№ 4 (125) 2026

ISSN 1994-831 X
E-ISSN 2658-3674

ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ПРАКТИКЕ, ЭКОНОМИКЕ



Проект «Единая река — Единый путь»

Темперамент водителя и безопасность движения

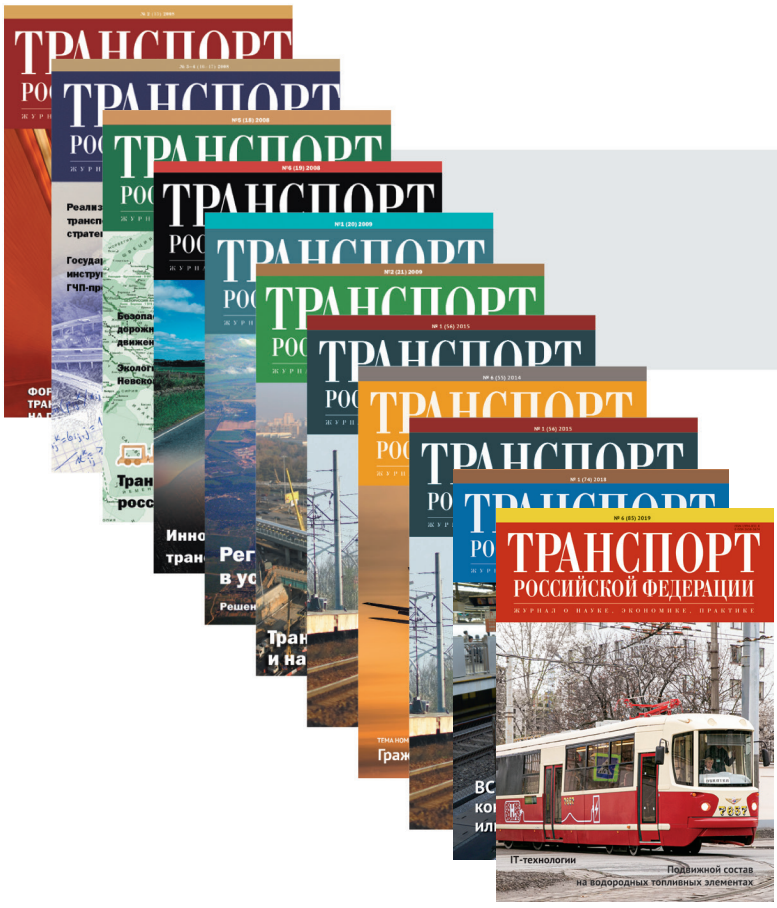
Показатели качества беспилотных автомобилей

Магнитолевитационный транспорт шестого поколения

Подписка

Подписка на журнал «Транспорт Российской Федерации» оформляется в любом отделении почтовой связи

- по объединенному каталогу **«Пресса России»**, *подписной индекс 15094*,
- по электронному каталогу **«Почта России»**, *подписной индекс П1719*
- по телефону: **8 (495) 970-74-09,**
- по электронной почте: **info@rosacademtrans.ru**



Подписку также можно оформить в агентствах:

«Книга-Сервис»

Тел.: (495) 680-90-88

http://akc.ru

«Урал-Пресс»

Тел.: (495) 789-86-36

«Почта России»

Тел.: (495) 956-20-67

http://russianpost.ru

ISSN 1994-831 X E-ISSN 2658-3674



№ 4 (125) 2026

Содержание

ГОСУДАРСТВО И ТРАНСПОРТ

О. В. Тарасова, С. Д. Кучерова.
Моделирование и оценка конкурентоспособности проекта «Северный широтный ход»..... 3

М. В. Фомин.
Проект «Единая река — Единый путь» 7

ПРАВО

Н. С. Лебедева, Л. В. Асилян.
Влияние правовых и этических норм на формирование профессиональной речи моряка в процессе обучения иностранному языку 10

БЕЗОПАСНОСТЬ

Н. У. Гюлев.
Особенности влияния темперамента водителя на безопасность дорожного движения..... 15

ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ДВИЖЕНИЕ

К. К. Ким, М. Ю. Изварин.
Прогнозирование предельной протяженности высокоскоростных магистралей с учетом опыта Франции..... 18

ЛОГИСТИКА

А. Р. Михайленко, А. В. Родионов.
Оптимизация параметров технической безопасности в контексте экологизации логистической деятельности предприятий 22

НАУКА И ТРАНСПОРТ

С. А. Никищенков.
Формализация, схематизация и диагностика конкуренционных зависимостей и конфликтов в железнодорожных технологических процессах 25

О. Ю. Булатова, Ли Синьтун.
Оценка готовности населения к использованию беспилотных транспортных услуг (на примере г. Цзинань, КНР)..... 29

ЭКОЛОГИЯ

В. Н. Ложкин.
Контроль опасного загрязнения воздуха поллютантами и парниковыми газами городским транспортом в Санкт-Петербурге по критериям наносимого ущерба 34

КАДРЫ

М. А. Анисимов, Д. Ф. Дмитриева, В. Д. Крутов, П. М. Фокеева.
Формирование индивидуальных компетентностно-ориентированных траекторий развития сотрудников ОАО «РЖД» с использованием интеллектуальных агентов 39

ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТЕХНИКА

В. В. Епифанов, Е. Н. Никитина.
Обоснование показателей качества системы функционирования беспилотных автомобилей 47

Л. А. Баранов, Е. Н. Розенберг, В. Г. Новиков, А. В. Озеров.
Анализ длины виртуальной сцепки для грузовых поездов. 50

И. Г. Куклина.
Анализ вибронагруженности длиннобазных винтовых роторов акустическими методами с целью повышения срока службы транспортно-технологических средств ..56

Д. О. Шкондин.
Магнитолевитационные транспортные системы шестого поколения: основы сверхпроводящей левитации и перспективы развития 59

РЕГИОН

У. Т. Атамкулов, Б. М. Жоробеков, М. Т. Орозбаев.
Экономическая и энергетическая эффективность эксплуатации автомобильного парка в условиях роста цен на автомобильное топливо..... 64

Аннотации.....67

Abstracts 69

Транспорт Российской Федерации

Журнал о науке, практике, экономике

УЧРЕДИТЕЛИ

ОО «Российская академия транспорта»,
ФГБОУ ВО ПГУПС

ИЗДАТЕЛЬ

ОО «Российская академия транспорта»

Главный редактор
Александр Мишарин

Заместитель главного редактора
Олег Валинский

Исполнительный директор
Илья Потапов

Шеф-редактор Андрей Гурьев
Арт-директор Сергей Тюрин
Корректор Виктория Филиппова
Переводчик Илья Потапов

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77-91113 от 01.04.2026 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Журнал включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».

При перепечатке опубликованных материалов ссылка на журнал «Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике» обязательна.

Адрес редакции:
121596, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Можайский, ул. Горбунова, д. 2, стр. 3, пом. 24/2

https://rostransport.elpub.ru/jour
info@rosacademtrans.ru
www.rosacademtrans.ru
Тел.: 8 (495) 970-74-09.

Редакция журнала не несет ответственности за содержание рекламных материалов.

Установочный тираж 7 000 экз.

Подписано в печать 18.08.2026.

Отпечатано:
Типография Speedy Print
ИП Кириченко А. В. 101000, г. Москва, ул. Маросейка, 9/2, строение 8.

Заказ №

Редакционный совет

Мишарин А.С., президент Российской академии транспорта, председатель редакционного совета, главный редактор журнала «Транспорт РФ», д. т. н.

Валинский О.С., ректор ПГУПС, заместитель председателя редакционного совета, к. т. н.

Барышников С.О., член Президиума Российской академии транспорта, д. т. н.

Пашков К.А., первый заместитель Министра транспорта Российской Федерации, д. м. н.

Ефимов В.Б., президент Союза транспортников России, д. э. н.

Гапанович В.А., президент ОПЖТ, к. т. н.

Ефимова О.В., ученый секретарь РАТ, д. э. н.

Редакционная коллегия

Белозеров В. Л. — д. э. н., председатель Общественного совета при Ространснадзоре, член Президиума РАТ

Бороненко Ю. П. — д. т. н., заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» ПГУПС, генеральный директор АО «НВЦ „Вагоны“»

Буровцев В. В. — д. э. н., ректор ДВГУПС, председатель Дальневосточного регионального отделения РАТ

Валинский О. С. — к. т. н., ректор ПГУПС

Галкин А. Г. — д. т. н., ректор УрГУПС, председатель Уральского регионального отделения РАТ

Гаранин М. А. — д. т. н., ректор СамГУПС, председатель Самарского регионального отделения РАТ

Дудкин Е. П. — д. т. н., профессор ПГУПС, руководитель НОЦ «Промышленный и городской транспорт»

Дунаев О. Н. — д. э. н., председатель подкомитета по транспорту и логистике комитета РСПП по международному сотрудничеству, директор Центра стратегического развития логистики

Евсеев О. В. — д. т. н., вице-президент РАТ

Ефанов Д. В. — д. т. н., профессор Высшей школы транспорта Института машиностроения, материалов и транспорта СПбПУ, профессор РУТ (МИИТ)

Журавлева Н. А. — д. э. н., заведующая кафедрой «Экономика транспорта» ПГУПС, директор ИПЭБУ ПГУПС

Киселев И. П. — д. и. н., почетный профессор ПГУПС

Козлов П. А. — д. т. н., вице-президент РАТ

Костылев И. И. — д. т. н., заведующий кафедрой «Теплотехника, судовые котлы и вспомогательные установки» ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова

Кочетков А. В. — д. т. н., председатель Поволжского регионального отделения РАТ

Малыгин И. Г. — д. т. н., директор Института проблем транспорта РАН, член Президиума РАТ

Мачерет Д. А. — д.э.н., профессор РУТ (МИИТ), первый заместитель председателя объединенного ученого совета ОАО «РЖД»

Огай С. А. — д. т. н., председатель Восточного регионального отделения РАТ

Пимоненко М. М. — к. ф-м. н., директор Северо-Западного информационно-аналитического центра «АЙЛОТ», доцент кафедры «Логистика и коммерческая работа» ПГУПС

Потапов И. П. — исполнительный директор РАТ

Пугачев И. Н. — д.т.н., заместитель директора по научной работе Хабаровского федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения РАН, профессор ДВГУПС

Розенберг Е. Н. — д. т. н., первый заместитель генерального директора АО «НИИАС»

Розенберг И. Н. — д. т. н., член-корреспондент РАН, научный руководитель РУТ (МИИТ)

Соколов Ю. И. — д. э. н., директор Института экономики и финансов РУТ (МИИТ), председатель Центрального отделения РАТ

Тимофеев О. Я. — д.т.н., профессор кафедры конструкции и технической эксплуатации судов СПбГМТУ

Титова Т. С. — д. т. н., проректор ПГУПС

Трофименко Ю. В. — д. т. н., вице-президент РАТ, председатель Дорожно-транспортного отделения РАТ, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» МАДИ

Якунин Н. Н. — д. т. н., профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета

УДК 338.47:656.2

Моделирование и оценка конкурентоспособности проекта «Северный широтный ход»



О. В. Тарасова,
канд. экон. наук, заведующий отделом Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук, доцент Новосибирского национального исследовательского государственного университета (НГУ),



С. Д. Кучерова,
студент НГУ

В условиях санкционного давления и переориентации экспортных грузопотоков на страны Азии особое значение приобретают инфраструктурные транспортные проекты, способные обеспечить выход грузов Сибири и Урала к портам Северного морского пути и разгрузку перегруженных железнодорожных магистралей — Транссиба и БАМа.

Идея создания Великого северного железнодорожного пути восходит к 1928 г., а в 1947 г. началось строительство линии до мыса Каменный. Однако из-за мелководья Обской губы проект признан нецелесообразным **[1]**. Его возрождение произошло в 1978–1986 гг. с вводом участка Коротчаево — Новый Уренгой — Пангоды. В 2005 г. инициатива получила название «Северный широтный ход» (СШХ) в рамках проработки проекта «Урал Промышленный — Урал Полярный».

В настоящее время Северный широтный ход представляет собой широко обсуждаемый, но при этом многовариантный транспортный мегапроект, включающий в различных трактовках:

- основной участок Обская — Коротчаево (707 км), соединяющий западную и восточную части ЯНАО;
- участок Бованенково — Сабетта в рамках СШХ-2 (173 км) для выхода к порту Сабетта на Северном морском пути;
- участок Коротчаево — Дудинка (около 820 км через Ермаково и Игарку) как перспективное продление к арктическому морскому порту Дудинка.

Несмотря на многолетнюю историю и подтвержденную стратегическую значимость, проект СШХ находится в стадии планирования **[2]**. Одними из ключевых причин является неопределенность в отношении его коммерческой эффективности и отсутствие количественных оценок того, как новая магистраль повлияет на распределение грузопотоков в восточном направлении **[3, 4]**.

Цель исследования — получить количественные оценки конкурентоспособности Северного широтного хода в деле интенсификации грузоперевозок по территории азиатской части России.

Методология оценки

В работе используется модель МИКСПРОСТОР[1], которая сочетает в себе элементы транспортной задачи, линейного программирования и сценарного анализа. Модель позволяет:

- задавать топологию сети (узлы, плечи) с указанием видов транспорта, провозных способностей и тарифов;
- описывать грузовую базу (виды продукции, объемы производства и потребления);
- вводить неопределенность по параметрам новых участков через вариаторы (интервалы тарифов и провозных способностей);
- получать распределение грузопотоков, минимизирующее суммарные транспортные издержки в системе **[5]**.

Оговоримся, что данный инструментарий не позволяет учесть технические сложности сооружения и последующей эксплуатации железной дороги в условиях вечной мерзлоты и сложного рельефа. Акцент делается на экономической оценке конкурентоспособности маршрута с точки зрения грузоотправителей при различных параметрах тарифов и провозных способностей на участках.

Спецификация модели для оценки СШХ

На первом этапе в модели сформирована транспортная сеть, включающая 12 узлов и 17 плеч. Ключевыми узлами в азиатской части России стали:

Статья подготовлена в рамках проекта НИР Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН № 126021116963–8 «Модели и методы исследования социально-экономического развития многоуровневой пространственной системы Российской Федерации в современных условиях».

[1] Модельно-информационно-картографическая система «Прогнозирование развития опорной сети транспортной отрасли России».



Рис. 1. Схема смоделированной транспортной сети. Источник: сформировано авторами

• центры зарождения грузов — Новокузнецк (уголь), Уренгой (нефть), Лесосибирск и Белый Яр (лес), Сабетта (сжиженный природный газ[1]);

• порты выхода на Северный морской путь — Сабетта и Дудинка;

• логистические центры — Сургут, Тюмень, Вологда.

Узлом поглощения грузов выбран Шанхай как крупнейший рынок сбыта российских товаров в Китае и одновременно точка погрузки импортируемых в РФ контейнеров.

Участки СШХ и перспективной Северо-Сибирской железнодорожной магистрали (СевСиб, Лесосибирск — Белый Яр — Сургут) включены в модель как потенциально планируемые к строительству плечи (см. пунктирные линии на *рис. 1*). Три морских плеча соответствуют развиваемому Северному морскому пути, остальные — существующим железным дорогам РФ и частично КНР.

Грузовая база определена на основе анализа данных Росстата, отраслевых обзоров и проектных оценок **[2, 4, 7]** с учетом переориентации экспорта на восток. Общий объем рассмотренных грузов составил 163 млн т/год (*табл. 1*).

Тарифы на существующих участках рассчитаны по данным ОАО «РЖД» (калькулятор тарифов) и транспортных компаний, работающих на Северном морском пути. Для новых участков СШХ и СевСиба стартовые тарифы и провозные способности заданы в виде вариаторов (т. е. интервально, *табл. 2*) для учета неопределенности, характерной для проектной стадии.

Результаты моделирования

Моделью сгенерировано 200 сценариев (комбинаций вариаторов на заданных интервалах). Для каждого из них решалась оптимизационная задача минимизации суммарных транспортных издержек. Полученные решения сгруппированы в кластеры.

Наибольшая загрузка анализируемых участков дорог наблюдается во втором кластере (*рис. 2*), где суммарный объем перевозок по СШХ составил 63,5 млн т/год, или 56 % от общего железнодорожного грузопотока в системе. Данный кластер одновременно является наиболее дешевым (на 4 % от самой дорогой конфигурации грузопотоков). В этой комбинации грузоперевозок, выбранной грузоотправителями 47 раз из 200:

• из 50 млн т кузбасского угля 32,4 млн т ежегодно направляется в Китай через порт Сабетта (маршрут Новокузнецк — Белый Яр — Сургут — Уренгой — Харп — Сабетта);

• контейнерные грузы из Китая объемом 10 млн т/год поступают через порт Сабетта и далее по СШХ в Тюмень;

Таблица 1. Учтенная при моделировании грузовая база СШХ

Продукт	Объем, млн т/год	Направление
Уголь	50	Новокузнецк — Шанхай
Сжиженный природный газ	50	Сабетта — Шанхай
Нефть	10	Уренгой — Шанхай
Лес	20	Лесосибирск, Белый Яр — Шанхай
Контейнеры	30	Шанхай — Новокузнецк, Тюмень, Вологда
Черные металлы	1,5	Тюмень — Шанхай
Цветные металлы	1,5	Лесосибирск — Шанхай

Таблица 2. Вариаторы модели

Плечо	Диапазон тарифов, руб./т·км	Диапазон провозных способностей, млн т/год
Харп — Сабетта	1,6–6,6	55–65
Уренгой — Дудинка	1,6–6,6	15–25
Уренгой — Харп	1,6–6,6	50–65
Уренгой — Сургут	1,9–9,3	50–60
Лесосибирск — Белый Яр	Зафиксированы	20–30
Белый Яр — Сургут		50–60

[1] Хотя сжиженный природный газ не будет перевозиться по СШХ, он включен в анализ как важный груз в рамках арктического макрорегиона. Объемы сжиженного природного газа создают нагрузку на порт Сабетта и транспортную инфраструктуру Ямала, что влияет на развитие и планирование проекта СШХ.

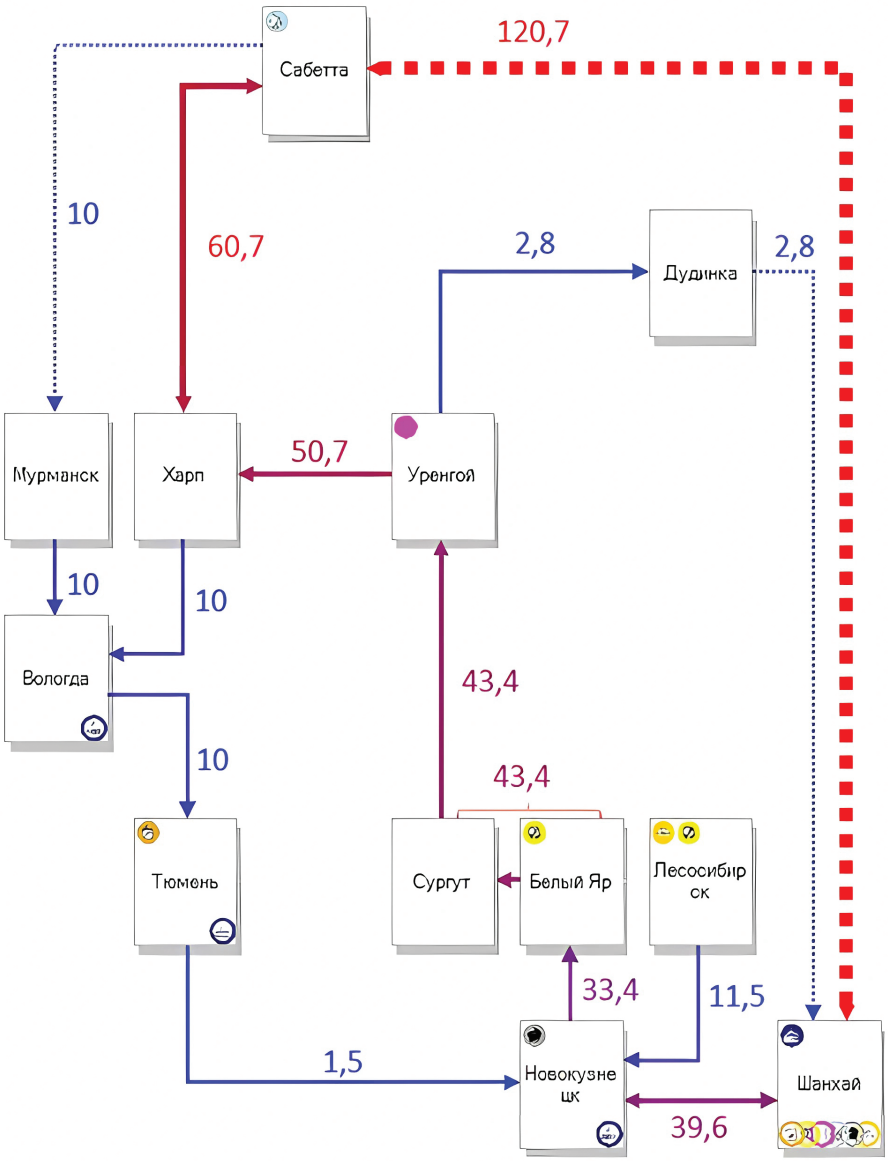


Рис. 2. Объемы перевозок в системе по всем продуктам, второй кластер решений. Источник: скриншот результатов расчетов в МИКС-ПРОСТОР

• нефть из Уренгоя в полном объеме (10 млн т/год) вывозится через Сабетту.

Для цветных и черных металлов (объемом по 1,5 млн т ежегодно) маршрут через СШХ не был выбран оптимизатором ни в одном из кластеров — эти грузы следуют по традиционным южным направлениям.

Для обеспечения рассчитанных провозных способностей маршрута в узлах Сабетта и Дудинка необходимы строительство и/или модернизация терминалов для работы с товарами широкой номенклатуры. На данный момент порт Сабетта используется практически только для экспорта сжиженного природного газа.

Кроме того, грузовая база маршрута в значительной степени обеспечивается через новое плечо Белый Яр — Сургут. Этот результат, не смотря на то, что строительство участка СевСиба значительно увеличивает необходимый объем финансовых ресурсов, подчеркивает потребность в создании именно новой сетевой структуры железных дорог на пространстве в азиатской части России.

Для достижения такой конфигурации перевозок необходимы следующие параметры тарифного регулирования (*табл. 3*).

Сравнение смоделированных тарифов с базовыми (рассчитанными по действующим участкам) показывает, что для контейнеров и нефти тарифы на СШХ оказываются ниже. То есть чтобы грузоотправители отдельных отраслей выбрали этот путь для перевозок, требуется субсидирование со стороны государства. С помощью такого инструмента народнохозяйственные цели увеличения связности пространства страны, устранения инфраструктурных ограничений в азиатской части России могут быть согласованы с коммерческими интересами грузоотправителей. Для угля и леса, напротив, моделируемые тарифы выше базовых, что свидетельствует об естественной конкурентоспособности данных маршрутов для этих грузов, так как грузоотправители готовы платить.

Однако необходимо отметить, что в моделируемых тарифах не была явным образом заложена инвестиционная составляющая, т. е. вопросы окупаемости проекта остаются открытыми. По мнению авторов проектный анализ должен вестись при учете выделенных границ конкурентоспособности магистрали.

Основные выводы

Полученные результаты позволяют сделать несколько выводов относительно условий конкурентоспособности СШХ.

• Эффект перераспределения грузопотоков. В максимальной с точки зрения загрузки СШХ конфигурации перевозок он берет на себя 64% экспортного угля Кузбасса, направляемого в Китай, что существенно разгружает Транссиб и БАМ. Это соответствует задачам, поставленным в Транспортной стратегии РФ.

• Необходимость тарифного регулирования. Для контейнеров и нефтяных грузов требуются прямые субсидии грузоотправителям (от 10 до 83% в зависимости от участка и вида груза). Для угля

Таблица 3. Необходимое субсидирование перевозок, % от базового уровня тарифов

Участок	Субсидия, контейнеры	Субсидия, нефть
Харп — Сабетта	39	27
Уренгой — Дудинка	32	10
Уренгой — Сургут	83	0
Уренгой — Харп	54	18

и леса расчетные тарифы на СШХ уже конкурентоспособны.

• Требования к инфраструктуре. Провозная способность участка Харп — Сабетта должна составлять не менее 60 млн т/год, что предполагает строительство двухпутной линии с тяжелым типом верхнего строения пути. Также необходимо создать универсальные терминалы в портах Сабетта и Дудинка.

• Роль Северо-Сибирской железнодорожной магистрали. Включение в модель перспективной магистрали СевСиба оказалось критическим для загрузки СШХ лесными грузами и углем. Это подтверждает необходимость системного подхода к развитию железнодорожной сети в азиатской части России, а не точечного строительства отдельных линий. Аналогичный вывод о необходимости комплексного развития сети сделан в работе **[6]** при оценке транспортных проектов (Баренцкомур, СевСиб).

Таким образом, Северный широтный ход представляет собой неоднозначный крупномасштабный транспортный проект, который требует нескольких этапов обоснования. Одним из них является выполненная количественная оценка конкурентоспособности нового маршрута в условиях массивной интенсификации грузоперевозок и реконфигурации грузопотоков по территории азиатской части России.

Полученные на МИКС-ПРОСТОР прогнозные оптимальные параметры работы магистрали (провозные способности, зоны субсидирования) могут быть использованы при ее проектировании, а также при формировании финансово-экономической модели Трансарктического транспортного коридора, разработка которой, по заявлению Минвостокразвития, должна завершиться в ближайший год и определить окончательное решение по реализации СШХ **[7]**.

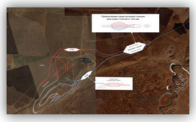
Литература

1. Выдашенко Л. А., Рыкова Л. А., Выдашенко П. А., Митракова П. В. Исследование грузовой базы северных регионов Российской Федерации при строительстве Северного широтного хода // Бюллетень науки и практики. 2022. № 9. С. 428–435.
2. Шац М. М. Грандиозный проект железнодорожной магистрали «Северный широтный ход» // Глобальное недропользование. 2023. № 5–6. С. 30–37.
3. Выскребенцев И. С. Возможности и перспективы развития железнодорожной транспортной системы (на примере Северного широтного хода) // Московский экономический журнал. 2021. № 11. С. 522–528.
4. Федоров Ю. Н., Фейло М. Б., Чурилин А. Ю., Поречина И. А. Создание железнодорожного Северного широтного хода // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 4. С. 40–44.
5. Ситуационная комната как элемент организации экспертного сообщества: задачи планирования и прогнозирования / Малов В. Ю., Тарасова О. В., Бульонков М. А. и др. Под ред. д.э.н. Г. А. Унтуры. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2018. – 260 с.
6. Быкадоров С. А., Кибалов Е. Б. Межрегиональные крупномасштабные железнодорожные проекты: оценка сравнительной эффективности проектных альтернатив // Регион: экономика и социология. 2023. № 4. С. 217–237.
7. Чекунков: решение о создании Северного широтного хода примут в ближайший год. URL: https://tass.ru/ekonomika/25295263 (дата обращения: 23.03.2026).

Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Основные направления деятельности



Разработка концепций, технико-экономических обоснований строительства объектов транспортной инфраструктуры



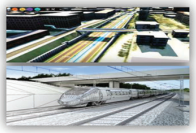
Проведение комплексных научно-исследовательских работ



Научно-техническая, экспертная и методическая поддержка проектов строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры



Разработка предложений по повышению перерабатывающей способности станций, разработка имитационной модели



Разработка нормативно-технических документов и научно-технических обоснований (СП, ГОСТ, НТО, СТО)



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов

www.rosacademtrans.ru info@rosacademtrans.ru

УДК 656.621/.626

Проект «Единая река — Единый путь»



М. В. Фомин,
канд. полит. наук, ведущий научный сотрудник Института Китая и современной Азии РАН

Инициатива по развитию трансграничных грузоперевозок по реке Иртыш предполагает создание мультимодального логистического коридора между Россией, Казахстаном и Китаем. Проект направлен на частичную переориентацию грузопотоков на речной транспорт для снижения стоимости доставки грузов и интеграцию с другими транспортными коридорами: в первую очередь с Севморпутем и Транссибом.

Самый старинный транспорт в богатой реками Сибири — водные перевозки. В советское время речной транспорт перевозил миллионы тонн различных грузов, а в северных районах Западной Сибири и практически на всей территории Восточной Сибири речной флот являлся основным видом транспорта. После распада СССР речной транспорт в России столкнулся с рядом системных проблем, которые привели к его стагнации и сокращению объемов перевозок **[1, С. 49]**.

В настоящее время актуальность возобновления речного транспортного сообщения приобретает особое значение. В марте 2025 г. на пленарном заседании VI Международного арктического форума «Арктика — территория диалога» президент России В. В. Путин объявил, что Северный морской путь (СМП, от Карских Ворот до бухты Провидения — 5600 км) станет ключевым участком Трансарктического транспортного коридора с морским маршрутом от Санкт-Петербурга через Мурманск до Владивостока (Большой СМП — 14280 км, тот же маршрут через Суэцкий канал — 23200 км) **[2]**.

Трансарктический транспортный коридор — это стратегический проект, направленный на создание единой системы транспортных маршрутов, связывающих регионы Сибири, Урала и Дальнего Востока с портами Севморпути и выход на мировые торговые пути. Трансарктический транспортный коридор, помимо Большого СМП, будет включать речные транспортные коридоры на Оби — Иртыше, Енисее и Лене, систему мультимодальных транспортно-логистических узлов (или хабов «ж/д — река», «река — море»), интеграцию с Транссибом и БАМом, Северной железной дорогой.

Подводящая инфраструктура Трансарктического транспортного коридора включает развитие внутренних водных путей Сибири, в том числе Обь — Иртышский бассейн. Река Иртыш обладает значительным потенциалом для обслуживания транзитных грузов, в частности, контейнеров, угля, пиломатериалов и зерна. Создание мультимодального логистического центра в Омской обл. станет частью транспортного коридора Россия — Казахстан — Китай.

Проект «Единая река — Единый путь» поможет соединить Западную Сибирь и Китай по р. Иртыш — участок Павлодар (Казахстан) — Омск (Россия) — и далее по Оби с выходом на СМП. Планируется создание единой транспортной системы, объединяющей портовые терминалы, судоходную инфраструктуру и логистические узлы. По оценке министерства транспорта Казахстана, потенциальный объем перевозок по реке может составить до 2,5 млн т в год **[3]**.

Общая длина Иртыша от озера Зайсан (Казахстан) до впадения в Обь (Ханты-Мансийск) составляет 4248 км. Река судоходна на всем протяжении в пределах Западной Сибири **[4, С. 40]**. Номинально регулярное судоходство осуществляется на протяжении 3784 км от Усть-Каменогорской ГЭС (Казахстан) до Ханты-Мансийска и далее по р. Обь до Салехарда (*рис. 1*). Но реальное коммерческое судоходство производится от Павлодара.

На казахстанском участке Иртыша кроме значительного числа отмелей отмечаются узость и малые глубины фарватера за Павлодаром, особенно в районе г. Семей (бывший Семипалатинск), а также скалистые грунты по берегам реки. Тем не менее проект «Единая река — Единый путь» может соединить Россию, Казахстан и Китай дополнительным мультимодальным транспортным коридором.

В октябре 2025 г. запущена международная трасса — автодорога Омск — Майкапчагай (на границе Казахстана, пограничный переход Зимунай в Китае) через Павлодар и Семей, соединяющая Россию, Казахстан и Китай. Трасса имеет большое стратегическое значение и способствует развитию внешнеторговых отношений, транзитного потенциала и промышленного сотрудничества. Автодорога уже повысила транспортную связанность двух стран, так как это самый короткий путь (1300 км) из КНР через Казахстан в Россию.

Для организации мультимодального транзита предлагается (*рис. 2*) создание речного маршрута по Иртышу (порт Омск — порт Павлодар, 570 км), затем перегрузка на автотранспорт до Китая (погранпереход Майкапчагай — Зимунай) или перегрузка в Павлодаре на железную дорогу до Урумчи (крупный транспортный узел в Китае), либо по железной дороге от Аягоза до г. Тачэн (один из крупнейших индустриальных парков в Китае) с 2027 г.

Несмотря на описанные природные сложности бассейна р. Иртыш, появились предложения от казахстанской стороны по продлению речного маршрута до о. Зайсан (портопункт Тугыл) с перегрузкой грузов на железнодорожный транспорт. Для этого необходимы дноуглубление, расширение фарватера реки и строительство 99 км железной дороги от Тугыла до границы Китая (Майкапчагай). Кроме того, заявлено о важности строительства шлюза и нового речного порта в Семее (*рис. 3*). Отдельно прозвучало предложение о возможном судоходстве на китайском участке р. Иртыш.

Помимо технических сложностей (три ГЭС за Павлодаром) и природных особенностей (глубины, извилистости русла и узости фарватера реки, скал береговой линии)



Рис. 1. Бассейн р. Иртыш

при реализации строительства шлюза и порта в Семее **[5, С. 43]** налицо гигантское удорожание проекта. А рассмотрение организации судоходства на китайском участке Иртыша (Черный Иртыш) вообще выглядит нереальным и фантастичным, так как известно, что Китай для своих нужд забирает[1] более 10% общего объема воды в Черном Иртыше.

Тем не менее проект «Единая река — Единый путь» в реальном виде может не только соединить Россию, Казахстан и Китай кратчайшим мультимодальным транспортным коридором — это дополнительные коммерческие и стратегические возможности наших стран. При этом связка Омск — Павлодар является ключевой, поскольку построены автотрасса Омск — Майкапчагай и железная дорога до Урумчи (а также завершается строительство железнодорожного пути от Аягоза до Тачэна), что позволяет формировать барже-буксирные составы в порту Павлодара при транспортировке[2] грузов из Китая и обратно и в порту Омска для отправки в КНР.

Соответственно, при необходимости возможен перегруз в порту Омска с барж на суда типа «река — море» до портов Салехард и Сабетта и выход на СМП. В Омской обл. планируется создать мультимодальный логистический комплекс на базе одного из перегрузочных судоходных предприятий. Он будет распределять потоки грузов между речным, железнодорожным и автомобильным транспортом. Омск в СССР был крупным транспортным узлом, и в речном порту, а также по течению Иртыша, сохранилось несколько перегрузочных комплексов с необходимой инфраструктурой.

В то же время существует потребность в модернизации **[7]** (дноуглубление, увеличение мощностей по перевалке контейнеров и пр.) портов[3] Омск и Павлодар. Требуется увеличить пропускную способность на отдельных участках железнодорожных и автомобильных трасс. На Иртыше в Казахстане множество мелей и перекатов — глубина менее 1,35 м на 20 участках, что требует дорогостоящего дноуглубления. Также необходимо провести дноуглубительные работы на некоторых российских участках Иртыша.

Не менее остро стоит вопрос дефицита[4] транспортных средств. Нехватка современного речного флота, прежде всего мульти-судов типа «река — море», потребует времени и значительных инвестиций в судостроение. Необходимо сформировать целую группу буксиров и речных барж. Также объективна ситуация с операционными и логистическими сложностями. Без проактивного планирования грузопотоков и дальнейшей гармонизации тарифов, упрощения и цифровизации таможенных и транспортных документов невозможно обеспечить бесшовную логистику между странами.

Очевидна проблема экологической безопасности. Навигация запрещена в нерестовый период, а дноуглубление угрожает экосистеме реки. Поэтому необходимо трехстороннее соглашение (Россия — Казахстан — Китай) по режиму реки, судоходству, водному балансу, биоресурсам.

Реализация всех запланированных этапов проекта требует значительных инвестиций (только стоимость создания транспортно-логистических узлов в Омске может составить до 12 млрд руб.) Финансовые ограничения могут привести к сдвигу сроков реализации проекта. Тем более, что сохраняется возможность влияния внешнеполитических факторов, изменения региональных альянсов или введения новых ограничений, что может повлиять на стабильность и предсказуемость маршрута.

Тем не менее возрождение речного судоходства в Сибири в качестве фидерных линий для связи основного расселенческого каркаса страны на юге с портами СМП — это неотъемлемая часть восточного вектора политики России. Требуется комплексный подход, включающий инфраструктурные, технологические и экономические меры.

Проект «Единая река — Единый путь» согласуется со стратегией России по развитию речных перевозок внутри страны и для международного сообщения. Несмотря на все сложности, проект обладает значительным потенциалом:

1. Экономическая эффективность. Основное преимущество — возможность сокращения сроков и стоимости доставки грузов по сравнению с традиционными сухопутными маршрутами, взаимовыгодный доступ к рынкам стран-участников проекта.

2. Стимулирование торговли и развития. Модернизация транспортной инфраструктуры способствует росту региональной и международной торговли, привлечению инвестиций и экономическому развитию прилегающих территорий. Особую роль может сыграть агроло-

[1] По оценкам казахстанских гидрологов, забор воды из Черного Иртыша в Китае составляет порядка 2 км³/год.

[2] В настоящее время основными опорными точками ключевых маршрутов являются крупные города Китая и России, основные морские порты или железнодорожные станции на Дальнем Востоке **[6].**

[3] В 2025 г. грузооборот порта Омск составил около 4,5 млн т, а Павлодарского речного порта — около 1,4 млн т. В СССР грузооборот портов составлял до 12 и 6,5 млн т в год, соответственно.

[4] Средний возраст речных судов в России достиг 30 лет, что на 5–10 лет превышает рекомендуемый срок безопасной эксплуатации. По данным Минтранса РФ, за последние 20 лет число грузовых транспортных судов в России сократилось более чем в 4 раза (с 14100 до 3189 ед.), а пассажирских — в 2,7 раза (с 1700 до 619 ед.). По данным Центрального НИИ морского флота, только за 2007–2020 гг. количество грузовых судов плавания «река — море» сократилось с 2500 до 1550 ед., т. е. примерно на 40%.



Рис. 2. Транспортная схема проекта



Рис. 3. Удлинение речного маршрута проекта

гистика, учитывая сельскохозяйственный экспортный потенциал Омской обл.

3. Стратегическое значение. В условиях глобальной нестабильности проект может стать одним из опорных (альтернативных) логистических коридоров Евразии, обеспечивающих устойчивость торговли. Принципиально важной является и возможность интеграции с другими транспортными коридорами в первую очередь с СМП и Транссибом.

Таким образом, развитие речного судоходства на главных сибирских реках будет направлено на повышение эффективности грузоперевозок в стране, снижение нагрузки на железные дороги и интеграцию внутренних водных путей России в глобальные транспортные коридоры. Т

Литература

1. Пути и дороги Сибири. Доклад Тобольского Клуба № 3. URL: https://iwmes.hse.ru/data/2026/03/31/230644558/Пути%20и%20дороги%20Сибири.pdf (дата обращения: 23.03.2026).
2. СМП станет ключевым участком Трансарктического транспортного коридора // АЦ Правительства РФ. URL: https://ac.gov.ru/news/page/smp-stanet-klucevym-ucastkom-transarkticeskogotransportnogo-koridora-28052 (дата обращения: 12.04.2026).
3. Судоходство на Иртыше — 2025: Россия, Казахстан и путь в Китай. Stan Radar. URL: https://stanradar.com/news/full/58242-sudohodstvo-na-irtyshe-2025-rossija-kazahstan-i-put-v-kitaj.html (дата обращения: 14.03.2026).
4. Советский Союз. Геогр. описание в 22 т. Западная Сибирь. М.: «Мысль», 1971. 429 с.
5. Советский Союз. Геогр. описание в 22 т. Казахстан. М.: «Мысль», 1970. 408 с.
6. Бондаренко Е. М., Гладунов В. А. Анализ влияния технологии доставки сборных грузов из Китая в Западную Сибирь на частоту использования различных видов транспорта // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1 (60). С. 49–57.
7. Жидкова А. М., Ольховик Е. О., Соляков О. В. Организация портов-хабов на внутренних водных путях России // Транспорт Российской Федерации. 2025. № 4. С. 12–17.

Общероссийская общественная организация
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА В ЦИФРАХ

Общественная академия наук
(ФЗ от 23 августа 1996 г. N 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»)

Некоммерческая организация
(ФЗ от 12 января 1996 г. N 7-ФЗ «О некоммерческих организациях»)

Академия включает:
51 РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

СОСТАВ АКАДЕМИИ В 2025 ГОДУ
> **700** УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ (ДОКТОРОВ И КАНДИДАТОВ НАУК)

- 6 ОТРАСЛЕВЫХ КОМИТЕТОВ
- НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
- ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ
- ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ ВСМ РАТ

УДК 37.013

Влияние правовых и этических норм на формирование профессиональной речи моряка в процессе обучения иностранному языку



Н. С. Лебедева,
старший преподаватель кафедры иностранных языков Государственного морского университета имени адмирала Ф. Ф. Ушакова (ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова),



Л. В. Асилян,
старший преподаватель кафедры теории и истории государства и права ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова

В современных условиях большинство судоходных компаний работают на международных линиях, а экипажи формируются из представителей различных стран. В такой многонациональной и многоязычной среде язык профессионального общения становится не только инструментом передачи информации, но и фактором обеспечения безопасности, правовой точности и профессиональной этики.

Английский язык в морской отрасли выполняет статус международного языка профессиональной коммуникации и закреплен в ряде международных документов, включая Конвенцию о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ /STCW) и Standard Marine Communication Phrases (SMCP), разработанные Международной морской организацией (IMO)[1]. Владение английским на уровне, достаточном для точного понимания и использования правовых и навигационных терминов, является обязательным элементом профессиональной компетенции моряка.

