учета идентифицированных и обработанных опасностей.

Процесс конфигурирования методики оценки рисков реализуется в три последовательных этапа.

1. Определение шкалы тяжести последствий. На данном этапе производится формализация уровней тяжести потенциальных последствий. Система предоставляет интерфейс (рис. 1) для создания иерархической шкалы, где каждый уровень характеризуется количественными показателями – числом возможных жертв (среди пассажиров/персонала) или объемом финансовых потерь. Важно отметить, что шкала может как соответствовать рекомендациям ГОСТ, так и определяться организацией самостоятельно.

2. Классификация уровней частоты возникновения. Аналогичным образом формализуются критерии оценки вероятности наступления событий (рис. 2). Для каждого уровня частоты устанавливается вербальное описание и соответствующий количественный диапазон (например, от $1,14 \cdot 10^{-5}$ до $1,14 \cdot 10^{-4}$ событий/час).

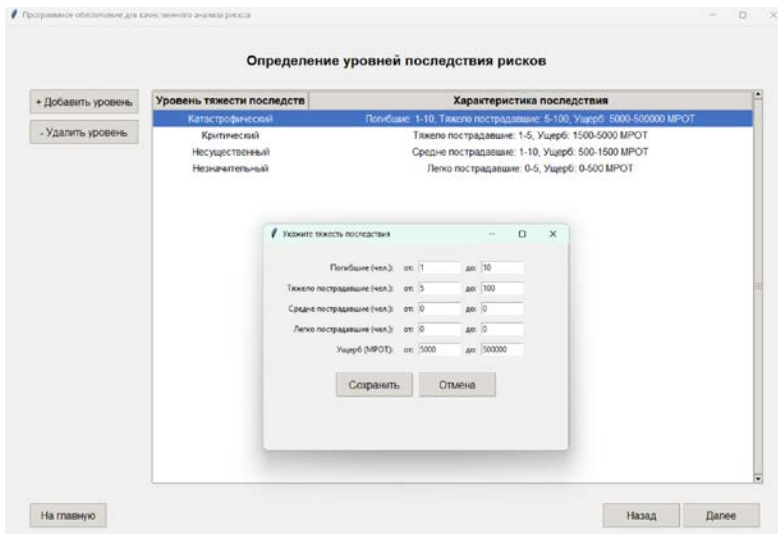


Рис. 1. Форма для задания уровней последствия рисков

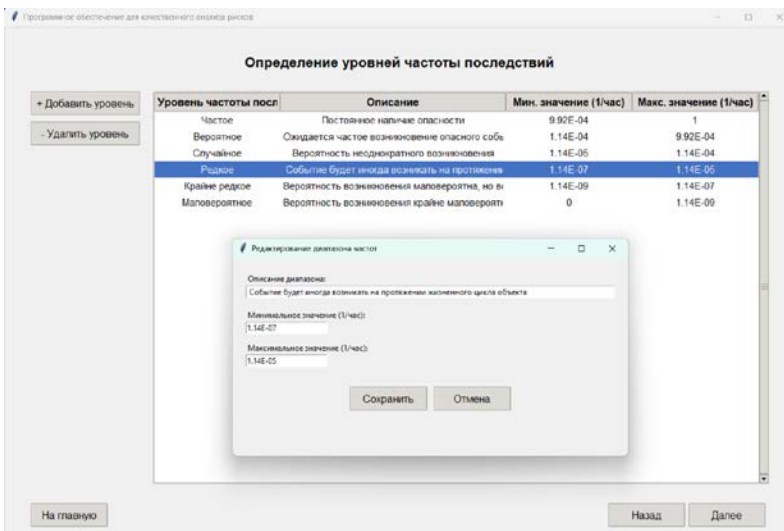


Рис. 2. Форма для определения уровней частоты последствий рисков

3. Формирование матрицы рисков и критериев приемлемости. На завершающем этапе конфигурирования строится матрица рисков (рис. 3), которая представляет собой функцию отображения пар «тяжесть-частота» на результирующий уровень риска. Система автоматически использует ранее заданные шкалы тяжести и частоты, что обеспечивает методологическую согласованность. Одновременно определяются пороговые значения приемлемости рисков.

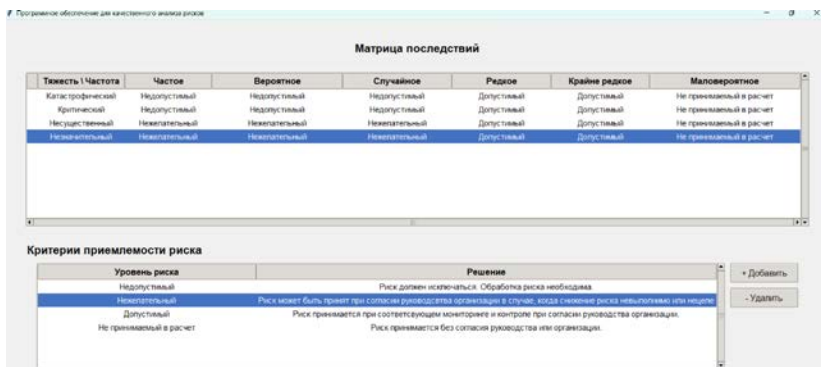


Рис. 3. Страница для составления матрицы последствий

Второй функциональный модуль системы предназначен для непосредственного проведения анализа рисков на основе утвержденных методик.

Для обеспечения изоляции данных и возможности многократного использования результатов анализа пользователь создает отдельный проект для каждого объекта исследования.

В созданном проекте пользователь может добавить новую опасность, которую хочет проанализировать, и указывает необходимую информацию по ней, такую как: причины возникновения опасности, опасные события (возникающее по причине этой опасности), возможные последствия.

Выполняется оценка риска. В момент создания новая запись не имеет определённых уровней тяжести и частоты последствия. Для определения уровней пользователь должен выбрать запись и перейти к оценке риска, после чего определить уровни частоты и тяжести обрабатываемого риска. При задании количественных значений последствий и частот система по методике оценки риска автоматически определяет уровни тяжести и частоты риска, и, на основе сопоставления этих 3

В случае выявления неприемлемого уровня риска пользователь обладает функциональной возможностью инициировать процесс риск-митигации, заключающийся в разработке и добавлении в систему корректирующих мероприятий. Эти мероприятия, направленные на снижение риска, могут носить технический, организационный или процедурный характер – например, внедрение аппаратного резервирования, модификация алгоритмического обеспечения, ужесточение регламентов технического обслуживания или проведение дополнительного обучения персонала. После формализации и фиксации плана мероприятий система предоставляет инструмент для выполнения итеративной повторной оценки риска (Рис. 4). Данная процедура может проводиться многократно, что позволяет моделировать различные сценарии снижения риска и оценивать эффективность предлагаемых мер до их физической реализации. Каждое действие по определению и пересчету уровня риска, инициированное добавлением информации о мерах снижения, автоматически протоколируется и формирует целостный аудиторский след в Журнале учета опасностей проекта.

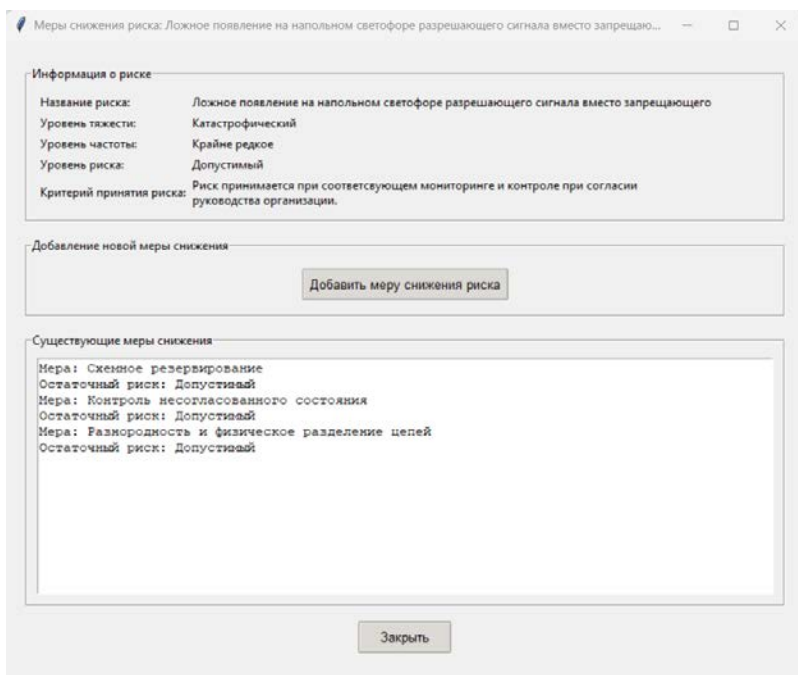


Рис. 4. Обновленное значение риска

Полученный журнал анализа рисков служит не просто архивом, а динамической базой знаний, обеспечивающей сквозную прослеживаемость всех этапов жизненного цикла риска: от его первичной идентификации и исходной оценки до выбранных мер снижения и верификации остаточного риска. Для обеспечения документооборота и предоставления отчетности система обладает функцией экспорта данных журнала. Итоговый отчет формируется в виде структурированного документа в формате MS Word (Рис. 5), включающего такие ключевые разделы, как реестр идентифицированных опасностей с их детальным описанием, результаты первоначальной и всех последующих оценок, перечень корректирующих действий с указанием ответственных лиц, а также заключение о текущем остаточном уровне риска после применения всех запланированных барьеров безопасности.

Журнал учета опасностей

№ опасности	Описание изменения опасности: <i>Ложное пожелание на начальном этапе формирования сигнала о завершающемся событии</i>		
000001	Дата заполнения: <i>12.19.2025</i>	Ответственный за заполнение: <i>Иванов П.И.</i>	
	Причина опасности: <i>Отказ обложки МК</i>		
	Опасное событие: <i>Сход поезда</i>		
	Местонахождение опасности: <i>Станция «Иркутск»</i>		
	Вид опасности: <i>Механический</i>		
	Приоритет опасности: <i>Высокий</i>		
	Существующий риск		
	Уровень частоты	Уровень тяжести последствий	Уровень риска
	<i>Крайне редкий</i>	<i>Катастрофический</i>	<i>Допустимый</i>
	Остаточный риск		
	Уровень частоты	Уровень тяжести последствий	Уровень риска
	<i>Крайне редкий</i>	<i>Критический</i>	<i>Допустимый</i>
	Остаточный риск		
	<i>Крайне редкий</i>	<i>Несущественный</i>	<i>Допустимый</i>

Рис. 5. Журнал учета рисков

Таким образом, программный комплекс не только автоматизирует процесс оценки, но и обеспечивает формализацию и документирование всего процесса управления рисками, делая его прозрачным, обоснованным и полностью соответствующим требованиям стандартов безопасности.

Внедрение программного комплекса позволит создать единую стандартизированную систему управления рисками, соответствующую требованиям отраслевых стандартов. Автоматизация процессов анализа и учета рисков обеспечит значительное повышение эффективности работы и снизит влияние человеческого фактора.

1. ГОСТ 33432-2015. Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта. – М. : Стандартинформ, 2019. – 24 с.

2. ГОСТ 33433-2015 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. – М. : Стандартинформ, 2016. – 35 с.

Kharlap Sergey Nikolaevich,

Ph.D. in Technical Science, Associate Professor

BELARUSIAN STATE UNIVERSITY OF TRANSPORT

(Belarus, Gomel), e-mail: Hsn2013@tut.by,

Kirov str. 34, Gomel, 246653

Busko Ivan Andreevich

Gomel Center for Automated Systems management of the Design

and Technical Center Belarusian Railway, (Belarus, Gomel)

e-mail: king_of_kings@tut.by,

Irininskaya str., 2, Gomel, 246050

OVERVIEW OF THE SOFTWARE COMPLEX FOR PERFORMING A QUALITY RISK ANALYSIS IN THE SAFETY LIFE CYCLE OF RAILWAY AUTOMATION SYSTEMS

The article contains a review of software for qualitative analysis of risks of railway automation systems in accordance with GOST 33433-2015. Software allows you to create risk assessment methodologies, analyze projects, determine risk levels and form accounting logs. The solution aims to improve safety, reduce accidents and comply with regulatory requirements.

Key words: risk management, risk analysis log, qualitative risk analysis, risk matrix, software, safety, rail transport.

Ермашкевич Дмитрий Брониславович, старший научный сотрудник, кандидат технических наук

Исупов Андрей Анатольевич, заместитель заведующего отделом, магистр техники и технологии

Кункевич Андрей Иванович, ведущий инженер, магистр техники и технологии

**БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»**

(Беларусь, Минск), e-mail: autozd@niit.by

ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

О СОСТОЯНИИ МЕЖДУГОРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В 2023-2024 ГОДАХ

В статье рассмотрены особенности мониторинга междугородных автомобильных перевозок грузов в Республике Беларусь. Приведены его основные результаты за 2023-2024 годы.

Ключевые слова: автомобильный транспорт; внутриреспубликанские автомобильные перевозки грузов; перевозчик; мониторинг.

Автомобильный транспорт продолжает занимать одну из важнейших экономических подсистем экономики Республики Беларусь. Поэтому существует потребность в решении задач по устойчивому развитию и эффективному функционированию автомобильного транспорта Республики Беларусь, выполняющего внутриреспубликанские и международные автомобильные перевозки грузов. К таким задачам можно отнести и реализацию приоритетов социально-экономического развития в части повышения уровня доступности, безопасности, качества предоставления транспортных услуг в области перевозок грузов, как во внутриреспубликанском, так и международном сообщениях. Для решения вышеуказанных задач необходимо осуществлять мониторинг рынка автомобильных перевозок грузов, в том числе внутриреспубликанских, и проводить оценку деятельности белорусских автомобильных перевозчиков грузов.

В рамках исследования движения грузопотоков, связанных с доставкой товаров при внутриреспубликанских перевозках в 2024 г., проведен мониторинг и анализ заявок на услуги по междугородным автомобильным перевозкам грузов в разрезе областей и г. Минска по данным запросов от грузоотправителей, грузополучателей и транспортно-

экспедиционных компаний, размещенных на сайте «cmr24.by»³, где определены корреспонденции грузопотоков между пунктами отправления и прибытия, расположенными на территории областей Республики Беларусь, основные виды перевозимых грузов, объемы партий грузов, требуемый подвижной состав для доставки этих грузов. Вместе с тем, согласно [1], в 2024 г. было отмечено повышение объема внутриреспубликанских автомобильных перевозок грузов на 4,0 % к уровню 2023 г.

Распределение общего количества заявок на выполнение междугородных автомобильных перевозок в 2023–2024 гг. из пунктов отправления грузов в разрезе областей и г. Минска показано на рисунке 1.

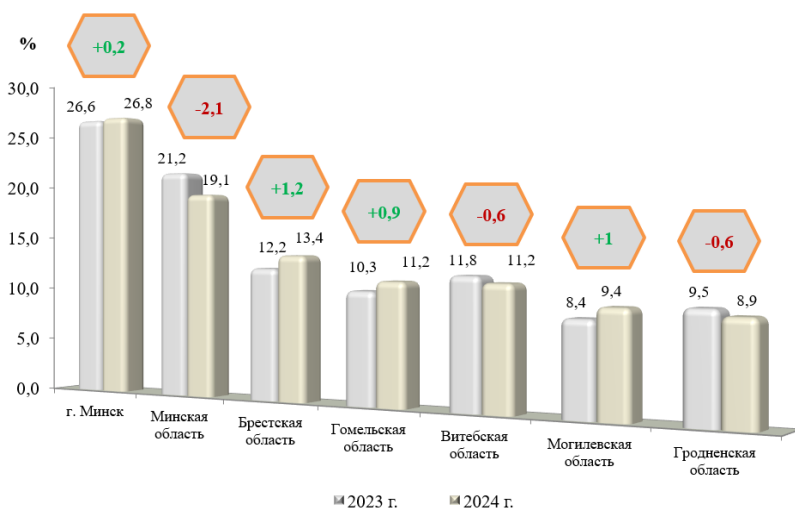


Рис. 1 Распределение общего количества заявок на выполнение междугородных автомобильных перевозок в 2023–2024 гг. из пунктов отправления грузов в разрезе областей и г. Минска

Анализ результатов мониторинга более 0,8 тыс. заявок на перевозки грузов в 2024 г. показал, что наибольшее количество заказов на выполнение междугородных автомобильных перевозок грузов заявлено из г. Минска и пунктов, расположенных на территориях

³ По информации с сайта "cmr24.by": на сайте представлена актуальная информация, которая будет полезна торговым, транспортным, экспедиторским и прочим компаниям. Ежедневно данные обновляются, что позволяет оптимально спланировать маршрут и загрузку транспорта.