При этом в современном морском образовании проблема формирования профессиональной речи выходит за рамки простого усвоения терминов или стандартных фраз. Она тесно связана с усвоением правовых норм международного морского права и этических принципов профессиональной коммуникации, которые определяют поведение члена экипажа в различных ситуациях. Речь моряка должна быть не только грамматически правильной, но и юридически корректной, этически уместной и соответствующей профессиональному статусу. Ошибки в речевых актах, особенно в ситуациях, связанных с безопасностью плавания, аварийными сообщениями или юридически значимой документацией, могут иметь серьезные последствия. Неверно сформулированная команда, неточное указание или неправильно понятый сигнал способны привести не только к техническим сбоям, но и к правовой ответственности членов экипажа. Таким образом, речевая культура моряка выступает важнейшей частью системы управления безопасностью судна (SMS), регламентированной ISM Code.

Введение правовых и этических компонентов в процесс преподавания английского языка в морских вузах позволяет не только повысить уровень языковой подготовки, но и сформировать у курсантов осознанное отношение к профессиональной коммуникации как к элементу юридической и моральной ответственности. При этом роль преподавателя существенно возрастает: он становится посредником между лингвистикой, морским правом и культурой профессионального поведения.

Объектом исследования является профессиональная речь моряка на иностранном языке в условиях обучения и практической деятельности на судне. Предмет исследования — влияние правовых и этических норм на содержание, структуру и форму профессиональной речи моряка.

Актуальность данной темы определяется необходимостью подготовки специалистов, способных эффективно и корректно взаимодействовать в международной морской среде, соблюдать профессиональную этику и правовые нормы, а также осознавать последствия каждого речевого акта. Интеграция лингвистической, правовой и этической составляющих профессиональной подготовки позволяет не только повысить качество

[1] Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (ПДНВ/STCW), Лондон, 07.07.1978. СССР также подписал данный документ (Постановление ВС СССР от 14.09.1979 N 871).



коммуникации на судах, но и укрепить культуру безопасности и ответственности в сфере морского транспорта.

Практическая значимость проведенного исследования заключается в возможности непосредственного применения его результатов в образовательной и профессиональной сфере морского обучения. Описанные методические подходы (ролевые ситуации, кейс-анализ, межкультурные тренинги, рефлексивные задания) могут быть внедрены в программы обучения английскому языку в морских вузах и учебных центрах повышения квалификации моряков.

Правовые основы профессиональной коммуникации моряков

Профессиональная коммуникация на море регулируется не только лингвистическими нормами, но и правовыми требованиями, закрепленными в международных конвенциях. Каждое слово, произнесенное членом экипажа, может иметь юридическую силу, особенно в условиях, когда коммуникация связана с безопасностью судна, навигацией или взаимодействием с портовыми службами. Международные документы, такие как Конвенция SOLAS[1], Конвенция MARPOL[2], Конвенция STCW и Международные правила предотвращения столкновений судов в море[3], определяют ответственность экипажа за выполнение процедур, где языковая точность является неотъемлемым элементом соблюдения норм безопасности.

Для минимизации рисков недопонимания в 2002 г. IMO разработала документ Standard Marine Communication Phrases (SMCP), содержащий стандартизированные фразы для всех ключевых ситуаций на море — от отдачи швартов до координации действий при бедствии. Использование этих фраз является обязательным элементом коммуникации, а их незнание или неправильное применение рассматривается как нарушение требований Конвенции STCW.

Речевые акты на судне нередко фиксируются средствами аудиозаписи (Voyage Data Recorder — VDR), и в случае расследования морских происшествий именно лингвистический анализ переговоров экипажа становится доказательством соблюдения или нарушения правил. Таким образом, речь моряка — это юридически значимый документ, влияющий на оценку его профессиональных действий. Например, в отчете Морского управления Великобритании (MAIB) по делу о столкновении судов MSC Sabrina и Helga (2019) установлено, что причиной происшествия стало неправильное использование английской фразеологии при радиопереговорах. Вахтенный помощник одного из судов неправильно интерпретировал выражение «Stand by on channel 16», приняв его за команду к действию, в то время как оно означало «оставайтесь на связи». Ошибка привела к несогласованному маневру и столкновению.

Подобные случаи показывают, что речевая неточность не является лишь языковой ошибкой — она имеет правовые последствия, так как ведет к нарушению правил COLREGs, согласно которым каждое судно обязано предпринимать ясные и согласованные действия для предотвращения столкновения.

Юридическая сила морской фразеологии обусловлена ее стандартизированным характером. В документах IMO прямо указано, что SMCP предназначены «для обеспечения ясности и однозначности в международной морской связи». Следовательно, любое отклонение от установленных фраз может быть расценено как нарушение служебных обязанностей и как недостаточная квалификация члена экипажа, что отражается в отчетах капитана и проверках Государственного портового контроля (PSC). При расследовании происшествий комиссии часто оценивают не только технические решения, но и правильность речевого взаимодействия. Так, при инциденте с судном Baltic Ace (2012), где произошло столкновение в Северном море, эксперты указали, что «некорректная передача информации между капитанами судов и отсутствие стандартных фраз в общении по радиосвязи способствовали развитию аварийной ситуации».

Таким образом, владение стандартной морской фразеологией — это не просто часть профессиональной речи,

[1] Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 г., измененная Протоколом 1988 г. (СОЛАС-74), с изменениями на 24.05.2018 // Бюллетень международных договоров. Приложение 1. 2011. Ч. 1.

[2] Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная Протоколом 1978 г., (МАРПОЛ 73/78), с изменениями на 26.09.1997 // МАРПОЛ 73/78, книга I. СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2012.

[3] Конвенция о Международных правилах предупреждения столкновений судов в море, 1972 г. (с изменениями на 04.12.2013. // Сборник документов по безопасности мореплавания и ведения промысла. Л.: «Транспорт», 1982.

а правовая обязанность моряка, обеспечивающая выполнение международных требований безопасности судоходства.

Интеграция правовых норм в языковую подготовку

Учитывая изложенное, обучение английскому языку в морском вузе должно рассматриваться не только как развитие коммуникативных навыков, но и как освоение правовых норм международного взаимодействия на море. Преподаватель английского языка должен акцентировать внимание курсантов на юридическом значении речи, используя практические примеры из реальных происшествий и судебных решений. Так, при изучении темы Emergency Communication важно анализировать реальные диалоги из отчетов IMO, обращая внимание на то, какие фразы употреблены правильно, а какие нарушили требование однозначности. Целесообразно включать в учебный процесс элементы правового анализа речевых ситуаций, когда студенты рассматривают последствия неправильного выбора слов с точки зрения ответственности за нарушение процедур безопасности, описанных в SOLAS и ISM Code **[1]**.

В рамках International Safety Management Code (ISM Code) речевая культура моряков рассматривается как часть системы обеспечения безопасности (SMS). Согласно этому документу, компания обязана обеспечить обучение экипажа эффективной коммуникации, а капитан — следить за тем, чтобы все члены экипажа владели необходимыми средствами общения на английском языке.

Правовые нормы, регулирующие морскую деятельность, напрямую влияют на формирование профессиональной речи моряка. Каждое высказывание в профессиональной коммуникации — это не просто обмен информацией, а акт, несущий юридическую силу. Поэтому процесс обучения английскому языку должен быть ориентирован на развитие у курсантов понимания правовой значимости речи, ее роли в обеспечении безопасности и ответственности **[2]**.

Таким образом, формирование профессиональной речи имеет правовой статус, так как входит в систему сертификационных требований по стандарту STCW. В современных условиях ошибка в речи приравнивается к ошибке в действиях — она способна нарушить правовые нормы, привести к аварии, повлечь финансовые убытки и ответственность компании.

Этические принципы профессионального общения

Этическая составляющая профессиональной речи моряка не менее важна, чем ее правовая сторона. Если правовые нормы устанавливают рамки допустимого поведения и определяют ответственность, то этические формируют внутреннюю культуру общения, определяющую тон, стиль, уважение и доверие между членами экипажа.

В условиях длительного совместного плавания, высокой степени ответственности и стресса речевая культура становится одним из ключевых факторов, обеспечивающих эффективное взаимодействие и безопасность судна. Этика морской речи опирается на принципы уважения, субординации, самоконтроля и толерантности. Профессиональная речь моряка отражает не только его языковую компетенцию, но и уровень общей культуры, воспитания и профессионализма. В международной морской среде она становится частью имиджа судоходной компании и государства флага **[3]**.

Этическая речь предполагает ясность, корректность и уважительность. От того, насколько вежливо и четко построено общение, зависит доверие между членами экипажа и эффективность совместной работы. Например, при выполнении швартовых операций или маневрировании в порту капитан должен давать команды в сжатой, стандартной и уважительной форме. Агрессивный или уничижительный тон способен вызвать стресс у исполнителей, что нередко ведет к ошибкам. Таким образом, этика общения напрямую связана с безопасностью труда на борту.

Международный состав экипажей создает дополнительные сложности в сфере этики речевого общения. Различия в культурных нормах, восприятии тона, формы обращения и дистанции между собеседниками могут вызывать недопонимание, даже если стороны используют правильные слова. Так, представители азиатских культур, как правило, воспринимают прямые указания без выражения вежливости как грубость, тогда как моряки из Северной Европы склонны к лаконичным и прямым формулировкам. Отсутствие знаний о таких различиях может привести к напряженности и потере взаимного уважения.

Международные рекомендации, разработанные в рамках программы Bridge Resource Management (BRM), подчеркивают важность «уважительного обмена мнениями между членами экипажа независимо от звания и национальности». Это требование имеет не только моральное, но и операционное значение, поскольку открытая и корректная коммуникация повышает эффективность совместных решений на мостике.

Многие расследования морских происшествий указывают на то, что этические ошибки в общении становились косвенными причинами аварий. Например, в отчетах MAIB и NTSB неоднократно отмечалось, что подчиненные офицеры не решались сообщить капитану о своих сомнениях из-за страха вызвать недовольство или нарушить субординацию. Такое нарушение принципа взаимного уважения и открытости приводило к фатальным ошибкам в управлении судном. В случае аварии судна Exxon Valdez (1989) расследование показало, что младший помощник не уточнил команду капитана из-за внутреннего страха быть обвиненным в некомпетентности. Недостаток доверия и несоблюдение этических норм коммуникации стали одной из причин экологической катастрофы.

Подобные случаи демонстрируют, что этика речи является элементом безопасности, а ее нарушение может иметь последствия не только психологические, но и материальные и юридические.

Формирование этической речи в процессе обучения

Преподаватель английского языка в морском вузе играет особую роль в формировании этической речевой культуры курсантов. Его задача заключается не только в развитии языковых навыков, но и в воспитании уважения к иерархии, коллегам и нормам международного общения. На занятиях рекомендуется использовать следующие педагогические методы:

1. Ролевые ситуации, моделирующие общение на судне. Сутью метода является создание сценариев общения между капитаном, старшим помощником (старпомом) и рядовыми членами экипажа. Курсанты получают конкретные роли и взаимодействуют друг с другом в рамках заданной ситуации. После выполнения задания проводится анализ речевых моделей с точки зрения этичности, корректности и соответствия профессиональным стандартам. Рассмотрим данную ситуацию на примере.

Сценарий: капитан дает указание относительно маневра в условиях ограниченной видимости. Роли: капитан,



старпом, рулевой. Задача: все участники должны использовать формулировки, соответствующие международным стандартам морской коммуникации (например, ясные и краткие команды, корректное обращение к коллегам). Анализ: преподаватель обращает внимание на соблюдение правил уважительного общения, использование профессиональной терминологии, логичность и последовательность инструкций.

В результате курсанты учатся не только правильно строить фразы на иностранном языке, но и интегрируют нормы профессиональной этики в коммуникацию на борту.

2. Кейс-анализ ситуаций конфликтов на борту с обсуждением, какие речевые формулы могли бы предотвратить напряжение. Предлагаются реальные или смоделированные ситуации конфликтов, которые могут возникнуть между членами экипажа. Например: спор между рулевым и старпомом относительно очередности выполнения маневров. Задание: курсанты обсуждают, какие фразы на английском языке могли бы сгладить конфликт (например, «I understand your point, let's discuss the safest approach» или «Could we clarify the priority to avoid misunderstandings?»). Рефлексия: анализируется корректность, вежливость и ясность предложенных фраз, а также их соответствие международным морским стандартам общения. В итоге развивается способность применять правовые и этические нормы на практике, формируется умение предотвращать недопонимания через профессиональную и корректную речь **[4]**.

3. Межкультурные тренинги с элементами психолингвистического анализа — сравнение норм речевого поведения представителей разных стран. Курсанты изучают особенности речевого поведения представителей разных стран и сравнивают их с нормами международной морской коммуникации. Особое внимание уделяется культурным различиям в вежливости, формах обращения и способах выражения несогласия.

Задание: сравнить, как британский, индийский и российский моряки могут формулировать просьбу или команду на борту. Анализ: преподаватель выявляет различия в прямоте, уровне формальности и использовании профессиональной терминологии. Обсуждение: курсанты разрабатывают универсальные модели речевого поведения, которые будут понятны международной команде и соответствовать нормам этики и безопасности. Тем самым формируется межкультурная компетенция, способность корректно и безопасно коммуницировать с представителями разных стран, соблюдая профессиональные стандарты.

4. Рефлексивные задания, в которых курсанты оценивают собственные реакции и стиль общения в профессиональном контексте. Метод направлен на развитие самоконтроля, осознанности и корректности в речевых взаимодействиях. Задание: написать краткий отчет о том, как студент использовал термины, корректность и этические нормы при выполнении ролевой игры или кейса. Вопросы для рефлексии: какие фразы были наиболее корректными и профессиональными? В каких моментах могла проявиться некорректность или нарушение этических норм? Что можно улучшить в будущих коммуникациях? В результате развивается критическое мышление, способность анализировать собственную речь и адаптировать ее в соответствии с правовыми и этическими требованиями профессиональной деятельности моряка.

Такие упражнения позволяют не только развить языковую гибкость, но и сформировать эмпатию, уважение и ответственность за речевой поступок, что является основой профессиональной этики моряка.

Современные подходы к обучению иностранному языку в морских вузах акцентируют внимание не только на языковой, но и на профессиональной составляющей коммуникации **[5]**. Одним из наиболее эффективных направлений в этой области является методи-

ка CLIL (Content and Language Integrated Learning) — предметно-языковое интегрированное обучение **[6]**. Методика предполагает одновременное усвоение профессиональных знаний и иностранного языка, что позволяет формировать не просто языковую компетенцию, а профессионально-речевую компетентность моряка, включающую правовые и этические компоненты.

В контексте морского обучения метод CLIL реализуется через включение аутентичных профессиональных материалов — инструкций по безопасности, навигационных сообщений, международных документов (SOLAS, COLREG, ISM Code, STCW Convention) — в занятия по английскому языку **[7]**. Таким образом, курсант одновременно осваивает лексико-грамматические конструкции профессиональной речи, знакомится с нормативно-правовыми документами, регулирующими деятельность моряков, формирует понимание этических аспектов международного общения на борту судна.

Пример реализации CLIL на занятиях. Аутентичный материал: отрывок из International Safety Management (ISM) Code или STCW Code — раздел, касающийся коммуникации между членами экипажа. Языковая цель — освоение терминологии: reporting, compliance, communication protocol, safety briefing. Профессиональная цель — анализ правовых требований к взаимодействию экипажа, обсуждение норм речевого поведения при отдаче распоряжений и обмене информацией.

Задание CLIL: курсанты составляют короткий диалог между капитаном и старпомом о проверке готовности к рейсу, используя официальные выражения и этически корректные формы обращения.

Обсуждение: насколько соблюдены правовые и этические нормы в речи, какие ошибки могли привести к недопониманию или нарушению субординации **[8]**.

Таким образом, методика CLIL является эффективным инструментом интеграции правовых и этических норм в процесс формирования профессиональной речи моряка на иностранном языке. Ее применение позволяет не только развивать речевые навыки, но и формировать у будущих офицеров флота профессиональное мышление, основанное на нормах международного морского права, культуре общения и этике морской службы.

Заключение

Преподаватель английского языка в морском вузе выполняет несколько взаимосвязанных функций: лингвистическую, профессионально-методическую, культурно-этическую и превентивно-правовую **[9]**.

Современные требования к специалистам морской отрасли обусловливают необходимость комплексного подхода, при котором языковая подготовка неразрывно связана с освоением правовых и этических норм, регулирующих международное судоходство.

Применение современных педагогических технологий, таких как методика CLIL (Content and Language Integrated Learning), анализ кейсов, ролевые игры и практика стандартных морских фраз (SMCP), создает образовательную среду, где обучение иностранному языку органично сочетается с профессионально-правовой подготовкой. Такой подход формирует у курсантов навыки точного, юридически корректного и этически выверенного речевого поведения в ситуациях, требующих высокой степени ответственности и дисциплины. Использование различных кейсов и тестов позволяет корректировать образовательный процесс и формировать эффективно правовую культуру у специалистов морской отрасли **[10]**.

Интеграция правовых и этических норм в процесс обучения иностранному языку является ключевым инструментом формирования профессиональной культуры моряка. Она обеспечивает развитие комплексных компетенций — языковых, правовых, этических и коммуникативных, — необходимых для подготовки высококвалифицированных специалистов, способных действовать компетентно, ответственно и в строгом соответствии с международными стандартами морской отрасли. Т

Литература

1. Асилян Л. В. Актуальные проблемы, возникающие при внедрении искусственного интеллекта на морских судах и возможные пути их решения // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф. Ф. Ушакова. 2025. № 3 (52). С. 57–62.
2. Шаповалова Е. В., Волков В. С. Об опыте использования стандартного морского разговорника ИМО в учебном процессе подготовки специалистов в морских технических вузах // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: материалы 7-й национальной (всероссийской) научно-технической конференции, 14–15 ноября 2024 г., Петропавловск-Камчатский. Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2025. С. 208–211.
3. Малинина С. М. Методическая технология совершенствования англоязычной терминологической компетенции курсантов-судоводителей морских вузов // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2025. Т. 10. № 4. С. 520–529. DOI: 10.30853/ped20250064.
4. Лебедева Н. С., Короткова И. П. Метафора как лингвостилистический аспект английской социальной рекламы // Актуальные проблемы русского языка и культуры межличностных коммуникаций. Сборник научных статей. Астрахань, 2025. С. 67–71.
5. Лагутцева-Ногина Т. А., Скуйбедина О. Н. Особенности использования материала на английском языке для подготовки специалистов в области морского права // Транспортное право и безопасность. 2026. № 1(57). С. 124–131.
6. Лебедева Н. С., Попов А. Н. Эффективность использования мобильных приложений для самостоятельного изучения иностранного языка у студентов морских специальностей // Вестник государственного морского университета им. адм. Ушакова. 2025. № 50. С. 83–86.
7. Аванесова Т. П., Груздева Л. К., Вычужанова Л. К. Формирование межкультурной коммуникативной компетенции у курсантов морских вузов в процессе освоения английского языка // Гуманитарные и социальные науки. 2024. Т. 105. № 4. С. 125–132. DOI: 10.18522/2070-1403-2024-105-4-125-132.
8. Еремеева О. В. Особенности невербальной иноязычной коммуникации при обучении иностранному языку // Филологический аспект. 2020. № 2 (5). С. 6–10.
9. Lebedeva N. S., Popov A. N. The impact of the NorthernSea route on Russian-Chinese trade // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration: Proceedings of the International Conference, Beijing, 9 April 2025. Beijing: ООО «Инфинити», 2025. P. 210–215. DOI: 10.34660/INF.2025.79.14.038. EDN: HGETSA.
10. Асилян Л. В.,Некрасова И. Е. Программно-диагностический подход формирования правовой культуры у курсантов морского вуза // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф. Ф. Ушакова. 2025. № 2(51). С. 88–91.

УДК 656.022–051:612.01

Особенности влияния темперамента водителя на безопасность дорожного движения



Н. У. Гюлев,
д-р техн. наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин и технологии конструкционных материалов Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джамбулатова, профессор кафедры автомобильного транспорта Прикаспийского межрегионального института — филиала Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)

Надежность деятельности водителя, которая происходит в постоянно изменяющейся дорожно-транспортной обстановке, в значительной степени зависит от его индивидуально-типологических свойств или темперамента. Одним из важных факторов, негативно влияющих на функциональное состояние и время реакции водителя, является транспортный затор.

При организации дорожного движения в городах необходимо разрабатывать такие технологии, которые позволяют обеспечить движение транспортных средств с минимальными задержками. Ежегодное возрастание количества автомобилей с одной стороны и значительное отставание соответствующей городской инфраструктуры с другой приводят к появлению на некоторых участках улично-дорожной сети очередей транспортных средств, создающих заторы. Это ведет к значительному ограничению свободы деятельности водителя, росту его эмоциональной напряженности, которая со временем вызывает ухудшение функционального состояния и увеличение времени реакции **[1–4]**.

Между тем человек является главным звеном в системе «водитель — автомобиль — дорожная среда» и от его психофизиологических свойств и надежности во многом зависит безопасность дорожного движения. По данным статистики, более 80 % дорожно-транспортных происшествий происходят по вине водителя **[5]**. При этом важное место в обеспечении безопасности движения имеют индивидуально-типологические свойства водителя и его темперамент.

Авторы работы **[6]** проводили контроль состояния водителя в процессе его трудовой деятельности и обнаружили, что с течением времени у него снижается внимательность, появляется утомление и повышается время реакции.

В работе **[7]** проведены исследования по оценке влияния дорожного затора на психофизиологическое состояние водителя. Установлено, что в заторе у него происходит рост эмоциональной напряженности, нарушение некоторых психических функций, вызывая рост времени реакции. Влияние заторов на поведенческие характеристики водителя во многом зависит от его темперамента — наиболее отрицательно реагируют холерики и сангвиники **[8, 9]**. В работах **[10, 11]** также исследовано влияние заторов на потери времени водителей и изменение скоростей движения.

Однако в данных трудах недостаточно исследованы проблемы, связанные с поведением водителей старшего возраста с темпераментом холерика и меланхолика. Отсюда следует необходимость проведения соответствующих исследований.

В рамках представленной работы для определения влияния темперамента водителя на безопасность дорожного движения отобраны водители-холерики и меланхолики возраста 60 лет. В основу проведения исследований заложена концепция изменения функционального состояния водителей в транспортных заторах и их последующего влияния на уровень утомления испытуемых. Оценка обеспечения безопасности дорожного движения выбранными категориями водителей проводилась путем определения изменения времени их реакции в заторах как функции от уровня утомления.

Утомление, возникающее у водителя автомобиля, является комбинированным, поскольку в его работе элементы физического труда сочетаются с интенсивной умственной деятельностью и большим эмоциональным напряжением. При этом нервно-эмоциональное напряжение доминирует и является основным фактором, определяющим развитие процесса утомления. Он обусловлен постоянной готовностью водителя реагировать на разные внезапно возникшие изменения в дорожных ситуациях.

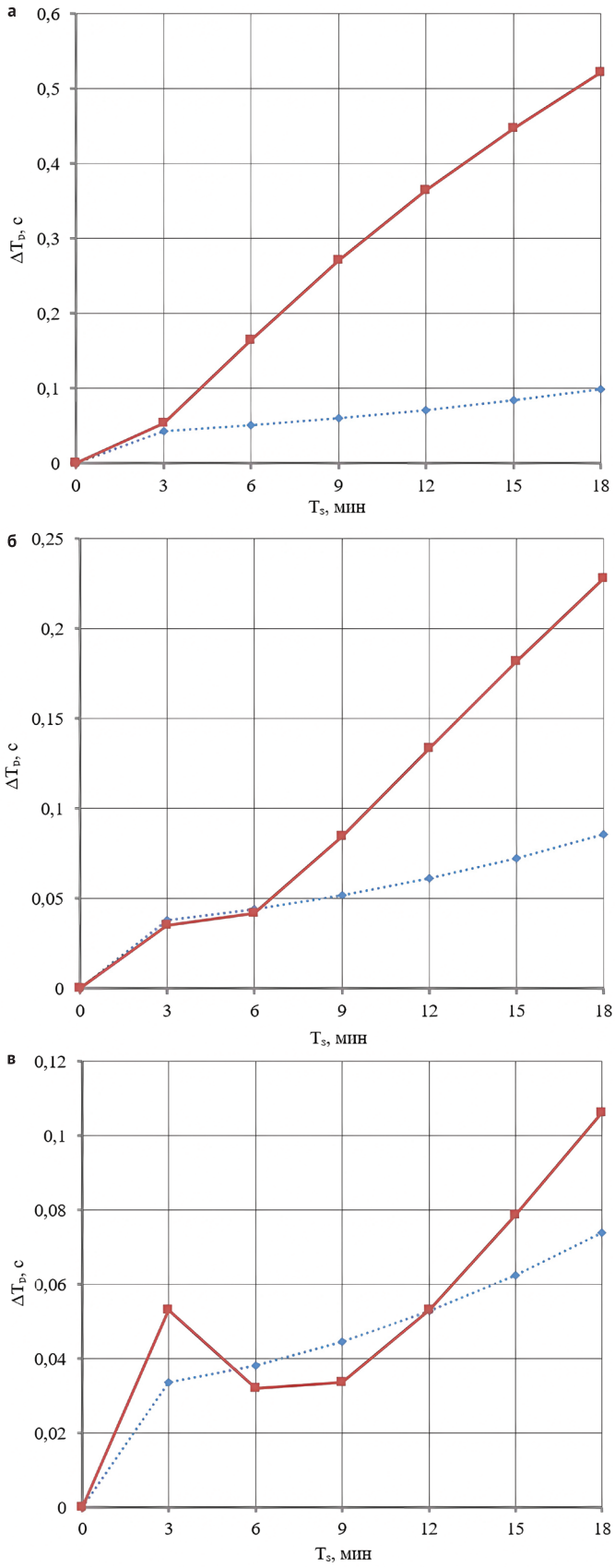


Рис. 1. Изменение времени реакции 60-летнего водителя в транспортном заторе при $У_у$, усл. ед.: 2 (а); 4 (б); 6 (в) — холерик; - - - меланхолик

Под влиянием утомления снижаются интенсивность внимания, его стойкость, распределение и переключение, скорость и точность восприятия дорожной обстановки, уменьшается острота и поле зрения, учащается пульс и повышается кровяное давление, увеличивается время реакции, нарушается координация движений. Каждое пребывание водителя в транспортном заторе приводит к росту его эмоционального напряжения и, соответственно, к увеличению времени реакции. Пребывание во втором и в последующих заторах приводит к дальнейшему росту психоэмоционального напряжения с увеличением времени реакции.

С учетом уровня утомления $У_у$ различают следующие функциональные состояния регуляторных систем:

- оптимальное напряжение ($У_у$ = 2 усл. ед.);
- умеренное напряжение ($У_у$ = 3–4 усл. ед.);
- выраженное напряжение ($У_у$ = 4–6 усл. ед.);
- перенапряжение ($У_у$ = 6–7 усл. ед.);
- истощение регуляторных систем ($У_у$ = 7–8 усл. ед.);
- «взлом» адаптационных механизмов, при котором доминируют специфические патологические отклонения ($У_у$ = 8–10 усл. ед.).

Увеличение времени реакции водителя после пребывания в заторе приводит к увеличению динамического габарита автомобиля, от которого зависит дистанция между соседними автомобилями в транспортном потоке. Сохранение водителем прежнего динамического габарита после выхода из транспортного затора может привести к дорожно-транспортному происшествию.

Время реакции водителя обуславливает остановочный путь автомобиля во время экстренного торможения. Общее время реакции включает в себя время реакции водителя, срабатывания привода тормозов и действия тормозов.

Исследования показывают, что водителю для предотвращения наезда на препятствие или пешехода не хватает расстояния от 1 до 1,5 м, которое соответствует от 0,06 до 0,09 с. Это свидетельствует о важности установления закономерностей и особенностей изменения времени реакции водителя в заторе.

Учитывая ранее разработанные модели изменения уровня утомления исследуемых водителей, можно представить изменения времени их реакций в дорожных заторах. Модель изменения времени реакции водителя-холерика:

$$\Delta T_р = 0{,}029 + 0{,}022(0{,}009В_в + 2{,}045\ln(N_З/У_Н) - 0{,}848У_Н)^2, \quad (1)$$

где $\Delta T_р$ — изменение времени реакции водителя, с;

$В_в$ — возраст водителя, лет;

$У_н$ — начальный уровень утомления водителя в заторе, усл. ед.

Модель изменения времени реакции водителя-меланхолика:

$$\Delta T_р = 0{,}029 + 0{,}022(0{,}013В_в + 0{,}065T_З - 0{,}087У_Н)^2, \quad (2)$$

где $T_з$ — длительность затора, мин.

С помощью формул (1) и (2) можно определить закономерности изменения времени реакции 60-летних водителей выбранных темпераментов в дорожном заторе (*рис. 1, 2*).

Из *рис. 1*, а следует, что время реакции водителей обоих темпераментов при нормальных начальных условиях вхождения в затор (при начальном значении уровня утомления $У_{ун}$ = 2 усл. ед.) постепенно увеличивается. При этом у водителя-меланхолика изменение времени реакции относительно начального значения происходит медленнее, достигая к концу затора 0,1 с. А на водителя-холерика дорожный затор оказывает большее негативное влияние, повышая время реакции к концу затора на 0,52 с. Это изменение времени реакции является небезопасным и значительно повышает вероятность совершения дорожно-транспортного происшествия после окончания затора.

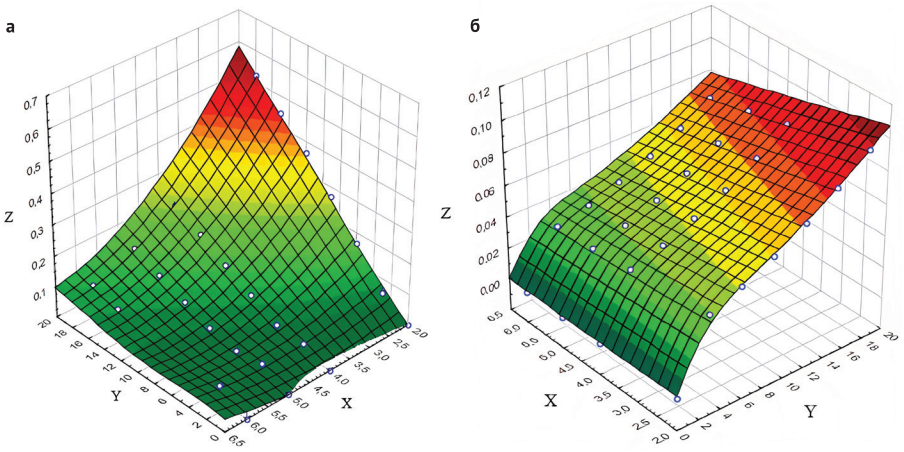


Рис. 2. Изменение времени реакции (Z) 60-летнего водителя-холерика (а) и водителя-меланхолика (б) в зависимости от начального уровня утомления (X) и времени продолжительности затора (Y)

На *рис. 1, б* показано изменение времени реакции рассматриваемых водителей при начальном уровне утомления $У_у$ = 4 усл. ед. У водителей обоих темпераментов время реакции в заторе постепенно увеличивается. Следует отметить, что до шестой минуты затора тенденция изменения времени реакции у них одинаковая. Далее у холерика это изменение значительно повышается, достигая к концу затора 0,23 с, у меланхолика соответствующее изменение равно 0,08 с.

Изменение времени реакции водителя-холерика при вхождении в транспортный затор при уровне утомления $У_у$ = 6 усл. ед. происходит следующим образом (*рис. 1, в*). До третьей минуты затора его время реакции увеличивается на 0,047 с, далее к шестой минуте немного снижается, а после девятой минуты до конца затора повышается до 0,11 с. Такую особенность изменения времени реакции можно объяснить тем, что водитель-холерик входит в затор в состоянии высокой степени напряженности и в первые минуты его время реакции повышается из-за инерционных процессов в его организме. Далее к девятой минуте нахождения в заторе его состояние стабилизируется, а затем водитель испытывает негативное воздействие затора, которое приводит к увеличению времени реакции. Время реакции водителя-меланхолика постепенно возрастает в течение всего затора, достигая в конце 0,07 с.

На *рис. 2* соответствующие изменения времени реакции обоих водителей представлены в двухмерном измерении.

Таким образом, основным результатам работы является исследование изменения времени реакции 60-летних водителей с темпераментом холерика и меланхолика в транспортном заторе. Выявлено, что изменение времени реакции водителя в условиях затора зависит от его темперамента, начального уровня утомления и продолжительности транспортного затора.

Начальные уровни утомления водителей обоих темпераментов перед дорожным затором, равные 2 и 4 усл. ед., приводят к постепенному росту времени их реакции с увеличением длительности затора. При этом установлено, что время реакции у холерика повышается значительно быстрее, чем у меланхолика. Соответствующее изменение времени реакции холерика к концу затора возрастает в 2,5–5 раза по отношению к меланхолику.

При вхождении водителя-холерика в затор при начальном уровне утомления 6 усл. ед. сначала происходит рост времени его реакции вследствие протекания инерционных процессов в организме, далее с третьей до седьмой минуты улучшается его функциональное состояние, которое приводит к снижению времени реакции на 10–15 %. Затем водитель испытывает негативное воздействие затора, которое повышает время его реакции к 18 мин затора на 0,11 с.

Особенности изменения времени реакции водителей холерика и меланхолика, выявленные в ходе исследования, способствуют прогнозированию их состояния после выхода из заторов и позволяют оценивать возможные варианты поведения и, соответственно, изменения дорожно-транспортной ситуации, от чего зависит безопасность дорожного движения. Т

Литература

1. Басков В. Н., Красникова Д. А., Исаева Е. И. Влияние поведенческого фактора водителя на образование транспортного затора // Мир транспорта. 2019. Т. 17. № 4. С. 272–281. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-4-272-281.
2. Zhang L., Jia Y., Niu Z., Liao C. Widespread Traffic Congestion Prediction for Urban Road Network Based on Synergetic Theory // Journal of Systems Science and Information. 2014. Vol 2. № 4. P. 366–371. DOI:10.1515/JSSI-2014-0366.
3. Гюлев Н. У., Бекеев А. Х., Гамаюнов П. П. и др. Тенденции изменения функционального состояния водителя-холерика в дорожном заторе // Научная жизнь. 2024. Т. 19. № 2 (134). С. 279–288. DOI: 10.35679/1991-9476-2024-19-2-279-288.
4. Lagarde E., Chastang J. F., Gueguen A. et al. Emotional stress and traffic accidents: the impact of separation and divorce // Epidemiology. 2004. № 15. P. 762–766. DOI: 10.1097/01.ede.0000142140.77194.ad.
5. Шатунова О. В., Искандарова Г. К. Надежность водителя как фактор безопасности дорожного движения // Транспортное дело России. 2016. № 3. С. 116–117.
6. Нефедьев А. И., Нефедьев Д. И., Безбородов С. А., Гусев В. Г. Контроль состояния водителя во время движения автотранспортного средства // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021. № 2. С. 60–65. DOI: 10.21685/2307-5538-2021-2-8
7. Гюлев Н. У., Арсланов М. А., Гамаюнов П. П. и др. К вопросу об изменении времени реакции водителя в транспортном потоке высокой плотности // Научная жизнь. 2024. Т. 19. Вып. 2 (134). С. 289–299. DOI: 10.35679/1991-9476-2024-19-2-289-299.
8. Lizbetin J., Bartuska L. The Influence of Human Factor on Congestion Formation on Urban Roads // Procedia Engineering. 2017. Vol. 187. P. 206–211. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.366.
9. Басков В. Н., Красникова Д. А., Исаева Е. И. Влияние поведенческого фактора водителя на образование транспортного затора // Мир транспорта. 2019. Т. 17. № 4. С. 272–281. DOI:10.30932/1992-3252-2019-17-4-272-281.
10. Ito T., Kaneyasu R. Predicting traffic congestion using driver behavior // Procedia Computer Science. 2017. Vol. 112. P. 1288–1297. DOI: 10.1016/j.procs.2017.08.090.
11. Бояршинов М. Г., Вавилин А. С. Характеристики транспортного затора на основе данных системы фото-и видеофиксации // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2023. № 3. С. 83–106. DOI: 10/25198/2077-7175-2023-3-83.

УДК 656.2.022.846

Прогнозирование предельной протяженности высокоскоростных магистралей с учетом опыта Франции



К. К. Ким,
д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники и энергетики» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),



М. Ю. Изварин,
канд. техн. наук, доцент кафедры «Теоретические основы электротехники и энергетики» ПГУПС

После строительства и ввода в эксплуатацию новых линий высокоскоростных железнодорожных магистралей протяженность сети во Франции достигнет 3956 км. Исходя из открытых данных, можно сделать вывод, что к 2030–2035 гг. протяженность ВСМ во Франции не изменится. Новые линии еще даже не проектируются. Нет никаких гарантий, что планируемые в долгосрочной перспективе магистрали вообще будут построены.

Во Франции строительство высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ, фр. ligne à grande vitesse — LGV, линия высокой скорости) продиктовано необходимостью повышения экономической и энергетической эффективности железнодорожной системы страны. Решение о строительстве принималось в 1976 г, первая линия Paris Sud-Est (Париж — Юго-Восток, фактически Париж — Лион) открыта в 1981 г. В торжественной церемонии открытия участвовал президент Франции Франсуа Миттеран.

На момент открытия уже 15 лет в Японии успешно работала система «Синкансен», во многих странах (Италии, Испании) эксплуатировались скоростные (но не высокоскоростные) поезда. Первоначально предполагалось использовать газотурбинную тягу, что сделало бы французские высокоскоростные железные дороги уникальными — они бы имели автономную тягу. Однако нефтяной кризис 1970-х годов заставил отказаться от этого решения. К тому моменту, когда первый TGV с газотурбинной силовой установкой был создан, в стране развернулось строительство атомных электростанций (АЭС). Поэтому было принято решение об электрификации ВСМ на переменном токе по традиционной системе 2×25 кВ, а поезда лишились газотурбинной установки. В связи с этим имеются особенности развития сети ВСМ во Франции, которые тем не менее могут быть математически описаны.

В работе **[1]** выполнен анализ развития сети ВСМ в Японии. На основании приведенного метода составлено мате-

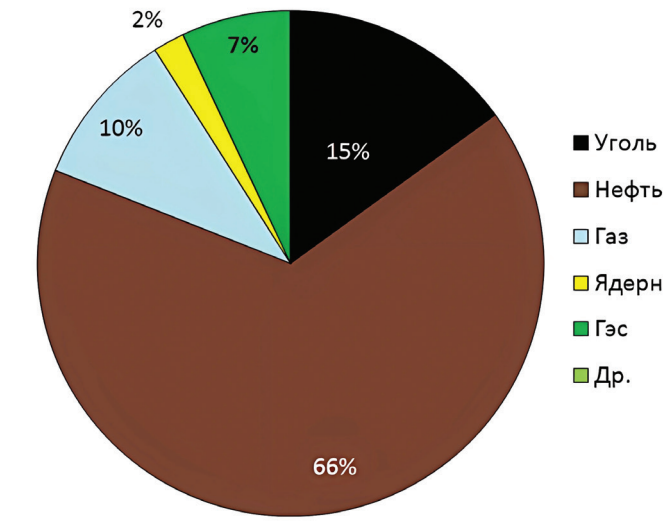


Рис. 1. Энергетическая палитра (Energy mix) Франции в начале 1970-х гг.

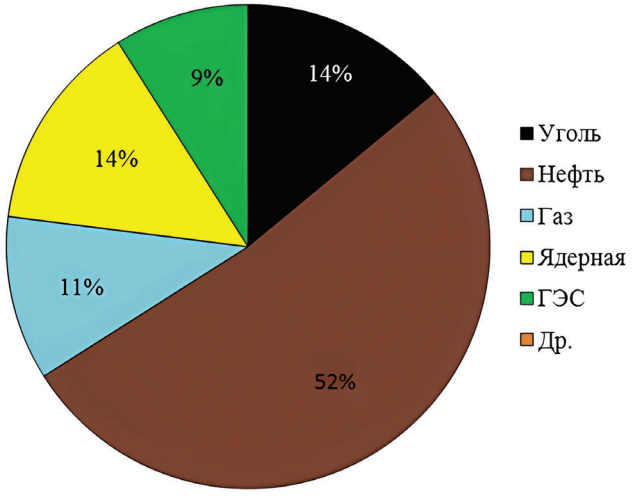


Рис. 2. Энергетическая палитра (Energy mix) Франции в 1982 г. — году открытия движения высокоскоростных электропоездов TGV

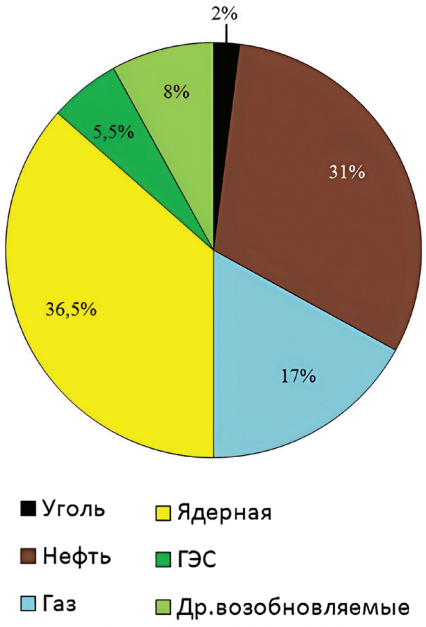


Рис. 3 Энергетическая палитра (Energy mix) Франции в 2021–2022 гг.

матическое описание роста сети ВСМ во Франции. Лидером в развитии ВСМ является Китай, но он начал строить их позже Японии, Франции и Германии **[1–5]**.

Целью данной статьи не является рассмотрение с учетом французского опыта особенностей трассировки ВСМ или технической конструкции подвижного состава, а только установление зависимости протяженности ВСМ от времени.

Потребление энергоресурсов во Франции

Обычно для краткой характеристики энергетики и потребления различных энергоресурсов пользуются понятием «энергетическая палитра» (англ. Energy mix, или Electricity mix для электроэнергетики). Энергетическая палитра Франции на 1972 г., построенная по данным источника **[5]**, приведена на *рис. 1*.

Из *рис. 1* видно, что в 1972 г. в потреблении доминировало углеводородное топливо, прежде всего нефть и нефтепродукты (66 %), на долю угля приходилось 15 %. Доля энергии, вырабатываемой на АЭС, составляла всего 2 %, еще 7 % давала гидроэнергетика. Однако к 1981 г. картина изменилась прежде всего в связи с нефтяным кризисом 1973–1975 гг. (*рис. 2*).

Во Франции была пересмотрена политика развития энергетики, основными позициями которой стали развитие ядерной энергетики, возврат к использованию газа, совершенствование технологий энергосбережения. В свете отмеченного выработка электроэнергии на АЭС выросла с 2 до 14 %, а потребление нефти упало с 66 до 52 %.

В последующие годы эти тенденции сохранялись (*рис. 3*). Потребление угля снизилось до 2 %, нефти — до 31 %. Еще больше энергии вырабатывается на АЭС: доля ядерной энергии в общем потреблении составляет 36,5 %, на 56 АЭС вырабатывается до 70 % всей электроэнергии страны. Появились новые альтернативные источники — их доля в общей генерации составляет до 8 %. Франция является одним из крупнейших экспортеров электроэнергии.

Учитывая избыток электроэнергии в стране, все ВСМ Франции используют только электрическую тягу. Применяется система электроснабжения переменного тока 25 кВ (50 Гц) и 2×25 кВ (50 Гц), электрификация обеспечила максимальную энергетическую эффективность отрасли **[6]**.

Развитие сети и рост протяженности ВСМ во Франции

После строительства пилотного участка Париж — Лион, показавшего хорошую экономическую эффективность, в 1989 г. введена в эксплуатацию линия «Атлантика» от Парижа до городов Ле-Мана и Ренн (Бретань) и до Тура протяженностью 292 км. Затем построена линия от Роны до Альп с обходом Лиона и все последующие. Последней введенной в эксплуатацию линией является участок, получивший название LGV «Южная Европа», от Тура до Бордо, протяженностью 340 км. Линия введена в 2017 г.

Сведения об общей протяженности ВСМ во Франции **[2]**: 1981 г. (открытие движения) — 425 км; 1990 г. — 717 км; 1994 г. — 839 км; 1996 г. — 1290 км; 2001 г. — 1549 км; 2007 г. — 1884 км; 2010 г. — 1908 км; 2011 г. — 2054 км; 2016 г. — 2176 км; 2017 г. — 2735 км; 2023 г. — 2735 км. Видно, что рост протяженности остановился в 2017 г. и больше не меняется.

В соответствии с **[2]** в ближайшее время во Франции не планируется строительство новых ВСМ, только модернизация существующих. В рамках долговременного планирования предполагается построить суммарно 1242 км линий ВСМ. Если исключить из этой протяженности линии, подлежащие модернизации с повышением скорости и соединительные участки (так как по существу они остаются теми же ВСМ, изменение трассы минимальны), то остается шесть участков, в основном на юго-западе и западе Франции:

- Париж — Нормандия (LGV Paris — Normandie), 1 этап — 59 км, установленная скорость 250 км/ч;
- Бордо — Тулуза с ответвлением на Дакс в Гаскони, (LGV Bordeaux — Toulouse/Dax (GPSO) протяженностью 327 км с установленной скоростью до 320 км/ч;
- Париж — Лион с подключением Орлеана (Paris — Orléans — Clermont- F. — Lyon (POCL)) протяженностью 540 км, скоростью 320 км/ч;
- Монпелье — Перпиньян (Montpellier — Perpignan) протяженностью 155 км, скоростью 320 км/ч;

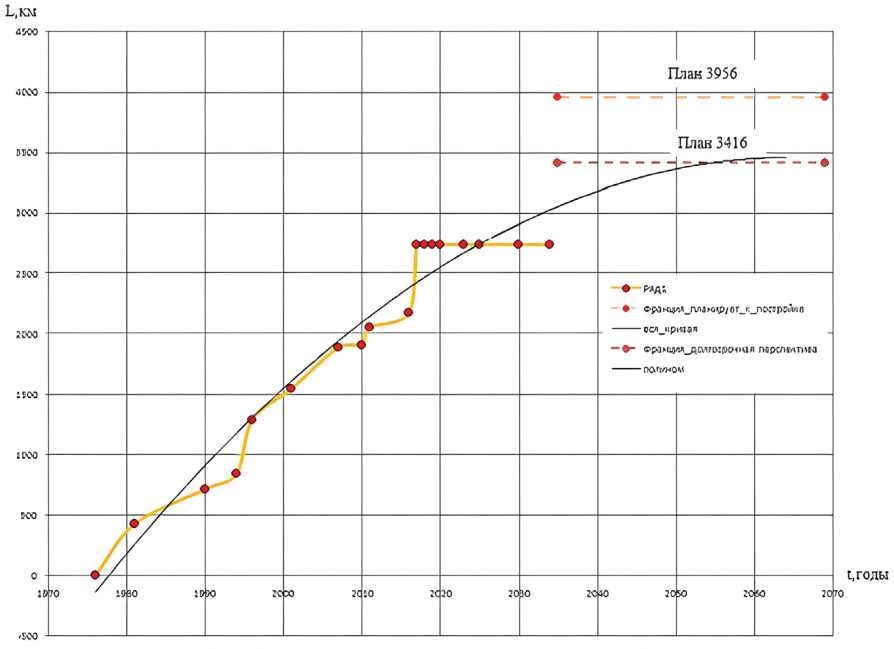


Рис. 4. Рост протяженности ВСМ во Франции. График построен для условий: за нулевой отчет принимается год начала проектирования ВСМ; ломанный график ввода участков аппроксимирован плавной кривой

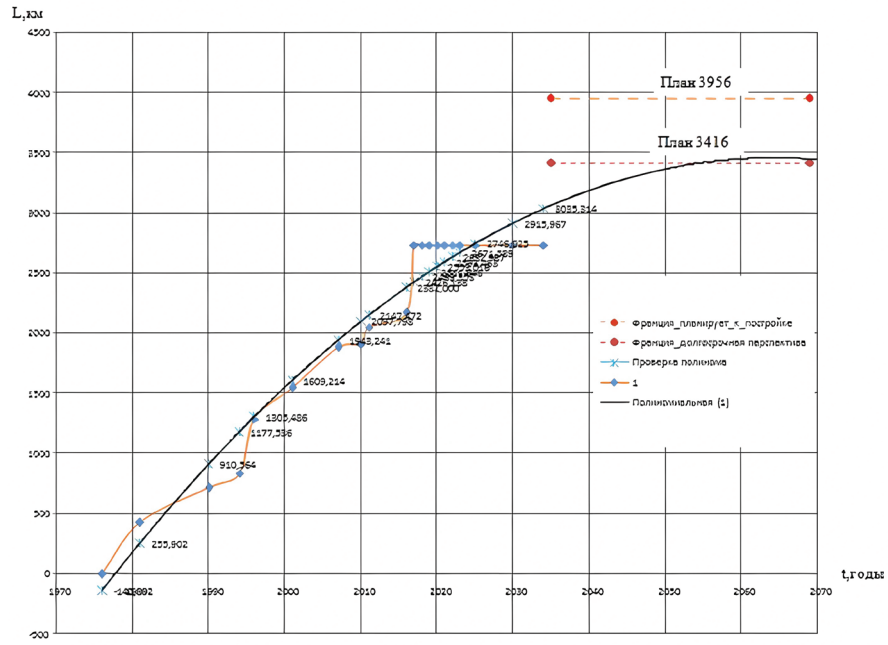


Рис. 5. Аппроксимация кривой роста протяженности ВСМ полиноминальной функцией

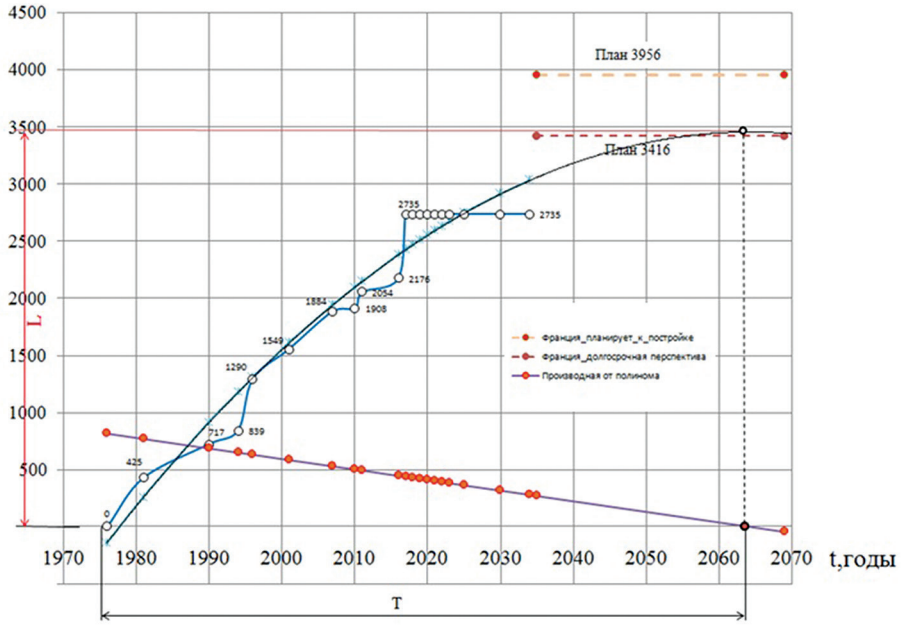


Рис. 6. Определение модуля для экспоненты и постоянной времени

• Новая линия Ренн — Редон протяженностью 80 км, скоростью 320 км/ч;

• Восточная часть ВСМ Рейн — Рона (LGV Rhin — Rhône Branche Est) протяженностью 50 км, скоростью 320 км/ч.

Общая протяженность этих участков составляет 1211 км. После строительства и ввода в эксплуатацию новых линий ВСМ протяженность сети достигнет 3956 км. Данные линии еще не проектируются.

Под понятием Long term planning обычно понимаются проекты, реализуемые не менее чем за 5–10 лет, а иногда и дольше. По данным, выложенным в Интернете, удалось установить примерный срок реализации большинства проектов: к 2030–2035 гг. протяженность ВСМ во Франции не изменится. Кроме того, нет никаких гарантий, что планируемые в долгосрочной перспективе ВСМ вообще будут построены. Кривая увеличения протяженности ВСМ во Франции приведена на *рис. 4*, на ней же определено прогнозируемое максимальное значение протяженности ВСМ на будущие годы.

При аппроксимации кривой роста ВСМ можно использовать либо полином, либо экспоненту.

Аппроксимация кривой роста ВСМ полиномом

На первый взгляд корреляция с помощью полинома второй степени не позволяет обеспечить достоверность при принятой гипотезе о предельной протяженности ВСМ **[1]**, так как скоррелированная кривая, полученная как аппроксимация, не достигает запланированного на отдаленную перспективу значения 3956 км (показана на *рис. 4* штриховой линией).

Однако расчет и график сильно меняются, если удалить из него линии, являющиеся дублерами существующих. Такие линии можно исключить из кривой. Две двухпутные линии ВСМ Париж — Лион, (действующую и проектируемую LGV Paris Orléans Clermont — Ferrand Lyon), идущие в одном направлении, можно принять за одну четырехпутную, хотя их маршрут разный. Тогда предельное значение уменьшается сразу на 540 км — до 3416 км (*рис. 5*).

В этом случае можно использовать аппроксимирующий полином:

$$L = 0{,}46133t^2 + 1904{,}68168t - \\ - 1962493{,}04592,$$

где t — год введения участков ВСМ в эксплуатацию от начала строительства.

Данная функция может быть продифференцирована с понижением степени:

$$\frac{dL}{dt} = -0{,}92266t + 1904{,}68168. \quad (1)$$

Результаты расчетов представлены на *рис. 6*. Такая аппроксимация имеет высокую достоверность ($R^2 = 0{,}955$) и может дать хороший прогноз для максимальной протяженности сети ВСМ.

На аппроксимированной кривой *рис. 6* отчетливо виден экстремум. При этом ясно, что последующее снижение не является достоверным, так как факторов для этого нет, и это просто особенность аппроксимации полиномом. Очевидно, что этой точке соответствует нулевое значение производной функции, определяемой по (1).

Таким образом, время до остановки роста протяженности сети ВСМ во Франции на рубеже 3490 км составляет 87 лет с постоянной времени, равной 29 годам.

Аппроксимация кривой роста ВСМ во Франции экспоненциальной функцией

Аппроксимация экспоненциальной функцией была бы наиболее удобной, так как определяется всего двумя параметрами: коэффициентом при экспоненте и постоянной времени. Поскольку в данном случае идет речь не о физическом процессе, а аналитическое дифференциальное уравнение для его описания пока неизвестно (хотя оно существует), использовать понятие «постоянная интегрирования» не стоит.

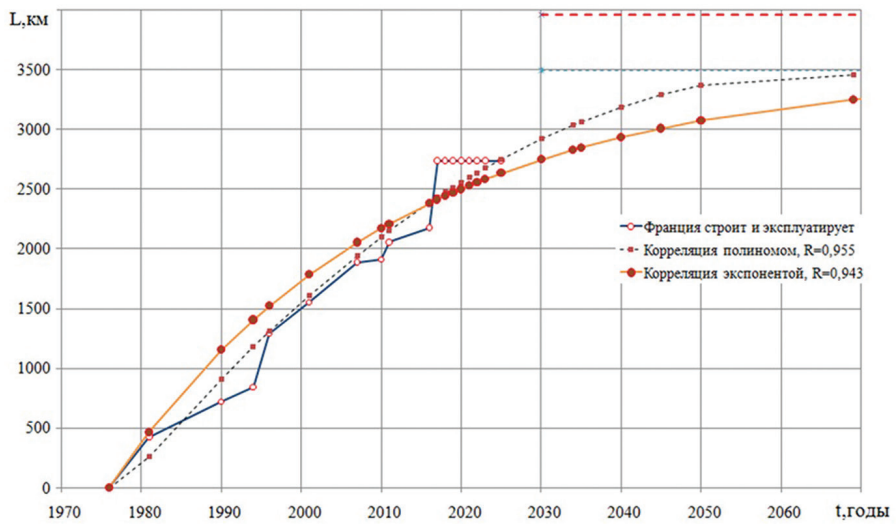


Рис. 7. Представление роста протяженности ВСМ экспонентой или полиномом

Вид кривой $L(t)$ на *рис. 6* свидетельствует о том, что ее можно представить в виде экспоненциальной функции с отрицательным показателем:

$$l = L(1 - e^{\frac{t_e}{\tau}}), \qquad (2)$$

где L — коэффициент, численно равный эксплуатационной длине ВСМ в конце формирования сети;

t_e — время развития сети (текущее время);

τ — постоянная времени роста протяженности сети.

Основное достоинство экспоненты по сравнению с представлением полиномом в данном случае будет состоять в том, что экспонента с отрицательным показателем имеет постоянный предел при аргументе, стремящемся к «∞», и не имеет экстремумов и колебаний.

К сожалению, представить в такой форме кривую (*рис. 6*) с использованием только MS Excel не получится, так как ее аргумент должен изменяться от 0, а сама кривая может быть аппроксимирована экспонентой с отрицательным показателем в Excel только в случае, когда зависимость убывающая. Поэтому за 0 принимается год начала строительства (проектирования) ВСМ. Однако это можно сделать в MathCAD или определять аргумент как разность:

$$t_e = (t - T_0),$$

где T_0 — год начала строительства (проектирования) сети ВСМ: для Японии — 1959 или 1964 г., для Франции — 1981 или 1982 г. (год введения в эксплуатацию).

Страны, строящие ВСМ, условно можно разделить на три категории: ведущие строительство ВСМ давно; относительно недавно находящиеся в стадии развития сети ВСМ; начинающие строительство ВСМ, но еще не имеющие развитой сети (в том числе и Россия). В первых двух случаях определить L не составляет труда, так как за эту величину можно принять протяженность ВСМ в долгосрочной перспективе либо представить в виде полинома, продифференцировать и определить максимальное значение, как и было сделано выше.

Во втором случае задача сложнее, так как неизвестно значение L. Здесь можно использовать изложенный метод (аппроксимацию полиномом), а постоянную времени определить по наклону имеющегося участка кривой роста протяженности ВСМ.

Наиболее сложно выполнить расчет в третьем случае, так как нет даже начальных статистических данных, и выполнить расчет можно только определив L путем корреляции с известными экономическими, географическими и статистическими показателями той или иной страны.

Как и в случае с железными дорогами Японии, аппроксимировать данные статистики можно не только полиномом, но и экспонентой. Если исходить из критерия максимального значения квадрата коэффициента корреляции, то постоянная времени несколько вырастет и составит 32–35 лет.

Таким образом, можно сказать, что сеть ВСМ во Франции полностью сформируется через время, равное 3τ, т. е. к 2080–2086 гг. с учетом того, что проект состоится, если в мире не появится революционных решений в области пассажирских перевозок и сохранится конъюнктура их рынка. Результаты расчетов в виде графиков представлены на *рис. 7*.

Поэтому можно приближенно определить протяженность сети ВСМ по формуле (2), приняв L = 3490 км и τ = 35 лет:

Заключение

Целесообразность широкого внедрения линий ВСМ в Российской Федерации требует всестороннего анализа опыта передовых в этой сфере стран и принятия взвешенных решений.

По опыту Франции и Японии можно сделать вывод, что конкретная страна должна в этом вопросе учитывать реальные потребности в высокоскоростном передвижении грузов и людей. Они должны быть скоординированы с менталитетом этноса, проживающего на этой территории, и с текущими потребностями секторов различных промышленных отраслей страны.

Также не следует сбрасывать со счетов емкость среды (как у биологов) и закон Томаса Роберта Мальтуса. В дальнейшем авторами предполагается использовать при аппроксимации логистическое уравнение Ферхюльста, так как в ряде стран железнодорожная сеть развивается по закону, приближенному к нему. Хотя это в большей мере касается традиционных железных дорог, чем высокоскоростных.

Следующим направлением исследований является теоретическое описание процесса с помощью дифференциальных уравнений. При положительном результате это позволит моделировать развитие транспортных систем ВСМ с целью получения максимального экономического эффекта при их строительстве и эксплуатации.

Литература

1. Изварин М. Ю. Специфика роста протяженности ВСМ в мире на примере Японии // Инновационные транспортные системы и технологии. 2025. Т. 11. № 2. С. 186–201. DOI: 10.17816/transsyst683382.
2. High Speed Lines in the World. URL: https://uic.org/IMG/pdf/20231001_high_speed_lines_in_the_world.pdf (дата обращения: 14.07.2025).
3. Китай остается мировым лидером по темпам строительства ВСМ // Железные дороги мира. 2024. № 3. С. 27–32. EDN: XTPRDS.
4. Гринемайер А. А., Аникин И. Б., Парфененко Р. Е., Изварин М. Ю. Перспективы развития сети высокоскоростных железных дорог в мире на ближайшее десятилетие // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2022. Т. 19. Вып. 2. С. 259–265. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-2-259-265.
5. France's Nuclear Odyssey. URL: https://www.wtsenergy.com/frances-nuclear-energy/ (дата обращения: 14.07.2025).
6. Изварин М. Ю., Евстафьев А. М., Евстафьева М. В. Оценка энергоэффективности скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта // Электроника и электрооборудование транспорта. 2015. № 5–6. С. 21–23.

УДК 656.078

Оптимизация параметров технической безопасности в контексте экологизации логистической деятельности предприятий



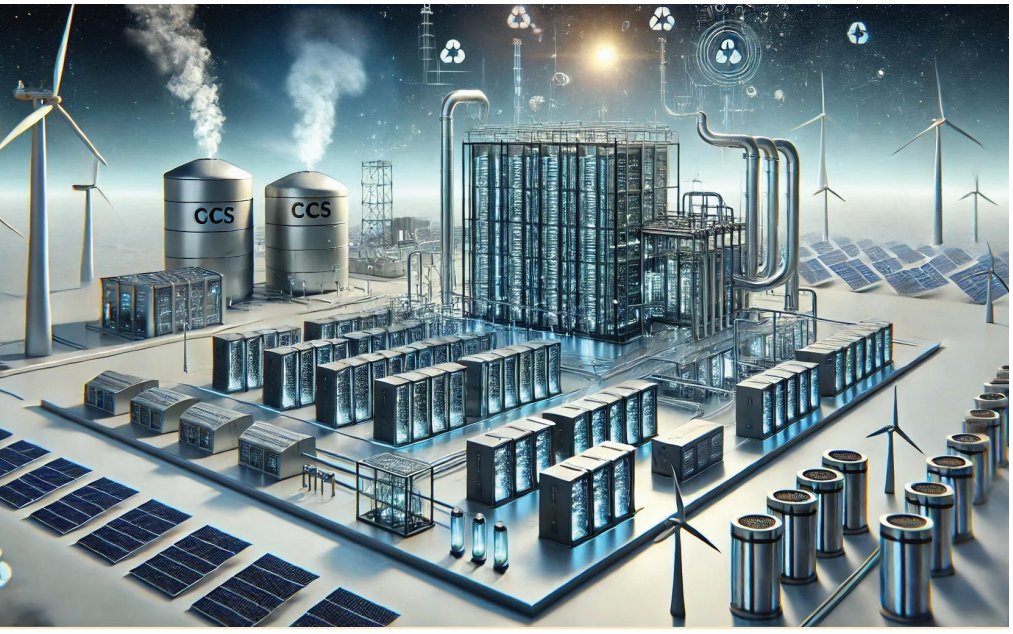
А. Р. Михайленко,
аспирант кафедры производственного менеджмента Луганского государственного университета имени Владимира Даля (ЛГУ им. В. Даля)



А. В. Родионов,
д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой производственного менеджмента ЛГУ им. В. Даля

Анализ актуальных методик прецизионной настройки техногенной безопасности логистических предприятий в условиях мировой тенденции к «зеленым» цепям поставок показывает, что прогрессивный рост надежности и отказоустойчивости инженерных систем линейно снижает антропогенное давление на биосферу и способствует минимизации совокупного углеродного следа компании.

Современные глобальные цепи поставок находятся в стадии глубокой трансформации под давлением ужесточающихся экологических регуляторов и растущего общественного запроса на корпоративную устойчивость и отчетность **[1, 2]**. В рамках этой новой парадигмы вопросы технической безопасности на логистических объектах уже нельзя рассматривать как изолированную процедуру, направленную исключительно на снижение травматизма и прямых убытков. Они превращаются в базовый инструмент реализации стратегий декарбонизации, циркулярной экономики и «зеленого» роста компаний **[2]**.



Иными словами, сегодня мало обеспечить безаварийность складов, автопарка и терминалов. Необходимо, чтобы эксплуатация активов одновременно способствовала сокращению углеродного следа, экономии ресурсов и минимизации воздействия на экосистемы.

Текущее техническое состояние подвижного состава, складской техники и инженерной инфраструктуры прямо влияет на ресурсный и углеродный профиль предприятия. Чем выше степень износа, чаще внеплановые простои и слабее цифровой контроль критических параметров, тем больше нецелесообразных расходов энергии, выше эмиссия парниковых газов и риск техногенных аварий с экологическими последствиями.

Согласно отраслевому обзору 2024 г., до 37–42 % инцидентов в логистике связаны именно с техническими отказами. При этом в 78 % случаев фиксируется сопутствующий экологический ущерб: разливы горюче-смазочных материалов, утечка смазок, повреждение опасных грузов. Статистика однозначно демонстрирует: надежность оборудования, цифровое техобслуживание и экологическая безопасность образуют единую взаимозависимую систему, где отказ любого элемента оборачивается как экономическими, так и природоохранными издержками **[3]**.

Ключевым испытанием для современной индустриальной инфраструктуры остается комбинированный риск, при котором единичная неисправность

оборудования способна вызвать цепочку неблагоприятных последствий для экосистем. Речь идет не просто о локальном отказе компонента, а о феномене «технологической домино-реакции», когда сбой техники мгновенно переходит в экологическую плоскость и приводит к загрязнению почвы, гидросферы либо атмосферы.

Так, простая поломка подъемно-транспортного устройства на складе нередко оборачивается не только утратой товарного запаса, но и разгерметизацией емкостей с химическими реактивами или нефтепродуктами. Классический пример: при выходе из строя гидросистемы вилочного погрузчика машина теряет устойчивость, падает и деформирует бочки с кислотами либо канистры с горючим, мгновенно формируя угрозу для персонала и биосферы.

Согласно сводной отчетности Росприроднадзора за 2020–2024 гг., около 23% всех аварийных проливов нефтепродуктов на складских площадках инициировано именно отказами гидравлических схем у погрузчиков и штабелеров. Каждое подобное происшествие загрязняло грунт на площади от 50 до 300 м². Прямые расходы на рекультивацию колебались в диапазоне 1,2–4,5 млн руб. Причем в эту сумму не входят убытки из-за простоя склада, порчи груза и штрафных санкций — учтены только затраты на очистку почвенного горизонта.

Аналогичная логика прослеживается в транспортном секторе. Дефекты контуров мониторинга выбросов в магистральных дизельных тягачах или микротрещины топливных баков неизбежно ускоряют эмиссию парниковых газов. Если датчик выдает искаженные показания, блок управления двигателем переводит агрегат в «богатый» режим, что ухудшает полноту сгорания дизтоплива. Лабораторные стендовые тесты фиксируют рост выбросов оксидов азота на 18–25% **[4]**, а при нарушении герметичности топливной рампы удельный расход солярки повышается на 7–12% с параллельным скачком. Микротрещины снижают давление, ухудшают распыл и усиливают диффузные утечки топлива — отсюда прямой перерасход и дополнительная эмиссия.

Вывод очевиден: параметры промышленной безопасности следует оптимизировать сквозь призму эколого-ориентированного риск-менеджмента. Планируя ремонты, закупки и регламенты, предприятие обязано одновременно защищать людей от травм и природу от загрязнений. Стратегический вектор — эволюция от классического регламентного сервиса к предиктивному и проактивному обслуживанию **[5]**.

Система «по графику» либо приводит к завышенным издержкам, либо не успевает перехватить отказ, тогда как предиктивная концепция использует непрерывный сбор телеметрии. Развернутые сети и распределенные сенсорные узлы передают в режиме реального времени данные о вибрациях, температурах, давлениях и энергоемкости критических узлов. Алгоритмы машинного обучения обрабатывают поток и вычисляют вероятность сбоя задолго до наступления критического состояния. Например, аномальный рост вибрации подшипника или перегрев гидрораспределителя детектируются за несколько недель до фактической поломки, позволяя провести плановую замену без внеплановой остановки.

Показателен кейс логистического хаба «Северный» (Ленинградская обл.) **[6]**. Интеграция предиктивной аналитики для 26 мостовых кранов и 112 электропогрузчиков за 18 мес уменьшила число внеплановых простоев на 63% (с 41 до 15), предотвратила восемь потенциальных проливов гидравлической жидкости (5–60 л) и сократила выбросы CO_2 на 210 т/год за счет исключения холостых прогревов аварийной техники.

Даже небольшой пролив 5–10 л гидравлики обычно требует извлечения и очистки десятков кубометров почвы, что эквивалентно сотням тысяч рублей. Поэтому превентивные алгоритмы дают не только производственный, но и зримый экологический эффект. Переход к «зеленой» логистике диктует пересмотр критериев отбора подвижного состава.

В пакет техбезопасности теперь вшивается соответствие двигателей актуальным экологическим нормам (Евро-6, Евро-7)[1]. Масштабный риск-анализ включает не только проверку тормозной и рулевой систем, но и верификацию устройств доочистки. Экологическая оптимизация требует не столько закупки «чистых» машин, сколько строгого мониторинга их состояния: регенерация сажевого фильтра, диагностика клапанов и калибровка датчиков должны идти строго по плану.

Инструментальные замеры 87 грузовых автомобилей выявили: пропуск регенерации всего на 2000 км увеличивает выбросы твердых частиц (particulate matter, PM) в 3,2–4,5 раза, а неисправный клапан повышает относительно нормы Евро-6 на 34% (с 0,46 до 0,62 г/кВт·ч) **[7]**. При этом техника визуально «исправна», что маскирует экологический ущерб.

Росприроднадзор зафиксировал 12 штрафных кейсов (200–850 тыс. руб.) за превышение выбросов вследствие невнимания к техсостоянию — и это лишь вершина айсберга по сравнению с реальным ущербом для здоровья и экосистем. Современная повестка становится катализатором тотальной модернизации складской логистики и усиливает взаимосвязь между производственной и экологической безопасностью.

Предприятия, нацеленные на сертификацию или попадание в рейтинги устойчивого развития, внедряют комплексные платформы вместе с роботизированными комплексами. Корректно настроенные алгоритмы маршрутизации сокращают долю ручного труда и оптимизируют траектории движения техники. Роботы не устают, не отвлекаются, двигаются по заранее вычисленным путям, что уменьшает вероятность коллизий и повреждений.

Данные дистрибуционного центра «Логистик-Центр» (Казань) за 2023–2024 гг. показывают **[8]**: после пуска 24 автономных роботов-паллетеров столкновения техники снизились на 76% (с 17 до 4), повреждения стеллажей с опасными грузами — на 100%. Экологический бонус проявился в сокращении простоев оборудования (–142 моточаса ежемесячно), уменьшении суммарного пробега погрузочной техники на 19%, экономии дизельного топлива на 23,7 т/год и снижении локальных эмиссий CO_2 на 74,8 т, плюс сокращение сажевых выбросов на 0,9 т.

Таким образом, технологическая надежность и экологическая результативность образуют самоподдерживающуюся систему метрик. Предиктивное обслуживание, IoT-мониторинг и роботизация, введенные для минимизации аварийного простоя, одновременно дают измеримый «зеленый» эффект. Эра, когда безопасность рассматривалась отдельно от экологии, окончательно ушла. Сегодня любое технико-экономическое решение оценивается сквозь призму способности снизить как операционные, так и природоохранные риски.

Заключительным, но принципиально важным элементом целостной экосистемы промышленной и экологической безопасности, выступает умелое управление

[1] Техрегламент Таможенного союза «О требованиях к выбросам вредных (загрязняющих) веществ автомобильной техникой» (ТР ТС 018/2011) в редакции от 14.10.2021, уточняющей пределы по стандартам Евро-6 и Евро-7.

инцидентами и молниеносное аварийное реагирование. Никакая, даже самая продвинутая предиктивная платформа, опирающаяся на машинное обучение и многослойную телеметрию, не способна устранить все риски: остаются человеческие ошибки, непредвиденные внешние воздействия, латентные конструктивные дефекты. Поэтому критична готовность быстро нивелировать последствия, ограничив их радиус и длительность.

Современная интегрированная система должна включать детально регламентированные сценарии ликвидации угроз для окружающей среды: разгерметизации цистерн с едкими реагентами, пожары с выбросом токсичных аэрозолей, утечки углеводородов. Четкость этих сценариев немыслима без соответствующей материально-технической базы: мобильных сорбирующих боновых заграждений, каскадно-модульных установок пожаротушения, спецконтейнеров для временного хранения загрязненного грунта, а также без регулярных тренингов, ролевых учений и пост-аудитов реагирования.

Например, при проливе кислоты важна не только быстрая сборка жидкости, но и ее химическая нейтрализация с последующей безопасной утилизацией абсорбента. Для этого нужны тест-комплекты pH-контроля, щелочные реагенты-нейтрализаторы и комбинезоны. Трехлетний мониторинг 15 логистических терминалов с совокупным грузооборотом 2,4 млн т опасных веществ показал **[9]**: наличие штатного аварийного комплекта (сорбенты, коагулянты, нейтрализаторы) и ежеквартальные тренировки персонала сократили среднее время локализации пролива с 47 до 12 мин, уменьшив площадь загрязнения на 65–80 %.

По методике Минприроды предотвращенный экологический ущерб составил 1,5–9,8 млн руб. на предприятие ежегодно. Тем самым капитальные инвестиции в техническую защиту логистических цепочек напрямую конвертируются в усиление экологической устойчивости компании и сокращение суммарных долгосрочных издержек: штрафы за просроченную ликвидацию разливов (средняя сумма около 450 тыс. руб.), восстановительные работы, расходы на судебные споры.

Причем репутационный урон зачастую превосходит прямые финансовые потери: контрагенты и клиенты все чаще расторгают договоры с организациями, допускающими серьезные экоаварии. Следовательно, предприятие эволюционирует от формального соблюдения нормативов к проактивному, стратегическому управлению устойчивостью. Безопасность перестает быть «статьей издержек» и превращается в конкурентное преимущество и драйвер долгосрочной эффективности бизнеса в условиях становления «зеленой» экономики и ужесточения требований заинтересованных сторон.

Глубокий аудит методов повышения технической безопасности в логистических контурах позволил сформулировать ряд ключевых выводов:

Доказано, что системная инженерная надежность всего парка материально-технических активов является краеугольным камнем экологической устойчивости предприятия. Дефекты, обнаруженные средствами неразрушающего контроля, вибродиагностики и тепловизионного анализа еще на предаварийной стадии, предотвращают разгерметизации, проливы и нештатные выбросы, тем самым кардинально снижая интегральный экориск.

Переход к предиктивному обслуживанию, опирающемуся на сенсорику и алгоритмы машинного обучения, одновременно усиливает промышленную безопасность и оптимизирует потребление энергии, горюче-смазочных и упаковочных материалов, полностью соотносясь с принципами «зеленой» логистики и рекомендациями.

Сквозная цифровизация складских, транспортных и информационных потоков становится системообразующим драйвером снижения антропогенного следа. Продвинутые модули и цифровые двойники маршрутов сокращают холостые пробеги, а интеллектуальные частотно-регулируемые приводы повышают коэффициент полезного действия оборудования.

Глубокая интеграция природоохранных регламентов в процедуры обеспечивает устойчивое снижение эксплуатационных затрат и практически обнуляет риск штрафных санкций за экологические нарушения.

Заключительный тезис: необходима единая управленческая концепция, в рамках которой техническая надежность и экологичность трактуются как взаимодополняющие детерминанты конкурентоспособности логистического бизнеса, превращающие расходы на безопасность в стратегические инвестиции и подкрепляющие устойчивое развитие в условиях ужесточающегося экономадзора и ускоренного перехода к циркулярной экономике.

Литература

1. Иванов Д. А. Управление цепями поставок в условиях высокой неопределенности: теоретические основы и прикладные решения обеспечения устойчивости. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2019. 312 с.
2. Ерофеева Н. И. Экологически ориентированная логистическая концепция стратегический инструмент обеспечения устойчивого развития транспортных предприятий // Логистика и менеджмент цепей поставок. 2020. Вып. 4 (105). С. 45–52.
3. Сидоренко В. Н. Техносферная безопасность логистических систем: монография. М.: Инфра-М, 2022. 195 с.
4. Отчет о стендовых испытаниях дизельных силовых установок, оснащенных некалиброванными NO_x-датчиками / испытательный центр ООО «ДизельТест». М., 2023. 12 с.
5. Федоров М. С. Предиктивное обслуживание как ключевой инструмент повышения эксплуатационной надежности и отказоустойчивости транспортного оборудования // Вестник транспорта. 2021. № 1. С. 34–41.
6. Технический отчет «Эффективность внедрения предиктивной аналитики в работе логистического комплекса «Северный» (Ленинградская область) / науч. ред. И. В. Соколов. СПб., 2025. 28 с
7. Исследование воздействия пропуска плановой регенерации дизельного сажевого фильтра и некорректной работы клапана рециркуляции EGR на уровень эмиссий твердых частиц (PM) и оксидов азота (NOx) в парке тягачей Scania, Volvo и КАМАЗ / под науч. ред. В. А. Трофимова. М.: НИИ автомобильного транспорта, 2024. 34 с.
8. Практика цифровизации и автоматизации распределительного хаба «Логистик-Центр» (Казань): аналитический доклад о внедрении робототехнических комплексов / АО «Логистик-Центр». Казань, 2024. 41 с.
9. Комплексное трехлетнее исследование результативности систем аварийного реагирования на пятнадцати логистических объектах (суммарный оборот опасных грузов 2,4 млн т): обобщенный аналитический доклад / Межрегиональная ассоциация промышленной и экологической безопасности. Екатеринбург, 2025. 53 с.

УДК 681.518.5

Формализация, схематизация и диагностика конкуренционных зависимостей и конфликтов в железнодорожных технологических процессах



С. А. Никищенков,
д-р техн. наук, главный научный сотрудник Института управления и экономики Приволжского государственного университета путей сообщения

Одной из актуальных научно-практических задач в сфере железнодорожного транспорта является моделирование и диагностика конкуренционных зависимостей и конфликтов в многооперационных технологических процессах, выявление причин их возникновения, определение последствий и выработка вариантов классификации.

Развитие на железных дорогах процессного подхода и концепции киберфизических транспортных систем, применение цифровых и интеллектуальных технологий, современных методов управления и автоматизированных систем управления (АСУ) делают необходимым совершенствование систем контроля и диагностики основных и вспомогательных технологических процессов **[1, 2]**. Как объект диагностирования железнодорожные многооперационные технологические процессы отличаются многоаспектностью, сложностью и взаимодействием большого числа разнообразных ресурсов (подвижной состав, инфраструктура, информация и т. д.) и соответствующим широким спектром возможных дефектов (несоответствий принятым технологиям в терминологии менеджмента качества) **[3, 4]**[1].

На железнодорожном транспорте фактически присутствуют конкуренционные зависимости (далее — конкуренции) между процессами и операциями, обусловленные различными причинами, прежде всего объективно существующими ресурсными потребностями и ограничениями, вариантами технико-технологических и управленческих решений, другими факторами **[5]**.

Следует отметить, что термин «конкуренция» в рассматриваемой проблематике имеет его первоначальное значение — соперничество (состязание, борьба) в отличие от общеизвестного и популярного в сфере экономики и рыночных отношений значения **[6]**. Примеры процессов с конкуренциями по объектам: поезда — разработка и корректировка графиков движения; вагоны — расформирование, сортировка, формирование; локомотивы — постановка в поезд, маневровая работа; станции — проектирование, развитие, цифровизация; устройства СЦБ — модернизация, импортозамещение, цифровизация; грузы — управление сроками доставки с учетом приоритетов; планы перевозок — разработка и сравнение планов формирования; информация и программы в АСУ — корректировка данных в едином информационном пространстве, импортозамещение программ; работники — совместное использование АРМ, оборудования, инструментов.

Конкуренции вследствие ограниченности инфраструктуры (количество путей на перегонах и станциях, число сортировочных горок, площадь контейнерной площадки и т. д.) прямым образом влияют на технологию перевозок грузов и пассажиров и организацию основных и вспомогательных процессов. Из опыта внедрения интегрированной системы менеджмента качества на сортировочных станциях и из анализа графиков исполненной работы в АСУ станций известно, что систематическим и критическим является недостаток локомотивов и бригад, что приводит к конкуренции в их назначении на маршруты.

[1] ГОСТ Р ИСО 9000–2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М: Стандартинформ, 2015. 48 с

Примером избыточности ресурса может являться расхождение оперативных данных об одних и тех же объектах в разных АСУ (в том числе внедряемых впервые), что приводит к информационной конкуренции и потере релевантности.

Мероприятия по улучшению одного показателя эффективности в условиях сложности и взаимосвязи методов управления перевозками влекут за собой вероятность снижения эффективности другого. Например, ускоренное продвижение вагонов с грузами приоритетного клиента влечет задержки других вагонов и увеличение сроков доставки других грузов.

Конкуренция имеется между инновациями и используемым техническим решением, а также в процессах реинжиниринга и бережливого производства, отражая известный конфликт между новым и старым. Характерными примерами могут являться внедряемые на сортировочных станциях современные цифровые решения и эксплуатируемые штатные АСУ, а также конфликтные и тупиковые ситуации в процессах импортозамещения программных и аппаратных средств.

Конкуренции между технологическими процессами и операциями возникают при ремонтно-восстановительных работах, в случаях нештатных и непредсказуемых ситуаций (отказы технических средств, ошибки планирования и управления, природные явления и т. д.), а также в результате реинжиниринга. Классификация конкуренций в технологических процессах на железнодорожном транспорте в целом аналогична фасетной классификации дефектов в процессах и может проводиться по следующим параметрам **[3–5]**:

- виды ресурсов (материальные, информационные, финансовые, людские);
- группы объектов (поезда, вагоны, парки, пути и т. д.);
- причины (ошибки в планах и технологиях, непредусмотренные искажения в процессах, реинжиниринг, внешние воздействия и т. д.);
- последствия (останов, отказы, аварии, катастрофы);
- потери (время, материалы, техника, финансы);
- возможность и способ устранения.

Если конкуренция не устранена, то в реальных процессах происходит конфликт операций и возникают дефекты с негативными последствиями и потерями (например, останов приема поезда на станции, сход вагона, повреждение стрелки, задержка погрузки и т. д.) **[3, 5]**.

Проблемы, возникающие из-за конкуренции процессов, решаются традиционными организационно-техническими подходами и способами: упорядочением (расписания, регламенты, инструкции, иерархии, последовательности); планированием и контролем наличия и занятости ресурсов; разработкой и совершенствованием систем управления движением поездов и работой станций и др.

Актуальность научно-практических исследований конкуренций в железнодорожных процессах обусловлена следующими факторами и аспектами:

- многообразием конкуренций и их последствий;
- фактическими нарушениями технологических процессов вследствие различных конкуренций и конфликтов;
- необходимостью распознавания и предотвращения конфликтов, обусловленных конкуренциями между операциями одного процесса и между взаимодействующими процессами;
- недостаточной проработкой теоретических вопросов обнаружения, идентификации и устранения конкуренций и методологии решения практических задач, в том числе по разработке способов диагностики конкуренций и соответствующих программных средств.