Минской области (26,8 % и 19,1 % от общего количества заявок соответственно), Брестской и Витебской областей (13,4 % и 11,2 % соответственно), Гомельской и Могилевской областей (11,2 % и 9,4 % соответственно). Наименьшее количество заявок из Гродненской области (8,9 %) (рисунок 1).

Вес, количество и номенклатура товаров, а также маршруты перевозок между пунктами, расположенными в регионах страны, постоянно меняются в зависимости от спроса. Больше всего по республике в междугородном сообщении автомобильным транспортом перевозили товары народного потребления⁴ (далее – ТНП) и бытовую химию (29,2 % от общего количества заявок), стройматериалы (16,4 %), продукты питания (14,1 %), сырье и материалы (12,6 %), пиломатериалы и изделия из них (8,5 %), тару и стеклотару (6,2 %), металл и металлопрокат (5,3 %), машины и оборудование (4,1 %), пиво и алкогольные напитки (2,1 %), грузы сельскохозяйственного назначения 1,5 % (рисунок 2).

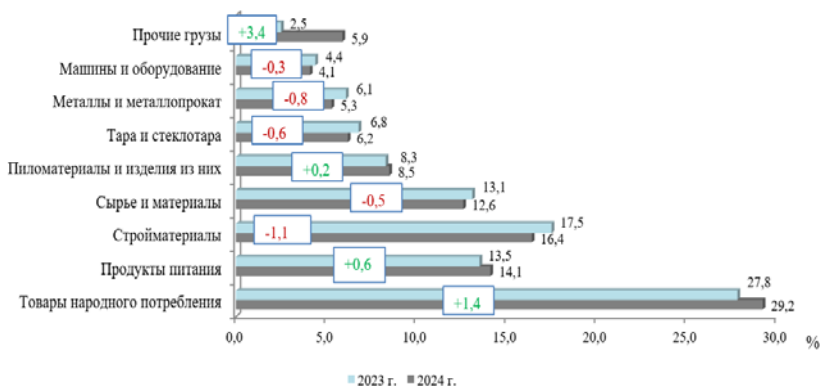


Рис. 2 Распределение общего количества заявок на выполнение междугородных автомобильных перевозок в 2023–2024 гг. по видам грузов

Основной грузопоток складывается из ТНП, стройматериалов, продуктов питания, а также сырья и материалов. Некоторые виды продуктов питания и стройматериалов требуют особых условий при перевозке при неблагоприятных погодных факторах, проявляющихся в виде отрицательной температуры окружающей среды и связанных с климатическими условиями в исследуемый период года. Для таких

⁴ Непродовольственные товары культурно-бытового, хозяйственного назначения, продукция легкой промышленности и другие.

перевозок используются рефрижераторы и изотермические фургоны.

Большинство заявок на выполнение междугородных автомобильных перевозок по видам грузов (56,4 % от общего количества заявок в исследуемый период) приходится на партии грузов весом от 10 000 кг и более. При этом 41,7 % от общего количества заявок на выполнение междугородных автомобильных перевозок грузов приходится на партии грузов весом 20 000 кг и более. На партии грузов весом до 2 999 кг приходится 27,5 % заявок, 3 000–9 999 кг – 16,1 % (рисунок 3).

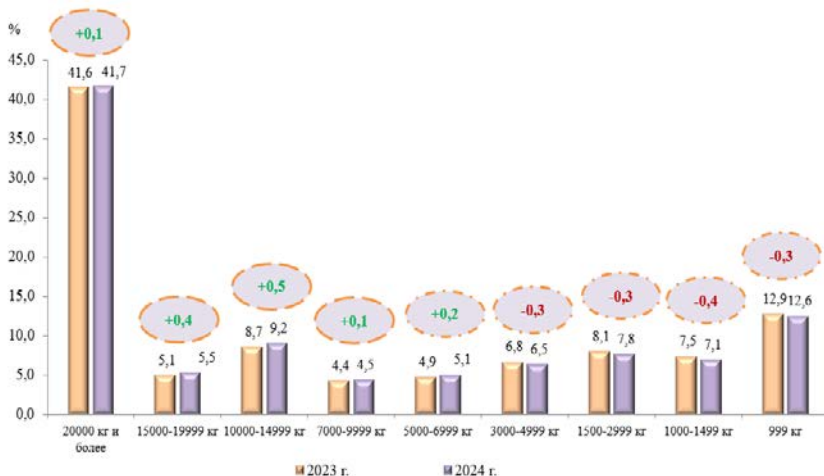


Рис. 3 Распределение общего количества заявок на выполнение междугородных автомобильных перевозок в 2023–2024 гг. по размерам партий грузов

Исходя из потребностей заказчиков в услугах на автомобильные перевозки, наиболее востребованными типами транспортных средств для выполнения междугородных автомобильных перевозок у грузоотправителей являются грузовые автомобильные транспортные средства с закрытым кузовом грузоподъемностью 20 000 кг. Такие же автомобили используются и при перевозках грузов, вес которых 10 000 кг и более.

Наибольшая потребность на выполнение междугородных автомобильных перевозок партий грузов весом 20 000 кг и более наблюдается из Минской области (16,8 % от общего количества заявок данной весовой категории), из Витебской и Брестской областей (16,5 % и 15,9 % соответственно), из Гродненской области (14,4 %), из

Гомельской области (13,1%), наименьшая из Могилевской области и г. Минска (по 11,6% соответственно).

Количество поданных от общего числа заявок на выполнение междугородных автомобильных перевозок партий грузов весом до 999 кг составляет 12,6%, от общего количества заявок и после заявок на грузы свыше 20 000 кг имеет выраженное преимущество относительно остальных партий грузов. При этом партии грузов весом от 1 000 до 1 499 кг составляют 7,1%, от 1 500 до 2 999 кг составляют 7,8%, от 3 000 до 4 999 кг – 6,5%, от 5 000 до 6 999 кг – 5,1%, от 7 000 до 9 999 кг – 4,5%.

При этом в своем сегменте наибольшее количество партий грузов весом до 999 кг формируются в г. Минске и Минской области и составляют 61,6% и 18,2% от общего по республике количества заявок в своем сегменте соответственно. Наибольшее количество мелких партий грузов весом от 1 000 до 2 999 кг с запросом соответствующего транспорта также приходится на отправки из г. Минска и Минской области – 50,4% и 17,9% от общего по республике количества заявок сегмента от 1 000 до 2 999 кг, состоящего в сумме заявок на партии грузов весом от 1 000 до 1 499 кг и от 1 500 до 2 999 кг соответственно.

Следует отметить, что на рынке внутриреспубликанских автомобильных перевозок грузов белорусскими перевозчиками за 2024 г. произошло повышение грузооборота на 4,8% к уровню 2023 г. [1], что свидетельствует о росте рынка этого вида услуг. При этом анализ полученной в результате мониторинга оперативной информации о наличии, структуре и объемах предложений по внутриреспубликанским автомобильным перевозкам грузов в разрезе областей и г. Минска за 2023–2024 гг. показал, что:

– наибольшее количество заявок на перевозки грузов по Республике Беларусь предоставляется заказчиками г. Минска, Брестской, Витебской, Гомельской и Минской областей – 81,7% от общего по республике, что на 0,4 п. п меньше, чем в 2023 г. Наименьшее количество заявок из Могилевской области и Гродненской области (9,4% и 8,9% соответственно), что на 1 п. п больше и 0,6 п. п. соответственно меньше уровня 2023 г.;

– 72,3% от общего объема грузопотоков составляют товары народного потребления, строительные материалы, продукты питания, сырье и материалы (71,9% в 2023 г.), в том числе: 29,2% – товары народного потребления, и бытовая химия, 16,4% – строительные материалы, 14,1% – продукты питания, 12,6% – сырье и материалы;

– для доставки заявляемых к перевозке объемов отправок требуются в основном транспортные средства грузоподъемностью 20 т и более – 41,7% (41,6% в 2023 г.), а также транспортные средства грузоподъемностью от

10 до 20 т – 14,7 % (13,8 % в 2023 г.);

– партии грузов массой до 2 т составляют 22,3 % (23,1 % в 2023 г.) и характерны для всех областей и г. Минска;

– партии грузов от 3 до 5 т составили 6,5 % (6,8 % в 2023 г.) и характерны для Минской и Брестской областей, а также г. Минска;

– для доставки товаров заказчикам автотранспорта требуется в основном закрытый подвижной состав – 77,2 % (75,7 % в 2023 г.), а также открытый бортовой – 9,1 % (8,6 % в 2023 г.), изотермический и рефрижераторы – 13,7 % (15,7 % в 2023 г.).

Таким образом можно отметить, что за период 2023–2024 гг. произошел приток в количестве заказов на выполнение междугородных автомобильных перевозок грузов в Брестской, Гомельской и Могилевской областях в среднем на 10,2 % и снижение в Минской, Витебской и Гродненской областях в среднем на 7,2 %. В г. Минске спрос на внутриреспубликанские перевозки грузов в 2024 г. незначительно вырос и составил 100,7 % к уровню 2023 г.

Наиболее востребованными к перевозке в 2024 г. оставались такие виды грузов, как товары народного потребления и стройматериалы, а вот сырье и материалы утратили свои позиции более чем на 4 % по сравнению с 2023 г. В то же время по транспортным средствам наиболее эксплуатируемые были грузоподъемностью 20 000 кг и более и 10 000–14 999 кг, а транспортные средства грузоподъемностью от 999 кг до 4 999 кг стали меньше использовать при перевозках грузов на 3,7 % по сравнению с уровнем 2023 г.

1. Исследование рынков внутриреспубликанских и международных автомобильных перевозок грузов. Разработка предложений по совершенствованию транспортной деятельности в области автомобильных перевозок грузов: отчет о НИР (заключит.) / БелНИИТ «Транстехника»; рук. А.И. Кункевич. – Минск, 2025. – 58 с. – № ГР НИОКТР 20201741.

Yermashkevich Dzmitry, Ph.D. in Engineering, Senior Research Associate

Isupov Andrei, Deputy Head of the Department of Research in the field of road Transport, Master of Engineering and Technology

Kunkevich Andrei, Lead Engineer, Master of Engineering and Technology

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT

«TRANSTEKHNIKA», e-mail: autozd@niit.by,

Platonova str., 22A, Minsk, 220005, Belarus

**ON THE STATUS OF INTERCITY ROAD CARGO
TRANSPORTATION IN THE REPUBLIC OF BELARUS
IN 2023-2024**

The article discusses the features of monitoring intercity automobile cargo transportation in the Republic of Belarus. Its main results for 2023-2024 are presented.

Key words: road transport; intra-republican road cargo transportation; carrier; monitoring.

Семченков Сергей Сергеевич, кандидат технических наук,
доцент

Лобашов Алексей Олегович, доктор технических наук,
профессор,

Белорусский национальный технический университет
(Беларусь, Минск), e-mail: s.semchenkov@bntu.by,
ул. Якуба Коласа, 12, г. Минск, 220013

Капский Денис Васильевич, доктор технических наук,
профессор,

Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь
(Беларусь, Минск), e-mail: d.kapsky@gmail.com
пр. Независимости, 66, г. Минск, 220072

ИМС-ТРОЛЛЕЙБУСЫ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ В УСТОЙЧИВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРОДОВ

Рассматривается роль ИМС-троллейбусов (англ. In-Motion Charging, заряжаемые в движении) в формировании устойчивых транспортных систем городов в стремлении к снижению экологического воздействия и повышению эффективности маршрутного пассажирского транспорта. Авторы подчеркивают актуальность концепции устойчивых видов транспорта в контексте растущих требований к мобильности, учитывая экономические, социальные и экологические вызовы, а также глобальные факторы, влияющие на устойчивые транспортные системы. Анализируется текущее состояние троллейбусного парка в Республике Беларусь, вводится классификация ИМС-троллейбусов по дальности запаса хода (ИМС-1, ИМС-2, ИМС-3), и оцениваются их преимущества по сравнению с электробусами ОС и ОНС. Основной акцент в статье сделан на стратегических преимуществах ИМС-троллейбусов, таких как высокая энергоэффективность, сокращение выбросов, возможность использования существующей троллейбусной сети, как готовой зарядной инфраструктуры. Работа обосновывает эффективность и практичность применения ИМС-троллейбусов как ключевого инструмента для достижения нулевого уровня выбросов на маршрутном пассажирском транспорте, расширения маршрутной сети и замены автобусных маршрутов.

Ключевые слова: ИМС-Троллейбусы; Устойчивый транспорт; Экологичность; Энергоэффективность; Классификация ИМС; Нулевые выбросы.

Современное общество, характеризующееся высокими требованиями к мобильности, сталкивается с серьезными вызовами, обусловленными экономическими, социальными и экологическими последствиями транспортной деятельности, а также глобальными факторами, такими как демография, парниковый эффект и климат,

ограниченность невозобновляемых ресурсов. Эти вызовы диктуют необходимость немедленного совершенствования стратегий устойчивого планирования городов, с акцентом на роль маршрутного пассажирского транспорта в процессе декарбонизации при обеспечении энергетической эффективности. Маршрутный пассажирский транспорт играет ключевую роль в формировании устойчивых городских транспортных систем, способствуя снижению выбросов парниковых газов и уменьшению нагрузки на уличную сеть. Эффективное функционирование транспорта для массовой перевозки пассажиров обеспечивает высокую пропускную способность и доступность, стимулирует переход от индивидуального автомобильного транспорта, тем самым повышая общую экологическую эффективность и качество жизни в городах. Комплексный подход, включающий сбалансированное развитие всех видов устойчивого транспорта является ключевым для решения этих задач [1].

Предприятия городского электрического транспорта Беларуси эксплуатируют значительный парк подвижного состава троллейбусов, насчитывающий 1313 единиц. Структура парка по состоянию на 01.01.2025 включает в себя 391 ИМС-троллейбус (англ. In-Motion Charging, заряжаемые в движении), способный заряжаться от контактной линии во время движения по маршруту и имеющий запас хода 15-35 км, и 922 ИМФ-троллейбуса (англ. In-Motion Feeding, питаемые в движении), получающих питание исключительно от контактной линии номинальным напряжением 550 В постоянного тока [2].

Серийное производство ИМС- и ИМФ-троллейбусов налажено двумя белорусскими производителями: Минским автомобильным заводом и предприятием «БКМ-Холдинг». При этом в производимых ИМС-троллейбусах для обеспечения возможности полноценной работы на участках маршрутов, не обустроенных контактной линией, нашли широкое применение различные типы тяговых батарей (LFP, LTO, NMC) и молекулярные накопители на основе гибридных суперконденсаторов.

Для обоснования дифференцированного подхода к разработке маршрутов в устойчивых транспортных системах с использованием ИМС-троллейбусов авторами предложена расширенная классификация по критерию дальности запаса хода. В соответствии с этой классификацией, выделяются три класса ИМС-троллейбусов: ИМС-1 (5–15 км), ИМС-2 (15–30 км) и ИМС-3 (30–50 км). Принадлежность конкретной модели троллейбуса к определённому классу определяет его целесообразность применения на конкретных маршрутах в

сформированной или проектируемой маршрутной сети, обеспечивая соответствие дальности запаса хода запросам устойчивой транспортной системы и способствуя повышению эффективности и надёжности перевозок пассажиров [3].

По своим конструктивным характеристикам и технико-эксплуатационным показателям ИМС-троллейбусы представляют собой перспективное инновационное решение для устойчивых городских транспортных систем, эффективно электрифицируя их подвижной состав. Эксплуатация ИМС-троллейбусов предусматривает работу на маршруте в режиме 50 % движения с одновременной зарядкой бортовых накопителей энергии от контактной линии и 50 % движения на участках без контактной линии с получением питания от бортовых накопителей энергии [4].

Интегрирование ИМС-троллейбусов в устойчивые транспортные системы городов предоставляет стратегические преимущества (рис. 1), обусловленные высокими технико-экономическими характеристиками, минимизирующими эксплуатационные издержки. Ключевыми достоинствами стратегии являются значительное сокращение выбросов парниковых газов, высокая пропускная способность линий, эффективное использование существующей контактной сети троллейбуса в городах, высокая производительность, обусловленная эквивалентной традиционному подвижному составу пассажировместимости и отсутствию дополнительных простоев на время зарядки, применение накопителей энергии небольшой ёмкости и сбалансированное рассредоточенное использование тяговых мощностей энергосистемы.