Конкуренция и параллелизм технологических операций

Перспективным представляется использование методов диагностики многооперационных процессов, их функциональных моделей и формализованных схем, а также положений технической диагностики и менеджмента качества, где невыполнение требований правильного функционирования объекта определяется как дефект, подлежащий обнаружению и отработке **[3, 4]**.

Указанные требования могут быть сформулированы для технологической системы следующим образом: каждая операция должна выполняться с нужными ресурсами, в заданном месте и периоде времени, с необходимым результатом и передачей его следующим операциям, при этом предлагаемый подход требует отсутствия любой конкуренции во множестве взаимодействующих процессов.

В основе подхода лежит признание факта, что отсутствие конкуренции между технологическими операциями равносильно возможности их параллельного (одновременного и независимого) выполнения. Для решения поставленной задачи эффективно применима фундаментальная теорема Бернштейна — Рассела — Нариньяни **[7]**.

В работах **[3–5]** показана необходимость дополнения указанной теоретико-множественной теоремы еще одним членом, учитывающим невозможность копирования материальных ресурсов в технологических процессах (первый в формуле):

$$(Inp_i \cap Inp_n) \cap (Inp_i \cap Out_n) \cap (Out_i \cap Inp_n) \cap (Out_i \cap Out_n) = \varnothing, \quad (1)$$

где Inp_i, Inp_n — входные (исходные) ресурсы;

Out_i, Out_n — выходные (результирующие) ресурсы для операций O_i и O_n.

Для железнодорожного транспорта, где подвижные объекты могут интерпретироваться указанными формализмами, необходимо учитывать пространственно-временные параметры процессов и инфраструктурные объекты. С учетом преобладания и значимости конкуренции по локации операции (месту и времени) вследствие характера и инфраструктурных ограничений транспортных процессов расширим теорему (1) в виде:

$$\begin{gathered}(Inp_i \cap Inp_n) \cap (Inp_i \cap Out_n) \cap (Out_i \cap Inp_n) \\ \cap (Out_i \cap Out_n) \cap (loc_i \cap loc_n) = \varnothing,\end{gathered} \quad (2)$$

где loc_i, loc_n — координаты локаций операций.

Диагностическое использование расширенной теоремы о параллелизме операций позволяет сделать вывод о том, что многооперационные технологические процессы являются конкурирующими, если в заданной пространственно-временной области их выполнения найдется хотя бы одна пара операций, для которой в текущий момент времени имеется пересечение либо множеств входных и выходных ресурсов, либо пространственно-временных локаций.

Невыполнение (2), т. е. конкуренция операций, влечет за собой конфликтную ситуацию, распознавание и недопущение которой является важной задачей для обеспечения устойчивого бездефектного выполнения технологических процессов.

Ограничениями практического применения теоремы о параллелизме операций являются:

- единичный и событийный характер диагностической проверки, поскольку рассматриваются две операции в абстрактный момент времени без учета временного периода выполнения технологического процесса;
- большой объем проверок для взаимодействующих процессов, имеющих множество операций и ресурсов.

Формальная схематизация конкуренций

В целях развития подхода целесообразно совместное использование расширенной теоремы о параллелизме операций и многоаспектных операторных схем процессов, базирующихся на теоретико-множественной операционно-событийной модели **[8]** и позволяющих идентифицировать конкуренции в пространственно-временной области выполнения процесса.

На рисунке изображены графовые интерпретации формальных представлений конкуренций и конфликтов согласно (2), где *S, T* — оси пространства и времени; O_i, O_n — операции; $x_i \in Inp_i$, $y_i \in Out_i$, $x_n \in Inp_n$, $y_n \in Out_n$ — ресурсы операций. Вид графов соответствует операторным схемам процессов из **[4, 5, 8]**.

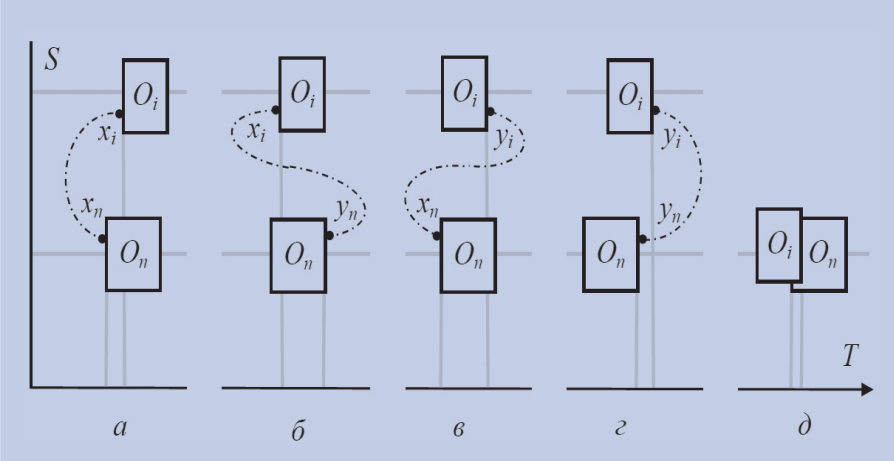
Дефект в технологическом процессе вследствие конкуренции операций можно представить аналогично теоретико-множественному представлению операционного дефекта из теоретико-множественной операционно-событийной диагностической модели процесса **[4, 8]**, где он определяется как один из вариантов замены операции на «пустую», «другую» (из перечня операций данного процесса) или «чужую» (вне этого перечня).

Конфликт на *рисунке а* влечет за собой дефект «замена входного ресурса на пустой»; *б, в* — замена входного ресурса на любой («пустой», «другой» или «чужой»); *г* — дефект замены выходного ресурса на «другой». На *рисунке д* конфликт приводит к дефекту замены операции на «другую», предшествующую по времени в той же пространственной координате. Возможные сочетания типовых конкуренционных конфликтов, представленных на *рисунке*, приводят к множеству дефектов **[3, 5]**.

В общем виде диагностическая функция, определяющая наличие дефектов в результате конкуренций между двумя операциями, представляется в виде логического выражения:

$$D = d_1 \vee d_2 \vee d_3 \vee d_4 \vee d_5, \qquad (3)$$

где $d_1 = 0$ при $Inp_i \cap Inp_n = \varnothing$, $d_2 = 1$, при $Inp_i \cap Out_n = \varnothing$ и аналогично так далее по порядку следования членов в выражении (2).



Диаграммы базовых типов конкуренционных конфликтов:
а — конкуренция операций по входным ресурсам, где $x_i = x_n$ и $Inp_i \cap Inp_n \neq \varnothing$ (операция O_i запускает позже O_n и остается без входного ресурса, поскольку он перехвачен O_n); *б* — конкуренция по входным и выходным ресурсам, где $x_i = y_n$ и $Inp_i \cap Out_n \neq \varnothing$ (операция O_i, на вход которой должен поступить выходной ресурс операции O_n, выполняется преждевременно, т.е. без требуемого ресурса); *в* — где $y_i = x_n$ и $Out_i \cap Inp_n \neq \varnothing$, конфликт аналогичен, поскольку второй и третий члены в (2) симметричны; *г* — конкуренция по выходным ресурсам, где $y_i = y_n$ и $Out_i \cap Out_n \neq \varnothing$ (поскольку O_i завершается позже O_n, то результат O_n будет замещен выходным ресурсом O_i); *д* — конкуренция по месту и времени выполнения операций, где $loc_i \cap loc_n \neq \varnothing$;
– · – конкуренционные связи

Научно-практические наработки в области схематизации и диагностики процессов и развитие процессного подход в ОАО «РЖД» (разработка и эксплуатация отраслевой АСУ бизнес-моделирования на основе платформы ARIS, создание Центра моделирования бизнес-процессов, формирование единой процессной модели) дают основу для решения поставленной задачи выявления и предотвращения последствий конкуренций в технологических процессах **[1, 3, 4]**.

В практическом плане для визуализации и обработки формальных схем процессов и конкуренций анализировались возможности и ограничения концепций, программных средств ARIS и IDEF0 **[9]**, а также принятых на железнодорожном транспорте графических форм отображения технологических процессов — графиков движения поездов и исполненной работы станций.

Использование операторных схем процессов позволяет выполнить анализ ландшафта технологических процессов (совокупности их схем на заданном периоде и области инфраструктуры) на предмет выявления конкуренций с точностью до координат локаций и перечней ресурсов с целью диагностики дефектов и предотвращения конфликтов и соответствующих потерь. Выявление конкуренций сводится к установлению данных о том, какие операции, когда и как конкурируют и к формированию списка конкуренций для технологических процессов, присутствующих на заданном ландшафте, в виде записей: <Конкуренция> = (<Операции>, <Тип>, <Координаты>), на основе которых могут формироваться соответствующие базы данных.

Для полного и системного представления конкуренций на заданном множестве процессов эффективным инструментом являются матрицы пересечений входных и выходных ресурсов операций, аналогичные известным формам из теории графов.

Диагностика конкуренций в железнодорожных технологических процессах базируется на следующих принципах и мероприятиях **[3–5]**:

- перечень дефектов согласно (3), т. е. диагностическая модель конкуренции, есть нарушение требований правильности выполнения операций, определенных формулой (2);
- формальная схематизация проводится на основе представления процессов в виде операторных схем или аналогичных пространственно-временных диаграмм и выявления базовых типов конкуренций и их сочетаний;
- анализируются потенциальные конфликты и их последствия;

• выполняются действия по устранению конкуренции на уровне процессной модели;

• для реальных процессов и в программной среде цифровых двойников применяются автоматизированные способы диагностики, реализующие алгоритмы оперативного обнаружения и идентификации дефектов.

Практическое применение

В составе роботизированной технологии корректировки нормативных графиков движения грузовых поездов **[10]** соответствующий программный модуль осуществляет диагностику конкуренций между корректируемым графиком (или вводимым графиком нового поезда) и действующим расписанием движения поездов на данном полигоне с точностью до станций, времени прибытия и отправления поездов и с учетом нормирования интервалов движения. В случае обнаружении конфликтов программа корректирует указанные данные, при этом ландшафтом процессов выступают нитки графиков в автоматизированной системе ведения и анализа графика исполненного движения.

Методика диагностики конкуренций на основе операторных схем процессов содержит следующие процедуры:

• построение или использование существующего ландшафта процессов;

• формирование матриц пересекающихся ресурсов и перечня конкурирующих операций;

• идентификация конкуренций на основе матриц и локаций, их формальный и содержательный анализ;

• сопоставление с имеющейся статистической или экспертной информацией о конфликтах;

• формирование диагностической модели (перечня дефектов) конкуренций на заданном ландшафте;

• выработка рекомендаций по ликвидации конкуренций и их последствий.

Результаты и выводы

На основании проведенных исследований можно сделать следующие утверждения и выводы:

• конкуренции между технологическими операциями и процессами на железнодорожном транспорте являются объективным явлением, многообразны по причинам и проявлениям, приводят к конфликтам и дефектам в процессах и нежелательным последствиям;

• конкуренции должны быть диагностируемыми и управляемыми;

• формализация и схематизация конкуренций с использованием параллельных моделей и многоаспектных операторных схем процессов составляют основу распознавания и ликвидации конкуренций, алгоритмизации и автоматизации их диагностики;

• диагностика конкуренций может осуществляться совместно с другими методами контроля и диагностики железнодорожных процессов;

• для ликвидации конкуренций на уровне формальных моделей могут быть использованы методы преобразования операторных схем процессов, в том числе основанные на распараллеливании технологий;

• предлагаемый подход вследствие математического обоснования и возможностей интерпретации обладает определенной универсальностью и применим для широкого класса многооперационных технологических процессов.

Таким образом, результатами исследований является доказательство эффективности формального моделирования конкуренций, использования операторных схем для обнаружения конфликтов, организации диагностики и повышения качества железнодорожных технологических процессов.

Целесообразным представляется разработка и внедрение проблемно-ориентированных (по хозяйствам и объектам железных дорог, по значимости процессов и критичности конфликтов, по видам ресурсов) способов распознавания и устранения конкуренций и соответствующих автоматизированных средств диагностики, а также развитие подхода в условиях реинжиниринга и реконфигураций процессов.

В общем плане направление диагностики, связанное с распознаванием и устранением конкуренционных конфликтов, как специфических и проблемных моментов в сложных взаимосвязанных многооперационных технологических процессах, с обнаружением дефектов на основе методов формализации, моделирования, алгоритмизации, автоматизации и цифровизации является перспективным не только для транспортной сферы, но и других отраслей.

Литература

1. В ОАО «РЖД» расширяют применение процессного подхода. URL: http://www.pkbct.ru/news/v_oao_%C2%ABrzhd%C2%BB_rasshiryayut_primenenie_processnogo_podkhoda/ (дата обращения: 29.01.2026).
2. Кобзев С. А. Бережливая киберфизическая производственная система транспортной компании // Железнодорожный транспорт. 2020. № 9. С. 4–13. EDN: KREALL.
3. Никищенков С. А. Моделирование и диагностика железнодорожных систем и процессов: Результаты научно-исследовательских работ в СамГУПС в 2009–2019 гг. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2020. 209 с. EDN: EKTIUD.
4. Никищенков С. А. Методы мониторинга и диагностики транспортных процессов на основе операторных схем // Вестник СамГУП С. 2023. № 1(59). С. 101–108. EDN: NONPJX.
5. Никищенков С. А. Диагностика конкуренций в многооперационных транспортных процессах с использованием моделей статического параллелизма // Вестник транспорта Поволжья. 2021. № 1(85). С. 64–71. EDN: KYFFLS.
6. Современная конкуренция. URL: https://www.moderncompetition.ru/nour/index (дата обращения: 20.02.2026).
7. Вальковский В. А. Распараллеливание алгоритмов и программ. Структурный подход. М.: Радио и связь. 1983. 176 с.
8. Никищенков С. А., Асабин В. В. Диагностическая модель транспортных многооперационных процессов на основе координатных операторных схем // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 6(78). С. 62–67. EDN: AXFVBH.
9. Методология функционального моделирования IDEF 0: РД IDEF 0–2000. М.: Издательство стандартов, 2000. 75 с.
10. Никищенков С. А., Гаранин А. В. Технология автоматизированной корректировки нормативных графиков движения поездов с применением программных роботов // Автоматика на транспорте. 2024. Т. 10. № 1. С. 18–31. DOI: 10.20295/2412-9186-2024-10-01-18-31. EDN: HRAQNE.

УДК 656.13

Оценка готовности населения к использованию беспилотных транспортных услуг (на примере г. Цзинань, КНР)



О. Ю. Булатова,
канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Донского государственного технического университета (ДГТУ),



Ли Синьтун,
магистрант ДГТУ

Китай является мировым лидером по темпам внедрения высокоавтоматизированных транспортных средств. К 2025 г. услуги беспилотного такси предоставлены во многих городах страны. Изучение опыта КНР позволяет выявить факторы успешной реализации беспилотных транспортных услуг, которые могут быть применимы в России по мере развития рынка высокоавтоматизированных транспортных средств.

Развитие технологий автономного вождения и их интеграция в современные транспортные системы мегаполисов является одним из ключевых трендов «умных городов». Внедрение беспилотного транспорта имеет ряд преимуществ: повышение безопасности дорожного движения, оптимизация транспортных потоков, повышение экологической безопасности, обеспечение комфортных условий для перемещения маломобильных групп населения. При этом важным аспектом в достижении положительного результата внедрения беспилотных транспортных средств является не только техническая и технологическая зрелость принимаемых решений, но и степень готовности общества к их принятию и активному использованию. Именно социальное восприятие становится критическим фактором, определяющим темпы внедрения беспилотников.

Изучение общественного мнения и готовности к использованию новых технологий находится на стыке социологии, урбанистики, транспортного планирования и экономики. Значительный вклад в разработку методологии оценки восприятия автономного транспорта внесли разные ученые. Основы для понимания поведенческих моделей принятия новых технологий заложены в работах Ф. Дэвиса и его теории запланированного поведения, адаптированной позднее для контекста автономного вождения. Вопросы влияния социально-демографических характеристик (возраст, доход, уровень образования) на готовность к использованию беспилотных автомобилей детально исследованы в трудах таких ученых, как Б. Шлаттер, Дж. Хаббард, К. Нордхофф.

В современных исследованиях все большее внимание уделяется не только описанию отношения, но и прогнозированию поведения с помощью методов статистического анализа. Работы С. Бейера, М. Диета, М. Чуа ориентированы на применение моделей упорядоченной логистической регрессии для выявления ключевых параметров принятия технологии, что позволяет количественно оценить силу влияния различных факторов. Кроме того, для классификации населения на гомогенные группы с целью разработки точечных стратегий внедрения успешно применяются методы кластерного анализа **[1–15]**.

Несмотря на активное изучение данной проблематики в глобальном контексте, для каждого конкретного региона с его уникальной социально-экономической и культурной спецификой необходимы локальные исследования. Город Цзинань (КНР), являясь крупным промышленным и культурным центром, демонстрирует активный интерес к внедрению интеллектуальных транспортных систем. Однако комплексных исследований, направленных на оценку готовности его населения к использованию беспилотного транспорта, недостаточно. Целью данного исследования является разработка комплексной мето-

дологии оценки готовности населения г. Цзинаня к использованию беспилотных транспортных услуг.

Цзинань, как и крупные российские города, характеризуется большой плотностью населения, высоким уровнем автомобилизации и наличием транспортных проблем, типичных для городских агломераций. Опыт оценки готовности населения в таких условиях является актуальным для российских городов.

В условиях развития научно-технического сотрудничества между Россией и КНР в рамках транспортной отрасли изучение китайского опыта приобретает особую актуальность.

Постановка задач и определение опросной формы

Для разработки комплексной методологии оценки готовности населения г. Цзинаня к использованию беспилотных транспортных услуг в данном исследовании решаются следующие задачи **[16–19]**:

- анкетирование репрезентативной выборки жителей для сбора первичных данных об их отношении к автономному транспорту;
- выявление ключевых социально-демографических и экономических факторов, влияющих на готовность к использованию беспилотных транспортных услуг, с применением методов описательной статистики и упорядоченной логистической регрессии;
- классификация респондентов на основе их характеристик и отношения к технологии с помощью кластерного анализа для выявления целевых групп;
- формулирование на основе полученных результатов практических рекомендаций по правовому, техническому и инфраструктурному обеспечению внедрения автономного транспорта, адаптированные под специфику г. Цзинаня.

В данном исследовании для оценки готовности населения к использованию беспилотных транспортных услуг сформирована репрезентативная выборка из 400 респондентов, проживающих в г. Цзинане. Данные собирались методом анкетирования с использованием структурированной опросной формы, включающей блоки вопросов социально-демографического профиля, моделей транспортного поведения и отношения к автономным транспортным технологиям. Распределение ключевых социально-демографических характеристик выборки представлено в *табл. 1.*

Таблица 1. Данные анкетируемых

Переменная	Категория	Частота	%
Пол	Мужчины	210	52,5
	Женщины	190	47,5
Возраст	18–30	120	30,0
	31–45	150	37,5
	46–60	80	20,0
	61 и старше	50	12,5
Ежемесячный доход, юаней	3000 и ниже	80	20,0
	3001–8000	160	40,0
	8001–15000	100	25,0
	15001 и выше	60	15,0
Владение личным транспортом	0	100	25,0
	1	180	45,0
	2 и выше	120	30,0
Распространенный способ передвижения	Ходьба	60	15,0
	Велосипед/электрические транспортные средства	80	20,0
	Общественный транспорт	100	25,0
	Личные автомобили	120	30,0
	Совместные поездки	40	10,0

Как показано в *табл. 1,* выборка характеризуется сбалансированным распределением по полу (52,5 % мужчин и 47,5 % женщин). Возрастная структура респондентов отражает преобладание лиц трудоспособного возраста: наиболее представлена группа 31–45 лет (37,5 %), затем следуют группы 18–30 лет (30 %) и 46–60 лет (20 %). Доля респондентов старше 61 года составила 12,5 %.

Распределение по уровню ежемесячного дохода выявило, что 40 % респондентов имеют его в диапазоне 3001–8000 юаней, тогда как 25 % получают 8001–15000 юаней, 20 % — менее 3000 юаней, 15 % — свыше 15000 юаней (*рис. 1*).

Анализ транспортного поведения показал, что 45 % домохозяйств владеют одним автомобилем, 30 % — двумя и более, а 25 % не имеют личного транспорта. Наиболее распространенными способами передвижения являются использование частного автомобиля (30 %) и общественного транспорта (25 %), тогда как доля респондентов, пользующихся сервисами совместной мобильности, составила 10 %. Данное распределение признаков обеспечивает репрезентативность выборки и позволяет проводить последующий статистический анализ влияния указанных факторов на готовность к принятию беспилотных транспортных услуг.

На следующем этапе исследования проведен анализ упорядоченной логистической регрессии на основе собранных эмпирических данных. В качестве зависимой переменной выступила степень приемлемости автономного вождения, измеренная по 5-балльной порядковой шкале Лайкерта. В число независимых переменных вошли социально-демографические характеристики: пол, возраст, уровень дохода и факт владения автомобилем.

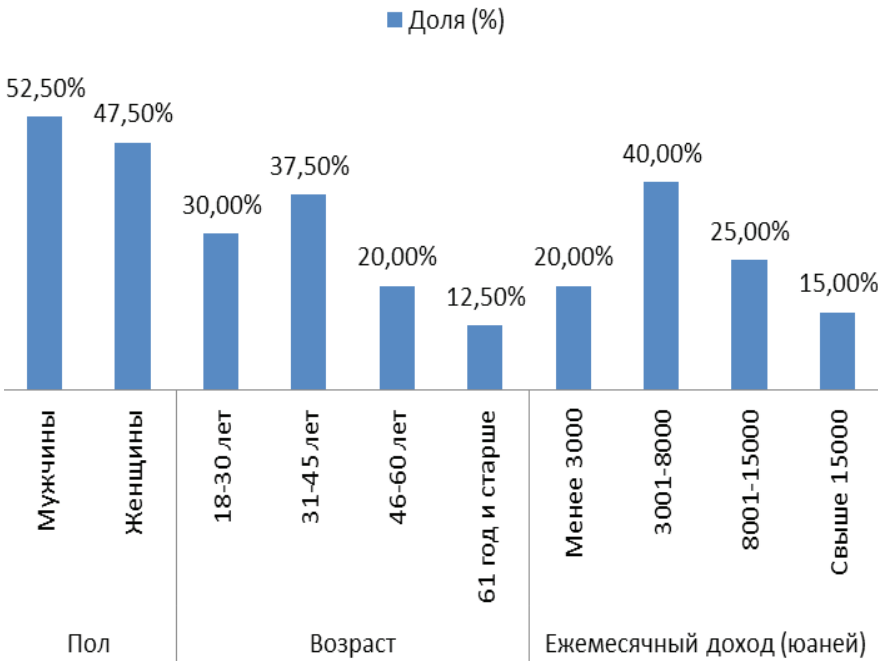


Рис. 1. Распределение респондентов по социально-демографическим характеристикам

Результаты регрессионного анализа

Подготовка данных включает в себя процедуру кодирования переменных. Зависимая переменная (принятие автономного вождения) кодировалась в диапазоне от 1 (полностью не согласен) до 5 (полностью согласен). Независимые переменные преобразованы следующим образом:

- пол: мужчина = 1, женщина = 0;
- возраст: 18–30 лет = 1, 31–45 лет = 2, 46–60 лет = 3, 61+ лет = 4;
- ежемесячный доход: 3000 и ниже = 1, 3001–8000 = 2, 8001–15000 = 3, 15001 и выше = 4;
- владение личным транспортом: ⩾1 = 1, 0 = 0;
- пользователи сервисами совместной мобильности: да = 1, нет = 0;
- место жительства: пригородное = 1, городское = 0.

Формулировка модели упорядоченной логистической регрессии представлена следующим выражением:

$$\log\left(\frac{P(Y\leq j)}{1-P(Y\leq j)}\right) = \alpha_j - (\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots \ldots + \beta_6 X_6), \quad (1)$$

где α_j — точка пересечения для j-го уровня порядковой переменной;

β — коэффициент регрессии независимой переменной.

Для процедуры расчета коэффициента приведем пример для переменной «ежемесячный доход ⩾ 8000 юаней»:

1. Распределение исходных данных:

- в группе респондентов с ежемесячным доходом ⩾8000 юаней (кодируется как 3 и 4) доля принятия технологии автономного вождения (уровень принятия ⩾ 4 по 5-балльной шкале) составила 65 %;
- в группе с доходом <8000 юаней аналогичный показатель принятия составил 35 %.

2. На основании этих данных рассчитан логарифм отношения шансов (Log Odds Ratio):

$$\beta_{\text{доходы}} = \log\left(\frac{0{,}65/(1-0{,}65)}{0{,}35/(1-0{,}35)}\right) \approx 0{,}62.$$

Для оценки статистической значимости коэффициента регрессии $\beta = 0{,}62$, характеризующего влияние переменной «ежемесячный доход ⩾8000 юаней», проведены следующие расчеты:

- стандартная ошибка (SE): величина стандартной ошибки SE = 0,12 получена на основе диагональных элементов обратной матрицы Фишера, вычисленной из гессиана функции правдоподобия;
- z-статистика: рассчитана по формуле $z = \beta / SE = 0{,}62 / 0{,}12 \approx 5{,}17$;
- p-значение: для $z = 5{,}17$, в соответствии со стандартным нормальным распределением, p-значение составляет 0,000, что отмечено маркером ***;
- уровни значимости:

$$p < 0{,}01 \rightarrow ***$$
$$p < 0{,}05 \rightarrow **$$
$$p < 0{,}1 \rightarrow *.$$

Остальные переменные модели оценивались аналогичным образом. Результаты регрессионного анализа представлены в *табл. 2,* на *рис. 2, 3.*

Выводы и рекомендации

Регрессионный анализ выявил статистически значимое влияние ряда факторов на готовность к принятию автономного вождения. Уровень дохода оказывает положительное воздействие на принятие технологии ($\beta = 0{,}62$; $p < 0{,}001$): группы респондентов с ежемесячным доходом ⩾8000 юаней демонстрируют более высокую склонность к использованию беспилотного транспорта.

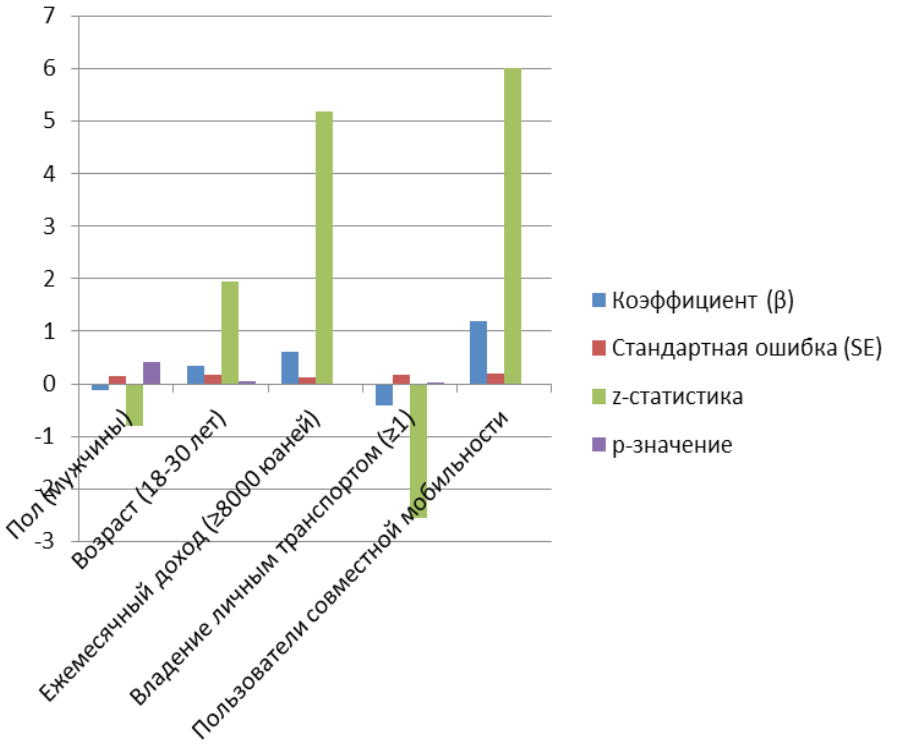


Рис. 2. Результаты регрессионного анализа

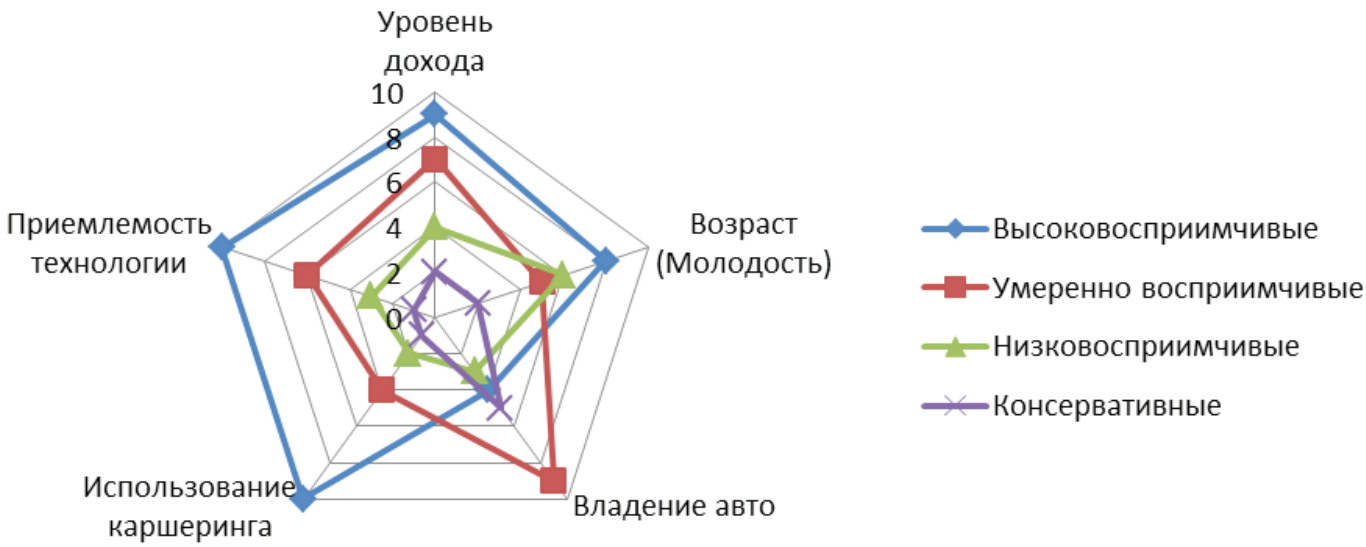


Рис. 3. Профили кластеров готовности к использованию беспилотного транспорта

Владение личным транспортом, напротив, отрицательно коррелирует с приемлемостью автономного вождения ($\beta = -0{,}41$; $p < 0{,}05$), что свидетельствует о приверженности владельцев автомобилей традиционным моделям мобильности. Наибольший положительный эффект выявлен среди пользователей сервисов совместной мобильности ($\beta = 1{,}20$; $p < 0{,}001$), что идентифицирует данную группу как потенциальных первых пользователей технологии.

Анализ предельных эффектов подтвердил выявленные закономерности:

• вероятность категории «полностью принимаю» увеличивается на 7,2 % при переходе на более высокую доходную категорию;

• наличие автомобиля повышает вероятность категории «не принимаю полностью» на 4,5 %;

• пользователи каршеринга демонстрируют на 18,3 % более высокую вероятность положительного ответа по сравнению с остальными респондентами.

Кластерный анализ методом *k*-прототипов позволил идентифицировать четыре стратегические группы (*рис. 4*):

• высоковосприимчивые (30 %): пользователи сервисов совместной мобильности с высоким ежемесячным доходом, демонстрирующие активный спрос на инновации;

• умеренно восприимчивые (35 %): владельцы личных автомобилей, чья готовность к принятию ограничена существующей мобильностью;

• низковосприимчивые (20 %): пользователи активных видов транспорта с короткими поездками и низким интересом к автономным технологиям;

• консервативные (15 %): пожилые респонденты с низким доходом, демонстрирующие технологический скептицизм.

На основе результатов сформулированы рекомендации для политики внедрения:

• стимулирование интеграции сервисов совместной мобильности с автономными технологиями через целевые субсидии;

• приоритетное развертывание пилотных маршрутов автономных шаттлов в пригородных зонах (например, район Лисин) для решения проблемы «последней мили»;

• введение мер транспортной политики (ограничительные меры, налоговые льготы) для перевода пользователей личных автомобилей на модели совместного использования автономного транспорта;

• реализация образовательных программ, направленных на преодоление технологических барьеров среди консервативных групп населения.

Таблица 2. Результаты регрессионного анализа

Переменная	Коэффициент β	Стандартная ошибка (SE)	*z*-статистика	*p*-значение
Пол (мужчины)	– 0,12	0,15	–0,80	0,423
Возраст (18–30 лет)	0,35*	0,18	1,94	0,052
Ежемесячный доход (≥8000 юаней)	0,62***	0,12	5,17	0,000
Владение личным транспортом (≥1)	–0,41**	0,16	–2,56	0,010
Пользователи совместной мобильности	1,20***	0,20	6,00	0,000

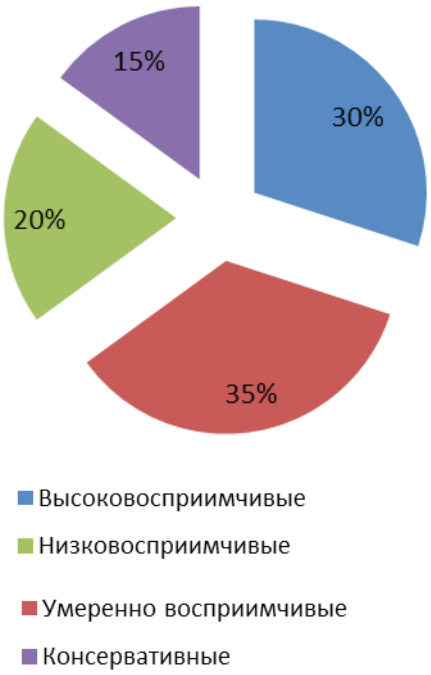


Рис. 4. Распределение респондентов по кластерам восприимчивости

Заключение

Китай является мировым лидером по реализации беспилотных транспортных услуг. Анализ готовности к ним населения в Китае позволяет спрогнозировать возможные сценарии развития ситуации в России, включая распределение населения по кластерам готовности и ключевые факторы, влияющие на принятие технологии.

Проведенное исследование позволило разработать комплексную методологию оценки готовности населения к использованию беспилотных транспортных услуг на примере г. Цзинань.

Полученные результаты имеют практическую значимость для органов городского управления и операторов транспортных услуг, предоставляя научно обоснованную основу для разработки стратегий внедрения автономного транспорта с учетом локальной специфики.

Перспективы дальнейших исследований связаны с анализом долгосрочной динамики изменения общественного восприятия и разработкой адаптивных моделей управления внедрением беспилотных транспортных систем.

Литература

1. Davis F. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology // MIS Quarterly. 1989. № 13. P. 319–339. DOI: 10.2307/249008.
2. Ajzen I. The Theory of Planned Behavior // Organizational Behavior and Human Decision Processes. 1991. № 50. P. 179–211. DOI: 10.1016/0749-5978(91)90020-T.
3. Nordhoff S., de Winter J., Madigan R. et al. User acceptance of automated shuttles in Berlin-Schöneberg: A questionnaire study // Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour. 2018. № 58. P. 843–854. DOI: 10.1016/j.trf.2018.06.024.
4. Haboucha Ch., Ishaq R., Shiftan Yo. User preferences regarding autonomous vehicles // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2017. № 78. P. 37–49. DOI: 10.1016/j.trc.2017.01.010.
5. Zhu Ge, Chen Yuche, Zheng Jiali. Modelling the acceptance of fully autonomous vehicles: A media-based perception and adoption model // Transportation Research Part F Traffic Psychology and Behaviour. 2020. № 73. P. 80–91. DOI: 10.1016/j.trf.2020.06.004.
6. Choi Jong, Ji Yong Gu. Investigating the Importance of Trust on Adopting an Autonomous Vehicle // International Journal of Human-Computer Interaction. 2015. № 31. № 150709133142005. DOI : 10.1080/10447318.2015.1070549.
7. Кулев А. В., Кулев М. В. Теоретические основы выбора пассажирами маршрутного транспортного средства в условиях повышения информативности о динамических показателях транспортного процесса // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 3–3(86). С. 55–61. DOI: 10.33979/2073-7432-2024-3-3(86)-55-61. EDN: JEMLLM.
8. Загидуллин Р. Р. Динамическое управление транспортными потоками в интеллектуальных транспортных системах на примере г. Казани // Транспорт Российской Федерации. 2025. № 6(121). С. 31–39. EDN: SDDEJA.
9. Булатова О. Ю. Интеллектуальные транспортные системы. Ростов н/Д: Донской государственный технический университет, 2022. 101 с. EDN: NWJDBZ.
10. Подопригора Н. В. Структура и функционирование системы «водитель-автомобиль-дорога-внешняя среда» // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 2(91). С. 154–159. DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-2-154-159. EDN: OPNZQY.
11. Подопригора Н. В., Васильев Я. В. Модели управления эксплуатационной надежностью высокоавтоматизированных транспортных средств // Грузовик. 2023. № 8. С. 20–24. DOI: 10.36652/1684-1298-2023-8-20-24. EDN: SASDZQ.
12. Дэй Х., Зырянов В. В., Булатова О. Ю., Кулев А. В. Оценка условий движения с целью обеспечения безопасности дорожного движения // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 4–2(87). С. 62–73. DOI: 10.33979/2073-7432-2024-4-2(87)-62-73. EDN: XHYVAO.
13. Kushchenko L., Kushchenko S., Kambu A., Novikov A. The analyzing of personal and public transport traffic flows in Belgorod agglomeration // Journal of Applied Engineering Science. 2022. Vol. 20. № 3. P. 700–706. DOI: 10.5937/jaes0-35593. EDN: OVIFBZ.
14. Podoprigora N., Stepina P., Dobromirov V., Kotikov J. Determination of driver's reaction time in expert studies of road traffic accidents using software and hardware complex // XIV International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (OTS-2020), 21–24 October 2020, St. Petersburg, Russia. St. Petersburg, 2020. P. 538–544. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.10.064. EDN: AYVSCW.
15. Duganova E., Novikov I., Novikov A., Zagorodnii N. Problems of introduction of digital technologies in the transport industry // Transportation Research Procedia. 2022. Vol. 63. P. 1024–1033. DOI: 10.1016/j.trpro.2022.06.102. EDN: FHABHF.
16. Зедгенизов А. В. Нормативное обеспечение оценки транспортногого спроса на основе характеристик землеиспользования // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 3–2(86). С. 68–73. DOI: 10.33979/2073-7432-2024-3-2(86)-68-73. EDN: AOSNVS.
17. Кущенко Л. Е., Новиков И. А., Новиков А. Н. Применение нечеткого моделирования в транспортной сфере // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 5(64). С. 157–162. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-5-157-162. EDN: YOAUMT.
18. Шевцова А. Г., Бурлуцкая А. Г., Васильева В. В. Внедрение интеллектуальной транспортной системы Ramp Metering на примере г. Белгород // Мир транспорта и технологических машин. 2018. № 4(63). С. 42–48.
19. Криволапова О. Ю. Особенности Построения Архитектуры интеллектуальных транспортных систем // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2012. № 1(24). С. 99–102. EDN: OWUAOJ.

УДК 656(1–21):504.3.054:338.14

Контроль опасного загрязнения воздуха поллютантами и парниковыми газами городским транспортом в Санкт-Петербурге по критериям наносимого ущерба



В. Н. Ложкин,
д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России им. героя РФ генерала армии Е. Н. Зиничева

Вопрос контроля чрезвычайных ситуаций опасного воздействия отработавших газов транспорта на условия жизнедеятельности населения остается актуальным. Он должен проводиться в том числе по критериям ожидаемых «некомпенсируемых издержек» с помощью оригинальных моделей и алгоритмов расчета, адаптированных к реальным состояниям эксплуатируемого транспорта и финансово-демографической социальной среды.

В повестке дня обеспечения глобальной и региональной устойчивости остается главенствующей проблема так называемого «тройного планетарного кризиса» **[1, 2]**, выражающегося критичными явлениями изменения климата **[3]**, утраты биоразнообразия **[4]**[1] и загрязнения окружающей среды **[5]**. Оценки эффективности применяемых решений для предотвращения и смягчения негативных последствий планетарного экологического кризиса потребовали междисциплинарных «инструментов», сочетающих политические, технологические (технические) и экономические решения, и анализа последствий ухудшения качества воздушной среды на протяжении всего периода использования продуктов, процессов или политических стратегий **[1, 2]**.

Работа транспорта непосредственно влияет на загрязнение окружающей среды крупного города, доказательством этому является экспериментально засвидетельствованный авторами **[5]** феномен снижения уровня концентраций NO_2 и бензола из-за снижения интенсивности движения транспорта в период действия в г. Дели (Индия) карантина из-за COVID-19.

Авторскими исследованиями **[6]** установлена решающая роль в загрязнении приземного слоя тропосферы крупного города, характеризующегося мощными турбулентными миграциями «взвешенных» загрязняющих веществ, климатического режима в регионе и метеорологических факторов: температурной инверсии и скорости ветра.

На основе анализа энергетической динамики рабочих процессов поршневых двигателей **[7]** в исследовании **[8]** на примере Санкт-Петербурга расчетными оценками показано, что транспортные чрезвычайные загрязнения воздушной среды носят ярко выраженный локализованный характер, а на оздоровление воздушной среды способна оказать положительное влияние установка на автобусы нейтрализаторов **[9]** с рекуперацией тепла отработавших газов (ОГ).