Совокупность данных преимуществ позволяет эффективно сместить акцент в сторону устойчивого транспорта, но при этом избежать недостатки электробусов ОС и ОНС (ограниченный запас хода, недостаточная пассажировместимость, невысокая производительность, значительное время простоев во время зарядки, необходимость приобретения и содержания большого парка подвижного состава и критическая потребность в мощной зарядной инфраструктуре) [5; 6].

Необходимо отметить, что сфера применения ИМС-троллейбусов в устойчивых транспортных системах определяется сложной взаимосвязью между геометрией маршрутной сети и инфраструктурными параметрами. Эффективность использования ИМС-троллейбусов непосредственно зависит от плотности маршрутной сети и конфигурации маршрутов, включая план и профиль пути, длины сегментов маршрутов, которые в совокупности определяют технико-эксплуатационные параметры.

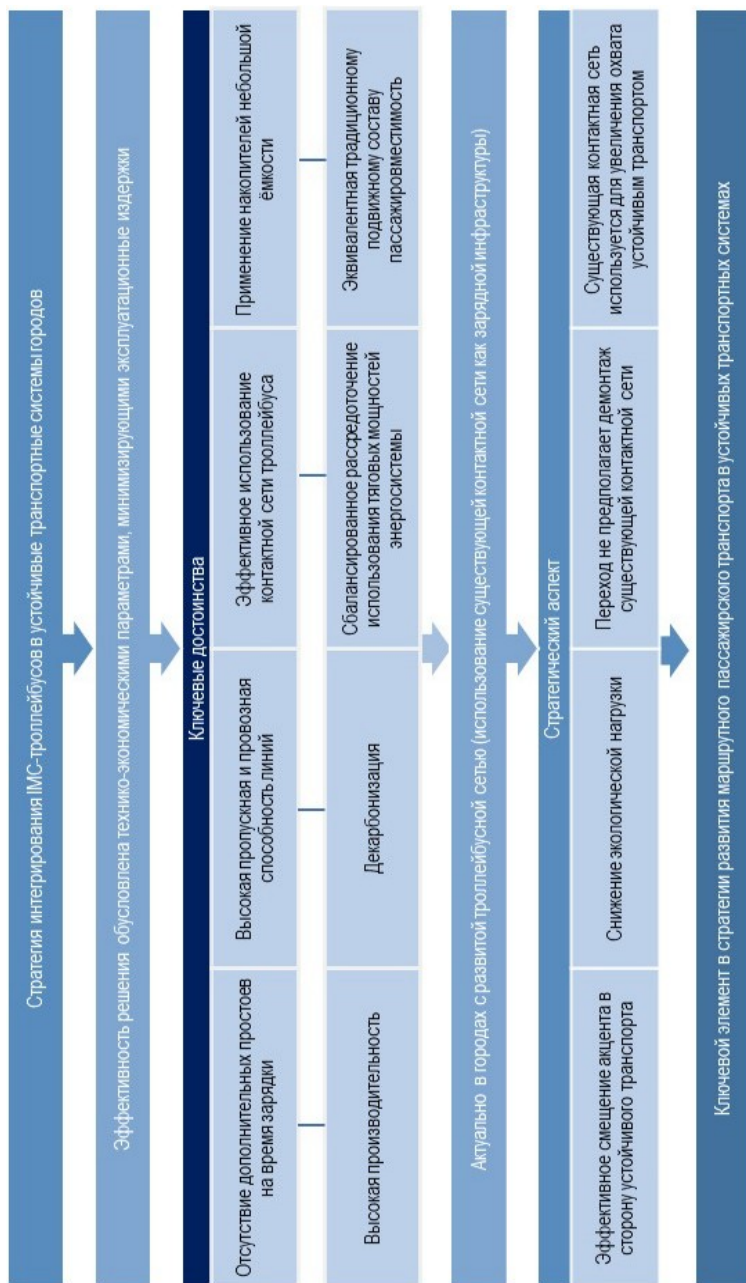


Рис. 1. Стратегия интегрирования ИМС-троллейбусов в устойчивые транспортные системы

Проведенное исследование показывает, что для большинства городов, имеющих троллейбусную систему, наибольший интерес представляют ИМС-троллейбусы, соответствующие по своим параметрам классам ИМС-2 и ИМС-3. Троллейбусы ИМС-2 по своим параметрам предоставляют возможность движения на участках без контактной линии протяженностью до 15 км. Это обуславливает их целесообразность для продления существующих троллейбусных маршрутов в «вылетном направлении» на расстояние до 7,5 км от точки маршрута с контактной линией, с организацией оборота в конечной точке и последующим возвращением к участку с контактной линией, а также для организации принципиально новых маршрутов, участки без контактной линии которых будут располагаться на различных сегментах маршрута (например, в его центральной части или в инверсном порядке).

В свою очередь, троллейбусы ИМС-3 демонстрируют высокую эффективность при организации устойчивых транспортных связей внутри городских агломераций. Их применение способствует повышению транспортной доступности.

Таким образом, выбор между классами ИМС-2 и ИМС-3 определяется задачами, стоящими перед устойчивой транспортной системой, при этом ИМС-2 ориентированы на расширение зоны охвата троллейбусных маршрутов и организацию гибких схем движения, в то время как ИМС-3 рациональны для обеспечения стабильных транспортных связей в масштабе агломерации.

Необходимо отметить, что применение троллейбусов класса ИМС-1 в контексте устойчивых транспортных систем представляется целесообразным для эксплуатации на «установившихся» маршрутах, характеризующихся относительно небольшой дистанцией без контактной линии (не превышающей 5 км). Также применение ИМС-1 оправдано для организации временных маршрутов, связанных с проведением плановых или аварийных (ремонтно-восстановительных) работ на объектах уличной сети или инфраструктурных объектах. Такие маршруты характеризуется протяжённостью сегментов автономного хода не более 1 км, что входит в сферу применения класса ИМС-1 и позволяет избежать необходимости изменения существующей трассировки контактной линии.

Логико-структурная схема исследования области применения ИМС-троллейбусов и полученные на момент публикации результаты представлены на рисунке 2. Для объективизации параметров эффективности ИМС-троллейбусов на действующей маршрутной сети в рамках оценки устойчивых транспортных систем и определения её резервов и потенциала необходима разработка системы многоуровневой оценки эффективности.

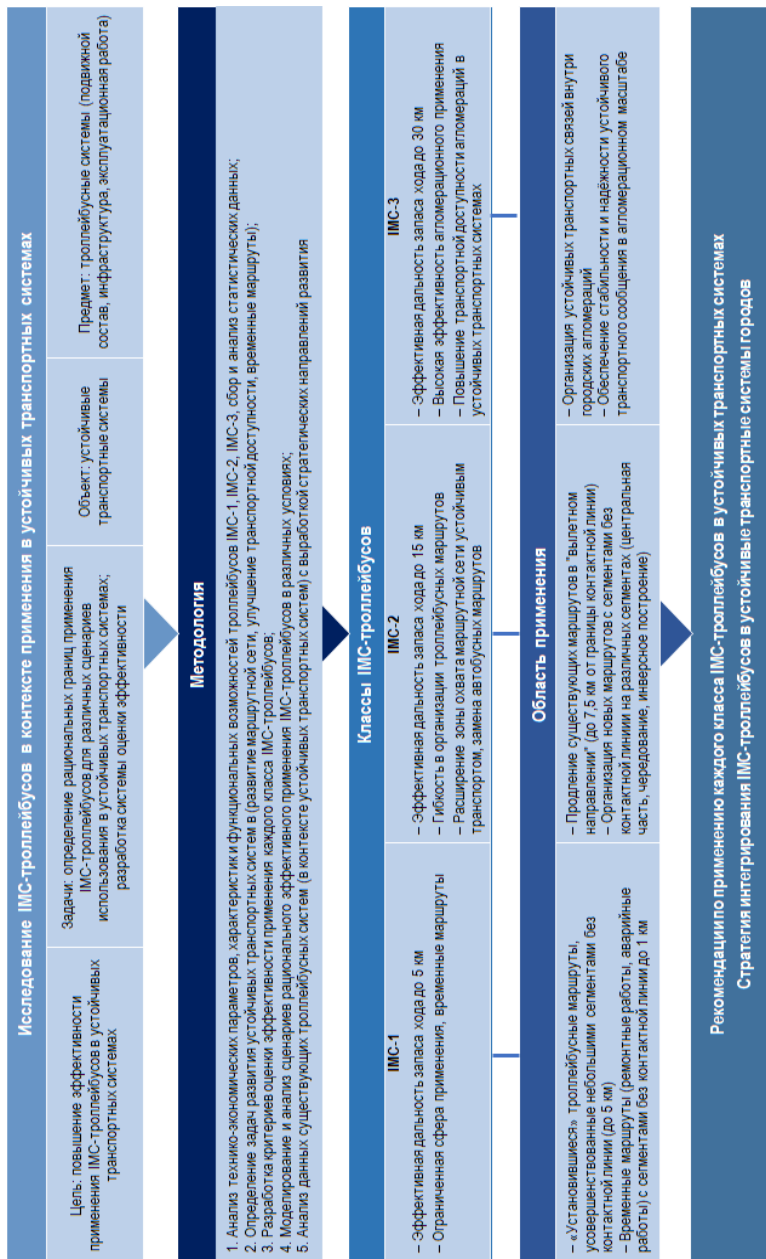


Рис. 2. Логико-структурная схема исследования эффективности ИМС-троллейбусов

Концептуально данная система включает анализ эксплуатационных показателей, оценку экологического воздействия, экономический анализ, социальный аспект, интегрированность в городскую инфраструктуру. В то же время, необходим инструмент, который позволит выполнить оценку, применимую к любой транспортной системе на макроуровне. Применение различных плоскостей оценки, от локального (отдельный маршрут) до глобального (вся система), позволит определить приоритеты для улучшения и сформулировать обоснованные решения для достижения устойчивого развития в рамках существующей транспортной системы.

Эксплуатация ИМС-троллейбусов в Республике Беларусь начата в 2017 г., наибольшее количество ИМС-троллейбусов (78,8 %) насчитывается в г. Минске. В этой связи авторы полагают целесообразным подойти к определению уровней оценки эффективности использования ИМС-троллейбусов на примере г. Минска.

В исследовании в качестве первого уровня оценки вводится анализ коэффициента α_v выпуска ИМС-троллейбусов на линию на маршруты, часть трассы которых проходит по участкам без контактной линии. Для определения коэффициента выпуска необходимы сведения о наличии подвижного состава и о выпуске троллейбусов на маршруты. Данные о подвижном составе ИМС-троллейбусов по состоянию на 01.10.2025 сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Наличие подвижного состава ИМС-троллейбусов в г. Минске

Модель, парк	ТП2	ТП3	ТП4	ТП5	Итого
АКСМ-32100D				25	25
АКСМ-43300D	14	18		18	50
МАЗ-203Т70	37	38	53	27	155
МАЗ-303Т20	15	25		38	78
Итого	66	81	53	108	308

Из расписания движения троллейбусных маршрутов, размещённого в открытых источниках, определена информация о выпуске ИМС-троллейбусов на маршруты, часть трассы которых проходит по участкам без контактной линии, в рабочие дни по первой и второй диспетчерской сменам. Систематизированная информация сведена в таблицу 2.

Таблица 2

Выпуск ИМС-троллейбусов в рабочий день в г. Минске

№ м-та	Наименование маршрута	Выпуск 1 см.	Выпуск 2 см.	Примечание
1	Зелёный Луг-7-ст.м. Московская	9	7	
18	Сухарево-5-Люцинская	2	2	
21	Сухарево-5-Люцинская	5	5	
22	Карастояновой-Лошица-2	16	13	
23	Лермонтова-Червенский рынок	4	4	
40а	Карастояновой-Ю. Семеняко	6	3	Изменённые рейсы маршрута № 40
45	Сухарево-5-ст.м. Петровщина	5	5	
50	Лошица-2-ст.м. Автозаводская	4	3	
52	Малиновка-4-Люцинская	10	10	
56	Серебрянка-Дражня	7	6	
79	Ангарская-4-ст.м. Могилёвская	2	2	
82	Серебрянка-Корженевского	8	8	
90	АС Юго-Западная-Ю. Семеняко	9	9	
Итого:		87	77	
Коэффициент выпуска α_v		28 %	25 %	

Анализ коэффициента выпуска α_v подвижного состава ИМС-троллейбусов на маршруты, часть трассы которых проходит по участкам без контактной линии в г. Минске, выявил значения 28 % и 25 % для первой и второй диспетчерских смен соответственно (в то время как среднее значение по городскому электрическому транспорту составляет 80–82 %).

Это значительное расхождение указывает на наличие существенных резервов для расширения маршрутной сети с применением ИМС-троллейбусов и, следовательно, для развития устойчивой транспортной системы города.

В настоящее время в рамках продолжения авторских исследований в данной предметной области проводится анализ оценок следующих уровней, направленных на раскрытие потенциала ИМС-троллейбусов в существующих транспортных системах.

В заключение следует отметить, что ИМС-троллейбусы представляют собой эффективное, экономичное и практичное решение для достижения нулевого уровня выбросов в сфере маршрутного пассажирского транспорта. Их применение особенно актуально в городах с развитой троллейбусной сетью, где существующая контактная сеть может использоваться как готовая зарядная инфраструктура. Стратегически, переход на ИМС-троллейбусы не подразумевает

демонтаж уже существующей контактной сети, а наоборот, предполагает её использование для расширения функциональности и охвата маршрутной сети, включая создание новых маршрутов и замену автобусных линий.

Таким образом, сфера применения ИМС-троллейбусов выходит за рамки простой замены физически устаревшего подвижного состава и охватывает широкий спектр задач, направленных на развитие устойчивых транспортных систем. ИМС-троллейбусы являются ключевым элементом в стратегии развития маршрутного пассажирского транспорта, способствуя снижению экологической нагрузки и повышению эффективности перевозок пассажиров в устойчивых транспортных системах.

1. Капский, Д. В. Организация дорожного движения с учетом электрического маршрутного пассажирского транспорта / Д. В. Капский, С. С. Семченков, Е. Н. Кот // Экономика Северо-Запада. – 2021. – № 2 – С. 66-77.

2. Семченков, С. С. Секторальный метод повышения эффективности маршрутного пассажирского транспорта / С. С. Семченков и др. // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1-2(80). – С. 64-73.

3. Kapski, Denis & Semchenkov, Sergey & Korolchuk, Maxim & Umidulla, Abdurazzokov. (2024). Identification of key route indicators to compare different modes of transport. BIO Web of Conferences. 145. 03017. 10.1051/bioconf/202414503017

4. Капский, Д. В. Повышение эффективности применения информации при организации перевозок пассажиров в городах / Д. В. Капский, С. С. Семченков, О. Н. Ларин // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 323-330.

5. Лобашов, А. О. Закономерности изменения скорости транспортных потоков в городах / А. О. Лобашов, Д. В. Капский, С. С. Семченков // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2024. – № 1(49). – С. 67-70.

6. Semtchenkov Sergey. Application of the sectoral method to improve the efficiency of route passenger transport / Semtchenkov Sergey, Kapsky Denis, Andrzej Czerepicki // WUT Journal of Transportation Engineering – 2022. – № 134 – С. 17–33.

Semchenkov Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Lobashov Alexey Olegovich, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Belarusian National Technical University (Belarus, Minsk),
e-mail: s.semchenkov@bntu.by,

Yakub Kolas str., 12, Minsk, 220013

Kapsky Denis Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor,

The Higher Attestation Commission of the Republic of Belarus
(Belarus, Minsk), e-mail: d.kapsky@gmail.com,

Nezavisimosti Ave., 66, Minsk, 220072

IMC TROLLEYBUSES AS A KEY ELEMENT: STRATEGIC ANALYSIS OF INTEGRATION INTO SUSTAINABLE URBAN TRANSPORT SYSTEMS

The role of IMC trolleybuses (In-Motion Charging) in the formation of sustainable urban transport systems in an effort to reduce environmental impacts and increase the efficiency of route passenger transport is considered. The authors emphasize the relevance of the concept of sustainable modes of transport in the context of increasing mobility requirements, taking into account economic, social and environmental challenges, as well as global factors affecting sustainable transport systems. The current state of the trolleybus fleet in the Republic of Belarus is analyzed, the classification of IMC trolleybuses by power reserve range (IMC-1, IMC-2, IMC-3) is introduced, and their advantages over OC and ONC electric buses are evaluated. The main focus of the article is on the strategic advantages of IMC trolleybuses, such as high energy efficiency, reduced emissions, and the ability to use the existing trolleybus network as a ready-made charging infrastructure. The work substantiates the effectiveness and practicality of using IMC trolleybuses as a key tool for achieving zero emissions in route passenger transport, expanding the route network and replacing bus routes.