Ранее упомянутыми исследованиями индийских авторов **[5]** установлена непосредственная связь концентраций поллютантов и ОГ транспорта с типом рабочего процесса двигателя (дизельный, бензиновый) и положительным влиянием электромобилей на оздоровление воздушной среды в местах интенсивного движения транспорта в г. Дели. Исследователи Московского автомобильно-дорожного университета (МАДИ) в работе **[7]** с этой же целью повысили техническую эффективность

[1] The Rio Declaration on Environment and Development: from The United Nations Conference on Environment and Development. URL: http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_E.PDF (дата обращения: 16.04.2026).

двигателей воспламенения от сжатия с аккумулированием энергии впрыска.

В странах европейского сообщества вместе с внедрением методики Copert methodology, детально проанализированной в авторской монографии **[10]**, в налоговой практике контроля транспортных выбросов стали широко применяться экономико-финансовые инструменты оценки «внешних издержек»[1] — компенсируемых государством экологических ущербов, наносимых обществу выбросами вредных (загрязняющих) веществ (ЗВ) от эксплуатируемого городского транспорта (ГТ).

Решение проблемы в ситуациях чрезвычайно опасного воздействия загрязняющих веществ от ГТ на объекты жизнедеятельности в Санкт-Петербурге стало развиваться автором совместно с учениками **[11]** благодаря тому, что, как показал западный опыт[2], организация экономических отношений в реальной практике компенсации экологических ущербов, наносимых городскому населению со стороны транспорта, не попадает в сферу регулирования рыночными механизмами.

Для Санкт-Петербурга вопросы санитарно-эпидемиологической безопасности выбросов поллютантов ГТ **[8, 10, 11]**, аналогично крупным городам мира **[5]**, являются особо актуальными. Вопросы углеродной нейтральности выбросов (главным образом CO_2 и метана CH_4) с ОГ колесных транспортных средств **[2]**, а также опосредованно выбросов поллютантов, CO_2 и CH_4 тепловыми электроцентралями в эквиваленте расходуемой электрической энергии **[10]**, трамваями, троллейбусами, электричками и электропоездами метрополитена **[10, 11]** также требуют учета. Изложению результатов данных исследований посвящена настоящая статья.

Объекты и методика исследования

В качестве демонстрационного объекта исследования экстремально высокого негативного воздействия поллютантов и парниковых газов (CO_2, CH_4), эмитируемых в городскую воздушную среду ГТ, по показателям наносимого ущерба определен Санкт-Петербург с его городскими территориями и пригородами. В этом мегаполисе функционируют все известные виды наземного и подземного городского транспорта: автотранспорт, трамваи, троллейбусы, электропоезда, включая метрополитен, водный транспорт. Данные виды городского транспорта, за исключением водного **[8]**, в исследовании приняты в качестве основных объектов-поставщиков в воздушную городскую среду поллютантов и парниковых газов (не менее 95%). При этом объемы эмиссии ЗВ электрическим транспортом определялись по объемам выбросов теплоцентралями, вырабатывающими электроэнергию сжиганием углеводородного сырья (в Санкт-Петербурге природного газа) **[10]**, в эквиваленте расходуемой конкретным видом ГТ электроэнергии.

Методология оценки экстремального ущерба, наносимого населению и объектам техносферного назначения ГТ эмиссией частиц сажи, оксидов серы, азота, углерода и углеводородов выстроена автором по критериям уже упомянутых ожидаемых «некомпенсируемых внешних издержек». На *рис. 1* показана схема маршрута отслеживания негативного эффекта от ЗВ городского транспорта.

Подход расчета ущерба, наносимого городскому населению, проводится по ранее отмеченной методике оценки «некомпенсируемых рыночными механизмами» **[10]** издержек от загрязнения атмосферного воздуха поллютантами и парниковыми газами (преимущественно CO_2, CH_4) в результате функционирования ГТ **[11]**. Решение данной проблемы по положительному опыту некоторых зарубежных стран **[2, 5]**, детально проанализированного в работе **[10]**, предполагает «вмешательство» городской администрации в экономическое рыночное регулирование транспортных процессов.

Оно направлено на смягчение санитарно-эпидемиологических, климатических и разрушающих инфраструктуру рисков и ущербов от ГТ в натуральных и денежных показателях, которые не попали в зону регулирования рыночными механизмами, т. е. не компенсируются перевозчиками. Расчеты по новой методологии осуществлены для прогнозируемых гипотетических условий (сценариев) перспективного планирования и реформирования системы транспортных процессов (услуг) для горожан администрацией Санкт-Петербурга.

Денежное выражение ущерба от транспортных отработавших газов устанавливается отношением оценки издержек (в рублях или евро) к единице массы соответствующего поллютанта/парникового газа. Связь загрязняющих веществ с факторами основного негативного их действия, учитывающего объективные закономерности влияния ОГ на горожан, элементы техносферной инфраструктуры и потепление климата, оценивалась автором по характеру воздействия с учетом реально протекающих в стратифицированной атмосфере физических и метаболических процессов **[6]** (*рис. 2*).

Оригинальной особенностью авторского подхода отслеживания специфики негативных эффектов воздействия (правая часть *рис. 2*) от химических загрязнителей атмосферного воздуха (левая часть) является их разнообразие:

- здоровье горожан — токсичность CO и фото-оксидантов $NO+O_3\uparrow\downarrow NO_2+O_2$, канцерогенез и ослабление детородных функций у женщин, «фертильность» от воздействия полициклических углеводородов CXHY-1 и других ЗВ, в частности, твердых частиц проникающе-опасных размеров $PM_{2,5}$ и PM_{10}, отравление «легким смогом» (O_3-озоном);
- потеря урожайности агрономических культур в результате закисления почвы сульфат- и нитрат-аэрозолями,

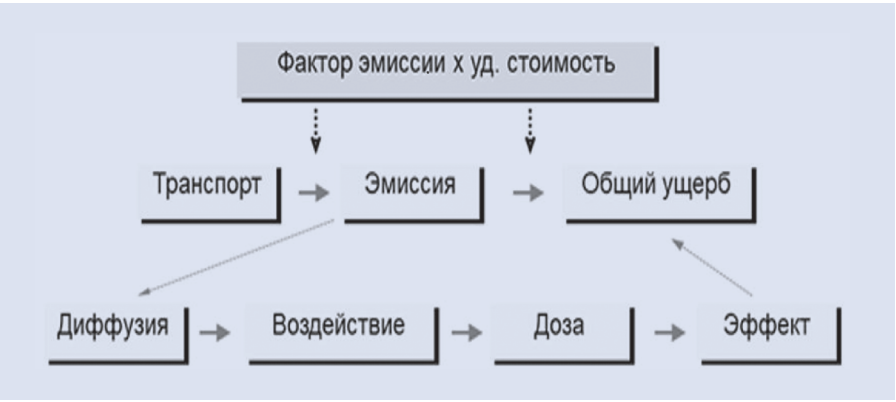


Рис. 1. Схема маршрута отслеживания негативного эффекта от выбросов городского транспорта

[1] Проект «Оценка внешних издержек функционирования транспорта в Санкт-Петербурге» (External costs of transport in St. Petersburg), поддержанный Министерством транспорта Дании и Комитетом по транспорту Правительства Санкт-Петербурга. 1999–2003 гг.

[2] Проект «Управление качеством воздуха в странах Восточной Европы» (Air Quality Governance in the ENPI East Countries), поддержанный Европейской Комиссией (EuropeAid/129522/C/SER/Multi; Contract № 2010/232–231) и Министерством природных ресурсов РФ. 2011–2014 гг.

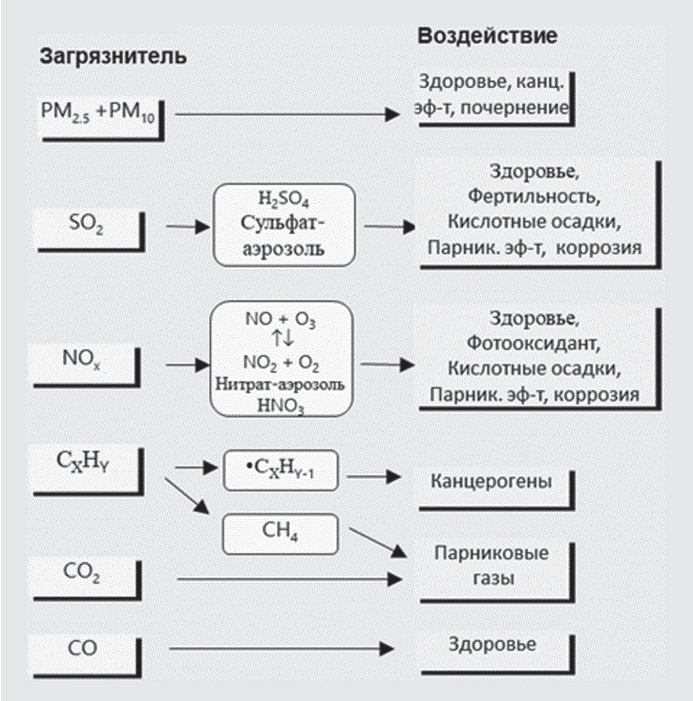


Рис. 2. Связь транспортных выбросов (веществ) с факторами негативного воздействия

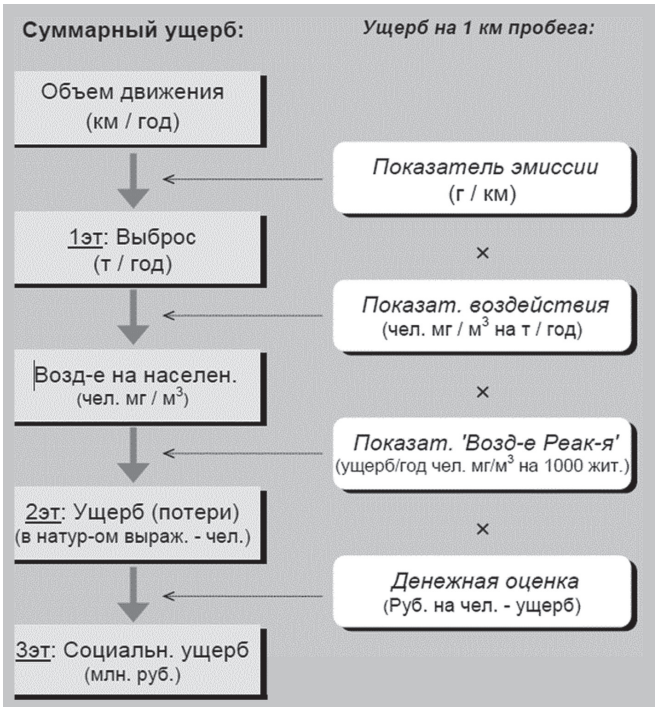


Рис. 3. Порядок выполнения стоимостной оценки ущерба от выбросов городского транспорта на основе расчета данных по транспортной работе

содержащими H_2SO_4 и HNO_3, кислотные осадки;

• «почернение» зданий и объектов архитектуры сажей $PM_{2,5}$ и PM_{10};

• химическая коррозия металлоконструкций водными растворами H_2SO_4 и HNO_3;

• изменение климата от поступления в атмосферу «парниковых газов» CO_2 и CH_4.

Алгоритмизация расчета ущерба производилась с использованием доступных программных продуктов методик Copert methodology и контроля ожидаемых «некомпенсируемых издержек» от работы основных видов городского транспорта. Последовательность выполнения расчета ущерба от опасных выбросов предполагала три этапа калькулирования оценочных действий на основе учета объема транспортной работы (*рис. 3*).

На последнем этапе характеристики ущерба в натуральном выражении переводятся в соответствующие им стоимостные параметры.

Результирующий стоимостной ущерб от загрязнения атмосферного воздуха ГТ оценивался с использованием ущерба, приходящегося на 1 км пробега по видам транспорта (*рис. 4*).

Существенные отличия городского транспорта с поршневыми двигателями внутреннего сгорания (ДВС) от электрического транспорта (*рис. 4*) объясняются:

• тепловым несовершенством (по термическому КПД) топочного процесса электростанций относительно двигателя внутреннего сгорания;

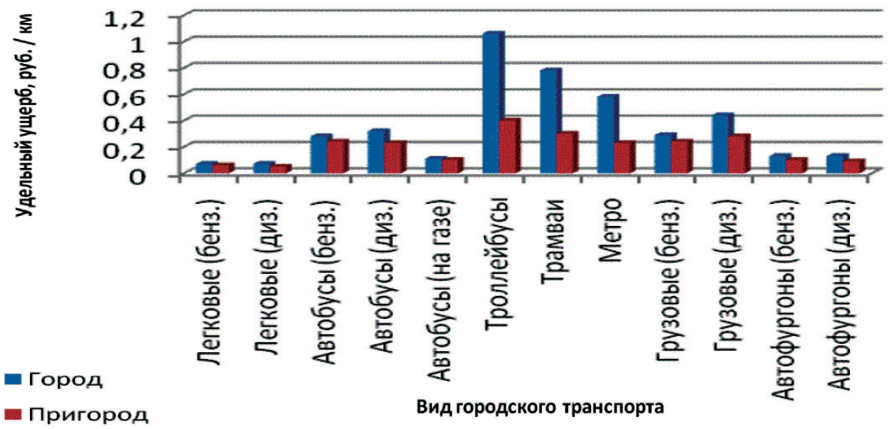


Рис. 4. Стоимостное выражение ущерба от загрязнения атмосферного воздуха, приходящегося на 1 км пробега транспорта

• значительным сопротивлением качению троллейбуса в сравнении с вагонами трамваев и поездов метрополитена;

• использованием силы тяжести поездов метрополитена при наборе скорости после остановки (разгон на спуске) и уменьшении скорости перед остановкой (торможение на подъеме).

В последнем алгоритмическом действии (*рис. 3*) осуществляется отслеживание негативных последствий загрязнения воздушной среды выбросами от ГТ (*рис. 1*). По каждому фактору и процессу его негативного воздействия (*рис. 2*) в целях уточнения степени неопределенности получаемых результатов расчетные оценки выполнялись для максимального, минимального и среднего уровней значимости исследованных факторов. С деталями методики можно познакомиться по доступным авторским источникам **[10, 11]**.

Результаты

Оценка экологических ущербов осуществлялась путем последовательной организации расчетов:

• годового выброса по методике Copert methodology для прогнозируемых гипотетических условий (сценариев) перспективного планирования и реформирования системы транспортных процессов **[5, 7, 8]**;

• ожидаемых «некомпенсируемых издержек» от поллютантов при работе основных видов транспорта, порчи (покры-

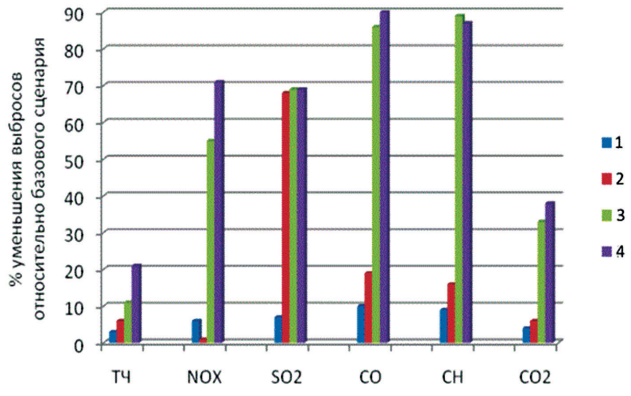


Рис. 5. Уменьшение выбросов загрязняющих веществ к 2030 г. легковыми автомобилями, автофургонами, автобусами, грузовыми автомобилями, трамваями, троллейбусами и поездами метрополитена при реализации четырех сценариев развития транспортной ситуации в Санкт-Петербурге

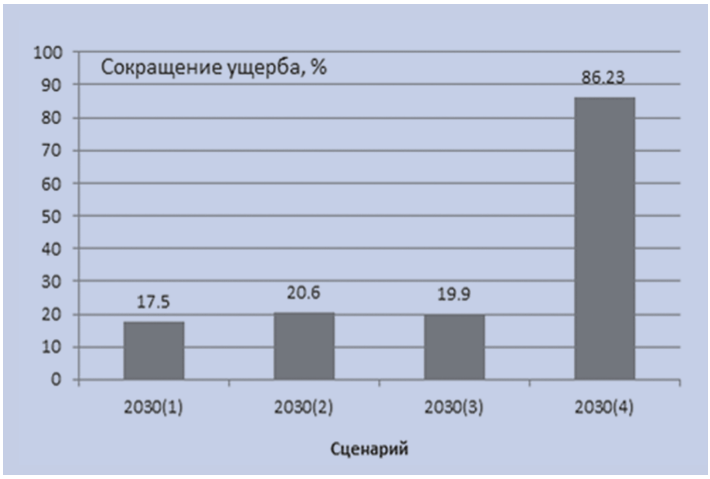


Рис. 6. Сокращение ущерба для четырех сценариев улучшения транспортной ситуации в Санкт-Петербурге на 2030 г.

тия сажей и коррозии элементов инфраструктуры), потери урожайности/продуктивности в сельском и лесном хозяйствах и изменения (потепления) климата как последствия «парникового эффекта».

Исследование выполнялось путем сравнения ситуации, которой характеризовалось состояние транспорта в Санкт-Петербурге на 2010 г. (к этому году достигнуты показатели по эксплуатируемому автотранспорту, близкие ко второму экологическому классу), с ожидаемыми результатами на 2030 г. в предположении, что в этой перспективе в городе сможет реализоваться в соответствии с широко апробированной в отдельных странах Евросоюза [2, 4, 6] природоохранной стратегией одно из четырех гипотетических сценарных условий:

Работа городского транспорта по заложенным администрацией Санкт-Петербурга на 2012 г. принципам его экологической гармонизации (оптимизация численности парка, времени его эксплуатации, видовой структуры с непрерывно возрастающей долей автотранспорта, работающего на природном газе, в пределах 1,5–3 %).

При сохранении отмеченных в п. 1 тенденций, наметившихся уже в 2012 г., увеличение доли автотранспорта на газовом горючем до 30 % с одновременным доведением доли автотранспорта с экологически чистыми двигателями (4–6-го экологических классов) до 54–56 %.

Вместе с сохранением базовых тенденций 2012 г. (п. 1) увеличение доли автотранспорта на газовом горючем до 11 % с одновременным ростом осуществления перевозочного процесса за счет муниципального (общественного) транспорта в пределах 12 % с соответствующим уменьшением перевозок индивидуальным транспортом.

Уменьшение выбросов городским транспортом вредных веществ в атмосферу Санкт-Петербурга в сумме к 2030 г. при четырех сценариях в сравнении с базовым сценарием, тыс. т

Вещество	Сценарий			
	1	2	3	4
ТЧ	34	74	120	237
NO_x	1146	115	9925	12808
CO	318	2770	2800	2805
CH	14176	27087	125730	131607
CO_2	1908	3610	20569	20959
SO_2	123531	194618	1141988	1309469

Перевод всего парка эксплуатируемых транспортных средств на автотранспорт с двигателями 6-го экологического класса при обеспечении его топливом соответствующего качества.

Разработанный информационный процесс мониторинга воздействия ГТ на воздушную среду позволил оценивать эффективность стратегических природоохранных мероприятий на выбросы вредных веществ в атмосферный воздух ГТ Санкт-Петербурга до 2030 г.

В *таблице* и на *рис. 5* показан расчетный прогноз уменьшения к 2030 г. выбросов городским транспортом, издержек от изменения климата[1], вредных (загрязняющих) веществ для четырех рассматриваемых сценариев (по массе и в процентах по отношению к базовому сценарию — 2012 г.).

Анализ данных прогноза позволяет сделать следующие выводы:

• Внедрение автобусов, использующих газ в качестве моторного топлива (сценарий 1), с доведением их доли до 50 % от общего числа способно привести к уменьшению выбросов всех рассматриваемых в настоящей работе загрязняющих веществ на 3–10 %.

• Анализ «чувствительности», выполненный в отношении сценария 1, показывает, что постепенное доведение доли работающих на газе автобусов до 100 % приведет к уменьшению массы выбросов загрязняющих веществ на 6–20 %.

• Внедрение экологически чистых топлив (сценарий 2) может обеспечить двукратное по сравнению со сценарием 1 сокращение массы выбросов ТЧ, CO и CH, что соответствует уменьшению массы выбросов примерно на 20 %.

• Значения массы выбросов NOx для базового сценария и сценария 2 практически одинаковы. Указанный результат обусловлен предположением об увеличении выбросов от автотранспорта, работающего на бензине, при одновременном уменьшении выбросов от дизельных автомобилей.

• Внедрение топлив 4–5-го экологических классов (сценарий 2) позволяет сократить выбросы SO_2 примерно на две трети. Однако следует иметь в виду, что выбросы SO_2 от транспортных средств составляют малую часть от общей массы выбросов этого вещества.

• Внедрение требований 4–6-го экологических классов (сценарии 3 и 4) не отра-

[1] Федеральный закон от 2 июля 2021 г. N 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

зится существенно на сокращении выбросов SO_2 в сравнении со сценарием 2.

• Реализация сценария 3 может привести к значительному сокращению выбросов NO_x, CO и CH. Это произойдет главным образом вследствие введения требований 4–5-го экологических классов, устанавливающих строгие ограничения относительно выбросов указанных веществ. Расчеты показывают, что сокращение выбросов NO_x может составить порядка 60 %, CO и CH — 90–95 %.

• Уменьшение выбросов ТЧ в результате реализации сценария 3 может достигнуть около 10 %. Однако следует обратить внимание на то, что основной причиной этого служит большая масса выбросов, отнесенная в модели на долю транспортных средств, работающих на электроэнергии. Тем не менее для Санкт-Петербурга такое сокращение выбросов ТЧ от автомобилей станет вполне ощутимым, поскольку электростанции, на долю которых приходится значительная часть выбросов, расположены далеко за пределами густонаселенной части города.

• Наибольшая разница между сценариями 3 и 4 заключается в выбросах ТЧ (на 20 %) и NO_x (на 80 %). Такое положение обусловлено влиянием внедрения норм требований 4–5-го экологических классов (регенерируемые фильтры и селективный катализ **[2, 4, 9]**).

• С реализацией сценариев 1 и 2 может быть связано лишь незначительное уменьшение выбросов CO_2, тогда как сценарии 3 и 4 позволяют достичь 40 % сокращения этого парникового вещества. В целом автомобили, технические характеристики которых соответствуют требованиям 4–6 экологических классов, имеют более низкие удельные показатели выбросов CO_2, чем автомобили 1-го экологического класса, которые пока присутствуют в парке эксплуатируемого транспорта Санкт-Петербурга. Снижение выбросов CO_2 может также происходить с учетом тенденции постепенного замещения транспортных средств на гибридный транспорт.

• Сокращение ущерба по четырем гипотетическим сценариям, как вероятные результаты перспективного экологического реформирования транспортных процессов в Санкт-Петербурге на 2030 г., показано на *рис. 6*.

Разработанный и апробированный на модели Санкт-Петербурга новый информационный процесс мониторинга эколого-энергетической безопасности ГТ построен на научно обоснованных связях технических параметров и нормативов экологической безопасности транспорта с предельно допустимой концентрацией вредных веществ в приоритетности соблюдения последних путем управления через экономические рычаги, например, налоговую дифференциацию.

Заключение

Разработанный информационно-технологический процесс на единой методологической, информационно-аналитической и инструментально-технической базе позволяет **[1, 6, 8–11]**:

• проводить санитарно-гигиенический анализ относительного индивидуального риска одновременного воздействия ОГ автомобильного транспорта на население в быстропротекающих экстремальных транспортно-гидрометеорологических условиях (чрезвычайных ситуациях) с последующим зонированием городских территорий по техногенному риску с учетом их функционального назначения (технофильности): селитебная, рекреационная, промышленная;

• долгосрочно, в пределах целого поколения, осуществлять мониторинг химического воздействия на население и объекты городской инфраструктуры одновременно всеми основными видами ГТ в оценках как по натуральным показателям валового загрязнения воздушной среды вредными химическими веществами (ТЧ, NO_X, SO_2, CO, HC, CO_2, CH_4), так и в стоимостном рыночном выражении (в форме «внешних издержек») по показателям наносимого ущерба по нескольким факторам социального, технического и глобального характера: смертность и заболеваемость населения, потери аграрного и лесного хозяйства, коррозия и «почернение» объектов городской инфраструктуры, изменения климата. Т

Литература

1. Ложкин В. Н., Сацук И. В. Научное обоснование методов снижения углеродного следа и достижения климатической нейтральности парка пожарных автомобилей как источника экологической нагрузки // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 4 (76). С. 227–238. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-227-238.
2. Hellweg S., Benetto E., Huijbregts M. A. J. et al. Life-cycle assessment to guide solutions for the triple planetary crisis // Nature reviews earth: & environment: springernature. 2023. Vol. 4. Iss. 7. P. 471–486. DOI: 10.1038/s43017-023-00449-2.
3. Abatzoglou J. T.,Williams A. P.,Barbero R. Global emergence of anthropogenic climate change in fire weather indices // Geophysical Research Letters. 2019. Vol. 46. P. 326–336. DOI: 10.1029/2018GL080959.
4. Ложкина О. В., Мальчиков К. Б. Сравнительный анализ пробеговых выбросов автомобилей на различных видах топлива при дорожных заторах // Вестник гражданских инженеров. 2024. № 2 (103). С. 133–143. DOI: 10.23968/1999-5571-2024-21-2-133-143.
5. Kaushik N., Das R. M. Investigation of NOx and related secondary pollutants at Anand Vihar, one of the most polluted area of Delhi // Urban climate. 2023. Vol. 52. DOI: 10.1016/j.uclim.2023.1017476.
6. Ложкин В. Н. О влиянии физического состояния атмосферы на опасное загрязнение воздуха поллютантами транспорта и промышленности в Санкт-Петербурге // Транспорт РФ. 2025. № 5 (120). С. 68–72.
7. Дунин А. Ю., Шатров М. Г., Голубков Л. Н., Трофименко Ю. В. Применение интегрированного расчетно-экспериментального комплекса для разработки и доводки рабочих процессов дизеля с аккумуляторной топливной системой // Двигателестроение. 2022. № 1 (287). С. 32–44.
8. Ложкина О. В., Мальчиков К. Б. Мониторинг и прогнозирование опасного загрязнения воздуха маломерными судами и автотранспортом // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета. 2025. № 1 (80). С. 55–62.
9. Lozhkin V. N., Lozhkina O. V. Catalytic converter with storage device of exhaust gas heat for city bus // Transportation Research Procedia. 2017. Vol. 20. P. 412–417. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.067.1.
10. Ложкин В. Н., Ложкина О. В. Информационные процессы в управлении комплексной безопасностью транспорта: стратегическое планирование и моделирование: монография / под общ. ред. Б. В. Гавкалюка. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2022. 164 с.
11. Зворыкина Ю. В., Гавкалюк Б. В., Ложкин В. Н. и др. Природные ресурсы в новой экономической модели: коллективная монография / под ред. Ю. В. Зворыкиной. М.: МГРИ; ООО Издательский дом «Наука», 2024. 268 с. DOI: 10.18184/978-5-6050437-7-5.2024.268.

УДК 331.108.26

Формирование индивидуальных компетентностно-ориентированных траекторий развития сотрудников ОАО «РЖД» с использованием интеллектуальных агентов



М. А. Анисимов,
студент СанктПетербургского государственного экономического университета (СПбГЭУ),



Д. Ф. Дмитриева,
студент СПбГЭУ,



В. Д. Крутов,
студент СПбГЭУ,



П. М. Фокеева,
студент СПбГЭУ

Ключевую роль в структуре ресурсного обеспечения деятельности транспортно-логистической компании играет ее кадровый потенциал, создание условий для реализации которого должно основываться на применении современных подходов и технологий работы с персоналом, интеллектуализации управления, совершенствовании процессов и инструментов развития сотрудников.

Человеческий капитал — это ценный ресурс любого предприятия, в связи с чем его развитие является важнейшей задачей при формировании конкурентных преимуществ крупных транспортно-логистических компаний (КТЛК). Объективная оценка компетенций и целенаправленное «взращивание» квалифицированных специалистов становятся ключевыми направлениями для развития кадрового потенциала КТЛК в условиях наблюдаемых дисбалансов на рынке труда, усложнения требований к компетенциям сотрудников под влиянием нарастающего проникновения цифровых технологий и высокой динамики факторов внешней среды, изменения внутренней мотивации сотрудников к профессиональному и личностному росту.

Эффективное построение механизмов управления развитием кадрового потенциала компании в современных условиях должно основываться на следующих принципах: индивидуализация, сопровождение развития каждого сотрудника в течение всей индивидуальной карьеры, развитие корпоративных систем профессионального образования, реализация которых позволит трансформировать представление о персонале как «ценном ресурсе» в фактический актив предприятия, гарантирующий надежность и эффективность выполнения процессов КТЛК.

В качестве методической основы для достижения указанной цели рассматривается концепция жизненного цикла сотрудника, сформированная в результате анализа научно-прикладных положений ряда школ менеджмента, в частности классической традиционной школы, школы человеческих отношений, эмпирической школы, школы социальных систем, новой школы науки управления, а также обобщения практического опыта ведущих компаний. Систематизация выполненных разработок позволяет выделить ключевые этапы универсального жизненного цикла сотрудника (HR-цикла), последовательность которых представлена на *рис. 1*.

Специфические характеристики представленных этапов жизненного цикла сотрудника обусловливают применение различных инструментов управления развитием человеческих (трудовых) ресурсов компании. Опыт работы крупных транспортно-логистических компаний показывает, что существующий методический инструментарий,



Рис. 1. Последовательность основных этапов в рамках универсального HR-цикла

Работа является победителем XIV конкурса Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» научных работ среди студентов и аспирантов по транспортной проблематике «Технология искусственного интеллекта: новые возможности для железнодорожного транспорта». Научный руководитель: д-р экон. наук, профессор кафедры логистики и управления цепями поставок СПбГЭУ Т. Г. Шульженко.

Таблица 1. Обновленная модель корпоративных компетенций [1]

Компетенции	Уровень управления			
	Исполнительский	Операционный	Тактический	Стратегический
Инновационность	Личная инновативность	Управление изменениями		
Клиентоориентированность	Личная клиентоориентированность	Управление клиентоориентированностью		
Ответственность за результат	Ответственность за результат			
Организация рабочего процесса	Самоорганизация	Управление исполнением		Управление эффективностью
Командная работа и взаимовыручка	Командность	Обеспечение командной работы		
Развитие и забота о сотрудниках	Раскрытие собственного потенциала	Развитие потенциала сотрудника		
Комплексное мышление	Аналитическое мышление	Системное мышление		Стратегическое мышление
Эффективная коммуникация	Эффективная коммуникация			

кадровая оснащенность подразделений работы с персоналом, зрелость информационной поддержки процессов управления кадровыми ресурсами не позволяют на регулярной основе детально отслеживать уровень компетенций сотрудников, что актуализирует вопрос о применении технологий искусственного интеллекта в задачах развития кадрового потенциала КТЛК.

Эволюционно разделение на компетенции перешло в понятие компетентностного профиля — структурированного набора компетенций, необходимых для успешного выполнения работы, роли и успешного достижения целей профессии. Подобный интегрированный подход к оценке компетенций закрепился в практике работы кадровых служб ведущих транспортно-логистических компаний. Рассмотрим понятие компетентностного профиля сотрудника на примере ОАО «РЖД».

Модель корпоративных компетенций

В ходе изучения опыта компании выявлены крупные трансформации подходов к компетенциям работников. Последней из реализованных стала разработанная в 2019 г. модель Единых корпоративных требований. В ее состав входит четыре блока: корпоративные компетенции — требования к деловым и управленческим качествам работника; профессиональные компетенции — связаны со знаниями и навыками, необходимыми для выполнения функциональных обязанностей; потенциал и мобильность — потенциальная эффективность профессионального и карьерного роста, готовность к переезду; результативность и опыт — компетенции, связанные с выполнением ключевых показателей эффективности. Распределение компетенций из блоков и их привязка к уровню управления представлены в *табл. 1*.

Обобщение модели дает основания для формирования целевых параметров развития сотрудников в рамках их индивидуальных траекторий для достижения целей компании при наиболее полном использовании кадрового потенциала. Однако на данный момент кадровые службы ТЛК не обладают ресурсами для осуществления комплекса мероприятий по управлению развитием человеческого капитала в режиме непрерывной актуализации.

HR-цикл с использованием искусственного интеллекта

В рамках исследования основным инструментом выступили технологии искусственного интеллекта (ИИ), которые являются важной составляющей цифровизации всех отраслей экономики и открывают новые возможности для оптимизации и повышения результативности трудовой деятельности. В постановке задач исследования ИИ-агенты в общем виде представляют собой инструментарий оптимизации работы HR-отдела. Их преимущество заключается в способности анализировать значительные массивы данных, в том числе и для проектирования индивидуальных траекторий профессионального развития.

Обобщенно выделяется семь классов ИИ-агентов **[2–6]**, эволюция которых теоретически характеризуется переходом от детерминизма к адаптивности, затем к контекстному анализу, эмпатии и автономному самосовершенствованию. Таким образом, эволюция классов отражает последовательное наращивание автономности, обучаемости и универсальности агента.

На основании классификации типов ИИ-агентов представляется целесообразным использование агентов второго (способного обучаться на данных и помогать решать задачи экспертам) и четвертого уровней (способного к восприятию человеческих эмоций и эмпатии) при решении задач управления кадровым потенциалом КТЛК.

Принимая во внимание, что HR-цикл демонстрирует переход от линейной последовательности разрозненных процессов к единой сквозной системе работы с людьми и данными, на каждом его этапе может быть предусмотрено использование инструментов, с результатами работы которых будет взаимодействовать ИИ-агент (*табл. 2*). Начальные стадии внедрения ИИ-агентов связаны со следующими этапами HR-цикла: отбор, адаптация, оценка сотрудника, его перемещение в рамках компании.

На основании изученных уровней ИИ-агентов и выбранных инструментов сформировано ядро взаимодействия агента с входным потоком данных, а также выходной поток данных, созданный агентом (*рис. 2*).

Данное ядро является верхнеуровневым представлением системы. На уровне ниже отражено взаимодействие с внешней средой (*рис. 3*).

Образовательная среда ОАО «РЖД» представляет собой устоявшуюся структуру, содержащую элементы различной

Таблица 2. Инструменты, используемые на исследуемых этапах HR-цикла

Этап цикла	Инструменты	Пояснение
Отбор	Тестовые задания при отклике на вакансию; интервью	Подобное деление поможет глубже изучить «твердые» навыки соискателя, а также уделить больше внимания «мягким» при личном общении
Адаптация	Вводные курсы и тестирование по результатам; моделирование личной образовательной траектории	Данные инструменты оценят понимание внутренних процессов компании, а также сформируют комфортную среду для индивидуального развития
Оценка	Тестирование по результатам текущих курсов; оценка удовлетворенности наставника результатами работника; изучение цифрового следа	Инструменты интегрально оценивают навыки сотрудника в динамике
Повышение квалификации	Предоставление возможности выбора дальнейшего развития в компании; карта компетенций; оценка удовлетворенности наставника результатами работника; изучение цифрового следа	Инструменты помогают выявить возможности для повышения должности или горизонтального перемещения внутри компании

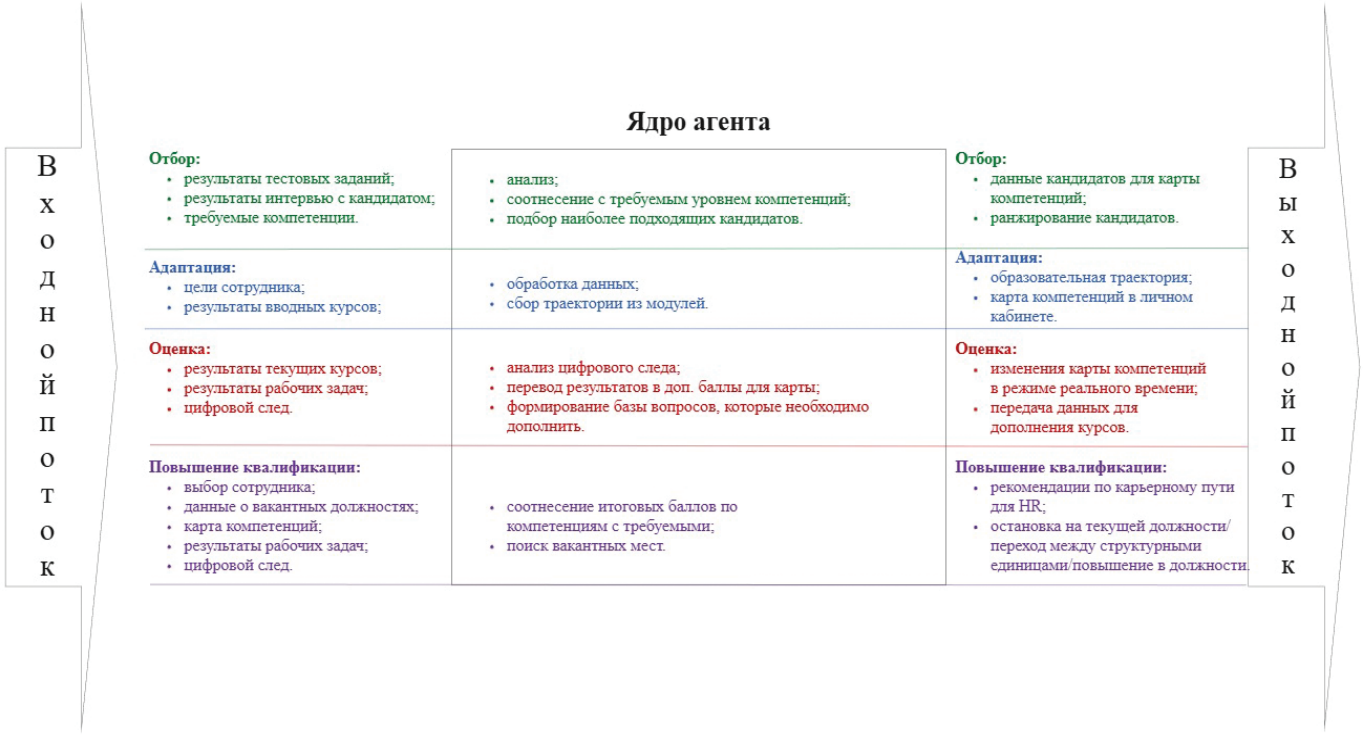


Рис. 2. Ядро ИИ-агента в задачах управления жизненным циклом сотрудника

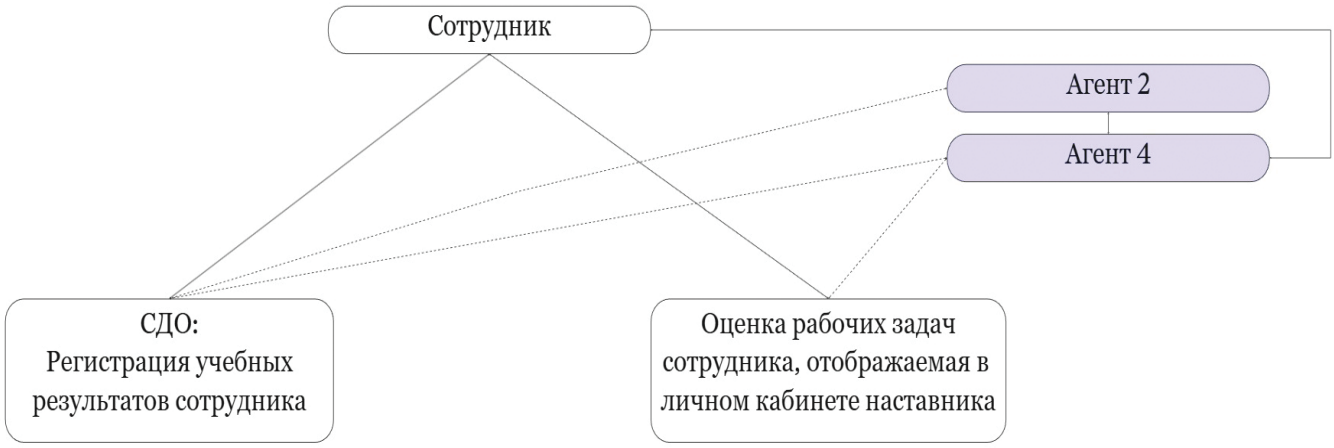


Рис. 3. Схема взаимодействия агентов с системами и сотрудником

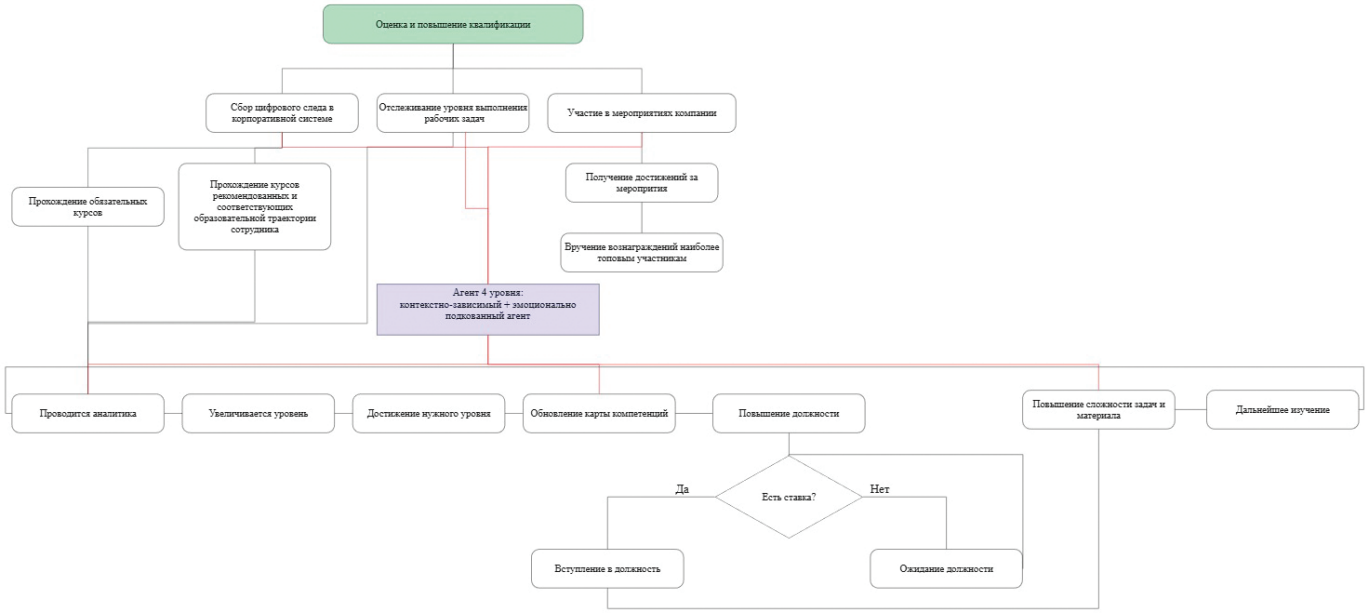


Рис. 4. Схема взаимодействия ИИ-агента и сотрудника на этапах оценки и повышения квалификации

направленности, позволяющие комплексно развивать кадровый потенциал компании: корпоративный университет РЖД[1,2]; система дистанционного обучения (СДО) **[7]**; высших учебных заведений РЖД; техникумов и колледжей; учебных центров профессиональной квалификации.