Key words: IMC trolleybuses; Sustainable transport; Environmental friendliness; Energy efficiency; IMC classification; Zero emissions.

Афанасьев Алексей Павлович директор, магистр технических наук.

Сафонова Алина Павловна, заведующий сектором научных исследований и проектов, магистр технических наук

Браим Дмитрий Николаевич инженер второй категории сектора научных исследований и проектов, магистр технических наук.

Бабей Руслан Олегович инженер-конструктор второй категории сектора научных исследований и проектов, магистр технических наук.

Открытое акционерное общество «Белсудопроект»,

(Беларусь, Минск, Гомель),

e-mail: snip@belsudoproekt.by, dir@belsudoproekt.by

ул. Чичерина, 19, к. 402а, г. Минск, 220029

ул. Пушкина, 24а, г. Гомель, 246050

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПРОЕКТНЫХ УРОВНЕЙ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ РАСЧЕТНЫХ ФОРМУЛ

В статье рассмотрено определение оптимальных значений проектных уровней на внутренних водных путях Республики Беларусь. Значения проектных уровней определялись по результатам расчетов повторяемости и обеспеченности с применением различных расчетных формул. В результате сравнения полученных по различным расчетным формулам значений повторяемости и обеспеченности уровней воды выбрана формула для определения оптимальных значений проектных уровней на внутренних водных путях Республики Беларусь, дающая наименьшую погрешность расчета.

Ключевые слова: проектный уровень; формула; уровень; повторяемость; обеспеченность.

Внутренние водные пути Республики Беларусь составляют около 2143 км, из которых приблизительно 1260 км имеют гарантированные габариты. Внутренние водные пути Республики Беларусь в основном характеризуются мелководьем. Эффективная работа флота в таких условиях существенным образом зависит от достоверности информации об уровнях воды, и, как следствие, от гарантированных глубин судового хода. Однако, в связи с изменением климата, а также с сильным антропогенным вмешательством в естественные русловые процессы рек, на внутренних водных путях республики наблюдается падение уровней воды, которое оказывает негативное влияние на гарантированные глубины.

Проектный уровень является важнейшей характеристикой внутренних водных путей, поскольку его значения используются при установке гарантированных глубин судового хода, а также для выполнения русловых работ, направленных на поддержание уже установленных гарантированных глубин. Как правило, проектные уровни устанавливаются на опорных гидростаях на основании многолетних данных наблюдений за урочными режимами рек.

На большинстве внутренних водных путей Республики Беларусь проектный уровень был установлен ещё в прошлом веке и с тех пор не пересматривался. Таким образом, существующие значения проектных уровней не отвечают настоящим гидрологическим характеристикам рек и требуют пересмотра.

В ходе исследования, на основании данных многолетних наблюдений за урочными режимами рек, определены отметки проектных уровней с использованием различных расчетных формул.

Для расчета повторяемости и обеспеченности используются различные расчетные формулы, которые, согласно источникам [1–4], применимы для расчета эмпирической повторяемости и обеспеченности расходов воды.

Данные расчетные формулы используются для построения эмпирических кривых обеспеченности расходов воды. Однако не на всех гидрологических постах, расположенных на внутренних водных путях Республики Беларусь, проводятся измерения расходов воды. Поэтому были выбраны несколько различных расчетных формул для расчета вероятностей превышения уровней воды, построения графиков повторяемости и кривых обеспеченностей уровней воды, а также определения проектных уровней на гидрологических постах.

Для расчета повторяемости и обеспеченности применялись следующие формулы:

Формула эмпирической вероятности (формула Гаусса)

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

Формула Алексева

$$P = \frac{m - 0,25}{n + 0,5} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

Формула Чегодаева

$$P = \frac{m - 0,3}{n + 0,5} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

Формула Хазена

$$P = \frac{m - 0,5}{n} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

Формула Крицкого-Менкеля

$$P = \frac{m}{n + 1} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

В формулах (1–5) используются следующие обозначения:

P – повторяемость и обеспеченность уровней воды, %

m – число повторений, расположенных нарастающим итогом для каждого интервала,

n – общее число значений в массиве выборки.

Для каждой приведенной формулы сначала производится расчет повторяемости, затем по этим же формулам производится расчет обеспеченности.

Формула эмпирической вероятности (формула Гаусса) (1) дает приемлемые результаты при большом числе значений n применительно к членам ранжированного ряда, расположенным в зоне, примыкающей к центру распределения. Для последнего члена ряда вероятность всегда будет 100 %, а для первого члена ряда вероятность будет $1/n$, что является довольно «грубой» оценкой вероятности. Однако при большом количестве членов выборки, а также при конечном значении n , данная формула может быть применена для расчета повторяемости и обеспеченности с некоторой систематической погрешностью [1].

Формула Алексева (2) может применяться для построения асимметричных кривых, таких как кривые количества осадков, числа дней с определенными явлениями и т. д. [2, 5]. Данная формула дает значения близкие к формуле Чегодаева, поэтому ее также можно применять для расчета и построения кривых повторяемости и обеспеченности.

Формула Чегодаева (3) применяется для расчета и построения кривых обеспеченности годового стока [1, 5].

Формула Хазена (4) заменяет ступенчатый график эмпирической кривой повторяемости сглаженной кривой, проходящей через центры ступенек графика [1, 4, 5]. Данная формула занижает характеристики малых расчетных обеспеченностей (близких к 1 %).

Формула Крицкого-Менкеля (5) используется в расчетах обеспеченности стока и/ наивысших уровней воды с 1948 года. При использовании этой формулы в расчетах обеспеченности создается некоторый запас в оценке надежности значений переменных малой расчетной обеспеченности, т. е. переменных, близких к 1 % обеспеченности [1, 3–5].

Определение проектных уровней производилось на основании данных таблиц об уровненом режиме рек Государственного водного кадастра «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» за период 1981–2019 гг.

Значения проектных уровней, определенных на основании значений повторяемости и обеспеченности, рассчитанных по формулам (1–5), представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения проектных уровней, определенных по рассчитанным значениям повторяемости и обеспеченности (формулы (1–5))

Наименование реки	Наименование ГП	ПУ над «0» поста, см				
		Формула Гаусса	Формула Алексеева	Формула Хазена	Формула Крицкого-Менкеля	Формула Чегодаева
Березина	Светлогорск	+396	+393	+393	+396	+394
	Бобруйск	+1	-3	-5	+1	-3
	Березино	+89	+86	+83	+89	+86
	Борисов	+57	+54	+51	+57	+53
Горынь	Малые Викоровичи	+175	+167	+155	+175	+165
Днепр	Лоев	+74	+68	+64	+74	+67
	Речица	+44	+41	+37	+44	+40
	Жлобин	+50	+45	+40	+50	+44
	Могилев	+20	+17	+12	+20	+16
	Орша	+63	+62	+60	+63	+62
Западная Двина	Сураж	+60	+50	+52	+60	+55
	Витебск	+14	+14	+14	+14	+14
	Улла	+522	+522	+522	+522	+522
Неман	Мосты	+31	+30	+27	+31	+29
	Гродно	+11	+11	+11	+11	+11
Припять	Наровля	+79	+67	+58	+79	+65
	Мозырь	+80	+75	+70	+80	+74
	Петриков	+438	+433	+425	+438	+432
	Черничи	+222	+218	+212	+222	+216
	Пинск (мост Любанский)	+39	+36	+32	+39	+35

Наименование реки	Наименование ГП	ПУ над «0» поста, см				
		Формула Гаусса	Формула Алексеева	Формула Хазена	Формула Крицкого-Менкеля	Формула Чегодаева
Пина	Пинск	+101	+100	+99	+101	+100
Сож	Кричев	+63	+61	+59	+63	+61
	Славгород	+50	+48	+50	+50	+48
	Гомель	+5	+2	-2	+5	+1

Из таблицы 1 видно, что значения проектных уровней, определенных на основании расчета повторяемости и обеспеченности по формулам эмпирической зависимости (формула Гаусса) и Крицкого-Менкеля, являются одинаковыми.

Значения проектных уровней, определенных с применением формулы Хазена, несколько меньше по сравнению со значениями, определенными с применением формул эмпирической зависимости (формула Гаусса) и Крицкого-Менкеля. Таким образом, значения проектных уровней, определенные по результатам расчета повторяемости и обеспеченности с применением формулы Хазена занижаются.

Значения проектных уровней, определенных с применением формулы Алексеева, близки к значениям уровней, определенных с применением формулы Чегодаева. Однако, как и в случае со значениями проектных уровней, определенных по результатам расчетов повторяемости и обеспеченности с применением формулы Хазена, значения, полученные с применением формул Алексеева и Чегодаева, меньше, чем значения, полученные с применением формул эмпирической зависимости (формула Гаусса) и Крицкого-Менкеля. Таким образом, значения проектных уровней, определенные с применением формул Алексеева и Чегодаева, занижены, однако они несколько больше, чем значения, определенные с помощью формулы Хазена.

Учитывая, что формулы Хазена, Алексеева и Чегодаева занижают значения определенных проектных уровней, а при использовании формулы эмпирической зависимости (формулы Гаусса) для последнего члена ряда вероятность всегда будет 100 % и для первого члена ряда вероятность будет $1/n$, что является довольно «грубой» оценкой вероятности, то для расчетов повторяемости и обеспеченности, и дальнейшего определения значений проектных уровней необходимо использовать формулу Крицкого-Менкеля.

Кроме того, как показали расчеты повторяемости и обеспеченности, проведенные по формуле эмпирической зависимости

(формуле Гаусса), при достаточно длинном ряде наблюдений значения проектных уровней схожи со значениями, определенными с помощью формулы Крицкого-Менкеля. Поэтому, при достаточно длинном ряде наблюдений, для определения проектных уровней можно использовать формулу эмпирической зависимости (формулу Гаусса) наравне с формулой Крицкого-Менкеля.

Проведенный расчет и анализ полученных результатов показал, что формулы Хазена, Алексеева и Чегодаева занижают полученные значения проектных уровней. Формулу Гаусса целесообразно применять при наличии большого ряда наблюдений, т. к. для первого члена ряда вероятность будет $1/n$, а для последнего – всегда 100 %. Определение значений проектных уровней с использованием формулы Крицкого-Менкеля является наиболее точным т. к. создается некоторый запас в оценке надежности значений переменных малой расчетной обеспеченности, т.е. переменных, близких к 1 % обеспеченности.

Исходя из вышеизложенного для определения оптимальных значений проектных уровней подходит формула Крицкого-Менкеля. Однако при большом ряде наблюдений для определения оптимальных значений проектных уровней также подходит формула эмпирической зависимости (формула Гаусса).

1. Рождественский, А. В. Статистические методы расчета в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.

2. Сеницина, Н. И. Агроклиматология / Н. И. Сеницина, И. А. Гольцберг, Э. А. Струнников ; под ред. И. А. Гольцберг. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1973 – 344 с.

3. Арсеньев, Г. С. Основы управления гидрологическими процессами: водные ресурсы. Учебник / Г. С. Арсеньев – СПб.: изд. РГГМУ, 2005 – 231 с.

4. Сикан, А. В. Вероятностные распределения в гидрологии. Специальные главы теории и практики гидрологических расчетов: учебник / А. В. Сикан. – СПб.: РГГМУ, 2020. – 286 с.

5. Рождественский, А. В. Оценка точности гидрологических расчетов / А. В. Рождественский, А. В. Ежов, А. В. Сахарюк. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. – 277 с.

Afanassiev Aleksey, director
JSC "Belsudoproekt" (Belarus, Minsk)
e-mail: dir@belsudoproekt.by,
19, Chicherina str., apt. 402a, Minsk, 220029
Safonova Alina, Braim Dmitry, Babei Ruslan
JSC "Belsudoproekt" (Belarus, Gomel),
e-mail: sniip@belsudoproekt.by,
24a, Pushkina str., Gomel, 246050

DETERMINATION OF OPTIMAL VALUES OF DESIGN WATER LEVELS ON INLAND WATERWAYS USING VARIOUS CALCULATION FORMULAS

The article discusses the determination of optimal values of design levels for inland waterways of the Republic of Belarus. The design level values were established based on calculations of recurrence and reliability using various calculation formulas. As a result of comparing the recurrence and reliability levels obtained with different formulas, the most accurate formula for determining the optimal design water levels for inland waterways of the Republic of Belarus has been selected, providing the smallest calculation error.

Key words: design level; formula; level; recurrence; reliability.

Матанцева Ольга Юрьевна, доктор экон. наук, канд. техн. наук, доцент, заместитель генерального директора по научной работе ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (ОАО «НИИАТ»), профессор кафедры Экономики автомобильного транспорта Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), (Россия, Москва)

Залыгина Софья Кира Игоревна, специалист научно-исследовательского отдела Экономики транспорта ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (ОАО «НИИАТ»), (Россия, Москва)

E-mail: omat@niiat.ru, s.zalygina@niiat.ru, 125480, Россия, Москва, Героев Панфиловцев ул., д.24

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДОВ НА ОБНОВЛЕНИЕ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РЕГУЛЯРНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПО РЕГУЛИРУЕМЫМ ТАРИФАМ

В данной статье рассмотрены некоторые особенности определения начальной (максимальной) цены контракта при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом на территории Российской Федерации. Авторами разъяснены изменения в порядке расчета объемов бюджетного финансирования расходов на обновление транспортных средств, вносимые в нормативно-правовую базу определения начальной (максимальной) цены контракта.

Ключевые слова: способы начисления амортизации; срок полезного использования; стоимость автобусов; возрастная структура парка автобусов.

Согласно пункту 1 части 2 статьи 14 Федерального закона «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1] осуществление регулярных перевозок пассажиров по регулируемым тарифам обеспечивается посредством заключения государственного или муниципального контракта в порядке, установленном законодательством Российской Федерации (Федеральный закон от «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» [2]).

В соответствии с частью 22 статьи 22 [2] Правительством Российской Федерации принято постановление «О сфере деятельности, в которой при осуществлении закупок устанавливается порядок определения начальной (максимальной) цены контракта, цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), начальной цены единицы товара, работы, услуги и федеральном органе исполнительной власти, устанавливающим такой порядок» [3].

В целях реализации постановления [3] Минтранс России утверждён Порядок определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (далее – Порядок) [4]. Основой для разработки Порядка являлись Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом общего пользования [5]. За период с момента утверждения последней редакции Методических рекомендаций произошли значительные изменения на рынке труда работников основных специальностей (водители, кондукторы, рабочие по ремонту транспортных средств), марочного состава используемых пассажирских транспортных средств, изменились трудоёмкости технического обслуживания и ремонта пассажирских транспортных средств, увеличились нормативные пробеги между техническими обслуживаниями, появились новые типы пассажирских транспортных средств. Произошедшие изменения привели к необходимости актуализации нормативной и методической базы в части определения стоимости транспортной работы при перевозке пассажиров и багажа в городском, пригородном и междугородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом.

При проведении конкурсов для заключения контракта часто предъявляется требование к максимальному сроку эксплуатации транспортных средств. Исходя из этого цена контракта должна формироваться таким образом, чтобы существовала возможность воспроизводства транспортных средств.

Понятие «срок полезного использования» связано с начислением амортизации на основные средства, поэтому анализ сроков службы пассажирских транспортных средств необходимо проводить с учетом действующих систем начисления амортизации при налогообложении и бухгалтерском учете.