В рамках прохождения сотрудником этапов универсального HR-цикла компании ОАО «РЖД» предусмотрено взаимодействие агента с системой дистанционного образования, а также личным кабинетом наставника. В рамках взаимодействия агента с СДО будут контролироваться и оцениваться учебные результаты сотрудника. В личном кабинете наставника агент сможет отслеживать результаты выполнения рабочих задач.

Каждый этап траектории развития обеспечивается образовательными материалами и организацией мероприятий, в которых сотрудник может принять участие. Схематическое представление взаимодействия ИИ-агента и сотрудника представлено на *рис. 4*. Проходя комплекс курсов и мероприятий, сотрудник достигает целей, поставленных в траектории.

В рамках этапов оценки и повышения квалификации развитие сотрудника будет происходить по трем направлениям: отслеживание уровня выполнения рабочих задач; сбор цифрового следа в корпоративной системе; участие в мероприятиях компании как один из вариантов демонстрации и применения накопленных навыков, а также командообразования.

Функционал ИИ-агентов предполагает составление подборки мероприятий, в которых сотрудник сможет на практике опробовать совершенствуемые компетенции. Методами мотивации для сотрудника являются формальные достижения, а также денежное вознаграждение.

Процесс отслеживания результата выглядит следующим образом. Система ИИ-агентов проводит регулярную аналитику действий сотрудника в СДО, результатов участия в мероприятиях и выполняемых рабочих задач. Наибольшую долю при оценке занимает деятельность в СДО. Анализ данных действий предполагает проведение оценки с помощью сбора цифрового следа в рамках корпоративной системы.

При этом самой значительной составляющей в процессе оценивания сотрудника является уровень выполняемых им рабочих задач. Отслеживание данного направления позволит оценить профессиональные навыки специалиста, в то время как контроль осуществляется за счет сбора данных об оценке сотрудника со стороны руководителя.

Выполняя задания и соблюдая рекомендации, работник постепенно повышает свой уровень. Параллельно предполагается развитие карты компетенций. Достигая заложенного в образовательной траектории уровня, ИИ-агенты полностью обновляют карту компетенций сотрудника, а также открывают доступ к новым курсам и событиям. Таким образом сотрудник проходит траекторию до достижения поставленных в ней целей.

Внедрение технологии интеллектуальных агентов на предприятии

Пилотную разработку и внедрение технологии ИИ-агентов предлагается рассмотреть на примере Дирекции материального снабжения Октябрьской железной дороги. Центральная дирекция закупок и снабжения (ЦДЗС) является головным подразделением в структуре предприятий, обеспечивающих деятельность ОАО «РЖД». Задачи и функционал ЦДЗС распространяются на предприятия, находящиеся в ее подчинении. Октябрьская дирекция снабжения является примером предприятия подчинения.

Ключевым видом его деятельности является обеспечение работы Октябрьской дороги. Обеспечение проводится за счет: консолидации заявок от структурных подразделений дороги, в которых содержится информация о необходимых товарно-материальных ресурсах; проведения конкурсных процедур, по результатам которых определяется победивший поставщик; проверки победителя и заключения с ним договоров на поставку.

Наибольшей группой сотрудников в рассматриваемой дирекции являются работники товарных отделов. Компетенции, необходимые сотруднику, можно

[1] Организационное положение АНО ДПО «Корпоративный университет РЖД» «ОП_19 Порядок организации и осуществления образовательной деятельности в Корпоративном университете РЖД». URL: https://universitetrzd.ru/upload/iblock/5f1/bw8yl34r9z7yv1326y7ds5xyfygajnz0.pdf (дата обращения: 05.06.2026).

[2] Устав Автономной некоммерческой организации дополнительного профессионального образования «Корпоративный университет РЖД». URL: https://universitetrzd.ru/upload/iblock/6c4/t3sdxns8nhc6g8h4uwtviy1up3otctv0.pdf (дата обращения: 05.06.2026).

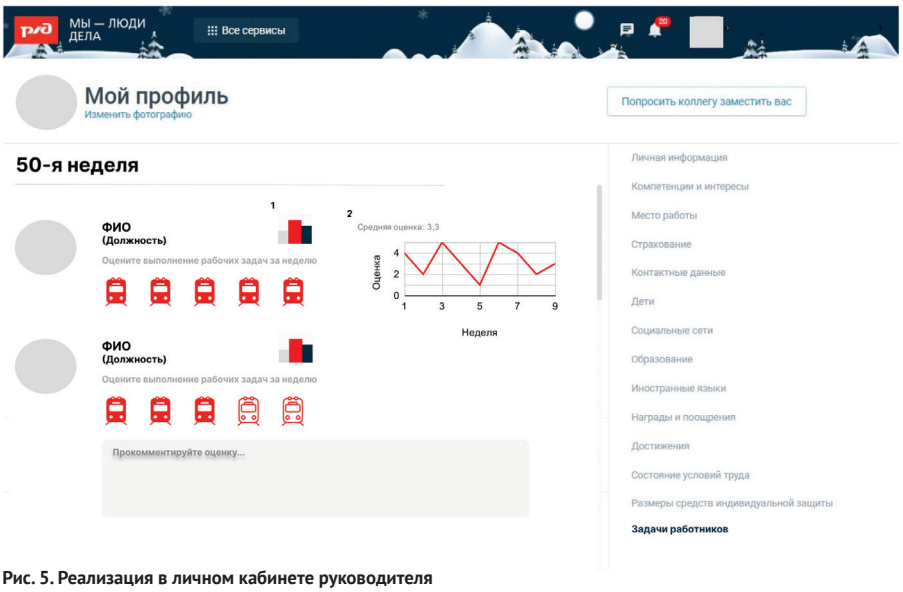


Рис. 5. Реализация в личном кабинете руководителя

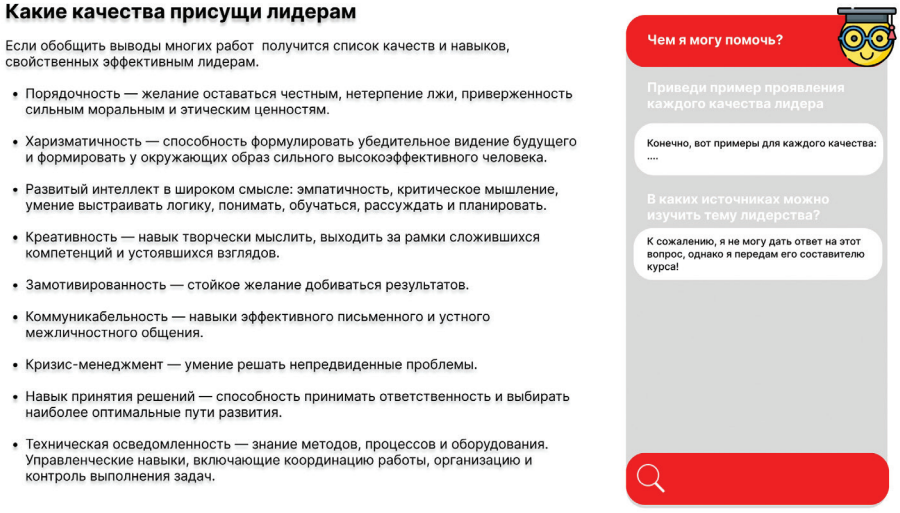


Рис. 6. Чат-бот, отвечающий на вопросы по содержанию курса

разделить на две группы: профессиональные и личностные.

К группе профессиональных компетенций, требуемых работникам товарных отделов, можно отнести: знание законов, регламентирующих закупочную деятельность; умение работать в программных средствах SUP и 1С; умение заключать договоры с отобранными поставщиками. К группе личностных компетенций следует отнести многозадачность, внимательность, точность, критическое мышление, коммуникабельность, быстрое реагирование.

В ходе выполнения профессиональных задач необходимым условием эффективной работы сотрудника и его вклада в работу компании является соответствие компетентностного профиля, включающего профессиональные и личностные компетенции, должностным требованиям, предъявляемым компанией. Достижение указанного условия обеспечивается регулярной оценкой компетенций сотрудника и разработкой индивидуальной программы их повышения, что обеспечивается применением интеллектуальных агентов, обладающих различным функционалом в зависимости от принадлежности этапу жизненного цикла сотрудника.

Помимо внутреннего представления ядра и алгоритмов, по которым будут работать ИИ-агенты, необходимо представить внешнюю визуальную сторону реализации решения. Предполагается рассмотрение данной системы с трех сторон: со стороны наставника (руководителя), сотрудника и HR-специалиста.

Со стороны руководителя. На *рис. 5* представлен личный кабинет работника, дополненный разделом оценки подчиненных. Дашборды обновляются еженедельно, что позволяет руководителю сформировать оценку выполнения задач сотрудником, т. е. его профессиональных навыков. В случае, если оценка не будет максимальной, система запросит обязательный комментарий для дальнейшего анализа слабых сторон сотрудника, что повлияет на его профиль «твердых» навыков.

Также руководителю представится возможность проследить оценку выполнения задач сотрудником в динамике (на *рис. 5* обозначено цифрами 1 и 2). При нажатии на иконку «график» появится диаграмма с оценками сотрудника, в том числе средняя оценка за месяц. Данные об оценках отправятся в базу агента для дальнейшей обработки в еженедельном режиме.

Со стороны сотрудника. В данном случае ИИ-агент будет взаимодействовать с СДО. При изучении курсов у сотрудника могут возникнуть вопросы, при этом он может обратиться к встроенному чат-боту (агент второго уровня). При возникновении вопроса, на который у бота нет ответа, он будет передан в базу обращений для дальнейшей обработки агентом четвертого уровня и специалистом по курсам (HR). В дальнейшем сотрудник получит ответ от специалиста на свой вопрос на почту, а база данных бота будет расширена (пример на *рис. 6*). Также на базе СДО будет реализован компетентностный профиль на личной странице работника.

После формирования траектории работнику будет доступна дополнительная карта компетенций, отражающая показатели требуемого уровня. Также будет показана траектория, содержащая расчетное время достижимого результата на основании скорости продвижения работника, его оценок в рамках мероприятий и рабочих задач. Функционал включает в себя возможность ручной смены траектории. В дополнение сотруднику будут предложены рекомендуемые курсы на основании анализа слабых мест и задач по повышению определенной компетенции. Результат представлен на *рис. 7*.

Со стороны HR-специалиста. В личном кабинете будет доступен функционал аналитики обращений по содержанию курсов, а также визуальная аналитика сотрудника с мероприятий, собеседований. Данный функционал ускорит обработку данных и минимизирует человеческих фактор. Пример реализации функционала изображен на *рис. 8*. В дальнейшем будет представлен эффект от внедрения решения, а также возможность его масштабирования.

Ожидаемые эффекты от внедрения ИИ-агентов на этапах HR-цикла

Внедрение технологических инноваций требует детального обоснования их

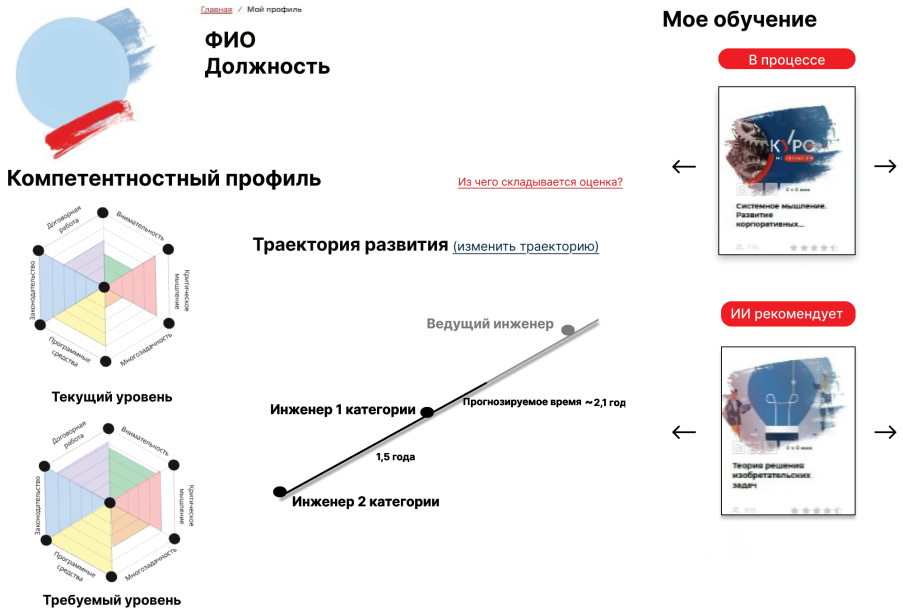


Рис. 7. Компетентностный профиль сотрудника на базе СДО

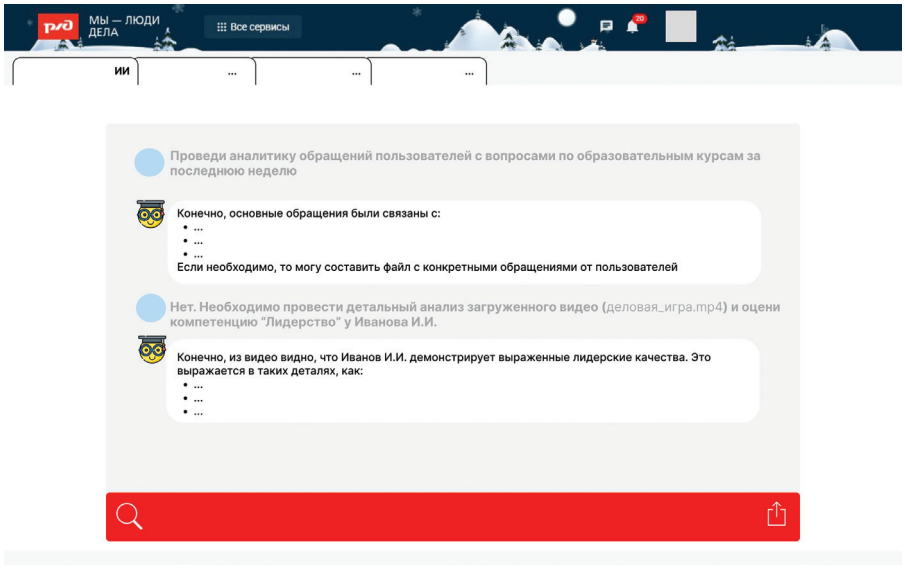


Рис. 8. Взаимодействие с ИИ в личном кабинете HR-специалиста

практической значимости и потенциального экономического эффекта. В рамках исследования проведен двухуровневый анализ ожидаемых эффектов от внедрения ИИ-агентов на ключевых этапах HR-цикла: рассмотрение общих принципов и преимуществ внедрения подобных систем, а также оценка специфических результатов их применения в контексте деятельности Октябрьской дирекции снабжения.

Этап адаптации. В текущей практике адаптационный процесс строится преимущественно на участии наставника и HR-специалиста, которые предоставляют новому сотруднику пакет стандартных курсов без учета его индивидуальных знаний и навыков. Возникающие вопросы у сотрудника вынуждают его постоянно обращаться к этим же специалистам, создавая дополнительную нагрузку и замедляя процесс.

При этом объективно оценить, насколько успешно проходит интеграция, практически невозможно. Внедрение ИИ-агента в форме чат-бота позволит оптимизировать этот этап. Сотрудник получает мгновенный доступ к необходимой информации через бот, что снижает нагрузку на наставников. На основе данных входящей оценки ИИ формирует персональный набор курсов адаптации, а также отслеживает прогресс сотрудника и уровень его интеграции в рабочие процессы. Согласно данным компаний, применявших подобные решения, это позволило им сократить временные затраты на адаптацию на 20–40 %.

Этап оценки. Анализ результатов тестирования осуществляется сотрудниками HR-отдела вручную, что сопряжено со значительными временными затратами. Кроме того, оценка текущих компетенций зачастую подвержена влиянию субъективного фактора. Внедрение ИИ-агента меняет данную процедуру. За счет вычислительных мощностей система не только осуществляет проверку и анализ результатов существенно быстрее, но и обеспечивает полностью объективную оценку на основе заданных критериев.

На основании полученных данных ИИ-агент автоматически формирует индивидуальную траекторию развития, подбирая курсы для восполнения выявленных дефицитов знания и навыков. В таком случае роль HR-специалиста сводится к курированию этого процесса. Важным преимуществом является возможность непрерывной оценки в фоновом режиме по ходу выполнения сотрудников рабочих задач. Согласно опыту внедрения в различных компаниях, результатом становится не только более глубокий и качественный анализ компетенций, но и сокращение временных издержек на процедуры оценки 40–50 %.

Этап повышения квалификации. Подход к развитию персонала характеризуется периодичностью, например, ежегодной или полугодовой аттестацией, направленной на проверку соответствия компетенций сотрудника его должности. По ее итогам, как правило, предлагается стандартный набор курсов для повышения квалификации, зачастую без учета индивидуальных карьерных устремлений сотрудника. Существенным недостатком такой модели является также сложность последующей оценки эффективности пройденного обучения и его реального влияния на уровень профессиональных компетенций.

Внедрение ИИ-агента трансформирует этот процесс в систему непрерывного развития. HR-специалист, используя ИИ в качестве аналитического инструмента, получает возможность на основе постоянного мониторинга рабочих показателей выявлять конкретные дефициты знаний и навыков у каждого сотрудника. ИИ-агент автоматически формирует персонализированный образовательный трек, устраняющий выявленные пробелы. При этом система может предлагать дополнительные модули обучения, ориентированные на амбициозные карьерные цели сотрудни-

	1 месяц	2 месяц	3 месяц	4 месяц	5 месяц	6 месяц	7 месяц	8 месяц	9 месяц	10 месяц	11 месяц	12 месяц
1 этап: Подготовка и формирование рабочей группы	250 000 руб											
2 этап: Изучение рынка		315 000 руб										
3 этап: Выбор подрядчика и согласование условий			380 000 руб									
4 этап: Внедрение ИИ-агента в различные HR-процессы					2 435 000 руб							
5 этап: Тестовый запуск									730 000 руб			
6 этап: Корректировка и полноценный запуск											400 000 руб	

Рис. 9. Дорожная карта по внедрению ИИ-агента

ка, тем самым поддерживая рост и мотивацию в компании.

Таким образом, реализация ИИ-решений на всех этапах HR-цикла формирует совокупный синергетический эффект, выражающийся, по данным практики внедрений, в сокращении общих временны́х издержек на 40–60 % в зависимости от степени внедрения ИИ-агента.

Прогнозируемые конкретные результаты

Переходя от общих закономерностей к конкретному применению, целесообразно рассмотреть потенциальные эффекты на примере Октябрьской дирекции снабжения, проявляющиеся в изменении ключевых кадровых процессов в дирекции «до» и «после» внедрения ИИ-агента.

Ситуация «до» внедрения. В текущей практике основу цифрового обучения составляет личный кабинет сотрудника СДО. Данная платформа позволяет проходить регламентированные курсы и отслеживать статистику по их завершению. Для решения оперативных вопросов используется чат-бот «Локбот», функционал которого ограничен ответами на общие, заранее заложенные запросы. Ключевым элементом оценки персонала является периодическое (раз в три года) тестирование на соответствие должности, по итогам которого сотруднику назначаются стандартные курсы повышения квалификации.

Основные недостатки этой модели заключаются в высокой доле ручного труда: HR-специалисты вручную проверяют и анализируют результаты тестирования, что напрямую влияет на временные затраты. Кроме того, система страдает от отсутствия объективной обратной связи — ни сотрудник, ни HR не могут получить точную оценку реального роста компетенций или выявить остаточные проблемы в знаниях из-за субъективности и ограниченности методов оценки.

Прогнозируемая ситуация «после». Интеграция ИИ-агента в кадровые процессы Октябрьской дирекции снабжения позволит достичь следующих эффектов:

- сотрудник попадает в систему компании и получает возможность самоидентификации для дальнейшего развития;
- сотрудник получает точно сформированный план после первого года в компании, что позволяет повысить точность и эффективность распределения персонала на предприятии;
- сотрудник видит результаты своей работы в компании в реальном времени, что повышает его заинтересованность в дальнейшем сотрудничестве;
- сотрудник видит оценку его компетенций в визуально понятном виде, что позволяет ему понимать, в какую сторону ему стоит развиваться для достижения своей карьерной цели;
- внедрение ИИ-агента позволяет сотруднику развиваться в удобных ему темпе и скорости;
- анализ сотрудников от ИИ-агента позволяет продвигать наиболее результативных;
- ИИ-агент будет составлять курсы на основании анализа сотрудников и того, какие им необходимы для повышения квалификации;
- сотрудник не будет ощущать себя «брошенным» в результате работы ИИ-агентов, вносящих рекомендации в развитие работника в рамках компании;
- составление курсов при помощи ИИ-агентов позволит учитывать карьерные цели сотрудников, что повысит эффективность их работы;
- ИИ-агент предлагает сотруднику HR-отдела автоматическую объективную сводку оценок тестирований и прохождения курсов с анализом ответов и результатов;
- ИИ-агент будет выступать в качестве куратора по курсам и отвечать на все вопросы, связанные с ними;
- обновленная база компетентностных профилей сотрудников компании позволит кадровым службам в перспективе формировать команды под решаемые проектные задачи;
- ИИ-агент оптимизирует рутинные задачи и процессы, предоставляя большой спектр функционала, сокращая временные издержки совокупно на 50–60 %, а также повышает эффективность работы сотрудников компании.

Оценка результативности внедрения ИИ-агентов в HR-цикл крупной транспортно-логистической компании выполнена на данных ОАО «РЖД». На *рис. 9* представлена дорожная карта, отражающая издержки на каждом этапе внедрения рассмотренной технологии.

В результате расчета капитальных затрат стоимость разработки и внедрения ИИ-агентов составляет 4 500 000 руб. (CAPEX). Операционные затраты при использовании данной технологии составляют 2 050 000 руб. (OPEX). Такой результат позволяет сделать вывод о возможности повышения эффективности работы и развития сотрудников в компании в 1,5 раза при вложении минимальных затрат.

Заключение

Приведенный анализ позволяет констатировать наличие значительного потенциала для получения экономической и операционной выгоды от внедрения ИИ-агентов. Однако стратегическое планирование подобных проектов должно учитывать не только текущие возможности технологии, но и перспективы ее развития, что требует адаптации стратегии к будущим обновлениям, изменениям инфраструктуры и масштабированию системы **[8, 9]**.

Ожидаемое технологическое развитие и расширение функционала ИИ-агентов будет способствовать дальнейшей оптимизации HR-задач, что говорит о необходимости развития цифровой квалификации среди сотрудников HR-отделов. Их способность к взаимодействию с системой станет ключевым фактором успеха для реализации ее потенциала и повышения эффективности процессов, включая образовательные траектории персонала.

Одной из наиболее значимых перспектив следует считать интеграцию с ИИ-агентом системы подготовки будущих кадров компании. Предпола-

гается, что студенты, обучающиеся по целевому соглашению с ОАО «РЖД» или в профильных учебных заведениях, начнут осваивать взаимодействие с системой еще в процессе обучения. Такая стратегия позволит минимизировать временны́е издержки на последующую адаптацию к корпоративным системам, даст возможность выстраивать индивидуальный образовательный трек, формируя компетенции для будущей целевой должности.

В итоге такой персонализированный подход будет способствовать усилению лояльности сотрудника с самых ранних этапов работы в компании и снижению текучести кадров, обеспечивая долгосрочные преимущества для компании. Т

Литература

1. Шендель Т. В., Шкляр О. А. Корпоративная модель компетенций предприятия железнодорожного транспорта // Лидерство и менеджмент. 2023. Т. 10. № 2. С. 451–470. DOI: 10.18334/lim.10.2.117462.
2. Китайский стартап Monica представляет AI-агента Manus для решения сложных задач. URL: https://habr.com/ru/companies/bothub/news/889426/?ysclid=mj61syrg6b869231566 (дата обращения: 05.06.2026).
3. Когнитивная система IBM Watson: принципы работы с естественным языком. URL: https://habr.com/ru/companies/ibm/articles/266015/?ysclid=mj61nd1vli434548707 (дата обращения: 05.06.2026).
4. Пониманиеи подготовкак работес 7уровнями ИИ-агентов. URL: https://www.forbes.com/sites/douglaslaney/2025/01/03/understanding-and-preparing-for-the-seven-levels-of-ai-agents/ (дата обращения: 05.06.2026).
5. Реактивные, активные и проактивные агенты повышают эффективность бизнеса. URL: https://companies.rbc.ru/news/PqxuTgp6Vw/reaktivnyie-aktivnyie-i-proaktivnyie-agentyi-povyishayut-effektivnost-biznesa/ (дата обращения: 05.06.2026).
6. Что такое AGI: общий искусственный интеллект уровня человека. URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/67ac8b169a794749fcde6bbc?from=copy#what (дата обращения: 05.06.2026).
7. Системные знания. СДО РЖД позволяет эффективно усваивать знания и формировать компетенции. URL: https://rzddigital.ru/projects/sistemnye-znaniya/ (дата обращения: 05.06.2026).
8. Шульженко Т. Г. Перспективы интеллектуализации управления логистическими процессами // Логистика и управление цепями поставок: сб. науч.трудов. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022. С. 185–191.
9. Шульженко Т. Г. Инновационный потенциал логистики. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021. 132 с.
10. Центральная дирекция закупок и снабжения — филиал ОАО «РЖД» (ЦДЗС). URL: https://company.rzd.ru/ru/9349/page/105554?id=2695#enttab-main (дата обращения: 05.06.2026).

Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Научно-технологическое сопровождение НП «Эффективная транспортная система»

Научно-технологическое сопровождение проектов в сфере транспорта — это комплекс мероприятий по исследованию, разработке, экспертизе и внедрению инновационных проектных и технологических решений, направленных на создание эффективной, безопасной и устойчивой транспортной системы Российской Федерации.

Национальный проект «Эффективная транспортная система»

Модернизация и оптимизация транспортных систем

Разработка и внедрение инновационных технологий

Повышение безопасности и надежности транспортной системы

Обучение и повышение квалификации кадров

www.rosacademtrans.ru info@rosacademtrans.ru

УДК 656.072

Обоснование показателей качества системы функционирования беспилотных автомобилей



В. В. Епифанов,
д-р техн. наук, профессор кафедры «Автомобили» Ульяновского государственного технического университета (УГТУ),



Е. Н. Никитина,
аспирант кафедры «Управление в технических системах» УГТУ

Важной проблемой является отсутствие системного подхода к созданию системы функционирования беспилотных автотранспортных средств. Между тем она должна состоять из подсистем управления, беспилотного автотранспортного средства, транспортноцифровой инфраструктуры и внешней среды.

Мировые тенденции развития транспорта во многом связаны с широким внедрением беспилотных (автономных) систем **[1]**. При этом перспективы более быстрого продвижения имеют беспилотные летательные аппараты, а также водный и рельсовый транспорт (трамвай, метро), двигающиеся по выделенным или свободным транспортным путям, трассам.

Согласно первому национальному стандарту в сфере автономных транспортных средств SAE J3016 «Системы автоматизированного управления движением АТС. Классификация, термины и определения», принятому в США, беспилотный автомобиль (БА) соответствует пятому уровню автоматизации автомобилей — водитель должен лишь запустить систему и точно обозначить пункт назначения.

Значительные успехи в исследованиях БА достигнуты в Китае, Японии, США и других странах. В Китае, например, считают, что к 2030 г. 15 % автомобилей будут полностью автономными **[2]**. В Российской Федерации разработки по БА ведут «Яндекс», «КамАЗ», НАМИ и другие автомобилестроительные компании. В Москве на форуме «Цифровые решения» заявлено, что поэтапное внедрение беспилотного такси (роботакси) «Яндекс» произойдет в 2026–2027 гг.

С 2023 г. успешно реализуется проект организации движения беспилотных автомобилей «КамАЗ» по логистическому коридору Санкт-Петербург — Москва на автомобильной магистрали М11 «Нева». Для работы в условиях города предложена новая беспилотная грузовая платформа Evocargo. Прошли испытания беспилотных самосвалов «БелАЗ», «КамАЗ» в условиях карьеров, шахт.

Основными преимуществами беспилотных автомобилей являются **[3]**: уменьшение затрат на перевозку пассажиров и грузов; снижение ДТП и числа пострадавших в них; перевозка грузов в опасных зонах и местах техногенных катастроф; экономия временных ресурсов; возможность использования автомобиля для людей с ограниченными возможностями.

Беспилотные автомобили непосредственно влияют на качество жизни на-



Беспилотное такси



Беспилотный тягач

Таблица 1. Требования транспортных услуг и показателей качества потребителей к СФБА

Наименование стандарта	Требования и показатели качества транспортных услуг
ГОСТ Р 51006–96. Услуги транспортные. Термины и определения	Безопасность услуг по перевозкам пассажиров, надежность транспортного обслуживания, своевременность перевозки пассажира, комфортность перевозки пассажиров, стоимость услуг, сохранность доставки грузов (багажа)
ГОСТ Р 51825–2001. Услуги пассажирского автомобильного транспорта. Общие требования	Безопасность, своевременность и скорость, комфортность, этика и эстетика, комплексность, информативность и достоверность, доступность, надежность, стоимость, сохранность багажа
ГОСТ Р 52298–2004. Услуги транспортно-экспедиторские. Общие требования	Комплексность, точность и своевременность исполнения, безопасность, надежность, сохранность груза, этичность обслуживающего персонала, информативность, стоимость
ГОСТ Р 51004–96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества	Экономические требования услуги, требования информационного обслуживания (относят частоту передачи информации), требования комфортности поездки, требования скорости, требования своевременности, требования сохранности багажа, требования безопасности, требования надежности функционирования транспортных средств, требования профессиональной пригодности исполнителей транспортных услуг, требования готовности транспортного средства и экипажа к выполнению перевозок
ГОСТ Р 51005–96. Услуги транспортные. Перевозки грузов. Номенклатура показателей качества	Показатели своевременности выполнения перевозки, показатели сохранности перевозимых грузов, комплексность, экономические показатели
Распоряжение Минтранса России от 31.01.2017 N НА-19-р (ред. от 10.03.2021) «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом»	Доступность, надежность, соблюдение расписания маршрутов регулярных перевозок, комфортность, своевременность, оснащенность транспортных средств средствами информирования пассажиров, оснащенность транспортных средств системой безналичной оплаты проезда
Распоряжение Минтранса России от 22.07.2021 N АК-150-р «Методика расчета показателя «Удовлетворенность качеством транспортного обслуживания пассажирским транспортом общего пользования в городских агломерациях»»	Внешний вид транспортного средства, внешний вид маршрутного персонала, комфорт салона транспортного средства, стоимость и форма оплаты проезда в транспортном средстве, безопасность проезда пассажира, качество управления транспортными средствами, удобство остановочных пунктов, информационное обеспечение работы транспортного средства, вежливость и компетентность маршрутного персонала, удобство маршрутной сети, надежность транспортного обслуживания
Постановление Правительства Российской Федерации от 08 декабря 2023 года № 2086 «Требования к региональному стандарту транспортного обслуживания населения»	Доступность, безопасность, комфортность, информационность, стоимость, своевременность, комплексность
European Committee for Standardization. EN 13816:2002. Transportation — Logistics and services — public passenger transport — Service quality definition, targeting and measurement	Наличие услуги, доступность, информация, время, обслуживание клиентов, комфорт, безопасность, воздействие на окружающую среду

селения и реализации национальных проектов Российской Федерации на 2025–2030 гг. «Эффективная транспортная система», «Инфраструктура для жизни», «Промышленное обеспечение транспортной мобильности», «Экологическое благополучие». В то же время существует ряд проблем, которые сдерживают внедрение беспилотных автомобилей. В частности, отсутствует комплексный подход к созданию и эксплуатации системы функционирования БА **[4]**.

Успешно развиваются технические и цифровые средства беспилотников, что позволяет их использовать в основном в демонстрационном режиме (по выделенным дорогам, в аэропортах, университетских кампусах, зоопарках и др). Значительно сложнее создать необходимую для эксплуатации БА систему функционирования, включая инфраструктуру. Особенно это касается городских агломераций, где сегодняшнее обустройство дорог, наличие большого количества традиционного транспорта и пешеходов, неустойчивая внешняя среда, отсутствие интеллектуальных систем управления не позволяют эксплуатировать беспилотные автомобили. Также не определено понятие «система функционирования беспилотного автомобиля» (СФБА).

Система функционирования беспилотного автомобиля — это совокупность интеллектуальной системы управления движением, автономной автомобильной системы, дорожно-транспортной и цифровой инфраструктуры, внешней среды, достаточной для бесперебойной работы БА **[5–7]**. Фактически СФБА соответствует традиционной системе «водитель — автомобиль — дорога — среда (ВАДС)» для условий БА **[8]**.

Другая проблема заключается в отсутствии законодательной базы для работы БА в современных условиях, что представляется непростой задачей, так как основной целью является обеспечение безаварийного движения в ходе взаимодействия традиционного и инновационного транспорта и готовности современного общества к внедрению такой инновации.

Значимой проблемой является то, что при проектировании, создании и эксплуатации СФБА не учитываются требования качества. Методология менеджмента качества включает три основных процесса: обеспечение качества; управление качеством; повышение качества. Эти процессы должны использоваться совместно и образовывать систему менеджмента



Беспилотный тягач

Таблица 2. Наиболее значимые требования к транспортным услугам в СФБА

Значимые показатели качества	Число в стандартах	%
Своевременность	8	15
Безопасность	7	13
Информационность	7	12
Комфортность	6	12
Комплексность	6	12
Экономичность (стоимость)	5	11
Итого	39	76

качества на основе стандартов ГОСТ Р ИСО 9001–2015. К сожалению, процессы качества при проектировании и создании СФБА не рассматриваются. Поэтому предлагается ввести в структуру СФБА подсистему обеспечения и управления качеством. Задачами подсистемы являются идентификация и документирование процессов СФБА, оценка удовлетворенности потребителей, аудит, выработка корректирующих и регулирующих мероприятий, применение инструментариев по постоянному улучшению качества процессов.

В настоящее время требования потребителей к СФБА вообще не проработаны. Поэтому в данных условиях в качестве требований потребителей предлагается принять требования к транспортным услугам и показателям качества, изложенным в существующих стандартах (*табл. 1*).

На данном этапе необходимо обосновать необходимый и достаточный набор показателей качества. Для этого вначале нужно объединить одинаковые требования и показатели качества из всех стандартов. Всего в девяти стандартах приведены 25 требований и показатели качества. Очевидно, что применять их все для оценки качества транспортных услуг в СФБА не целесообразно, так как многие из них указываются в стандартах редко.

Наиболее важные (значимые) показатели качества можно выделить по их распространенности в стандартах: экономичность присутствует в 3 стандартах; информационность — 6; комфортность — 6; скорость перемещения — 1; своевременность — 8; безопасность — 7; надежность — 6; профессиональная пригодность исполнителей транспортных услуг — 1; доступность — 3; наличие услуги — 2; воздействие на окружающую среду — 1; сохранность груза и багажа — 3; комплексность транспортных услуг — 2; соблюдение расписания регулярных перевозок — 1; обслуживание клиентов — 1; время, затрачиваемое пассажирами на передвижение, — 1; гибкость обслуживания — 1; требование скорости — 1; вежливость и компетентность маршрутного персонала — 1; точность и своевременность исполнения — 1; этичность обслуживающего персонала — 1; оснащенность транспортных средств средствами информирования пассажиров — 1; оснащенность транспортных средств системой безналичной оплаты проезда — 1; требования профессиональной пригодности исполнителей транспортных услуг — 1; требования готовности транспортного средства и экипажа к выполнению перевозок — 1.

Видно, что в существующих стандартах наиболее часто указываются такие требования, как своевременность, комфортность, безопасность, надежность транспортных услуг, информационное обслуживание. На основе анализа Парето получим, что шесть показателей качества по количеству составляют примерно 20%, а по числу присутствия в разных стандартах, т. е. по значимости, — почти 80% от значимости всех показателей. Поэтому предлагается принять показатели качества, представленные в *табл. 2,* для оценки качества СФБА.

Для реализации оценки качества СФБА нужно определить численные значения каждого показателя качества и рассчитать комплексный показатель уровня качества транспортных услуг. Исходя из того, что предельное значение комплексного показателя качества стремится к 1, после определения фактического значения можно сделать вывод об уровне качества транспортных услуг в СФБА.

Оценить показатели качества транспортных услуг в СФБА можно путем анкетного опроса потребителей. Однако пока отсутствуют реально работающие СФБА, и опрос потребителей провести затруднительно. Таким образом, обоснованы показатели качества, которые можно использовать для оценки качества системы функционирования беспилотного автомобиля. T

Литература

1. Малыгин И. Г., Гуриев Н. В. Мировые тенденции развития транспорта // Транспорт Российской Федерации. 2023. № 5–6. С. 4–8.
2. Шадрин С. С. Методология создания систем управления движением автономных колесных транспортных средств, интегрированных в интеллектуальную транспортную среду: автореф. дис. … д-ра техн. наук. М., 2017. 34 с.
3. Антонов А. Как это работает: беспилотный автомобиль Google. URL: http://robotosha.ru/robotics/how-it-worksdriverless-car-google.html (дата обращения: 23.11.2025).
4. Епифанов В. В., Гусев С. И. Структура системы функционирования беспилотного автотранспортного средства // Вестник УлГТ У. 2020. № 1. С. 47–51.
5. Задорожняя А. А., Киричек Р. В. Функциональная архитектура сетевой инфраструктуры беспилотного автотранспорта. URL: https://conf-ntores.etu.ru (дата обращения: 15.11.2025).
6. Комаров В. В., Гараган С. А. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика. М.: НТБ «Энергия», 2012. 158 с.
7. Климов А. А., Покусаев О. Н., Куприяновский В. П., Намиот Д. Е. Архитектура автономных (беспилотных) автомобилей и инфраструктура для их эксплуатации // Современные информационные технологии и ИТ-технологии. 2018. Т. 14. № 3. С. 711–720.
8. Степанов И. С., Покровский Ю. Ю., Ломакин В. В., Москалева Ю. Г. Влияние элементов системы водитель — автомобиль — дорога — среда на безопасность дорожного движения: учебное пособие. М.: МГТУ «МАМИ», 2011. 171 с.

УДК 656.25:62–52

Анализ длины виртуальной сцепки для грузовых поездов



Л. А. Баранов,
д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Управление и защита информации» Российского университета транспорта (МИИТ) (РУТ (МИИТ)),



Е. Н. Розенберг,
д-р техн. наук, первый заместитель генерального директора АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»),



В. Г. Новиков,
канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление и защита информации» РУТ (МИИТ)



А. В. Озеров,
начальник Международного управления — начальник Центра управления интеллектуальной собственностью АО «НИИАС»

В связи с увеличивающимся объемом перевозок в условиях инфраструктурных ограничений крайне востребованы новые принципы обеспечения безопасности движения поездов, позволяющие увеличить пропускную способность линий.

В качестве перспективных рассматриваются технологии автоматического управления движением поезда с повышенной точностью измерения скорости, позволяющие сократить межпоездной интервал, к которым относится технология виртуальной сцепки (ВСЦ). Использование цифрового радиоканала передачи данных между поездами и железнодорожной инфраструктурой позволяет реализовать технологию ВСЦ, повысить качество измерения параметров движения поезда и реализовать автоматизированное централизованное управление движением на линии.

В традиционных системах обеспечения безопасности движения межпоездной интервал между головой поезда и «хвостом» идущего впереди поезда определяется с точностью до длины рельсовой цепи. При наличии между поездами связи по цифровому радиоканалу передачи данных реализуется система виртуальной сцепки, при которой возможно более точное определение этого расстояния и, следовательно, сокращение межпоездного интервала движения, что увеличивает пропускную способность участка. Расстояние между поездами, вычисленное системой управления и обеспечения безопасности, будем называть длиной виртуальной сцепки **[1]**. Рассмотрим методику расчета длины виртуальной сцепки при движении грузовых поездов.