В результате анализа данных о деятельности перевозчиков, осуществляющих регулярные перевозки пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в субъектах Российской Федерации, за период 2020-2022 гг., полученных по запросу Минтранса России в органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, установлены данные о фактических сроках службы транспортных средств и их пробеге до списания в связи с физическим износом, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Фактические срок службы и пробег до списания автобусов, используемых для перевозок пассажиров на регулярных маршрутах

Вид транспортных средств	Класс транспортных средств	Число транспортных средств, ед.	Срок службы до списания, лет		Пробег до списания, тыс. км	
			интервал	среднее значение	интервал	среднее значение
Автобус	малый	47	5 - 22	14	135-1659	573
Автобус	средний	91	2 - 19	9	12-1227	382
Автобус	большой	918	6 - 24	13	2-1627	664
Автобус	особо большой	89	9 - 18	13	414-1050	630

В таблице 2 приведены фактические сроки службы и пробеги до списания автобусов

Таблица 2

Фактические сроки службы и пробеги автобусов до списания

Срок службы, лет	до 2 включительно	выше 2 до 5	выше 5 до 8	выше 8 до 11	выше 11 до 14	выше 14 до 17	выше 17 до 20	выше 20 до 23	выше 23 до 26	выше 26
Число автобусов, ед.	3	7	177	220	484	190	27	34	2	1
Доля автобусов, %	0,3	0,6	15,5	19,2	42,3	16,6	2,4	3,0	0,2	0,1
Пробег до списания, тыс. км	до 50	выше 50 до 100	выше 100 до 150	выше 150 до 300	выше 300 до 500	выше 500 до 750	выше 750 до 1000	выше 1000 до 1250	выше 1250 до 1500	выше 1500
Число автобусов, ед.	11	4	13	103	218	479	187	95	24	11
Доля автобусов, %	1,0	0,3	1,1	9,0	19,0	41,8	16,3	8,3	2,1	1,0

Модернизация и инновационные процессы в сфере пассажирского автомобильного транспорта общего пользования должны базироваться на совершенствовании экономических методов управления пассажирскими перевозками. Экономические методы управления – это совокупность средств и инструментов, с помощью которых осуществляется целенаправленное воздействие на основные элементы деятельности организации: цели, задачи, структуру, технологии и людей для создания благоприятных условий обеспечения ее эффективного функционирования и развития в рыночной экономике. Первоочередной проблемой на пассажирском автомобильном транспорте является обновление парка транспортных средств, поскольку только при наличии автобусов можно осуществить перевозку пассажиров. Все остальные задачи возникают после решения первой проблемы. Поэтому совершенствование экономических методов управления необходимо начинать с формирования источников инвестиций для обновления транспортных средств.

В соответствии с действующим Порядком [4] максимальная стоимость работы транспортных средств i -го класса за весь срок действия контракта (C_i) определяется по формуле (1) (здесь и далее по тексту индекс i относится к классу автобуса, определяемому в соответствии с [1], j - к номеру маршрута, t - к году срока исполнения контракта).

$$C_i = \sum_{t=1}^m \left(\left(S_{ti} \times R \times \frac{L_{ti}}{\beta} \right) + M_i \times \Pi_i \times K_{\text{псс}} \times I_{\text{mot}} \times \frac{r}{(12 \times T_{ni})} \right), \text{руб.} \quad (1)$$

где S_{ti} - определенные в соответствии с приложениями №№ 1, 2 и 3 к Порядку максимальные себестоимости 1 км пробега соответственно автобусов, трамваев и троллейбусов, руб./км;

R - уровень рентабельности (принимается равным значению 1,096);

L_{ti} - предусмотренный контрактом пробег автобусов i -го класса в t -м году срока действия контракта, км;

β - коэффициент использования пробега (принимается равным значению 0,9 при перевозках в городском сообщении, 0,91 - в пригородном сообщении и 0,95 - в междугородном сообщении);

M_i - минимальное количество транспортных средств i -го класса, необходимое для выполнения регулярных перевозок по маршрутам, предусмотренным контрактом (определяется с учетом возможности выполнения перевозок по нескольким маршрутам одним и тем же транспортным средством в случае, если это допускается установленными расписаниями перевозок), ед.;

C_i - средняя рыночная стоимость новых транспортных средств i -го класса на дату начала проведения расчета НМЦК, руб.;

I_{mot} - индекс цен на машины и оборудование для t -го года срока действия контракта (принимается равным прогнозируемому индексу цен производителей на продукцию машиностроения для каждого года срока действия контракта, определяемому Минэкономразвития России в прогнозе социально-экономического развития Российской Федерации (если срок действия контракта превышает срок прогноза, индекс цен производителей на продукцию машиностроения для каждого года срока действия контракта, не указанного в прогнозе, принимается равным индексу цен производителей на продукцию машиностроения, указанному для последнего года прогноза));

T_{ni} - срок службы транспортных средств i -го класса (принимается в соответствии с таблицей 3), лет;

K_{psc} - коэффициент повышения расходов на обновление подвижного состава в связи с мероприятиями по восстановлению работоспособности и качественных характеристик подвижного состава, требующими существенных расходов (в том числе капитальный ремонт подвижного состава для автобусов и электробусов принимается равным 1,0);

m - срок действия контракта, лет;

g - общее количество месяцев исполнения контракта, в том числе неполных.

Таблица 3

Срок службы транспортных средств		
Вид транспорта	Класс транспортных средств	Срок службы, лет
Автобус	особо малый	5
Автобус	малый	5
Автобус	средний	7
Автобус	большой	7
Автобус	особо большой	7
Трамвай	все классы	30
Троллейбус	все классы	15

Средняя рыночная стоимость новых транспортных средств i -го класса на дату начала проведения расчета НМЦК (C_i) определяется одним из следующих способов: как среднееарифметическое значение цен, указанных в рекламе, каталогах и в других предложениях поставщиков транспортных средств, обращенных к неопределенному

кругу лиц и признаваемых в соответствии с гражданским законодательством Российской Федерации публичными офертами; как среднеарифметическое значение цен, указанных в полученных по запросу заказчика ответах поставщиков транспортных средств.

В действующий в настоящее время механизм расчета расходов на приобретение транспортных средств были внесены дополнения и изменения.

В случае, если в соответствии с условиями планируемой закупки предусматривается использование транспортных средств, предоставленных на основании договора аренды государственного или муниципального имущества, расходы на приобретение транспортных средств в расчете на 1 км пробега ($РП_{ijt}$) определяются по формуле (2).

В случае если условиями планируемой закупки предусматривается использование транспортных средств, для которых должен определяться максимальный срок эксплуатации с года изготовления, расходы на приобретение транспортных средств определяются по формуле (3).

В случае если условиями планируемой закупки предусматривается использование транспортных средств, для которых должен определяться максимальный пробег с даты изготовления, расходы на приобретение транспортных средств определяются по формуле (4).

$$РП_{ijt} = (M_{C\ ij} / K_B + N_{pez\ ij}) \times AP_{it} / L_{ijt}, \text{ руб./км} \quad (2),$$

$$РП_{ijt} = (M_{C\ ij} / K_B + N_{pez\ ij}) \times C_i \times K_{Лt} \times I_{MЭРТt} \times ЧМ_t / (12 \times T_{ni} \times L_{ijt}) - РПБ_t / L_t, \text{ руб./км} \quad (3),$$

$$РП_{ijt} = C_i \times K_{Лt} \times I_{MЭРТt} \times (1 / (L_{ci} \times 1000 \times K_A) + N_{pez\ ij} / T_P / L_{ijt}) - РПБ_t / L_t, \text{ руб./км} \quad (4),$$

где:

$M_{C\ ij}$ – в случае, если в соответствии с условиями планируемой закупки предусматривается установление твердой цены контракта (цены каждого отдельного этапа исполнения контракта), – суммарное количество транспортных средств, необходимое для выполнения регулярных перевозок, определяемое исходя из максимального количества транспортных средств исходя из возможности выполнения перевозок по нескольким маршрутам одним и тем же транспортным средством при условии отсутствия нарушения расписаний на каждом маршруте, ед.; в случае, если в соответствии с условиями планируемой закупки предусматривается установление цены единицы работ, выполняемых подрядчиком с использованием транспортных средств

каждого класса, и транспортных средств, оснащенных двигателями каждого типа (бензиновый, дизельный, газовый, газодизельный, электрический), и максимальное значение цены контракта, – суммарное количество транспортных средств, планируемое для выполнения регулярных перевозок, определяемое исходя из максимального количества транспортных средств исходя из возможности выполнения перевозок по нескольким маршрутам одним и тем же транспортным средством в случае, если это допускается установленными расписаниями перевозок, ед.;

K_b – коэффициент выпуска транспортных средств на линию (принимается равным для автобусов – 0,85, для электробусов – 0,9);

$N_{рез\ ij}$ – число резервных транспортных средств, определенных в соответствии с Порядком определения резервного количества транспортных средств каждого класса в зависимости от протяженности маршрута регулярных перевозок и максимального количества транспортных средств каждого класса, предусмотренного в отношении данного маршрута реестром маршрутов регулярных перевозок [6]; для маршрута, включенного в лот, состоящий из нескольких маршрутов, число резервных транспортных средств определяется по формуле (5);

$АП_{it}$ – размер платы за аренду транспортного средства, определенный в соответствии с договором аренды государственного или муниципального имущества (транспортных средств) или проектом договора аренды государственного или муниципального имущества (транспортных средств), руб.;

$Ц_i$ – средняя рыночная стоимость новых транспортных средств на дату начала проведения расчета НМЦК, руб.;

$K_{лт}$ – коэффициент удорожания транспортных средств в связи с использованием договоров кредита в целях финансирования приобретения транспортных средств или договоров лизинга в целях получения транспортных средств во временное владение и пользование (в случае, если условиями планируемой закупки установлена обязательность использования договоров кредита или лизинга, значение определяется по формуле 6; в случае, если условиями планируемой закупки обязательность использования договоров кредита или лизинга не установлена, принимается равным 1,0);

$I_{М\ МЭРТ\ t}$ – накопленный, начиная с календарного года расчета НМЦК, прогнозный индекс цен производителей на продукцию машиностроения для каждого года срока исполнения контракта, определяемый прогнозом Минэкономразвития России (если срок исполнения контракта превышает срок прогноза Минэкономразвития России, индекс цен производителей на продукцию машиностроения для каждого года срока исполнения контракта, не указанного в прогнозе

Минэкономразвития России, принимается равным индексу цен производителей на продукцию машиностроения, указанному для последнего года прогноза Минэкономразвития России);

$чм_t$ – общее количество месяцев исполнения контракта в t-м году срока исполнения контракта, в том числе неполных;

12 – число месяцев в календарном году;

T_{ni} – максимальный срок эксплуатации транспортных средств (принимается равным сроку исполнения контракта, но для автобусов особо малого класса и малого класса не менее 5 лет и не более 7 лет, для автобусов среднего, большого, особо большого класса не менее 7 лет и не более 10 лет, для электробусов большого класса и особо большого класса – 15 лет);

L_{c_i} – максимальный пробег до списания транспортных средств (принимается равным для автобусов: особо малого класса 560 тыс. км, малого класса – 640 тыс. км, среднего класса – 650 тыс. км, большого класса – 710 тыс. км, особо большого класса – 630 тыс. км; для электробусов большого класса – 710 тыс. км, особо большого класса – 630 тыс. км);

K_A – коэффициент корректировки максимального пробега до списания транспортных средств от природно-климатических условий;

T_p – ожидаемый срок эксплуатации резервного транспортного средства (принимается равным для автобусов и электробусов – 15 лет.);

L_{ijt} – предусмотренный условиями планируемой закупки пробег транспортных средств, км – в случае, если в соответствии с условиями планируемой закупки предусматривается установление твердой цены контракта (цены каждого отдельного этапа исполнения контракта); планируемый пробег транспортных средств, км – в случае, если в соответствии с условиями планируемой закупки предусматривается установление цены единицы работ, выполняемых подрядчиком с использованием транспортных средств каждого класса, и транспортных средств, оснащенных двигателями каждого типа (бензиновый, дизельный, газовый, газодизельный, электрический), и максимальное значение цены контракта;

$РПБ_t$ – расходы на приобретение транспортных средств за счет бюджетных средств в случае, если они предусмотрены условиями планируемой закупки, руб.;

L_t – суммарный пробег транспортных средств всех классов на всех маршрутах, предусмотренных условиями планируемой закупки, км.

$$N_{рез\ ijt} = N_{рез\ лот\ it} \times N_{ijt} / N_{лот\ it}, \text{ ед.} \quad (5),$$

где:

$N_{рез\ лот\ it}$ – суммарное количество резервных транспортных средств в целом для лота,

N_{ijt} – максимальное количество транспортных средств, предусмотренное в отношении j -го маршрута в реестре маршрутов регулярных перевозок;

$N_{лот\ it}$ – суммарное максимальное количество транспортных средств, определенное в отношении лота закупок маршрутов регулярных перевозок, включающего j -й маршрут, определенное на основании реестра маршрутов регулярных перевозок;

$$K_{Лт} = (1 + R_{кл} / 100 \times чм_t / 12) \quad (6),$$

где:

$R_{кл}$ – кредитная либо лизинговая ставка (в случае, если условиями планируемой закупки предусматривается предоставление в рамках государственной или региональной программы льготного лизинга права заключения подрячком договора лизинга транспортных средств с применением льготной процентной ставки, принимается равной размеру льготной процентной ставки; в случае, если условиями планируемой закупки не предусматривается предоставление в рамках государственной или региональной программы льготного лизинга права заключения подрячком договора лизинга транспортных средств с применением льготной процентной ставки – принимается равной ключевой ставке Центрального банка Российской Федерации на дату начала произведения расчета НМЦК), %;

$чм_t$ – общее количество месяцев исполнения контракта в t -м году срока исполнения контракта, в том числе неполных.

Таким образом скорректированный механизм расчета расходов на приобретение новых транспортных средств позволяет учесть не только прямые расходы на приобретение, но дополнительные расходы в случае применения кредита или лизинга, кроме того, учитывает расходы на использование резервных автобусов.

Проведенная корректировка механизма расчета обеспечит получение более точной НМЦК при проведении конкурсных процедур.

1. Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 13.07.2015 № 220-ФЗ.

2. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ.

3. Постановление Правительства РФ «О сфере деятельности, в которой при осуществлении закупок устанавливается порядок определения начальной (максимальной) цены контракта, цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), начальной цены единицы товара,

работы, услуги и федеральном органе исполнительной власти, устанавливающим такой порядок» от 11.10.2016 № 1028.

4. Порядок определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (утв. приказом Минтранса России от 20.10.2021 № 351).

5. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом общего пользования (утв. распоряжением Минтранса России от 25.12.2013 № НА-143-р).

6. Порядок определения резервного количества транспортных средств каждого класса в зависимости от протяженности маршрута регулярных перевозок и максимального количества транспортных средств каждого класса, предусмотренного в отношении данного маршрута реестром маршрутов регулярных перевозок (утв. приказом Минтранса России от 4 мая 2018 г. № 172).

Matantseva Olga Yurievna, Doctor of Economics, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy General Director for Scientific Work of JSC Scientific Research Institute of Automobile Transport (JSC NIIAT), Professor of the Department of Economics of Automobile Transport of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), (Russia, Moscow)

Zalygina Sofia Kira Igorevna, Specialist of the Research Department of Transport Economics of JSC Scientific Research Institute of Automobile Transport (JSC NIIAT), (Russia, Moscow)

E-mail: omat@niiat.ru, s.zalygina@niiat.ru, 24 Geroyev Panfilovtsev str., Moscow, 125480, Russia.

FEATURES OF DETERMINING THE COSTS OF UPGRADING PASSENGER TRANSPORT WHEN ORGANIZING REGULAR TRANSPORTATION AT REGULATED RATES

This article examines some of the specifics of determining the initial (maximum) contract price in procurement for scheduled passenger and baggage transportation by road and urban ground electric transport in the Russian Federation. The authors explain changes to the procedure for calculating budgetary funding for vehicle renewal costs, which are being introduced into the regulatory framework for determining the initial (maximum) contract price.

Key words: depreciation calculation methods; useful life; bus cost; bus fleet age structure.

Страдомский Михаил Юрьевич, начальник отдела профориентационной работы и довузовской подготовки – заведующий подготовительными курсами, магистр технических наук, исследователь

Терещенко Олег Анатольевич, старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой и охрана труда»

Науменко Анна Анатольевна, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Управление перевозочным процессом», магистр

Белорусский государственный университет транспорта (Беларусь, г. Гомель),

e-mail: uer@bsut.by, ул. Кирова, д. 34, г. Гомель, 246653

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ

В статье рассматривается применение факторного анализа для оценки безопасности движения поездов. Описана методика факторного анализа функциональной безопасности системы управления и обеспечения безопасности движения поездов, адаптированная для условий Белорусской железной дороги. Использование предлагаемой методики обеспечит выявление основных факторов, влияющих на безопасность движения поездов, и позволит разработать эффективные меры по ее повышению.

Ключевые слова: факторный анализ, безопасность движения, железнодорожный транспорт, методика.

Обеспечение безопасности движения поездов является важной составляющей функционирования железнодорожного транспорта, напрямую влияющей на эффективность перевозок, сохранность материальных ресурсов и жизни людей. На протяжении последних десятилетий железнодорожная отрасль постоянно сталкивается с необходимостью совершенствования системы управления безопасностью, поскольку даже единичные нарушения могут повлечь тяжелые последствия как для экономики, так и для общества в целом.

На Белорусской железной дороге постоянно проводится работа, направленная на повышение уровня безопасности движения поездов – совершенствуются нормативные правовые акты, внедряются автоматизированные системы управления, модернизируются подвижной состав и инфраструктура и др. Эта работа позволила сократить количество событий, связанных с нарушением безопасности движения, а

также снизить удельный показатель аварийности. Несмотря на это, сохраняется необходимость в детальном понимании причинно-следственных связей, приводящих к возникновению рисков [1].

Дальнейшие меры должны быть направлены на усиление воздействия не на последствия, а непосредственно на причины нарушений безопасности движения. Для этого необходимо применять инструменты, позволяющие анализировать данные. Такими инструментами являются количественные методы анализа безопасности. Применение количественных методов анализа позволит выявлять зависимости между переменными и определять факторы риска, влияющие на безопасность движения поездов.

Эффективным инструментом для анализа состояния безопасности движения и выявления основных причин нарушений является факторный анализ. Факторный анализ безопасности движения поездов представляет собой комплексный анализ и оценку уровня влияния различных факторов на риск возникновения случаев нарушения безопасности движения. Данный метод позволяет не только идентифицировать факторы риска, но и количественно оценить степень их воздействия на безопасность движения поездов. Такой подход создает основу для разработки мер, позволяющих минимизировать количество нарушений безопасности движения на железнодорожном транспорте [2].

С позиции обеспечения безопасности движения факторный анализ представляет собой системный подход, который объединяет статистические методы и экспертные оценки для выявления ключевых аспектов безопасности. Методология факторного анализа базируется на процессном подходе и риск-менеджменте, обеспечивая объективную оценку состояния безопасности движения и формирование обоснованных управленческих решений [1, 3].

Международный опыт применения факторного анализа в железнодорожной отрасли свидетельствует о его высокой эффективности. В ОАО «РЖД» применяется методика оценки функциональной безопасности на инфраструктуре ОАО «РЖД», а также разработаны рекомендации по проведению факторного анализа функциональной безопасности системы управления и обеспечения безопасности движения поездов на пространстве государств-участников Содружества [2, 3, 4]. Данная методика и рекомендации предусматривают проведение факторного анализа с использованием алгоритма расчета значимости влияния факторов риска на возникновение событий. Методика позволяет систематизировать процесс оценки безопасности и дает возможность сравнивать результаты

анализа между различными организациями и структурными подразделениями железной дороги.

Белорусским государственным университетом транспорта проведено ряд исследований по адаптации международных подходов к факторному анализу функциональной безопасности системы управления и обеспечения безопасности движения поездов для условий Белорусской железной дороги. Научные изыскания легли в основу собственной методики проведения факторного анализа и формирования балльно-рейтинговой оценки обеспечения безопасности движения поездов организациями Белорусской железной дороги и их обособленными структурными подразделениями (филиалами). Разработанная методика учитывает специфику функционирования национальной транспортной системы. Адаптация заключалась в уточнении перечня анализируемых факторов с учетом особенностей функционирования Белорусской железной дороги, корректировке системы балльной оценки и разработке специализированных классификаторов факторов для различных служб и хозяйств магистрали [5].

Новый адаптированный классификатор факторов риска представлен на примере хозяйства перевозок (таблица 1). Каждый из перечисленных факторов риска подвергнут детальной оценке с позиции его потенциального влияния на безопасность движения поездов.

Таблица 1

Перечень факторов риска, влияющих на безопасность движения в хозяйстве перевозок на железнодорожном транспорте

№ п/п	Факторы риска
1	Нарушение технологии формирования и расформирования поездов
2	Превышение допустимой скорости соединения отцепов на сортировочных путях
3	Количество выданных путевых записок (форма ДУ-50) при переходе на телефонные средства связи
4	Прием поезда на станцию при запрещающем показании входного светофора
5	Отправление поезда со станции при запрещающем показании выходного светофора
6	Задержка поезда у входного сигнала
7	Проведение маневров при запрещающем показании маневрового светофора
8	Движение при полностью неиспользованном маршруте
9	Нарушение регламента переговоров
10	Нарушение норм и основных правил закрепления подвижного состава

11	Повышенная загрузка маневровых локомотивов
12	Превышение рабочего парка вагонов
13	Повышенная загруженность сортировочных устройств
14	Прием и отправление поездов Д, ПД, ПВД, СП с остановкой на путях с меньшей полезной длиной
15	Укомплектованность штата основных профессий
16	Совмещение профессий одним работником, связанным с движением поездов
17	Сверхурочная работа ДСП, ДСПГ, ДСПО, оператора сортировочной горки, составителя поездов
18	Количество нарушений, допущенных работниками
19	Количество отказов технических средств
20	Количество нарушений в ведении документации
21	Несвоевременное ознакомление причастных работников с нормативными правовыми актами и инструкциями (изменениями в них)
22	Несвоевременное внесение изменений в нормативные правовые акты и инструкции
23	Текущность кадров
24	Нарушения в организации и проведении технической учебы
25	Количество нарушений безопасности движения поездов

Балльная оценка факторов риска предусматривает использование двух основных показателей – доли воздействия фактора (ДВФ) и степени проявления фактора (СПФ). Доля воздействия фактора определяется экспертным методом по пятибалльной шкале, где 5 баллов соответствует критическому уровню воздействия, 4 балла – высокому воздействию, 3 балла – значительному воздействию, 2 балла – умеренному воздействию, 1 балл – незначительному воздействию. Степень проявления фактора оценивается по пятибалльной шкале на основе статистического анализа, где 5 баллов присваивается при критическом уровне проявления, 4 балла – при высоком уровне, 3 балла – при значительном уровне, 2 балла – при умеренном уровне, 1 балл – при незначительном уровне проявления. Адаптированные степени влияния и воздействия факторов классифицируются без использования нулевых значений, что обусловлено необходимостью учета даже минимального воздействия каждого фактора на безопасность движения поездов.

Система оценки предусматривает четыре уровня опасности в зависимости от степени влияния фактора: неопасно (1–4 балла), опасно (5–14 баллов), очень опасно (15–19 баллов), крайне опасно (20–25 баллов). Данная классификация факторов риска позволяет четко определить приоритеты в разработке корректирующих и предупреждающих мероприятий.

Значимость влияния фактора на риск (ЗВФ) определяется как произведение доли воздействия фактора на степень его проявления:

$$\text{ЗВФ} = \text{ДВФ} \times \text{СПФ}, \quad (1)$$

где ДВФ – доля воздействия фактора,

СПФ – степень проявления фактора [4, 6].

Определение ЗВФ обеспечивает комплексную оценку риска путем учета как потенциальной опасности фактора, так и фактического уровня его проявления. Опираясь на данные, полученные с помощью факторного анализа, руководство Белорусской железной дороги сможет повысить объективность оценки работы организаций и структурных подразделений в области обеспечения безопасности движения поездов. Результаты факторного анализа позволят разрабатывать рациональные организационные мероприятия по повышению уровня безопасности движения поездов и обоснованно распределять ресурсы в условиях ограниченного финансирования [6].

Внедрение методики проведения факторного анализа для оценки безопасности движения поездов на Белорусской железной дороге позволит сформировать эффективную систему упреждающего управления безопасностью, основанную на недопущении потенциальных нарушений, а не только на реагировании на произошедшие события. Применение методики также позволит отслеживать динамику влияния факторов риска, оценивать эффективность реализованных мероприятий и своевременно корректировать стратегию обеспечения безопасности движения поездов.

1. На Белорусской железной дороге подвели итоги работы по предупреждению несчастных случаев, не связанных с производством, в 2024 году [Электронный ресурс] // Белорусская железная дорога. – 2025. – Режим доступа: https://www.rw.by/corporate/press_center/corporate_news/2025/03/nabelorusskoy-zheleznoy-doroge-podveli-itogi-raboty-po-preduprezhdeniyu-neschastnykh-sluchaev-ne-sv/. – Дата доступа: 27.10.2025.

2. Веревкина, О. И. Факторный анализ рисков безопасности движения поездов в хозяйстве автоматики и телемеханики / О. И. Веревкина, В. Э. Иванов // Наука и техника транспорта. – 2024. – № 3. – С. 107–115.

3. Об утверждении стандартов и методик анализа рисков, методов и инструментов технического аудита: распоряжение ОАО «РЖД» от 21 сент. 2011 г. № 2068р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70436490/>. – Дата доступа: 27.10.2025.

4. Система проведения факторного анализа в Центральной дирекции управления движением [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://appsmarketstore.com/appsapi/kjg51ek2pgekmn/information/1243066/show.html>. – Дата доступа: 27.10.2025.

5. Ерофеев, А. А. Теория построения интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.22.08 / А. А. Ерофеев; Белорусский государственный университет транспорта. – Гомель, 2023. – 37 с.

6. О системе оценки рисков в области функциональной безопасности движения на железнодорожном транспорте / О. И. Веревкина [и др.] // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 126–141.

Stradomski Mikhail Yuryevich, Head of the Career Guidance and Pre-University Training Department – Head of Preparatory Courses, Master of Science (Engineering), Researcher

Tereshchenko Oleg Anatolyevich, Senior Lecturer, Department of Operational Management and Occupational Safety

Naumenko Anna Anatolyevna, Junior Researcher, Research Laboratory of Transportation Process Management, Master of Science

Belarusian State University of Transport (Belarus, Gomel), e-mail: uer@bsut.by, 34 Kirova Street, Gomel, 246653

FACTOR ANALYSIS FOR TRAIN SAFETY ASSESSMENT

The article examines the application of factor analysis for assessing train operation safety. The methodology for factor analysis of the functional safety of the train control and safety assurance system, adapted for the conditions of the Belarusian Railway, is described. The application of the proposed methodology will ensure the identification of the key factors affecting train operation safety and will allow for the development of effective measures for its enhancement.

Key words: factor analysis, train safety, railway transport, methodology.

Синицкая Ольга Антоновна, магистр экономических наук

Дойлидо Тамара Аркадьевна

**БЕЛОРУССКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА «ТРАНСТЕХНИКА»**

(Беларусь, Минск), e-mail: it@niit.by

ул. Платонова, 22А, г. Минск, 220005

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПЛАТЕ
ТРАНСПОРТНОЙ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГОРОДСКИХ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ ТРАНСПОРТОМ
ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В Г. МИНСКЕ**

В статье освещаются основные результаты эксперимента по оплате транспортной работы при выполнении городских автомобильных перевозок пассажиров транспортом общего пользования на территории г. Минска в 2023–2024 гг.

Ключевые слова: автомобильные перевозки; затраты; методика; мониторинг; порядок оплаты; субсидии; субъекты перевозок; транспортная работа; финансирование; экономический механизм; эксперимент

Существующий в настоящее время механизм возмещения затрат на перевозку пассажиров транспортом общего пользования не обеспечивает взаимосвязку объемов заказанной транспортной работы, затрат на перевозку пассажиров и объемов субсидирования на возмещение части затрат.

В целях выработки подходов для совершенствования порядка возмещения расходов, связанных с организацией и выполнением автомобильных перевозок пассажиров транспортом общего пользования по тарифам, регулируемым в соответствии с законодательством о ценообразовании, а также с предоставлением льгот по оплате проезда отдельным категориям граждан, на территории г. Минска проведен эксперимент по оплате транспортной работы при выполнении городских автомобильных перевозок пассажиров транспортом общего пользования в соответствии с постановлением Правительства от 11 января 2023 г. № 22 «О проведении эксперимента по оплате транспортной работы» (далее – постановление № 22) [1].

Целью реализации эксперимента являлось внедрение экономического механизма определения стоимости транспортной работы и приведения в соответствие затрат перевозчика плановым объемам заказанной транспортной работы с учетом соблюдения баланса интересов Минского городского исполнительного комитета,

выполняющего функцию по организации транспортного обслуживания населения на территории г. Минска, перевозчика в части обеспечения стабилизации своего финансового состояния и государства с точки зрения эффективного использования бюджетных средств на возмещение части затрат на оказание данной услуги.

Такой подход основан на детальном планировании объема транспортной работы (место-км) и ее финансирования, полном учете и контроле перевезенных пассажиров, в том числе имеющих право на бесплатный проезд, контроле и учете транспортной работы, подлежащей оплате.

Для достижения цели эксперимента потребовалось решение следующих задач:

- оптимизация планирования объема транспортной работы с учетом потребности населения в транспортных услугах;
- обеспечение учета перевезенных пассажиров, имеющих право на бесплатный проезд;
- обеспечение полноты оплаты за проезд и роста выручки от реализации проездных документов;
- оптимизация затрат перевозчика на выполнение автомобильных перевозок пассажиров транспортом общего пользования;
- оплата перевозчику за выполненную транспортную работу в соответствии с обоснованным расчетом потребности в субсидиях.

Проведение эксперимента осуществлялось поэтапно:

– в 2023 году – выполнение всех организационных и технических работ по планированию объема транспортной работы на очередной год и финансовых средств на ее оплату, расчету базовой стоимости единицы транспортной работы, организации учета пассажиров, имеющих право на бесплатный проезд, контролю и учету выполнения транспортной работы;

– с 1 января 2024 года – внедрение порядка оплаты транспортной работы при выполнении в г. Минске городских автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении.

Так, в целях реализации эксперимента:

– приведены в соответствии с постановлением № 22 условия договоров об оказании услуг оператора автомобильных перевозок пассажиров и об организации автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении;

– разработан ряд руководящих и методических документов [2, 3] в том числе Порядок мониторинга проведения и оценки результатов эксперимента [4];

– организован учет пассажиров, перевозимых по установленному тарифу на проезд, и пассажиров, имеющих право на бесплатный проезд, в автоматизированной системе оплаты и контроля оплаты проезда (далее – АСОКП). Введены в практику учета перевозок льготных пассажиров проездные документы «льготный», карты учащегося, билеты учащегося «Ученический билет», обеспечено информирование населения о необходимости получения и использования при поездке в городском транспорте общего пользования г. Минска проездного документа «льготный».

В средствах массовой информации глобальной сети Интернет проводилось информирование населения о проведении в г. Минске эксперимента и применении проездного документа «льготный» с комментариями представителей Минского горисполкома и государственного предприятия «Столичный транспорт и связь». Также управлениями по образованию администраций районов руководителями учреждений общего среднего образования проведена работа с законными представителями учащихся.

В результате выполнения задач, поставленных для достижения цели реализации эксперимента:

– за счет оптимизации планирования объема транспортной работы с учетом потребности населения в транспортных услугах объем транспортной работы выполнен на уровне не ниже предусмотренного Планом-заказом на выполнение транспортной работы на 2024 год; достигнута положительная динамика использования вместимости автобусов к предыдущему году – средняя загрузка автобусов в 2024 году увеличилась на 4 процентных пункта по сравнению с 2023 годом;

– обеспечен учет перевезенных пассажиров, имеющих право на бесплатный проезд, с учетом работы по сбору информации о количестве инвалидов, пользующихся общественным транспортом, проводимой территориальными центрами социального обслуживания населения г. Минска, а также по внедрению единого ученического документа, включающего также функцию проездного документа, Минским горисполкомом;

– при неизменных тарифах за проезд обеспечен рост выручки от реализации проездных документов на 6,0 % к фактическому ее значению за 2023 год, выручки от реализации проездных документов на единицу выполненной транспортной работы на 7,3 % (за счет внедрения Единого проездного билета на все виды городского пассажирского транспорта, а также возможности оплаты проезда посредством мобильного сервиса «Оплати» и контроля своевременности и полноты оплаты проезда в городском транспорте, осуществляемого контрольно-ревизионной службой государственного предприятия «Минсктранс»);

– затраты на перевозку 1 пассажира снизились на 0,6 %, субсидии в расчете на одного перевезенного пассажира – на 1 % (с учетом индекса-дефлятора ВВП в сопоставимых условиях);

– в отсутствие запланированного на 2024 год изменения тарифов, возмещение затрат на выполнение городских автомобильных перевозок пассажиров (с учетом субсидий из бюджета) увеличилось на 3,3 процентных пункта к уровню 2023 года;

– в соответствии с обоснованным расчетом потребности в субсидиях, подлежащих к перечислению заказчиком перевозчику за выполненную транспортную работу (99,7 % плановой потребности), оплата перевозчику произведена в полном объеме, финансовым результатом выполнения перевозчиком транспортной работы (без учета амортизации по автобусам, используемым для выполнения городских автомобильных перевозок транспортом общего пользования) является прибыль, при том, что в 2023 году имел место убыток.