На действующей грузовой магистрали в Китае прошли испытания виртуальной сцепки **[2]**. В ходе тестирования семь поездов с грузом 5000 т каждый последовательно отправились с четырех станций **[3]**, после чего, двигаясь по одному пути, сблизились и вошли в режим виртуальной сцепки. Используя обмен данными по радиосвязи между поездами и со стационарной железнодорожной инфраструктурой, система без участия машинистов и диспетчеров управляла ускорением и торможением поездов на протяжении всего пути **[4–6]**. При этом дистанция между составами была меньше минимально разрешенных действующими правилами безопасности. В результате поезда достигли заданной сортировочной станции, перед въездом на которую вышли из режима виртуальной сцепки и завершили маршрут по отдельности.

Концепция ВСЦ воплощает в себе алгоритмические решения, характерные для системы обеспечения безопасности движения **[7–9]**. При определении безопасного интервала между головной частью следующего поезда и хвостовой частью лидирующего состава в режиме виртуальной сцепки необходимо комплексно учитывать совокупность факторов. К ним относятся: неточности позиционирования подвижного состава на перегоне, погрешности измерения текущей скорости, ошибки расчета тормозных путей, временные задержки при передаче данных, а также динамические и статистические погрешности в работе системы автоматического управления, которая совместно с бортовыми средствами обеспечивает поддержание заданного безопасного интервала между соседними поездами **[1]**.

Длина ВСЦ вычисляется при учете различных принципов ее построения, возможности учета большего или меньшего количества параметров, участвующих в выборе управляющих воздействий, типа подвижного состава. В соответствии с этим рассматривается четыре принципа построения системы **[1]**.

Минимальная длина виртуальной сцепки может быть обеспечена при учете скорости впереди идущего поезда, его пути экстренного торможения от этой скорости, скорости сзади идущего поезда и его пути служебного торможения. С целью упрощения построения системы управления возможно считать путь экстренного торможения впереди идущего поезда равным нулю. При этом уменьшается объем передаваемой информации с первого локомотива, и увеличивается длина виртуальной сцепки. Возможно

Работа выполнена за счет бюджетного финансирования в рамках государственного задания от 15.01.2026 № 103–00001–26–00.

дальнейшее упрощение системы виртуальной сцепки, приводящее к увеличению ее длины.

Так, при учете пути экстренного торможения впереди идущего поезда, расчет длины служебного торможения второго поезда можно определять как его возможное максимальное значение. Наибольшая длина виртуальной сцепки определяется при учете максимальной скорости сзади идущего поезда, при нулевой длине пути экстренного торможения идущего впереди поезда. В данной работе оцениваются величины длин виртуальной сцепки с учетом и без учета пути экстренного торможения идущего впереди поезда и с расчетом пути служебного торможения от измеренной скорости движения второго поезда. Этот подход дает возможность получить оценку снизу длины виртуальной сцепки.

В соответствии с **[1]**, с учетом погрешности измерения координаты и скорости, величина длины ВСЦ определяется выражениями:

$$L_{МП}^{ВСЦ} \geq \frac{(V_2+\Delta V_{2a}^{\max})^2}{2a_{сл}} + \Delta S_{1a}^{\max} + \Delta S_{2a}^{\max} + \Delta l\,, \quad (1)$$

$$L_{МПэ}^{ВСЦ} \geq \frac{(V_2+\Delta V_{2a}^{\max})^2}{2a_{сл}} + \Delta S_{1a}^{\max} + \Delta S_{2a}^{\max} + \Delta l - \frac{[V_1-\Delta V_{1a}^{\max}-a_{\max}(k+2)T]^2}{2a_э}\,, \quad (2)$$

где $L_{МП}^{ВСЦ}$, $L_{МПэ}^{ВСЦ}$ — длина виртуальной сцепки без учета и с учетом пути экстренного торможения идущего впереди поезда;

V_1, V_2 — фактическая скорость первого и второго поезда;

$\Delta V_{2a}^{\max}$ — возможное максимальное уменьшение скорости первого поезда во время передачи информации;

$\Delta S_{1a}^{\max}, \Delta S_{2a}^{\max}$ — оценка сверху погрешности измерения координаты первого и второго поездов;

Δl — погрешность в задании длины первого поезда;

$a_{\max}$ — максимальное ускорение или замедление поезда;

$a_{\max}(k+2)T$ — дополнительная погрешность измерения скорости от запаздывания на время $(k+2)T$.

При определении длины виртуальной сцепки рассмотрим движение поездов с фиксированной скоростью, поэтому $(V_1 = V_2 = V$ и $\Delta V_{2a}^{\max} = a_{\max}(k+2)T = 0)$. Также примем, что оценки сверху погрешностей измерения координаты первого и второго поездов равны $\Delta S_{1a}^{\max} = \Delta S_{2a}^{\max} = \Delta l_{СП}$, в связи с этим формулы примут вид:

$$L_{МП}^{ВСЦ} \geq \frac{(V)^2}{2a_{сл}} + 2\Delta l_{СП} + \Delta l\,, \quad (3)$$

$$L_{МПэ}^{ВСЦ} \geq \frac{(V)^2}{2a_{сл}} - \frac{(V)^2}{2a_э} + 2\Delta l_{СП} + \Delta l\,. \quad (4)$$

Определим время проследования поездом расстояния, равного длине виртуальной сцепки. Для этого можем разделить обе части уравнений (3) и (4) на значение скорости $(V \neq 0)$ и получим формулы для определения временного межпоездного интервала для системы обеспечения безопасности движения, использующей виртуальную сцепку без учета пути экстренного торможения идущего впереди поезда $T_{МП}^{ВСЦ}$ с учетом пути экстренного торможения идущего впереди поезда $T_{МПэ}^{ВСЦ}$.

$$T_{МП}^{ВСЦ} \geq \frac{V}{2a_{сл}} + \frac{2\Delta l_{СП}+\Delta l}{V}\,, \quad (5)$$

$$T_{МПэ}^{ВСЦ} \geq \frac{V}{2a_{сл}} - \frac{V}{2a_э} + \frac{2\Delta l_{СП}+\Delta l}{V}\,. \quad (6)$$

Для создания математической модели движения поезда по указанным принципам в системе управления и обеспечения безопасности движения, предназначенной для расчета пропускной способности линии железной дороги, учтены также следующие параметры:

$t_{СП}$ — время срабатывания приборов;

$t_{рез}$ — резервное время как факультатив при выполнении планового графика движения поездов;

$t_з$ — время задержки при передаче, обработке данных и длительности срабатывания устройств;

Δt^V — погрешность от измерения скорости движения;

$t_д$ — задержка, связанная с повторением передачи кодового сигнала при обнаружении приемниками ошибок и, следовательно, отказа от декодирования;

$t_{под}$ — время подхода грузового поезда к выходному светофору при грузовом движении;

l_n — длина поезда;

$l_{загр}^{вирт}$ — длина виртуального заградительного блок-участка.

С учетом этих дополнительных параметров, формулы (5) и (6) примут вид:

$$T_{МП}^{ВСЦ} \geq \frac{V}{2a_{сл}} + \frac{2\Delta l_{СП}+l_n+\Delta l+l_{загр}^{вирт}}{V} + t_з + t_{СП} + t_{под} + t_д + \Delta t^V\,, \quad (7)$$

$$T_{МПэ}^{ВСЦ} \geq \frac{V}{2a_{сл}} - \frac{V}{2a_э} + \frac{2\Delta l_{СП}+l_n+\Delta l+l_{загр}^{вирт}}{V} + t_з + t_{СП} + t_{под} + t_д + \Delta t^V\,. \quad (8)$$

В связи с тем, что временная погрешность от измерения скорости движения Δt^V является функцией скорости, приведем формулы для ее определения в обоих случаях без учета и с учетом пути экстренного торможения идущего впереди поезда:

Таблица 1. Таблица параметров для расчета модели

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Длина блок-участка при трехзначной АБ, м	$l_{БУ}^{АБ3}$	1500 м
Длина заградительного участка при трехзначной АБ, м	$l_{загр}^{АБ3}$	1500
Длина поезда, м	$l_п$	800
Погрешность при расчете длины поезда, м	$\Delta l_п$	15
Погрешность при расчете координаты головы поезда, м	$\Delta l_{СП}$	30
Длина виртуального заградительного блок-участка, м	$l_{загр}^{вирт}$	600
Время задержки при передаче и обработке данных, с	$t_з$	1
Время восприятия машинистом сигнального показания светофора (при автоматизированном движении принимается равным 0), с	$t_в$	0
Время срабатывания приборов во время изменения сигнальных показаний, с	$t_{СП}$	6
Резервное время, необходимое для гарантированного выполнения графика движения поездов, с	$t_{рез}$	10
Время подхода грузового поезда к выходному светофору, при грузовом движении, с	$t_{под}$	300
Погрешность от измерения скорости, км/ч	ΔV	1
Задержка, связанная с единичным отказом от декодирования сообщения, с	$t_д$	2
Значение замедления поезда при экстренном торможении, м/с^2	$a_э$	0,6
Значение замедления поезда при экстренном торможении, м/с^2	$a_{сл}$	0,27

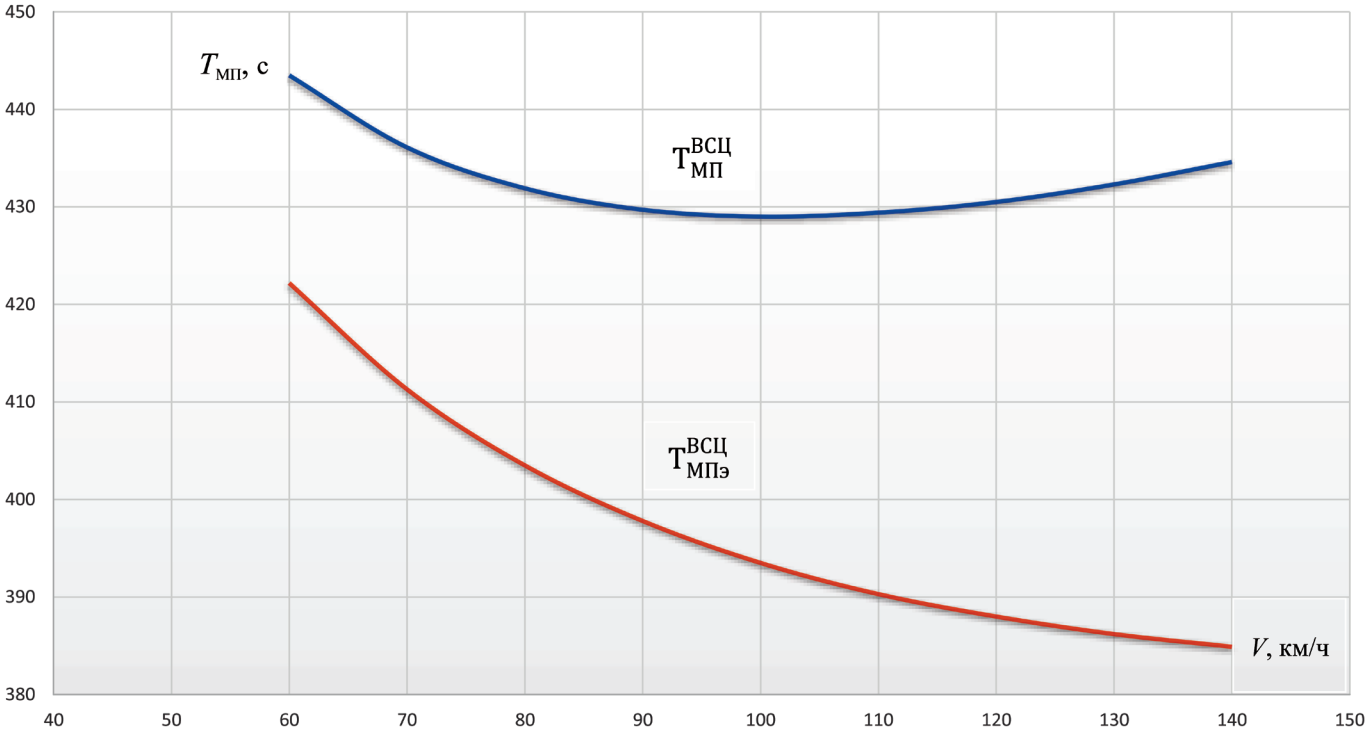


Рис. 1. График зависимости временного межпоездного интервала от скорости движения поезда

$$\Delta t^{V}_{МП} = \left(\frac{\Delta V}{2a_{сл}} + \frac{l^{вирт}_{загр} + l_п + \Delta l_п + 2\Delta l_{СП}}{\Delta V}\right), \quad (9)$$

$$\Delta t^{V}_{МПэ} = 2\left(\Delta V\left(\frac{1}{2a_{сл}} - \frac{1}{2a_Э}\right) + \frac{l^{вирт}_{загр} + l_п + \Delta l_п + 2\Delta l_{СП}}{\Delta V}\right). \quad (10)$$

Исследуем на экстремум функцию $T^{ВСЦ}_{МП}(V)$ для полученной величины скорости $V^{ВСЦ}_{ОПТ}$ и $T^{ВСЦ}_{МПЭ}(V)$ для полученной величины скорости $V^{ВСЦ}_{ОПТЭ}$, доставляющие минимумы этих функций, и получим значение скорости, при которой временной межпоездной интервал принимает минимальное значение при координатном интервальном регулировании:

$$V^{ВСЦ}_{ОПТ} = \sqrt{2a_Э\left(l^{вирт}_{загр} + l_п + \Delta l_п + 2\Delta l_{СП}\right)}, \quad (11)$$

$$V^{ВСЦ}_{ОПТЭ} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2a_{сл}} - \frac{1}{2a_Э}}\left(l^{вирт}_{загр} + l_п + \Delta l_п + 2\Delta l_{СП}\right)}. \quad (12)$$

По формулам (9) и (10) рассчитаны значения межпоездных интервалов с использованием параметров *табл. 1.* при различных значениях допустимой скорости движения *(рис. 1)*, найдены значения скоростей, при которых межпоездной интервал принимает минимальное значение. Результаты приведены в *табл. 2*. График зависимости межпоездного интервала от скорости при движении без остановок представлен на *рис. 1.*

Расчет межпоездного интервала для линий, оборудованных системой трехзначной автоблокировки, осуществляется по формуле

$$T^{АБ3}_{МП} = \frac{3l^{АБ3}_{БУ} + l^{АБ3}_{З} + l_п}{V}, \quad (13)$$

где $l^{АБ3}_{З}$ — длина защитного участка при трехзначной АБ.

В *табл. 2* ΔT определяется по формуле

$$\Delta T = \frac{T^{ВСЦ}_{МП} - T^{ВСЦ}_{МПЭ}}{T^{ВСЦ}_{МП}} \cdot 100\ \%, \quad (14)$$

По данным *табл. 2* рассчитаем относительное уменьшение межпоездного интервала, $T^{АБ3}_{МП}$ примем за 100%. Тогда формула для расчета относительного уменьшения межпоездного интервала примет вид:

$$\Delta T^{ВСЦ}_{МП} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left|T^{ВСЦ}_{МП}(V_i) - T^{АБ3}_{МП}(V_i)\right|}{\sum_{i=1}^{n} T^{АБ3}_{МП}(V_i)} \cdot 100\ \%, \quad (15)$$

где $T^{ВСЦ}_{МП}(V_i)$, $T^{ВСЦ}_{МПЭ}(V_i)$ и $T^{АБ3}_{МП}(V_i)$ — значения межпоездного интервала при скорости V_i для ВСЦ и трехзначной автоблокировке (*табл. 2*);

$\Delta T^{ВСЦ}_{МП}$ — относительное уменьшение межпоездного интервала.

Относительное рассчитанное сокращение межпоездного интервала по отношению к трехзначной автоблокировке составит $\Delta T^{ВСЦ}_{МП} = 26\ \%$.

Представленные расчеты показали, что применение виртуальной сцепки на рассматриваемом участке позволит уменьшить межпоездной интервал на 26 % при скоростях движения $V \in (60, \ldots, 140)$, при движении поездов с постоянной скоростью без остановок.

Проведем расчеты для варианта движения межпоездного интервала менее тормозного пути. В *табл. 3* представлены значения межпоездного интервала для варианта, когда межпоездной интервал равен значению тормозного пути при экстренном торможении и когда интервал меньше величины экстренного торможения на 500 м.

Таблица 2. Результаты расчета значений межпоездных интервалов

V, км/ч	$T^{АБ3}_{МП}$, с	$T^{ВСЦ}_{МП}$, с	$T^{ВСЦ}_{МПЭ}$, с	ΔT, %
60	821	443,5	422,2	4,8
70	750	436,1	411,3	5,7
80	697	431,9	403,5	6,6
90	655	429,7	397,8	7,4
100	622	429*	393,5	8,3
110	595	429,4	390,3	9,1
120	572	430,5	388	9,9
130	553	432,3	386,2	10,7
140	536	434,6	384,9*	11,4

* — минимальное значение.

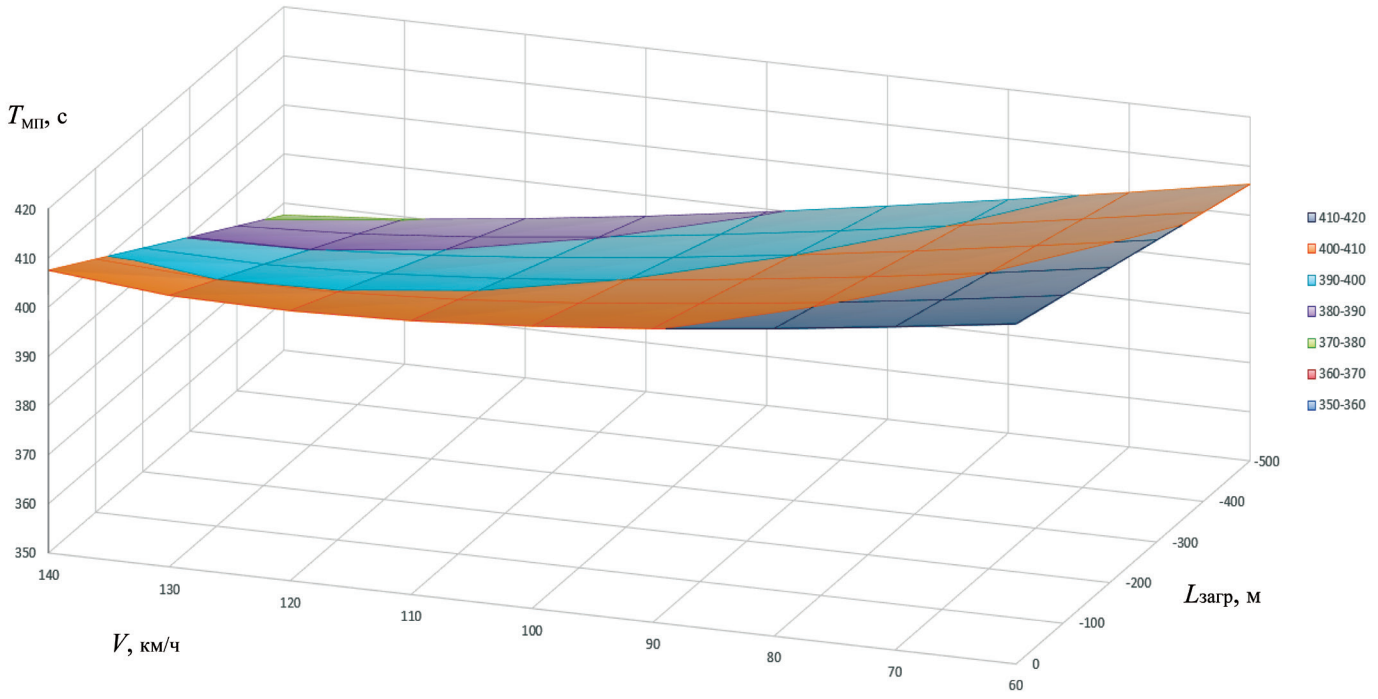


Рис. 2. Диаграмма зависимости межпоездного интервала от скорости и величины сближения поездов на

Представленная модель позволила с помощью средств Microsoft Excel выполнить расчеты, результаты которых представлены в виде диаграммы зависимости межпоездного интервала от скорости и замедления поезда при экстренном торможении (*рис. 2*). Сбоку диаграммы отмечены цвета, которым соответствуют диапазоны значений межпоездного интервала, представленных на *рисунке*. По горизонтальной оси отмечена скорость $V \in (60, \ldots, 140)$, на перпендикулярной ей оси в нижней плоскости отмечены значения, на которые величина тормозного пути меньше величины экстренного торможения $L_{загр} \in (-500, \ldots, 0)$. На оси, перпендикулярной нижней плоскости, отмечены значения межпоездного интервала.

Данные диаграммы показывают, что при значениях $L_{загр} \in (-500, \ldots, 0)$, значение $T_{МП}^{ВСЦ}$ уменьшается с 6 мин 47 с до 6 мин 8 с при значениях скорости $V = 60$ км/ч, значение $T_{МП}^{ВСЦ}$ уменьшается с 7 мин до 6 мин 46 с при значениях скорости $V = 140$ км/ч. Поэтому сокращение межпоездного интервала на величину менее тормозного пути незначительно влияет на улучшение пропускной способности и составляет от 3 до 7 %. При использовании ВСЦ с учетом пути экстренного торможения идущего впереди поезда временной межпоездной интервал $T_{МПэ}^{ВСЦ}$ сокращается на 4–11 % (для скоростей от 60 до 140 км/ч) относительно принципа, при котором путь экстренного торможения приравнивается к нулю.

Для рассмотрения показателей безопасности движения поездов при следовании на расстоянии менее тормозного пути рассчитаем сначала интенсивность опасных отказов.

Основой для вычисления характеристик безопасности выступают следующие ключевые положения:

• применяемая компонентная база прошла всестороннюю проверку: ее надежность и защищенность подтверждены аналитическим моделированием, натурными результатами эксплуатации[1,2];

Таблица 3. Значения межпоездного интервала при движении на расстоянии меньше тормозного пути

V, км/ч	$T_{МПэ}^{ВСЦ}$	$T_{МПэ}^{ВСЦ}$–500 м
60	402,5	372,5
70	400,2	374,5
80	399,9*	377,4
90	400,7	380,7
100	402,4	384,4
110	404,7	388,4
120	407,5	392,5
130	410,7	396,8
140	414,1	401,3

• в радиоаппаратуре реализованы механизмы информационной избыточности, включая алгоритмы расчета контрольных сумм пакетов данных, параллельно осуществляется непрерывный мониторинг временных параметров циклической обработки входящего трафика;

• любые единичные неисправности или их цепочки, способные инициировать критический сбой, диагностируются с установленной достоверностью до перехода системы в аварийное состояние.

Эксплуатационная защищенность комплекса оценивается нормативным ограничением на интенсивность опасных отказов, которая не должна превышать $\lambda = 10^{-10}\ {}^{1}/_{ч}$ [3]. К опасным относят отказы, приводящие к превышению допустимой скорости, что может привести к последствиям катастрофического характера.

Критериями критического сбоя радиоканала считаются ошибки трансляции ведомому локомотиву следующих параметров: номера пути, координат, длины состава и направления следования.

[1] Доказательство безопасности на комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ-У. Утверждено заместителем директора ВНИИАС МПС России Д. В. Шалягиным 29 мая 2003 г.

[2] Доказательство безопасности на унифицированный вычислительный комплекс системы интервального регулирования УВК СИР. Утверждено заместителем директора ВНИИАС МПС России 9.12.2004.

[3] ГОСТ Р 58285-2018. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на высокоскоростных железнодорожных линиях. Системы интервального регулирования движения поездов. Требования безопасности и методы контроля.

Архитектура системы управления и обеспечения безопасности движения (*рис. 3*) опирается на два ключевых узла: стационарное устройство, которое координирует информационный обмен между подвижными единицами; бортовое устройство обеспечения безопасности[1], которое вычисляет разрешенную скорость на основе данных от ведущего поезда, получаемой по цифровому радиоканалу, и формирует управляющие сигналы для электропневматических вентилей, клапанов (ЭПВ, ЭПК), а также управление тягой.

Формула для расчета интенсивности опасного отказа имеет вид:

$$\lambda_{ОП} = \lambda_{СУ} + 2\lambda_{БУ} + 2\lambda_{РК}\,, \qquad (16)$$

где $\lambda_{СУ}$ — интенсивность опасного отказа стационарного устройства $\lambda_{СУ} = 3{,}6 \cdot 10^{-11}\,{}^{1}/_{ч}$ (показатель взят из источника);

$\lambda_{БУ}$ — интенсивность опасного отказа бортового устройства[2] $\lambda_{БУ} = 4{,}2 \cdot 10^{-12}\,{}^{1}/_{ч}$ (примем равным $\lambda_{КЛУБ-У}$) ;

$\lambda_{РК}$ — интенсивность опасного отказа радиоканала[3] ($\lambda_{РК} \le 6{,}4 \cdot 10^{-13}\,{}^{1}/_{ч}$) **[10]**.

Окончательно получим:

$$\lambda_{оп} = \lambda_{СУ} + 2\lambda_{БУ} + 2\lambda_{РК} =$$
$$= 3{,}6 \cdot 10^{-11} + 2 \cdot 4{,}2 \cdot 10^{-12} + 6{,}4 \cdot 10^{-13} =$$
$$= 4{,}5 \cdot 10^{-11}\,{}^{1}/_{ч} < 10^{-10}.$$

Параметр отвечает требованию, что расчетный показатель должен быть не хуже требуемого[4].

Проведем расчет интенсивности опасных отказов для режима движения с дистанцией, не превышающей длину экстренного тормозного пути. В данных условиях реализуется механизм каскадного распространения аварийной ситуации: инцидент с головным составом может спровоцировать вовлечение в столкновение всех следующих за ним единиц подвижного состава.

В группе из двух поездов авария головного объекта может привести к повреждению обоих участников движения, в группе из трех поездов авария первого состава может привести к повреждению группы (три поезда), тогда как авария второго объекта затрагивает уже только два последних состава. При увеличении количества поездов интенсивность опасного отказа умножается на сумму членов арифметической прогрессии, количество которых равно количеству поездов $S_n = {(2 + n - 1)n}/{2} = \frac{n(n+1)}{2}$.

Формула для расчета интенсивности опасного отказа при движении поездов на расстоянии менее тормозного пути будет иметь вид:

$$\lambda_{onN} = S_n \lambda_{оп} = \frac{n(n+1)}{2}\lambda_{оп}. \qquad (17)$$

При n = 2 рассчитаем:

$$\lambda_{оп2} = \frac{n(n+1)}{2}\lambda_{оп} = 3 \cdot 4{,}5 \cdot 10^{-11}\,{}^{1}/_{ч} = 1{,}35 \cdot 10^{-10}\,{}^{1}/_{ч} > 10^{-10}.$$

Параметр не отвечает требованию о том, что расчетный показатель должен быть не хуже требуемого уже при движении двух поездов. При увеличении количества поездов очевидно, что параметр λ_{onN} ухудшается, а при n=7 составляет $\lambda_{оп7} = 1{,}26 \cdot 10^{-9}\,{}^{1}/_{ч} > 10^{-10}$.

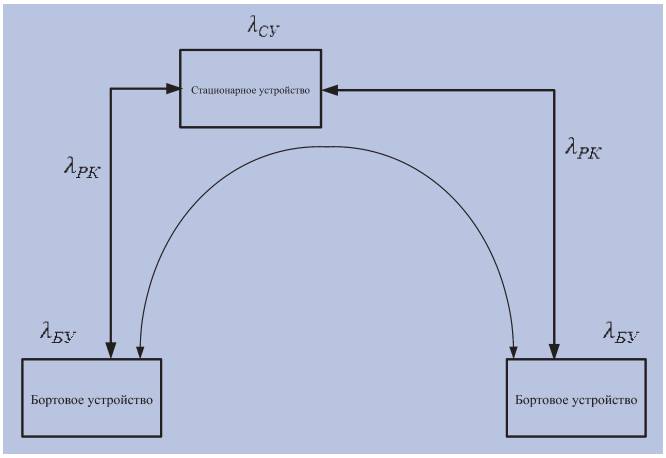


Рис. 3. Укрупненная структурная схема системы

Рассчитанная интенсивность опасных отказов системы в условиях эксплуатации при движении поездов на расстоянии менее тормозного пути составляет $\lambda_{onN} \ge 1{,}35 \cdot 10^{-10}\,{}^{1}/_{ч}$, что не отвечает предъявляемому требованию — быть не более $10^{-10}\,{}^{1}/_{ч}$.

Сокращение межпоездного интервала на величину менее тормозного пути позволит незначительно улучшить пропускную способность — от 3 до 7 %. Однако в этом случае рассчитанная интенсивность опасных отказов системы не отвечает требованию, предъявляемому к системам интервального регулирования движения поездов, которая должна быть не более $10^{-10}\,{}^{1}/_{ч}$ и составляет $\lambda_{onN} \ge 1{,}35 \cdot 10^{-10}\,{}^{1}/_{ч}$.

Таким образом, как показывают расчеты, сокращение межпоездного интервала на величину менее тормозного пути позволяет лишь незначительно улучшить пропускную способность — от 3 до 7 %. Однако в этом случае рассчитанная интенсивность опасных отказов системы не отвечает требованиям безопасности, предъявляемым к системам обеспечения безопасности движения поездов.

При применении виртуальной сцепки с учетом пути экстренного торможения идущего впереди поезда временной межпоездной интервал сокращается на 4–11 % (для скоростей от 60 до 140 км/ч) относительно способа, при котором путь экстренного торможения приравнивается к нулю.

Вместе с тем виртуальная сцепка является эффективной и перспективной технологией организации движения с возможностью дальнейшего поэтапного развития, которая позволяет сократить межпоездной интервал до 26 % при движении грузовых поездов относительно классических технологий, и при этом не ухудшает требования безопасности, предъявляемые к системам интервального регулирования.

Литература

1. Баранов Л. А., Бестемьянов П. Ф., Балакина Е. П., Пудовиков О. Е. Принципы построения и модели системы автоматического управления вторым локомотивом при виртуальной сцепке // Автоматика на транспорте. 2022. Т. 8. № 4. С. 377–388. DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-04-377-388.
2. Тяжеловесный групповой поезд — это инновационная форма организации тяжеловесных поездов // Documentation. URL: https://baike.baidu.com/item/%E9%87%8D%E8%BD%BD%E7%BE%A4%E7%BB%84%E5%88%97%E8%BD%A6/67067222 (дата обращения: 02.01.2026).

[1] Доказательство безопасности на унифицированный вычислительный комплекс системы интервального регулирования УВК СИР. Утверждено заместителем директора ВНИИАС МПС России 9.12.2004.

[2] Там же.

[3] Доказательство безопасности на комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ-У. Утверждено заместителем директора ВНИИАС МПС России Д. В. Шалягиным 29 мая 2003 г.

[4] ГОСТ Р 58285-2018. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на высокоскоростных железнодорожных линиях. Системы интервального регулирования движения поездов. Требования безопасности и методы контроля.

3. В чем именно заключается эффективность группового поезда, какие ключевые технологии за ним стоят и какое влияние он окажет на экономику и общество? // Documentation. URL: https://baijiahao.baidu.com/s?id=1850981751314859771&wfr=spider&for=pc (дата обращения: 02.01.2026).
4. Розенберг Е. Н., Озеров А. В., Кузнецов В. И., Тихонов С. С. Сравнительная оценка параметров движения поездов для различных вариантов виртуальной сцепки // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 4(107). С. 30–39. DOI: 10.30932/1992-3252-2023-21-4-4. EDN: NSJDAX.
5. Розенберг Е. Н., Дежков М. А., Новиков В. Г., Бояринова Н. А. Координатное интервальное регулирование на направлении ЦЕНТР-ЮГ // Автоматика, связь, информатика. 2026. № 1. С. 9–12. DOI: 10.62994/AT.2026.1.1.001. EDN: JTBVJS.
6. Розенберг Е. Н., Дежков М. А., Новиков В. Г. Применение технологии виртуальной сцепки на восточном полигоне // Автоматика, связь, информатика. 2025. № 8. С. 7–11. DOI: 10.62994/AT.2025.8.8.002. EDN: LTPPME.
7. Розенберг Е. Н., Новиков В. Г. Перспективные архитектуры систем управления и обеспечения безопасности движения поездов // Известия Транссиба. 2025. № 2(62). С. 11–19. EDN AVIVYC.
8. Баранов Л. А., Балакина Е. П. Повышение провозной способности городского пассажирского транспорта путем внедрения интеллектуальных систем управления движением // Интеллектуальные транспортные системы: Материалы IV Международной научно-практической конференции, 22 мая 2025 г., Москва, Россия. М.: Российский университет транспорта (МИИТ), 2025. С. 70–80. DOI: 10.30932/9785002587582-2025-70-80. EDN: HQBSRV.
9. Бушуев С. В., Гундырев К. В., Голочалов Н. С. Повышение пропускной способности участка железной дороги с применением технологии виртуальной сцепки // Автоматика на транспорте. 2021. Т. 7. № 1. С. 1–20. DOI: 10.20295/2412-9186-2021-7-1-7-20. EDN: MWGMZR.
10. Зорин В. И., Астрахан В. И. Унифицированное комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ-У): учебное пособие. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. С. 8–21.

ПОДПИСКА

Подписка на журнал «Транспорт Российской Федерации» оформляется в любом отделении почтовой связи

- по объединенному каталогу **«Пресса России»**, *подписной индекс 15094*,
- по электронному каталогу **«Почта России»**, *подписной индекс П1719*

Подписаться на журнал через редакцию можно в течение года с любого месяца,

- выслав заявку **по факсу: (812) 310-40-97;**
- выслав заявку **по электронной почте: rt@rostransport.com;**
- или заполнив заявку **на сайте www.rostransport.com,** *раздел «Подписка».*



Подписку также можно оформить в агентствах:

«Книга-Сервис»
Тел.: (495) 680-90-88
http://akc.ru

«Урал-Пресс»
Тел.: (495) 789-86-36

«Почта России»
Тел.: (495) 956-20-67
http://russianpost.ru

УДК 629.35; 620.17

Анализ вибронагруженности длиннобазных винтовых роторов акустическими методами с целью повышения срока службы транспортно-технологических средств



И. Г. Куклина,
канд. техн. наук, доцент кафедры информационных систем и технологий Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета

Повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий отражены в стратегических документах России. При этом обеспечение безопасного функционирования инфраструктуры транспорта в зимний период имеет первостепенное значение для сохранения устойчивой социально-экономической жизни страны.

Транспортно-технологические средства, оснащенные длиннобазными винтовыми роторами, — это машины для очистки транспортных магистралей от снега, где винтовой ротор является рабочим органом, а также машины высокой проходимости, в которых винтовой ротор служит движителем. От скорости и качества работы данных механизмов часто зависит решение социальных и стратегических проблем на территориях, где снежный покров присутствует от трех до девяти месяцев в году. Наиболее пристального внимания заслуживают магистрали северных регионов страны, которые характеризуются крайне сложной транспортной доступностью.

Автомашиной, свободно преодолевающей снежные заносы, ледовую поверхность и заболоченные участки, является шнековый снегоболотоход. Разработками машины с роторно-винтовым движителем, выполняющей транспортно-технологические операции при преодолении водоемов в осенне-зимний период, занимаются ученые Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева (НГТУ). Построенные ими шнекоходы легко преодолевают непроходимые болота в любое время года, перемещаются по льду рек. Если ледовое покрытие нарушается, то герметичные корпуса роторно-винтовых шнеков свободно удерживают машину на плаву, что позволяет вездеходу перемещаться за счет винтовой тяги.

Однако крепление движителей-роторов, выполненное жестким или полужестким способом, делает поездку людей в машине крайне некомфортной. Колебательные и вибрационные нагрузки самих роторов и кузова превышают все допустимые нормы.

Разработками конструкций упругой связки подвески движителей роторно-винтовой машины более 30 лет занимаются ученые кафедры строительных и дорожных машин НГТУ. Полученные теоретические и экспериментальные результаты указывают на высокую степень колебаний движителей и кузова транспортно-технологического средства. И все-таки роторно-винтовой вездеход является пока идеальным средством перемещения людей и грузов в условиях Крайнего Севера, где нет возможности посадить авиатехнику. Как и у снегоуборочной техники, основным элементом роторно-винтового вездехода является длиннобазный винтовой ротор.

Натурные испытания машин, оснащенных длиннобазными винтовыми роторами, привели к необходимости решения проблемы снижения вибронагруженности и возможности измерения величины разбалансировки длиннобазных винтовых роторов при выполнении ими транспортно-технологических операций.

Результаты проведенных исследований указали на актуальность разработки специального оборудования, позволяющего измерять виброперемещения тела и навивку длиннобазного винтового ротора без выполнения разборки агрегатов машин. Создание комплекса мер и оборудования для бесконтактного контроля уровня разбалансировки навесного оборудования у снегоуборочной техники и движителей у транспортных машин и явилось целью данного исследования.

Материалами, на базе которых выполнены изыскания, стали опубликованные труды исследователей, специалистов и ученых в области: теории колебаний **[1]**; динамики и вибрации роторов **[2]**; теории проектирования и расчета строительных и дорожных машин **[3]**; создания устройств специальных аппаратов с возможностью применения ультразвукового фазового преобразователя угла поворота вала и измерений параметров вибрации конструкций акустическими методами **[4–6]**; создания гидравлических виброопор валов с различными рабочими жидкостями **[7]**; рассмотрения нелинейности систем защиты от воздействия внешних факторов **[8]**.

Концепция исследования в сфере фундаментального теоретического обоснования, расчета, проектирования и создания роторно-винтовых машин базируется на трудах известных ученых НГТУ **[9]**. Методика исследования включает в себя проведение экспериментальных оценок вибронагруженности длиннобазных винтовых роторов при помощи ультразвукового фазового вибропреобразователя.

В начальной стадии исследования рассмотрен опыт применения методик определения вибронагруженности элементов машин. Транспортно-технологические средства характеризуются детерминированными показателями: размерами машины, массовыми инерционными параметрами, скоростью вращения рабочего органа. Но имеют место и факторы со случайными параметрами — возникновение неуравновешенности в радиальных плоскостях и по длине машины. Данные характеристики разбалансированности транспортно-технологического средства, возникающие при нарушении в работе длиннобазных винтовых роторов, крайне негативно сказываются на рабочих операциях, выполняемых машиной.

Рассмотрение и систематизация экспериментальных данных вибрационных процессов длиннобазных винтовых роторов с помощью ультразвукового фазового вибропреобразователя важно для повышения надежности технологических машин. Поскольку проведение измерений выполняется дистанционно без выполнения демонтажа движителей и навесного рабочего оборудования, то уникальность и необходимость рассматриваемых измерительных систем значительна.

Амплитуды вибрации длиннобазного винтового ротора при очитке трассы от снега, величины усилий, передаваемых шнеком на опоры при движении по заснеженной поверхности, существенно зависят от физических и геометрических параметров разрабатываемого материала (снеговой поверхности). В расчетах чаще всего применяется вероятностный метод упрощенных математических моделей возмущающего воздействия. Амплитуды колебаний зависят от динамических нагрузок между длиннобазными винтовыми роторами и их опорами, а также усилиями, передаваемыми на кузов транспортно-технологического средства.

Шнековый снегоболотоход и машина для уборки снега с длиннобазным винтовым ротором представляют собой механизмы с неблагоприятным колебательным нагружением. Вращение винтовой навивки обостряет возникающие вибрации при воздействии длиннобазного винтового ротора с разрабатываемой поверхностью.

Замеры разбалансировки роторов при некачественном их креплении бесконтактными акустическими методами на стенде актуальны для исследователей. На *рис. 1* показано проведение измерений вибрации тела шнека при помощи ультразвукового фазового вибропреобразователя. Таким образом можно выяснить влияние типа навивки винтовой линии на несбалансированность длиннобазного винтового ротора.

Длиннобазный винтовой ротор исследуется на вибрацию и возможные биения в опорах, вызванные помехами, которые возникают от поверхности винтовой навивки. Изучаются низкочастотные колебания основания винтового ротора, где виброскорость и девиация частоты отраженного сигнала достаточно малы. Фазовое детектирование позволяет извлекать информацию о разности фаз из отраженного акустического сигнала.

Излученный и отраженный от границы сигналы демонстрируют фазовый сдвиг. Исследуемая информация подвергается обработке с минимумом погрешностей. Измерение параметров вибрационной нагрузки не требует специальной подготовки изучаемого ротора.

Принципиальная схема, показанная на *рис. 2*, демонстрирует работу ультразвукового фазового измерителя виброперемещений.