Кроме того, в ходе эксперимента выявлен ряд проблемных вопросов и выработаны пути их решения:

– по распределению выручки от реализации услуг по перевозке пассажиров между государственным предприятием «Минсктранс» и государственным предприятием «Минский метрополитен» с учетом внедрения Единого проездного документа на все виды городского пассажирского транспорта;

– по вопросу целесообразности снижения возраста получения водительского удостоверения механического транспортного средства категорий «D», «F», «I» с двадцати одного года до двадцати лет;

– по компенсации перевозчику расходов, связанных с оказанием транспортных услуг населению при проведении культурно-массовых мероприятий коммерческого характера;

– по закреплению на прежнем месте работы после увольнения в запас после прохождения срочной военной службы работников транспортных организаций;

– по методологическим подходам и критериям оценки эффективности городских автомобильных перевозок пассажиров транспортом общего пользования и качества транспортных услуг.

Эксперимент показал необходимость внесения изменений и дополнений в нормативные правовые акты в части норм, обязывающих пассажира осуществлять отметку безлимитного проездного документа, проездного документа «льготный» или карты учащегося, билета учащегося «Ученический билет» в АСОКП, а также по увеличению размера штрафов при повторном безбилетном проезде до размера, сопоставимого со стоимостью проездного документа на месяц.

Внесение указанных изменений в действующие в нормативные правовые акты позволит обеспечить полный учет перевезенных пассажиров, имеющих право на бесплатный проезд.

Таким образом, цель эксперимента достигнута в части соблюдения баланса интересов заказчика и оператора, выполняющих свою функцию по организации транспортного обслуживания населения на территории г. Минска, перевозчика – в части обеспечения стабилизации его финансового состояния. В части соблюдения интересов государства с точки зрения эффективного использования бюджетных средств для финансирования городских автомобильных перевозок пассажиров транспортом общего пользования по регулируемым тарифам цель эксперимента не достигнута в полном объеме, в том числе учитывая влияние несвоевременного пересмотра тарифов.

С учетом полученных результатов реализации эксперимента выработано предложение о целесообразности продолжения работы по внедрению экономического механизма оплаты транспортной работы при выполнении перевозок пассажиров транспортом общего пользования (автомобильным и городским электрическим), в том числе в рамках реализации пункта 3 Программы деятельности Правительства Республики Беларусь на 2025–2029 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 8 мая 2025 г. № 254, по внедрению планово-расчетных цен на перевозки пассажиров и их использование для субсидирования перевозок.

В рамках данной работы по мере создания в республике единой централизованной системы оплаты проезда в пассажирском транспорте потребуются разработка Минфином совместно с Минтрансом, облисполкомами и Мингорисполкомом необходимой нормативно-правовой базы для финансирования таких перевозок из средств местных бюджетов на основе экономического механизма оплаты транспортной работы, аналогичного применяемому в ходе эксперимента при выполнении городских автомобильных перевозок пассажиров транспортом общего пользования в г. Минске.

1 Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11 января 2023 года № 22 «О проведении эксперимента по оплате транспортной работы».

2 План мероприятий по реализации постановления Совета Министров Республики Беларусь от 11.01.2023 № 22 «О проведении эксперимента по оплате транспортной работы», утвержденный заместителем Министра транспорта и коммуникаций Республики Беларусь Н.Н.Александрович 01.03.2023 и заместителем председателя Минского городского исполнительного комитета Н.А.Лазаревич 03.03.2023.

3 Постановление Министерства транспорта и коммуникаций от 8 июля 2024 года № 55 «О реализации постановления Совета Министров Республики Беларусь от 11 января 2023 года № 22».

4 Порядок мониторинга проведения и оценки результатов эксперимента, утвержденный заместителем Министра транспорта и коммуникаций Республики Беларусь Н.Н. Александрович и первым заместителем председателя Минского городского исполнительного комитета Н.А. Лазаревич 14.07.2023

Sinitskaya V.A., Master of Economics

Doilido T. A.

BELARUSIAN RESEARCH INSTITUTE OF TRANSPORT

«TRANSTEKHNIKA», e-mail: tt@niit.by,

Platonova Str. 22A, Minsk, 220005

MAIN RESULTS OF THE EXPERIMENT ON PAYMENT FOR PASSENGER TRANSPORTATION BY PUBLIC TRANSPORT IN THE CITY OF MINSK

This article highlights the key results of the experiment on payment for passenger transportation by public transport in the city of Minsk in 2023–2024.

Key words: road transport, costs, methodology, monitoring, payment procedure, subsidies, transport entities, transport services, financing, economic mechanism, experiment

Раздел 8. КАДРОВОЕ И НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ И ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 629.7

*Аверин Станислав Владимирович, старший преподаватель
кафедры ЛЭиБП*

*Клепиков Виктор Валерьевич, старший преподаватель
кафедры ЛЭиБП*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ульяновский институт
гражданской авиации имени Главного маршала авиации
Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск) e-mail:
kafedralebp@yandex.ru*

ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

МИНИМИЗАЦИЯ ОШИБОК ЭКИПАЖА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С СИСТЕМАМИ АВТОПИЛОТА ВС

Рассматриваются ошибки, связанные с прямым или косвенным взаимодействием с системой автопилота, которые допускаются членами летных экипажей с определенной периодичностью, на основании чего возможно сделать вывод, что большинство из этих ошибок напрямую связано с проявлением человеческого фактора.

Ключевые слова: внешние факторы, мониторинг, перекрестный контроль, полеты воздушных судов, человеческий фактор.

В процессе прохождения программы переобучения и на ранних этапах выполнения полетов могут возникать ошибки при эксплуатации системы автоматического управления полетом, связанные с проявлением мышечной памяти, вызванной устойчивыми навыками производства полетов на другом типе авиационной техники или другой модели данного самолета. В профессиональной среде такое явление называют «негативным переносом навыка».

Рассмотрим данную проблему на примере самолетов, применяемых для обучения курсантов, таких как воздушные суда (далее ВС) Diamond DA40 и Cessna 172. В целом обе панели управления автопилотом очень похожи друг на друга, имеют одинаковое расположение клавиш управления системой и обеспечивают аналогичный функционал, однако, на некоторых модификациях этих самолетов существуют различия включения режима YD, предназначенного для активации / деактивации демпфера рыскания,

предусмотренного на Cessna 172 (рис. 1а, рис. 1б).

При выполнении приборного полета, по достижению безопасной высоты происходит подключение автопилота клавишей «AP» и дальнейший выбор режима «HDG» для активации устойчивости по курсу и «ALT» для выдерживания высоты

Именно при активации режима стабилизации по курсу - «HDG» после включения автопилота и может возникнуть ошибка у пилота, имеющего опыт полета на самолёте Diamond DA40. Пилотирующий пилот может ошибочно нажать две верхние клавиши, что на самолете DA40 соответствовало включению автопилота и последующей активации режима курсовой устойчивости, и соответственно после включения автопилота нажать кнопку демпфера рыскания [1].



а) ВС Cessna 172



б) ВС DA-42

Рис. 1. Панель автопилота

Если пилот не проконтролирует изменение индикации активированного режима работы автопилота в строке состояния автопилота, расположенной в верхней части пилотажно-навигационного дисплея – PFD (Pilot Flight Display), то самолет сможет самостоятельно совершать неконтролируемые эволюции относительно продольной оси, проходящей через центр масс воздушного судна.

Например, из-за возмущений воздушной среды, связанных с неустойчивостью атмосферы или ветрового режима [2].

Особенно это опасно при полетах по приборам, когда сочетание таких факторов, как несоответствующий мониторинг параметров полёта и отсутствие естественного горизонта могут привести к возникновению особой ситуации на борту ВС. На современных воздушных судах гражданской авиации члены летного экипажа работают с системой автоматического управления полётом с помощью панели MCP (Mode Control Panel) – Панель управления режимами автопилота (рис. 2). Фактически – это основная панель управления системой автоматизированного управления полетом.

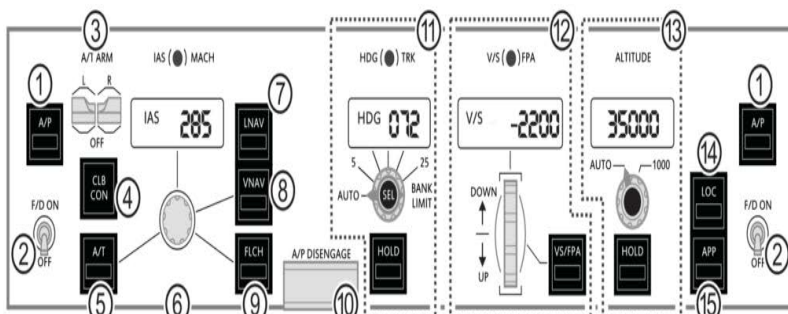


Рис. 2. Панель управления режимами работы автопилота

Для снижения влияния ошибочных действий экипажа технологией работы предусматривается определенный порядок выполнения действий одним членом экипажа, с последующим контролем этого действия другим. Пример последовательности контроля панели автопилота приведен на рисунке 2.

Для исключения ошибок, связанных с неправильной активацией режима работы автопилота, необходимо контролировать не загорание сигнальной лампы в кнопке выбора режима, подтверждающей только её нажатие, а изменение индикации активных режимов работы автопилота в строке состояния автопилота– FMA (Flight Mode Annunciations) в верхней части PFD.

Человеческий фактор нельзя полностью исключить из процесса взаимодействия с автопилотом, но можно минимизировать количество случаев его возникновения, используя методы и рекомендации, приведенные выше [3].

В ходе проведения анализа ошибок, связанных с прямым или косвенным взаимодействием членов летных экипажей с системой автопилота, можно сделать выводы, о том, что ошибки имеют систематический характер. Причинами ошибок могут быть недостатки эргономики кабины, отклонения экипажа от предписанных стандартных

процедур при работе с органами управления автопилотом, отсутствие эффективного перекрестного контроля, самоуверенность пилотов и т.д.

В связи с вышеизложенным, для минимизации ошибок экипажа при взаимодействии с системами автопилота необходимо применять все доступные стратегии контроля ошибок, включая устранение эргономических недостатков кабины экипажа, повышение качества проведения тренажерной подготовки в плане работы экипажа с арматурой кабины, а также повышение эффективности программы управления ресурсами экипажа (CRM) конкретного эксплуатанта.

1.Ефремов, Д. В. Методическое пособие по выполнению полетов на самолете DA-40NG / Д. В. Ефремов. – Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2015. – 34 с.

2.Сливицкий, А. Б. Концепция оценки уровня готовности технологий, производств как механизм формирования единого инновационно-технологического пространства. / А. Б. Сливицкий, //Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник, вып. 12, г. Москва: РАН. ИНИОН, 2017. – Ч.1. С. 618-624.

3.Солоделов, Ю. А. Подход к адаптации сообщений для обмена между авиационными приложениями/ Ю. А. Солоделов, г. Р. Камалетдинова, К. Д. Кожанов, Д. В. Альбицкий // Научное обозрение. Технические науки. – 2022. – №5. – С.25-30.

*Averin Stanislav Vladimirovich, senior lecturer of the Department of Electrical Engineering and Power Engineering
Viktor Valerievich Klepikov, Senior Lecturer of the Department of Electrical Engineering and Power Engineering
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk)
e-mail: kafedralebp@yandex.ru
Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071*

MINIMIZING CREW ERRORS WHEN INTERACTING WITH AIRCRAFT AUTOPILOT SYSTEMS

Annotation.Errors related to direct or indirect interaction with the autopilot system, which are committed by flight crew members with a certain frequency, are considered; the following conclusion can be drawn that the majority of these errors are directly related to the manifestation of the human factor.

Key words: external factors, monitoring, cross-checking, aircraft flights, human factor.

*Козлов Вячеслав Владимирович, старший преподаватель
кафедры ЛЭиБП*

*Сучков Александр Владимирович, старший преподаватель
кафедры ЛЭиБП.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ульяновский институт
гражданской авиации имени Главного маршала авиации
Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск)*

e-mail: kafedralebr@yandex.ru

ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

ОШИБОЧНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ЭКИПАЖА В РАБОТЕ С АРМАТУРОЙ КАБИНЫ ПРИ УХОДЕ НА ВТОРОЙ КРУГ

В статье рассматриваются причины возникновения опасной ситуации, связанной с несвоевременным распознаванием активации режима ухода на второй круг, и продолжении выполнении захода на посадку, особенно в условиях отсутствия визуального контакта с земными ориентирами. Даны рекомендации по предотвращению непреднамеренного использования кнопки ухода на второй круг TOGA.

Ключевые слова: ситуация, экипаж, режим ухода на второй круг, заход на посадку, визуальный контакт

В процессе осуществления процедуры захода на посадку, летный экипаж должен постоянно осуществлять пристальный контроль за всеми высотно-скоростными параметрами, с целью распознавания нестабилизированного захода на посадку и осуществления корректирующих действий по устранению возникших отклонений от заданных параметров или выполнению прерванного захода и ухода на второй круг [1].

При выполнении процедуры ухода на второй круг, по причине неудовлетворительных метеорологических условий или иных факторов, которые не гарантируют безопасное продолжение и завершение полета, экипаж использует режим ухода на второй круг нажатием кнопки TOGA (Take-Off/Go-Around) расположенной на боковой части ручки управления двигателем. В случае активации данного режима, система автоматического управления полетом, согласно прописанному в системе программному коду, переводит режим работы двигателя на взлетный и посылает управляющий сигнал на рулевые поверхности для создания положительного градиента набора. История расследования авиационных происшествий и катастроф имеет ряд случаев, когда ошибки экипажа,

связанные с активацией кнопки ухода на второй круг, послужили первопричиной для возникновения особой ситуации на борту воздушного судна (ВС), с которой летный экипаж, как показывает практика, не всегда в состоянии справиться [2].

Основными ошибками, допускаемыми пилотами при работе с активацией клавиши, отвечающей за использование данного режима на воздушных судах российского и иностранного производства, являются:

Непреднамеренное нажатие на клавишу «TOGA» может произойти в следующих ситуациях:

ошибочное нажатие, например, нажатие вместо нажатия кнопки отключения автопилота, расположенной на РУД;

задевание кнопки различными предметами, свободно-расположенными на руке, например, часами или браслетами;

при расположении руки на РУД (рис. 1), возможна ситуация, когда пилотирующий пилот оказывает случайное воздействие на кнопку в связи с воздействием внешних факторов.

Примером такой ситуации может послужить выполнение полетов в условиях сильной грозовой деятельности, неожиданная вспышка молнии, расположенная в непосредственной близости от самолета, способна спровоцировать неконтролируемое сокращение мышц руки, вызванное реакцией организма на раздражающий фактор, что с определенной долей вероятности может привести к непреднамеренной активации режима ухода на второй круг.

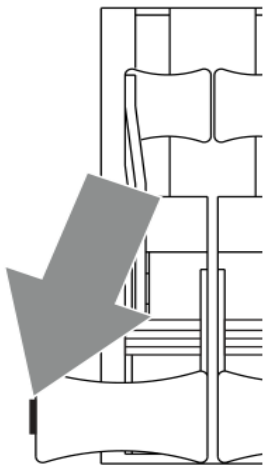


Рис. 1. Расположение кнопки TOGA

Нажатие на клавишу в ситуациях, когда это не является необходимостью, что может проявляться при следующих обстоятельствах:

возникновение недопонимания между членами летного экипажа. Второй пилот осуществляет пилотирование и на определенном этапе выполнения захода, получает по каналу внутрисамолетной связи какую-либо команду от командира воздушного судна и неправильно ее интерпретирует, и, исходя из этого, производит активацию режима ухода на второй круг;

Второй пилот в связи с различными психологическими или эмоциональными факторами не готов к выполнению дальнейшего захода, а командир ВС своевременно не распознает данную ситуацию и не берет управление ВС на себя.

В заключение следует отметить, что наиболее опасной является ситуация, когда экипаж своевременно не распознаёт активацию режима ухода на второй круг и продолжает выполнение захода на посадку, особенно в условиях отсутствия визуального контакта с земными ориентирами. Данная ситуация возможна из-за плохого контроля за высотно-скоростными параметрами и параметрами работы двигателей, вызванными утомлением экипажа, или отвлечением пилотов от выполнения возложенных на них задач по осуществлению мониторинга и пилотирования ВС или при желании пилотов произвести посадку, например, при наличии каких-либо отказов на борту ВС, оказывающих серьезное влияние на эмоциональное состояние экипажа.

Во избежание вышеперечисленных ситуаций необходим в процессе тренажерной подготовки действия при уходе на второй круг повышенный контроль со стороны инструкторского состава за действиями экипажа с арматурой в кабине с целью своевременного выявления ошибочных действий. Кроме контроля со стороны инструкторов при тренажерной подготовке необходимо усилить взаимоконтроль в экипаже при заходе на посадку.

1. Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации: утверждены Приказом Минтранса РФ от 31 июля 2009 г. N 128.

2. Бойко Н.С., Сучков А.В., Козлов В.В. [Активный визуальный контроль параметров полета в современной кабине воздушного судна](#) / Н. С. Бойко, А. В. Сучков, В. В. Козлов // сборник научных трудов: Проблемы и перспективы экономических отношений предприятий авиационного кластера. VI Всероссийская научная конференция: УлГТУ, Ульяновск, 2022. С. 22-27.

Vyacheslav Vladimirovich Kozlov, Senior Lecturer, Department of Aviation Safety and Security.

Alexander Vladimirovich Suchkov, Senior Lecturer, Department of Aviation Safety and Security.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk)

e-mail: kafedralebp@yandex.ru

Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

UNINTENTIONAL USE OF THE TOGA SECOND-ROUND EXIT BUTTON

This article examines the causes of a dangerous situation associated with the failure to promptly recognize the activation of a go-around and continue the landing approach, especially in conditions of lack of visual contact with ground references. Recommendations are given to prevent the unintentional use of the TOGA go-around button.

Key words: situation, crew, go-around mode, landing approach, visual contact.

*Лурье Владислав Юрьевич, старший преподаватель
кафедры ЛЭиБП*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ульяновский институт
гражданской авиации имени Главного маршала авиации
Б.П. Бугаева» (Россия, Ульяновск)*

e-mail: vladislav.lurye.nav@gmail.com

ул. Можайского 8/8, г. Ульяновск, 432071

ОПАСНЫЙ ФАКТОР ПРИ ПИЛОТИРОВАНИИ НА ВОЗДУШНОМ СУДНЕ С ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ИНДИКАЦИЕЙ КРЕНА

Аннотация. В статье предпринята попытка анализа сложностей переучивания пилотов с Российских самолетов на импортные, проводится исследование данной проблемы и даются практические рекомендации для подготовки пилотов.

Ключевые слова: авиация, авиагоризонт, обратная индикация, прямая индикация.

Одним из основных приборов, которые являются необходимыми для эксплуатации воздушного судна (далее – ВС) является авиагоризонт (далее – АГ), показывающий то, с каким углом тангажа и крена летит самолёт. В 1929 году начали появляться первые авиагоризонты американского производства.

Тогда же конструктора решили, что отображать положение самолёта необходимо так, как пилот видит линию естественного горизонта при визуальном полёте. Таким образом, появились АГ «прямой» индикации. Эта индикация является крайне удобной.

Так как у пилота она не вызывает трудностей при переходе от визуального пилотирования к пилотированию по приборам. Все современные самолёты оснащены приборами с «прямой» индикацией [1].

В то же время в СССР решили сделать иначе: индикация такова, словно пилот видит самолёт извне, со стороны. Такой прибор имеет «обратную» индикацию.

При крене, смотря вперёд через стекло, у пилота линия горизонта наклонена, а на приборе – нет.

Ощущения от реального мира не совпадают с теми, что наблюдает человек на приборе. Это является важной особенностью эксплуатации таких АГ. Другим значимым отличием является то, что при кренах более 90 градусов необходимо более детально рассматривать АГ на предмет правильного положения ВС.

Самым ярким примером является рисунок 1.



Рис. 1. «Обратная» индикация на Як-40

На первый взгляд может быть очевидно: самолёт летит с левым креном примерно 30° . На самом деле ВС в правом крене, который составляет примерно 150 градусов. Допустить ошибку при выводе самолёта из сложного пространственного положения (далее – СПП) крайне просто.

Особенно если до этого пилот летал на самолёте с «прямой» индикацией.

Опасным фактором в данной ситуации является, казалось бы, незначительная, разница в отображении положения ВС. В условиях повышенной нагрузки (например, на заходе в условиях низкой видимости, отсутствия естественного горизонта) велика вероятность неправильно считать показания [1].

4 июля 2001 года Ту-154 авиакомпании «Владивосток-Авиа» разбился при заходе на посадку в Иркутске.



Рис.2. Слева – индикация крена на разбившемся самолёте. Справа – индикация крена, к которой привык командир

Выполняя четвёртый разворот, командир неправильно определил угол крена и увеличил его, а не уменьшил, как того хотел. Автопилот, увеличил тангаж, что привело к активации предупреждения критического угла атаки, на которое экипаж отреагировал правильно, отдав штурвал «от себя».

Однако впоследствии сработало предупреждение об опасной близости земли, из-за чего экипаж интенсивно взял штурвал «на себя», и угол атаки достиг примерно 40° за 2 секунды, создав перегрузку 2 единицы.

Данные действия привели к сваливанию самолёта с последующим переходом в штопор. Важно отметить, что конкретно на данном самолёте стоял АГ с «прямой» индикацией, а не «обратной», к которой привык командир ВС [2].

Опираясь на всё вышесказанное, разработаны следующие рекомендации и выводы:

1. При обучении чётко объяснить обучаемому разницу между «прямой» и «обратной» индикацией крена.
2. В процессе первоначального обучения пилотов не стоит обучать их на самолётах с разными индикациями крена.
3. Если пилот в процессе переобучения начинает выполнять полёты на ВС с индикацией крена, отличной от той, к которой он

привык, необходимо уделить особое внимание процедуре вывода из СПИ для данного обучаемого, важно включить туда элементы при кренах более 90°.

4. Объяснить другим членам лётных экипажей о такой особенности, а также о том, что они должны проявлять повышенное внимание, при выполнении полётов с пилотом, которые ранее летал на АГ, индикация которого отлична от нынешней.

5. Указать обучаемому на важность усилий, прикладываемых на штурвал для создания крена, так как это способно предотвратить попадание в сложное пространственное положение.

1. Прямая и обратная индикация авиагоризонта. Часть 1. // дзен URL: <https://dzen.ru/a/YEBnOw6jrl1M4JLr> (дата обращения: 23.09.2025).

2. Прямая и обратная индикация авиагоризонта. Часть 2. // дзен URL: https://dzen.ru/a/YEDdXRUeaSh3X__2 (дата обращения: 23.09.2025).

Vladislav Yuryevich Lurye, Senior Lecturer, Department of Electrical Engineering and Electrical Engineering Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev» (Russia, Ulyanovsk), e-mail: vladislav.lurye.nav@gmail.com Mozhaisky St. 8/8, Ulyanovsk, 432071

A DANGEROUS FACTOR WHEN PILOTING AN AIRCRAFT WITH FORWARD AND REVERSE ROLL INDICATION

Annotation. This article attempts to analyze the challenges of pilot transition from Russian-built aircraft to imported ones, explores this issue, and provides practical recommendations for pilot training.

Key words: aviation, artificial horizon, reverse indication, direct indication.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Раздел 1. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ	4
<i>Миленкий В.С., Богданчик Ю.Г.</i> Особенности разрешительной системы для международных автомобильных перевозчиков Республики Беларусь в рамках интеграционных объединений	4
<i>Бойко Н.С., Наполов С.Д., Шалин К.В.</i> Правовой режим коммерческих суборбитальных полетов: пробелы в регулировании между воздушным и космическим правом	13
<i>Бойко Н.С., Ключиков М.К., Перфилов А.С.</i> Платформы на базе ИИ для анализа данных в авиации с точки зрения воздушного права	17
<i>Машарский З.В.</i> Сертификация в гражданской авиации, как одна из форм обеспечения безопасности на воздушном транспорте	22
<i>Гольдман Г.Э., Исупов А.А., Якубович С.П.</i> Услуги по эвакуации поврежденных транспортных средств. Проблемы правового регулирования и варианты их решения	28
Раздел 2. ПЕРСПЕКТИВЫ НАПРАВЛЕНИЯ И ЦИФРОВОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ И ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	34
<i>Якубук Ю.П., Мельниченко А.А.</i> Основные направления цифровизации в транспортной сфере Беларуси	34
<i>Капский Д.В., Семченков С.С.</i> Цифровое воплощение мобильности: трансформация устойчивых транспортных систем по принципу «избегай – заменяй – сдвигай – улучшай»	44
<i>Ганчерёнок И.И., Горбачёв Н.Н.</i> Системный анализ и проблемы моделирования транспортно-логистических процессов	53
<i>Карпов А.В., Михневич А.В., Чуваткина А.В.</i> Перспективные направления развития транспортно-логистической системы авиационного транспорта	63
<i>Нечаева Т.Г., Бородич Т.А.</i> Практика применения экономико-математического моделирования при разработке направлений развития грузооборота организации железнодорожного транспорта в рамках совершенствования транспортно-логистической деятельности	68
<i>Каснакин К.В.</i> Информационные системы маршрутного транспорта: проектирование и реализация навигационных решений для пассажиров	76
<i>Земба А.П., Семченков С.С.</i> Интеграция геоинформационных систем в процессе управления перевозок перевозочном процессе как сервиса интеллектуальных транспортных систем на городском пассажирском транспорте	86

Раздел 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКИ	93
<i>Гольдман Г.Э., Исупов А.А., Якубович С.П.</i> Международный опыт организации и выполнения автомобильных перевозок пассажиров по запросам. Возможные правовые условия для его применения в Республике Беларусь	93
<i>Костюченко Е.Д.</i> Управление автопарком с учётом сезонных колебаний спроса	105
<i>Александрова С.А., Севрюкова А.В.</i> Проблемы и тренды развития международной логистики в Беларуси	108
<i>Корольчук М.А., Семченков С.С.</i> Совершенствование системы управления перевозками пассажиров на основе цифровой трансформации учёта технической готовности парка подвижного состава	113
Раздел 4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	120
<i>Андреев А.Я.</i> Зависимость расхода топлива от скорости движения автомобильных транспортных средств при различных условиях перевозки грузов	120
<i>Захаров К.Р., Клепиков В.В.</i> Функция автопилота на воздушных судах гражданской авиации	129
<i>Коврижных Е.Н., Мирошин А.Н.</i> Основные причины допущения серьезных ошибок экипажем ВС ГА при работе с бортовым компьютером	135
<i>Соболевский С.Б.</i> Анализ областей применения природного газа в качестве моторного топлива в Республике Беларусь	139
<i>Седюкевич В.Н.</i> Статистические методы нормирования расхода топлива для автомобилей	147
Раздел 5. ИННОВАЦИОННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ	156
<i>Дубовский В.А., Савченко В.В.</i> Когнитивные технологии в высокоавтоматизированных транспортных средствах	156
<i>Серебряков И.А., Горнак И.В., Фалей П.А., Невертович В.Д.</i> Разработка универсальной электрической движущей части автомобиля и расчет её динамических характеристик	165
<i>Ляхов С.В., Гончаров И.П.</i> Предложения по дорожной карте внедрения цифровых коридоров с использованием высокоавтоматизированных транспортных средств	173
<i>Семченков С.С., Скирковский С.В., Капский Д.В., Корольчук М.А.</i> Умная безопасность: искусственный интеллект как ключевой компонент бортовых систем подвижного состава маршрутного пассажирского транспорта устойчивых транспортных систем	182

<i>Баурина М.С., Матанцева О.Ю.</i> Оценка целесообразности внедрения инновационного подвижного состава при перевозках транспортом общего пользования	193
<i>Насковец М.Т., Найденок И.Л.</i> Рекомендации по оптимизации перевозимого объема лесоматериалов автомобильным подвижным составом	203
<i>Волков А.К., Косачевский С.Г., Фролова Л.И., Захарьчева А.А.</i> Классификация схем распределения и переключения зрительного внимания пилотов на основе метода BAG OF VISUAL WORDS	207
<i>Житко А.В., Езерский В.Ю., Мельничук Е.А., Мельничук Н.А.</i> Цифровизация морской перевозки с применением технологии блокчейн	215
<i>Житко А.В., Езерский В.Ю.</i> Применение SIEM-систем в транспортной отрасли	226
<i>Житко А.В., Езерский В.Ю., Викторов А.В.</i> Моделирование руслового процесса на основе искусственного интеллекта	232
<i>Житко А.В., Езерский В.Ю., Луговой И.В.</i> Существующие методы моделирования руслового процесса, возможность внедрения технологии искусственного интеллекта в систему моделирования русловых процессов	242
Раздел 6. РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ И ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	251
<i>Ду Сичжоу</i> Анализ спроса на поездки на электромотоциклах на основе привычек пользователей	251
<i>Александрова С.А., Мацкевич Р.Д.</i> Сравнительная оценка развития троллейбусного транспорта в Беларуси и странах Европы	257
Раздел 7. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ, КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОК	264
<i>Багданович С.В.</i> Аттенциональный капитал и отрицательная полезность «счастливого пути»: ценность информационной тишины в интеллектуальных транспортных системах	264
<i>Круглый П.Е., Миленкий В.С., Круглый С.П., Мисько В.Г.</i> Обоснование рациональной структуры автомобильного парка предприятия	274
<i>Карсункин Е.В., Рябинов А.В.</i> Культура безопасности полетов как неотъемлемая часть общей организационной культуры	280
<i>Коврижных Е.Н., Козлов В.В., Сучков А.В.</i> Анализ возможности прекращения взлета после прохождения V ₁ на ВС транспортной категории типа ИЛ-76	286
<i>Лурье В.Ю., Ковригина У.В., Юриков Д.В.</i> Предотвращение столкновений с птицами в аэропорту	297

<i>Гольдман Г.Э., Исупов А.А., Якубович С.П.</i> О методике проведения выбора городов (районов), для которых проекты по совершенствованию транспортного обслуживания населения посредством расширения использования электротранспорта при перевозках пассажиров должны реализовываться в первую очередь	302
<i>Харлап С.Н., Яковцева О.И.</i> Метод расчета доли безопасных отказов для электронных систем, связанных с безопасностью	313
<i>Харлап С.Н., Бусько И.А.</i> Обзор программного комплекса для проведения качественного анализа рисков в рамках жизненного цикла обеспечения безопасности систем железнодорожной автоматики	320
<i>Ермашкевич Д.Б., Исупов А.А., Кункевич А.И.</i> О состоянии международных автомобильных перевозок грузов в Республике Беларусь в 2023 – 2024 годах	329
<i>Семченков С.С., Лобашов А.О., Канский Д.В.</i> ИМС-троллейбусы как ключевой элемент стратегической интеграции в устойчивые транспортные системы городов	336
<i>Афанасьев А.П., Сафонова А.П., Браим Д.Н., Бабей Р.О.</i> Определение оптимальных значений проектных уровней на внутренних водных путях с использованием различных расчетных формул	346
<i>Матанцева О.Ю., Залыгина С.К.И.</i> Особенности определения расходов на обновление пассажирского транспорта при организации регулярных перевозок по регулируемым тарифам	353
<i>Страдомский М.Ю., Терещенко О.А., Науменко А.А.</i> Факторный анализ как метод оценки безопасности движения поездов	363
<i>Синицкая О.А., Дойлидо Т.А.</i> Основные результаты эксперимента по оплате транспортной работы при выполнении городских автомобильных перевозок пассажиров транспортом общего пользования в г. Минске	369
Раздел 8. КАДРОВОЕ И НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	375
<i>Аверин С.В., Клепиков В.В.</i> Минимизация ошибок экипажа при взаимодействии с системами автопилота ВС	375
<i>Козлов В.В., Сучков А.В.</i> Ошибочные действия экипажа в работе с арматурой кабины при уходе на второй круг	379
<i>Лурье В.Ю.</i> Опасный фактор при пилотировании на воздушном судне с прямой и обратной индикацией крена	383

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**

Сборник статей

Сетевое издание

Ответственный за выпуск *Т.М. Колмакова*

Научное издание

Системные требования:
операционная система Windows XP или новее, macOS 10.12 или новее,
Linux.

Программное обеспечение для чтения файлов PDF.

Объем данных 9,81 Мб.

Принято к публикации 17.11.25.

Режим доступа:
Свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

Республиканское унитарное предприятие
«Белорусский научно-исследовательский институт транспорта
«Транстехника».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/137 от 8 января 2014 г.
Ул. Платонова, 22А, 220005, г. Минск.

**ДАННОЕ ИЗДАНИЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНО ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ
ПУБЛИКАЦИИ НА ЭЛЕКТРОННЫХ НОСИТЕЛЯХ**