Генератором 1 продуцируется сигнал ультразвуковой частоты 100–300 кГц, который после усилителя мощности 2 поступает на излучающий преобразователь 3. Задающий генератор 1 при смене частоты и настройке на частоту электромагнитного резонанса повышает эффективность излучения ультразвукового сигнала преобразователя 3. Отраженный ультразвуковой сигнал при медленном вращении длиннобазного винтового ротора 4 продуцирует фазу, которая меняется на величи-



Рис. 1. Исследование длиннобазных винтовых роторов разного диаметра и типа навивки (а) при помощи ультразвукового фазового виброметра (б)

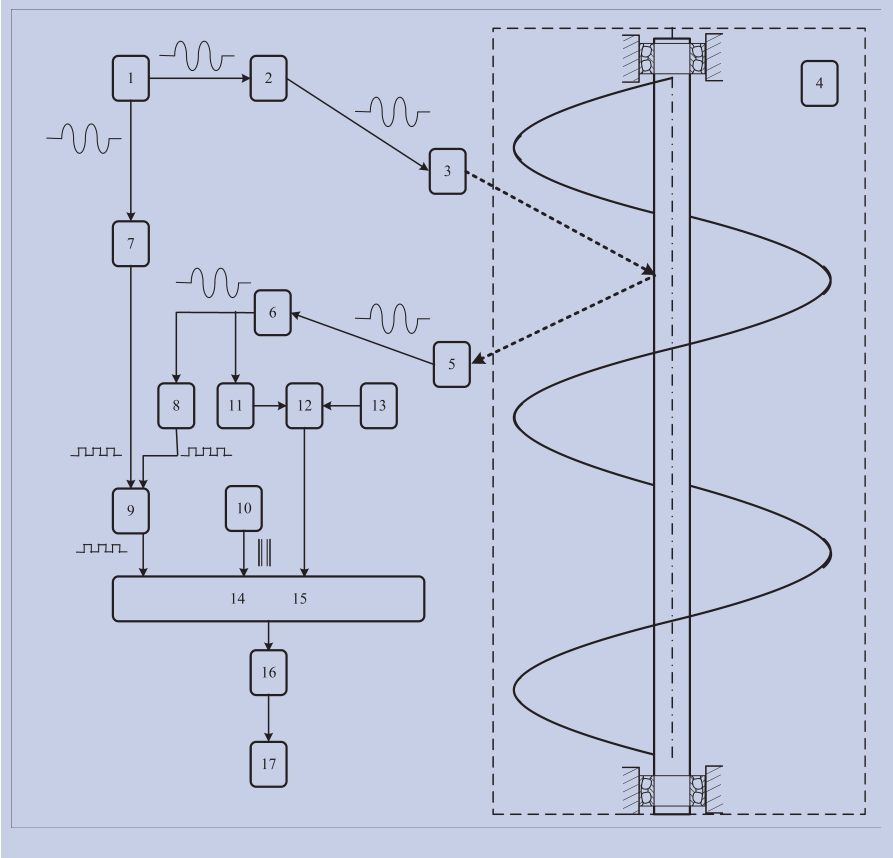


Рис. 2. Ультразвуковой фазовый вибропреобразователь (структурная схема)

ну, обусловленную величиной возможного эксцентриситета вала. Если вал выполняет рабочие операции без эксцентриситета, то сдвига фазы не происходит.

Модулированный по фазе ультразвуковой сигнал, принимаемый преобразователем 5 (настроенным на частоту механического резонанса), трансформирует его в электромагнитный сигнал, который через согласующий усилитель 6 поступает на формирователь меандра 8. При этом сигнал формирователя меандра 7 имеет рассогласование в частоте и фазе в отличие от формирователя 8.

Меандры переформируют синусоидальные сигналы в однополярные прямоугольные чередующиеся импульсы той же частоты. Изменение фазы сигнала демонстрирует трансформацию расстояния от отраженной поверхности вала до излученного, изменение частоты сигнала регулируется скоростью вращения вала. Параметром, выступающим информационным результатом, является фаза. Блоком умножения 9 формируется упорядоченность прямоугольных импульсов разной длины при анализе сигналов прямоугольной формы.

Длительность импульсов демонстрирует изменение фазы. Первый вход второго блока умножения 11 принимает тактовые импульсы порядка 1 ГГц и вместе с генератором тактовых импульсов 10 пересылают данные блоку анализа 12. Затем через имеющий два устойчивых состояния формирователь прямоугольных импульсов 13 данные передаются на второй блок умножения 14 и блок анализа 15. Цифроаналоговым преобразователем 16 результат выводится на осциллограф или персональный компьютер 17. Проведя анализ автокорреляционной функции, система отображает гистограмму распределений информативных параметров.

Работа над ультразвуковым фазовым вибропреобразователем выполнялась при частичной поддержке Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 08–08–97057-Р_Поволжье). Конструктивная схема ультразвукового фазового вибропреобразователя запатентована, патент в 2012 г. был награжден бронзовой медалью в Сеуле.

Предложенная схема вибропреобразователя позволяет весьма точно определять колебательные перемещения вала ротора под влиянием винтовой навивки. Данные виброперемещений позволяют проводить анализ неуравновешенности длиннобазного винтового ротора при неправильной установке в опорах, т. е. при недостаточной их балансировке.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что данные экспериментов при измерении виброперемещений (определяемые по измерениям изменений фаз) находятся через соотношения скорости изучаемого и зондирующего сигналов. Предложенный метод определения виброизмерений демонстрирует явные преимущества: поверхность исследуемого длиннобазного винтового ротора не требует специальной подготовительной обработки, полностью исключаются электромагнитные помехи.

В целях комплексного исследования возникающих вибрационных процессов винтовых роторов и прогнозирования влияния их на работу агрегатов снегоуборочной техники предложено специальное оборудование, позволяющее проводить измерения вибраций без выполнения демонтажа рабочих органов транспортно-технологических машин. Т

Литература

1. Бабаков И. М. Теория колебаний. М.: Дрофа, 2004. 591 с.
2. Гольдин А. С. Вибрация роторных машин. М.: Машиностроение, 1999, 344 с.
3. Гоберман Л. А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин. М.: Машиностроение, 1988. 464 с.
4. Гордеев Б. А., Куклина И. Г. Автоматизированная диагностика элементов машин // Автоматизация в промышленности. 2010. № 3. С. 26–30.
5. Гордеев Б. А., Куклина И. Г., Осмехин А. Н. Измерения параметров вибрации конструкций акустическими методами // Приволжский научный журнал. 2009. № 2. С. 13–20.
6. Гордеев Б. А., Охулков С. Н., Плехов А. С. и др. Частотный метод измерения крутящих моментов вращающихся валов // Вестник машиностроения. 2015. № 2. С. 3–7.
7. Аббакумов Е. И., Гордеев Б. А., Ерофеев В. И. и др. Исследования гидравлических виброопор с различными рабочими жидкостями // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2002. № 2. С. 33–36.
8. Гордеев Б. А. Математические модели виброзащитных систем. Н. Новгород: ННГАСУ, 2018. 168 с.
9. Барахтанов Л. В., Беляков В. В., Колотилин В. Е. и др. Нижегородская научная школа вездеходных машин, транспортно-технологических комплексов и специального оборудования НГТУ им. Р. Е. Алексеева. Н. Новгород: Изд-во НГТУ, 2007. 167 с.

УДК 629.439

Магнитолевитационные транспортные системы шестого поколения: основы сверхпроводящей левитации и перспективы развития



Д. О. Шкондин,
студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Магнитная левитация представляет собой радикальную инновацию в наземном транспорте, знаменуя переход от механики трения к управлению силами электромагнитного поля. Переход к маглев-технологиям шестого поколения связан с качественными изменениями не только в транспортной сфере, но и в смежных промышленных отраслях.

Современные коммерческие магнитолевитационные системы, такие как шанхайский «Трансрапид» на основе электромагнитной подвески и японский L0 Series на электродинамической подвеске с низкотемпературными сверхпроводниками, относятся к четвертому и пятому технологическим поколениям **[1, 2]**.

В России исследования в области магнитолевитационного транспорта проводились рядом научных школ: коллективом под руководством А. А. Зайцева [3, 4], Ю. Ф. Антонова **[5]**, Л. К. Ковалева **[6]**, а также группами в МГТУ им. Н. Э. Баумана (Н. А. Нижельский) и в Челябинске (С. В. фон Гратовски, В. Г. Шавров, Д. А. Карпухин). Эти работы заложили основу для отечественных подходов к сверхпроводящим магнитным подвесам и вакуумному транспорту.

Несмотря на достигнутые рекордные скорости, существующие системы сталкиваются с фундаментальными ограничениями: высокое энергопотребление для активной стабилизации зазора, значительные затраты на криогенику и экспоненциальный рост аэродинамического сопротивления с увеличением скорости.

Шестое поколение отличается переходом на новые архитектурные и физические принципы. Его основу составляет триада технологий:

• применение высокотемпературных сверхпроводников второго рода для создания пассивно-устойчивых левитационных контуров на основе эффекта пиннинга вихрей магнитного потока, что устраняет необходимость в сложных системах активного контроля;

• интеграция с замкнутыми низковакуумными аэродинамическими коридорами для минимизации сопротивления среды;

• использование распределенных систем интеллектуального управления на базе искусственного интеллекта и цифровых двойников.

Актуальность работы обусловлена не только транспортным, но и технологическим значением. Развитие таких систем может предоставить долгосрочные преимущества в логистике, машиностроении и энергетике.

Целью данной работы является системное инженерное обоснование технологического фундамента маглев-систем шестого поколения. В рамках исследования решаются следующие задачи: раскрытие физики пассивной левитации на высокотемпературных сверхпроводниках с углубленным сравнительным анализом материалов и учетом явления ползучести потока; проектирование криогенных архитектур с детальным тепловым расчетом для вакуумной среды; моделирование аэродинамики низковакуумного тоннеля; синтез архитектуры распределенной системы управления на основе гибридного искусственного интеллекта.

Физические основы и эволюция левитационных технологий

Эффект Мейснера — вытеснение поля из сверхпроводника — дает отталкивание **[7]**. Однако для транспортных систем на

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № 23-29-00123. Автор выражает благодарность за содействие коллективам Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Научно-образовательного центра «Сверхпроводящие технологии в транспорте», Института физики твердого тела РАН, Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н. Е. Жуковского и Центра экономического моделирования транспорта.

Таблица 1. Сравнительный анализ перспективных высокотемпературных сверхпроводников для левитационных систем

Параметр	ReBCO (YBCO) — ленты второго поколения	BSCCO-2223 — ленты первого поколения	Значимость для маглев-систем
Плотность критического тока *Jc* при 77 К, 1 Тл	Более $1{\cdot}10^9$ А/м² (высокая)	Около $3{\cdot}10^8$ А/м² (умеренная)	Определяет максимальную левитационную силу
Угловая анизотропия *Jc*(θ)	Сильная (максимум при ориентации поля параллельно оси *c*)	Слабая (почти изотропна)	Влияет на стабильность при изменении ориентации поля в движении
Механическая прочность	Высокая (благодаря металлической подложке)	Низкая (хрупкая керамика)	Определяет стойкость к вибрациям и нагрузкам
Технология усиления *Jc*	Искусственные центры пиннинга (наноколонны $BaZrO_3$)	Радиационные дефекты, оптимизация текстуры	Возможность целенаправленного улучшения свойств
Стоимость производства	Высокая, но снижается	Умеренная	Влияет на экономическую жизнеспособность
Устойчивость термоциклированию	Хорошая	Ограниченная	Определяет долговечность при повторных охлаждениях

Таблица 2. Эволюция маглев-технологий

Поколение	Технический принцип	Максимальная скорость, км/ч	Ключевая характеристика	Критическое ограничение
Четвертое	Электродинамическая подвеска на низкотемпературных сверхпроводниках (Nb-Ti, жидкий He, 4,2 К)	430 (Шанхай)	Первая коммерческая высокоскоростная система	Высокие эксплуатационные затраты на гелиевую криогенику
Пятое	Электродинамическая подвеска на высокотемпературных сверхпроводниках (BSCCO, жидкий N_2, 77 К) с активным управлением	603 (Япония)	Переход на азотное охлаждение	Высокое аэродинамическое сопротивление (>85 % мощности тратится на его преодоление)
Шестое (проектируемое)	Гибридная подвеска: высокотемпературные сверхпроводники второго поколения (ReBCO с управляемым пиннингом) + пассивные магниты. Интеграция с вакуумной средой	1000+ (проект)	Пассивная стабильность за счет пиннинга, преодоление аэродинамического предела в вакууме	Стоимость материалов, вакуумная инфраструктура, системы управления

высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП) второго рода ($YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$) ключевую роль играет пиннинг (закрепление) вихрей Абрикосова на дефектах кристаллической решетки **[8–11]**. В режиме охлаждения в поле формируется «замороженная» конфигурация потока. В российской литературе детальный анализ этого дан в обзоре И. А. Руднева и И. В. Анищенко **[12]** и работах челябинской школы **[13]**.

Пиннинг обеспечивает пассивную трехмерную стабильность, гистерезис силовых характеристик, сверхпроводящую «память». При этом необходимо учитывать ползучесть потока (flux creep) — тепловую активацию вихрей **[14]**. В основе маглевов шестого поколения лежит управляемый пиннинг в ВТСП с искусственными дефектами.

При сравнении материалов (*табл. 1*) видно, что ленты второго поколения ReBCO (YBCO) имеют высокую плотность критического тока $Jc > 1{\cdot}10^9$ А/м² (77 К, 1 Тл) и механическую прочность, но сильную угловую анизотропию. BSCCO-2223 — $Jc \sim 3{\cdot}10^8$ А/м² — слабая анизотропия, но высокая хрупкость. ReBCO рассматривается в качестве основного кандидата **[15, 16]**. Анизотропию предлагается компенсировать чередующейся укладкой лент.

Практическая реализация требует поддержания температуры ниже критической. Для YBCO ($Tc \sim 92$ К) возможно использование жидкого азота (77 К) **[8, 17]**. В вакуумном тоннеле вследствие радиации и теплопроводности опор происходит приток тепла, что требует многослойной изоляции и экранов **[18]**. Перспективной представляется гибридная система на жидком водороде (20,3 К): охлаждение ВТСП до 30–40 К, а испаряющийся водород используется в топливных элементах **[19]**. Расчетное время безопасного останова при отказе охлаждения составляет 30–60 мин.

Технологическая эволюция маглев-технологий выглядит следующим образом (*табл. 2*):

• четвертое поколение — электродинамическая подвеска на низкотемпературных сверхпроводниках (Nb-Ti, жидкий He, 4,2 К), скорость 430 км/ч, ограничение — высокая стоимость гелиевой криогеники;

• пятое поколение — на ВТСП (BSCCO, жидкий N_2, 77 К) с активным управлением, скорость 603 км/ч, ограничение — аэродинамическое сопротивление (>85 % мощности);

• шестое поколение (проект) — ReBCO с управляемым пиннингом + вакуумная среда, скорость 1000+ км/ч, ограничения — стоимость материалов, вакуумная инфраструктура **[20]**.

Как видно из *табл. 1*, ленты второго поколения на основе ReBCO обладают преимуществом по сочетанию высокой плотности критического тока и механической прочности, что делает их основным кандидатом для применения **[15, 16]**. Однако их сильная угловая анизотропия требует специальных инженерных решений: укладки лент в модуле с чередующейся ориентацией или использования текстурированных буферных слоев.

Эффективность пиннинга характеризуется плотностью критического тока Jc — максимальным током без диссипации. Для транспортной левитации критически важна зависимость $Jc(B, T, \theta)$, где B — магнитная индукция, T — температура,

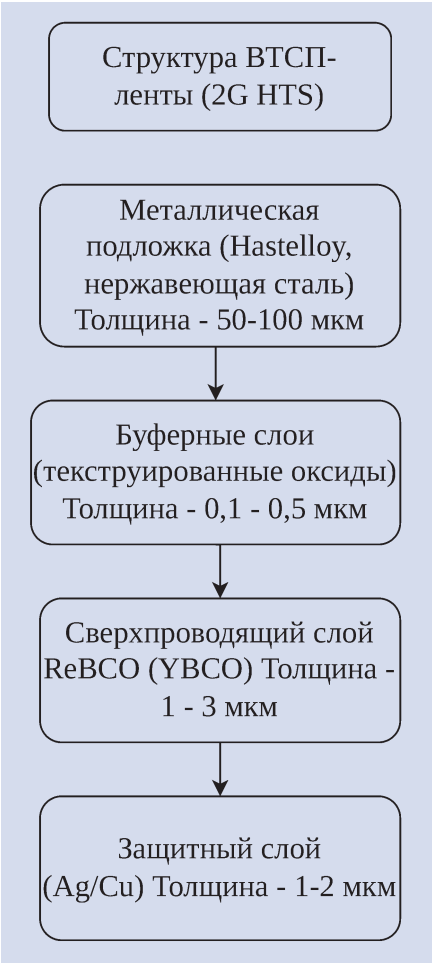


Рис. 1. Структура ВТСП-ленты второго поколения

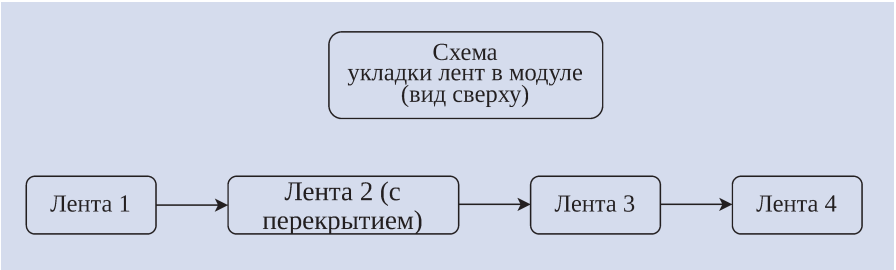


Рис. 2. Схема укладки лент в левитационном модуле

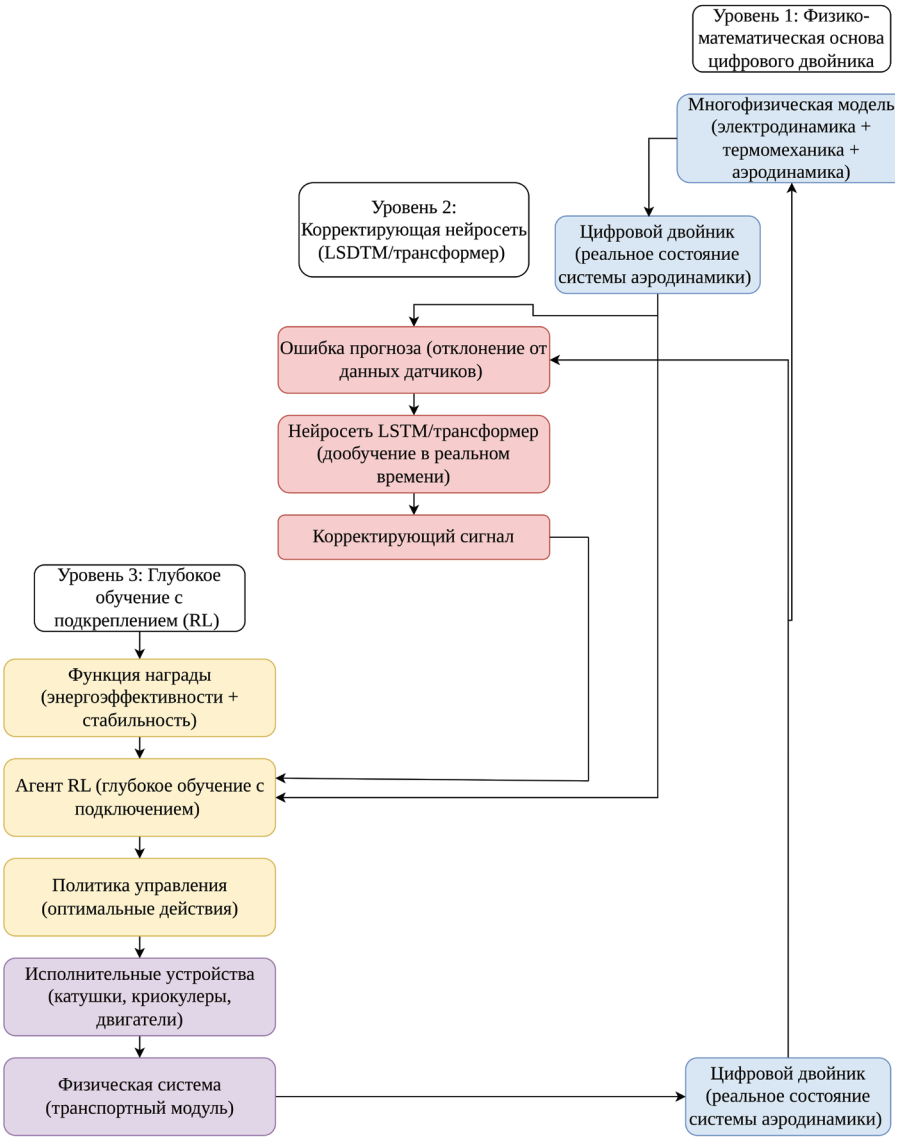


Рис. 3. Гибридная архитектура ИИ для управления динамикой магнитолевитационного транспорта

θ — угол ориентации поля. Левитационная жесткость системы прямо пропорциональна плотности критического тока и градиенту магнитного поля.

Практическая реализация требует поддержания ВТСП ниже критической температуры. Для YBCO (критическая температура около 92 К) открывается возможность использования жидкого азота (77 К), что дает ключевое экономическое преимущество перед гелиевыми системами **[8, 17]**. Однако криогенная система шестого поколения представляет собой высокоинтегрированную термодинамическую платформу. В условиях вакуумного тоннеля основной приток тепла в криостат при 20–30 К, как уже упоминалось, идет через радиационный теплообмен и теплопроводность опор, что требует многослойной вакуумной изоляции и тепловых экранов **[18]**.

Перспективной является концепция гибридной системы на жидком водороде (20,3 К) как универсального хладагента и топлива: ВТСП охлаждаются до 30–40 К, а испаряющийся водород используется в топливных элементах для выработки электроэнергии **[19]**. Криостаты проектируются с высокой тепловой массой для обеспечения времени безопасного останова при отказе охлаждения (не менее 30–60 мин).

Физический смысл перехода к шестому поколению, как показано в *табл. 2,* заключается в синергетическом решении двух основных проблем: переход к пассивной самостабилизирующейся левитации на основе управляемого пиннинга в ReBCO и движение в низковакуумной среде для кардинального снижения сопротивления **[20]**.

Ключевые компоненты и системная интеграция

Основой левитационной системы шестого поколения являются высокоинтегрированные модули из ВТСП-лент второго поколения. Каждый модуль представляет собой массив лент на основе ReBCO, нанесенных на металлическую подложку с буферными слоями. Ленты укладываются с перекрытием для обеспечения непрерывности пути вихревых токов и снижения анизотропии свойств (*рис. 1, 2*).

Ключевая физическая задача — создание и поддержание в этом массиве режима охлаждения в присутствии поля путевых постоянных магнитов (field cooling). При охлаждении ниже критической температуры в присутствии поля в объеме ВТСП «замораживается» строго определенная конфигурация магнитного потока, формируя жесткую магнитную связь «транспортное средство — путь» **[21]**. Путевая структура при этом упрощается до линии пассивных постоянных магнитов или ферромагнитных рельсов. Однако главный инженерный вызов заключается в обеспечении экстремальной однородности магнитного поля вдоль всего пути: допуски по индукции должны составлять менее 0,1 % на протяжении десятков километров.

Преодоление квадратичного роста аэродинамического сопротивления — ключ к скорости более 1000 км/ч. Решение заключается в движении в инженерном низковакуумном коридоре с давлением 100–1000 Па (0,1–1 % от атмосферного), что снижает силу лобового сопротивления на 2–3 порядка. Переход к вакуумной среде порождает три фундаментальных технологических вызова.

Во-первых, меняется режим течения газа: при рабочих давлениях число Кнудсена становится сравнимо с единицей, что соответствует переходному режиму и требует для корректного моделирования использования уравнения Больцмана или методов прямого статистического моделирования **[22]**.

Во-вторых, создание и поддержание вакуума в тоннелях большой протяженности требует применения распределенных вакуумных насосов. Перспективным решением здесь является сегментация тоннеля вакуумными шлюзами, позволяющая поддерживать рабочее давление только в занятых сегментах.

В-третьих, исключение конвективного теплообмена в вакууме требует новых подходов к тепловому менеджменту, включая использование лучистого теплообмена и кондуктивных шин для отвода тепла к корпусу **[23]**.

Сверхзвуковые скорости вкупе с вакуумной средой требуют принципиально новых систем управления — предиктивных, построенных на основе гибридных моделей искусственного интеллекта и цифровых двойников. Предлагается трехуровневая гибридная архитектура ИИ (*рис. 3*).

Первый уровень — физико-математическая модель цифрового двойника, описывающая электродинамику ВТСП, теплопередачу в вакууме и аэродинамику разреженного газа. Второй — корректирующая нейросеть (LSTM/трансформер), которая в реальном времени компенсирует отклонения прогнозов от данных датчиков, учитывая деградацию материалов и неучтенные факторы. Третий уровень — глубокое обучение с подкреплением (RL), которое на основе скорректированных данных вырабатывает оптимальные управляющие сигналы для достижения глобальных целей (минимизации энергозатрат, максимизации устойчивости и безопасности).

Такая архитектура обеспечивает надежность (физическая модель гарантирует работоспособность даже при отсутствии обучающих данных), адаптивность и оптимальность **[24]**. Система безопасности строится на принципе «отказоустойчивости через пассивную стабильность» и требует детального моделирования аварийных сценариев, таких как постепенная потеря охлаждения и электромагнитная совместимость в замкнутом тоннеле-волноводе.

Перспективы развития, барьеры и дорожная карта

Внедрение технологий шестого поколения может создать универсальную высокоскоростную платформу. Помимо пассажирских линий, где для дистанций 500–1500 км прогнозируется стоимость перевозки на 30–40 % ниже авиационной **[25]**, открываются специализированные ниши. Это магистрали для доставки грузов в автоматических вакуумных капсулах, создающие новый класс логистики со скоростью авиации и стоимостью, близкой к железной дороге.

Также это системы запуска космических аппаратов, где использование вакуумного маглев-разгонного участка позволяет по оценкам увеличить полезную нагрузку на 20–30 % **[26]**. Сам вакуумный транспортный коридор может служить уникальной исследовательской инфраструктурой для аэродинамических испытаний.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что ядро шестого поколения — это синергия трех фундаментальных принципов: пассивная самостабилизирующаяся левитация на основе эффекта пиннинга в ВТСП с искусственными дефектами; преодоление аэродинамического барьера за счет движения в низковакуумной среде; системная интеллектуализация на основе предиктивных цифровых двойников.

Для реализации этой парадигмы необходимо преодолеть ряд критических барьеров. Материаловедческий барьер заключается в необходимости снижения стоимости длинномерных лент второго поколения с высокой плотностью критического тока (более 10^9 А/м² при 30 К, 3 Тл) и сглаженной угловой зависимостью $Jc(\theta)$.

Инфраструктурно-энергетический барьер связан с высокими энергозатратами на создание и поддержание вакуума в тоннелях большой протяженности, что требует разработки эффективных вакуумных систем и схем сегментирования.

Барьер моделирования и безопасности требует создания верифицированных мультифизических моделей, а также разработки новых стандартов и регламентов для киберфизических транспортных систем, движущихся со сверхзвуковыми скоростями в замкнутом пространстве.

Для системного преодоления этих барьеров предлагается дорожная карта научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, представленная в *табл. 3*.

Таблица 3. Дорожная карта развития технологий маглев-технологий шестого поколения

Фаза	Период	Задачи	Ожидаемые результаты
1	0–3 года	Создание лабораторных образцов высокотемпературных сверхпроводников с целевыми параметрами; разработка прототипа криомодуля на жидком водороде; создание многофизической вычислительной платформы	Лабораторные образцы с $Jc > 5 \cdot 10^8$ А/м² при 77 К; верифицированные модели
2	3–7 лет	Изготовление полноразмерного левитационного модуля; строительство испытательного стенда (участок 3–5 км); комплексные испытания	Полноразмерный прототип; экспериментальные данные; предварительная сертификация
3	7–15 лет	Проектирование и строительство пилотной коммерческой линии (до 100 км); полная сертификация; запуск эксплуатации	Коммерчески viable система; отраслевые стандарты

Заключение

На основе проведенного анализа могут быть сформулированы следующие выводы.

Достижение проектных характеристик (скорость >1000 км/ч, энергоемкость <30 Вт·ч/пас.-км) для перспективных маглев-систем возможно только при комплексной реализации трех принципов: пассивной левитации на закрепленном магнитном потоке, движения в низковакуумной среде и интеллектуального управления. Каждый из этих элементов в отдельности не позволяет преодолеть ограничения существующих поколений.

Сравнительный анализ ВТСП-материалов показывает, что ленты второго поколения на основе ReBCO являются предпочтительным кандидатом для левитационных модулей благодаря сочетанию высокой плотности критического тока (Jc>1·10^9 А/м^2 при 77 К) и механической прочности. Для компенсации угловой анизотропии $Jc(\theta)$ предложены инженерные методы, включая укладку лент с чередующейся ориентацией. Отмечена необходимость учета ползучести потока при долговременной эксплуатации.

Предложена концепция использования жидкого водорода как универсального рабочего тела, обеспечивающего охлаждение ВТСП до 30–40 К и выработку электроэнергии в бортовых топливных элементах. Данное решение позволяет упростить бортовую энергетику и обеспечить время безопасного останова при отказах охлаждения не менее 30 мин.

Для корректного описания аэродинамики в низковакуумном тоннеле (100–1000 Па) показана необходимость перехода к методам прямого статистического моделирования (DSMC) ввиду роста числа Кнудсена. В области электродинамики обосновано применение модели критического состояния с учетом зависимостей $Jc(B, T, \theta)$.

Разработана трехуровневая гибридная архитектура искусственного интеллекта, сочетающая физически детерминированную модель (цифровой двойник), адаптивную нейросетевую коррекцию и обучение с подкреплением. Предложенная структура обеспечивает устойчивость к нештатным ситуациям и способность к самообучению. Принцип «отказоустойчивости через пассивную стабильность» положен в основу систем безопасности.

Предложенная поэтапная дорожная карта позволяет последовательно наращивать технологическую готовность и минимизировать риски при создании пилотных образцов и последующих коммерческих систем.

Дальнейшее развитие данного направления требует скоординированных исследовательских усилий, в том числе в области производства длинномерных ВТСП-лент, и создания специализированных испытательных стендов для отработки ключевых технологий. Т

Литература

1. Shanghai Maglev Transportation Development Co., Ltd. Technical Overview of the Shanghai Transrapid System. Shanghai, 2022. 156 p.
2. Central Japan Railway Company. The Technical Overview of the SCMaglev L0 Series. Tokyo: JR Central, 2023. 98 p.
3. Зайцев А. А. Магнитолевитационный транспорт: ответ на вызовы времени // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 1. С. 28–32.
4. Антонов Ю. Ф., Зайцев А. А., Морозова Е. И., Хозиков Ю. Ф. Технология «МагТранСити» в проекте «Санкт-Петербургский Маглев» // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. Вып. 4. С. 5–12.
5. Антонов Ю. Ф., Зайцев А. А. Магнитолевитационная транспортная технология / под ред. А. А. Зайцева. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. 612 с.
6. Ковалев Л. К., Ковалева Л. А., Ильин А. В. и др. Высокотемпературные сверхпроводящие магнитные подвесы для левитационного транспорта // Доклады Академии наук. 2016. Т. 468. № 4. С. 396–400.
7. Tinkham M. Introduction to Superconductivity. 2nd ed. Mineola: Dover Publications, 2004. 454 p.
8. Brandt E. H. Levitation in Physics // Science. 1989. Vol. 243. № 4889. P. 349–355.
9. Blatter G., Feigel'man M. V., Geshkenbein V. B. et al. Vortices in High-Temperature Superconductors // Reviews of Modern Physics. 1994. Vol. 66. № 4. P. 1125–1388.
10. Matsumoto K., Mele P. Artificial Pinning Centers in YBCO Coated Conductors // Superconductor Science and Technology. 2020. Vol. 33. № 4. Art. 043001.
11. Hull J. R., Cansiz A. Vertical and Lateral Forces Between a Permanent Magnet and a High-Temperature Superconductor // Journal of Applied Physics. 1999. Vol. 86. № 11. P. 6396–6404.
12. Руднев И. А., Анищенко И. В. Физические принципы создания магнитолевитационных систем на основе высокотемпературных сверхпроводящих композитов второго поколения (Обзор) // Журнал технической физики. 2021. Т. 91. Вып. 12. С. 1813–1847.
13. Фон Гратовски С. В., Шавров В. Г., Карпухин Д. А. Моделирование динамики высокотемпературного сверхпроводящего подвеса в транспортных системах // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование». 2019. Т. 12. № 3. С. 97–109.
14. Yeshurun Y., Malozemoff A. P., Shaulov A. Magnetic Relaxation in High-Tempe-rature Superconductors // Reviews of Modern Physics. 1996. Vol. 68. № 3. P. 911–949.
15. Foltyn S. R., Civale L., MacManus-Driscoll J. L. et al. Materials Science Challenges for High-Temperature Superconducting Wire // Nature Materials. 2007. Vol. 6. № 9. P. 631–642.
16. Obradors X., Puig T. Coated Conductors for Power Applications: Materials Challenges // Superconductor Science and Technology. 2014. Vol. 27. № 4. Art. 044003.
17. Barron R. F. Cryogenic Heat Transfer. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2018. 568 p.
18. Weisend J. G. Handbook of Cryogenic Engineering. Philadelphia: Taylor & Francis, 1998. 512 p.
19. Wang J., Li Y., Zhang M. A Closed-Cycle Cryogenic System for HTS Maglev Vehicles Using Liquid Hydrogen // Cryogenics. 2023. Vol. 130. Art. 103656.
20. Zhao Y., Wang L. From Transrapid to Hyperloop: The Generational Shift in Magnetic Levitation Transport // Journal of Advanced Transportation. 2024. Vol. 2024. Art. 8873125.
21. Durrell J. H., Dennis A. R., Shi Y. et al. The Superconducting Levitation of a Magnet Above a Superconductor // IEEE Transactions on Applied Superconductivity. 2018. Vol. 28. № 4. Art. 3601005.
22. Bird G. A. Molecular Gas Dynamics and the Direct Simulation of Gas Flows. Oxford: Clarendon Press, 1994. 458 p.
23. Opgenoord M. M. J., Caplan P. C. Aerodynamic Design of the Hyperloop Pod // Journal of Spacecraft and Rockets. 2021. Vol. 58. № 1. P. 252–264.
24. Liu W., Zhang Y., Chen X. A Digital Twin Framework for Predictive Maintenance of HTS Maglev Systems // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2023. Vol. 24. № 5. P. 4871–4883.
25. Levinson D. M. The Hyperloop Business Case Analysis // Transport Policy. 2020. Vol. 86. P. 1–10.
26. Andrews J., Davis E., Smith R. MagLev Launch Assist: A Cost-Benefit Analysis for Small Satellite Orbital Deployment // Acta Astronautica. 2022. Vol. 190. P. 1–12.

УДК 656.13

Экономическая и энергетическая эффективность эксплуатации автомобильного парка в условиях роста цен на автомобильное топливо



У. Т. Атамкулов,
канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортная логистика и технология сервиса» Ошского технологического университета (ОТУ), Киргизская Республика,



Б. М. Жоробеков,
канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация транспорта и устойчивая технология» ОТУ,



М. Т. Орозбаев,
доцент кафедры «Эксплуатация транспорта и устойчивая технология» ОТУ

Перманентное удорожание топливно-энергетических ресурсов делает более актуальной задачу уточнения оценки экономической и энергетической эффективности эксплуатации автомобилей для транспортных предприятий и органов управления в сфере транспорта.

Автомобильный транспорт играет ключевую роль в обеспечении социально-экономического развития регионов. При этом по данным Международного энергетического агентства транспортный сектор относится к числу наиболее энергоемких отраслей экономики и характеризуется высокой чувствительностью к изменению цен на энергетические ресурсы **[1, 2]**. Аналогичные выводы приводятся и в отечественных исследованиях, где подчеркивается существенное влияние эксплуатационных затрат на эффективность функционирования автомобильного транспорта **[3]**.

В последние годы наблюдается устойчивый рост стоимости автомобильного топлива, что приводит к увеличению эксплуатационных расходов транспортных организаций и снижению их экономической устойчивости. Данная проблема особенно актуальна для городских перевозок, где возможности изменения режимов эксплуатации и оптимизации пробега ограничены **[4, 5]**. В этих условиях возрастает необходимость количественной оценки влияния ценовых факторов на эксплуатационные показатели транспортных систем.

Вопросы повышения энергоэффективности автомобильного транспорта широко рассматриваются в научной литературе в контексте снижения энергопотребления, повышения устойчивости транспортных систем и сокращения экологической нагрузки **[6, 7]**. Российские исследования также подтверждают необходимость совершенствования подходов к управлению расходом топлива и эксплуатационными затратами транспортных предприятий **[8]**. Вместе с тем большинство работ ориентировано на макроэкономический уровень анализа, тогда как оценка чувствительности эксплуатационных затрат к изменению стоимости топлива на уровне городских транспортных организаций остается недостаточно проработанной **[9, 11]**.

С позиции устойчивого развития городской мобильности повышение энергоэффективности эксплуатации автомобильного парка рассматривается как одно из приоритетных направлений обеспечения энергетической безопасности и снижения экономических рисков транспортной отрасли **[10]**. В связи с этим актуальной научно-практической задачей является количественная оценка влияния изменения стоимости автомобильного топлива на эксплуатационные показатели транспортных организаций.

Таким образом, целью исследования является оценка экономической и энергетической эффективности эксплуатации автомобильного парка в условиях роста цен на автомобильное топливо на основе агрегированных данных городских перевозок. Научная новизна работы заключается в установлении зависимости удельных эксплуатационных затрат от стоимости автомобильного топлива с использованием расчетно-аналитического подхода применительно к условиям городской транспортной системы.

В исследовании применен расчетно-аналитический подход, позволяющий

количественно оценить влияние изменения стоимости автомобильного топлива на эксплуатационные показатели при сохранении сопоставимости исходных параметров **[6, 11]**.

Эмпирической основой работы послужили агрегированные эксплуатационные данные транспортных организаций, осуществляющих городские и пригородные перевозки в г. Ош Киргизской Республики. Использование усредненных показателей позволяет выявить общие закономерности изменения эксплуатационных затрат в условиях изменения ценовых факторов. В качестве исходных параметров приняты следующие значения: среднегодовой пробег транспортного средства — 40000 км, нормативный расход автомобильного топлива — 25 л/100 км, стоимость топлива — переменный параметр исследования.

Годовой расход автомобильного топлива определяется по формуле

$$Q = (Lq)/100,$$

где Q — годовой расход топлива, л;

L — годовой пробег транспортного средства, км;

q — нормативный расход топлива, л/100 км.

Годовые затраты на топливо рассчитываются следующим образом:

$$C = QP,$$

где C — годовые затраты на топливо;

P — стоимость топлива, усл. ед./л.

Для оценки экономической эффективности эксплуатации используется показатель удельных эксплуатационных затрат:

$$c = C/L.$$

Применение данного подхода позволяет определить чувствительность эксплуатационных затрат к изменению стоимости автомобильного топлива и установить характер зависимости между исследуемыми параметрами. Достоверность результатов обеспечивается использованием

Расчетные значения удельных эксплуатационных затрат в зависимости от стоимости автомобильного топлива

Стоимость топлива, сом/л	Годовые затраты, сом	Удельные затраты, сом/км
60	600000	15,0
70	700000	17,5
80	800000	20,0
90	900000	22,5

нормативных эксплуатационных показателей и общепринятых расчетных методов оценки эффективности эксплуатации автомобильного транспорта **[9, 10]**.

Следует отметить, что проведенное исследование основано на использовании усредненных эксплуатационных показателей, что позволяет выявить общие тенденции изменения затрат, однако не учитывает индивидуальные особенности эксплуатации конкретных транспортных средств. В частности, в расчетах не рассматриваются различия в техническом состоянии подвижного состава, стиле вождения, сезонных условиях эксплуатации и степени загрузки транспортных средств, которые могут оказывать дополнительное влияние на расход топлива и уровень эксплуатационных затрат **[9, 11]**.

Кроме того, используемый расчетно-аналитический подход предполагает стабильность эксплуатационных условий и нормативных параметров, что соответствует практике инженерно-экономических исследований в области автомобильного транспорта **[6]**. В реальных условиях эксплуатации возможны отклонения от нормативных значений расхода топлива, связанные с изменением дорожной инфраструктуры, интенсивности движения и организационных факторов управления перевозками **[10]**.

Таким образом, полученные результаты отражают общие закономерности влияния стоимости автомобильного топлива на эксплуатационные затраты и могут быть использованы в качестве базовой модели для дальнейшего расширения исследования с учетом дополнительных факторов и более детализированных эксплуатационных данных.

На основе принятой методики определены показатели эксплуатационных затрат автомобильного транспорта при различных значениях стоимости топлива. При среднегодовом пробеге транспортного средства 40000 км и нормативном расходе топлива 25 л/100 км годовой объем его потребления составляет 10000 л. Полученные расчеты позволяют оценить влияние изменения стоимости топлива на величину эксплуатационных расходов и определить характер зависимости между рассматриваемыми параметрами **[6, 11]**.

При стоимости автомобильного топлива 80 усл. ед./л годовые расходы составляют 800000 усл. ед., что соответствует удельным эксплуатационным затратам 20 усл. ед./км. Аналогичные расчеты выполнены для других значений стоимости топлива, что позволило сформировать расчетную зависимость эксплуатационных затрат от ценового фактора (см. *таблицу*).

Анализ табличных данных показывает, что увеличение стоимости топлива сопровождается пропорциональным ростом удельных эксплуатационных затрат. Для отображения полученной зависимости выполнена графическая интерпретация результатов исследования (*рис. 1*).

Представленная графическая зависимость подтверждает линейный характер изменения удельных эксплуатационных затрат при росте стоимости автомобиль-

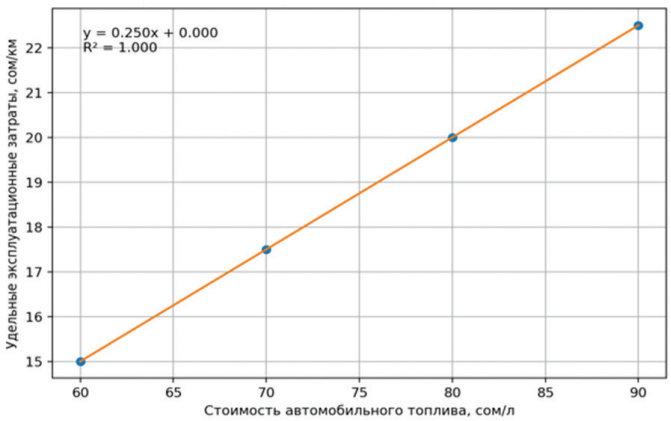


Рис. 1. Зависимость удельных эксплуатационных затрат от стоимости автомобильного топлива

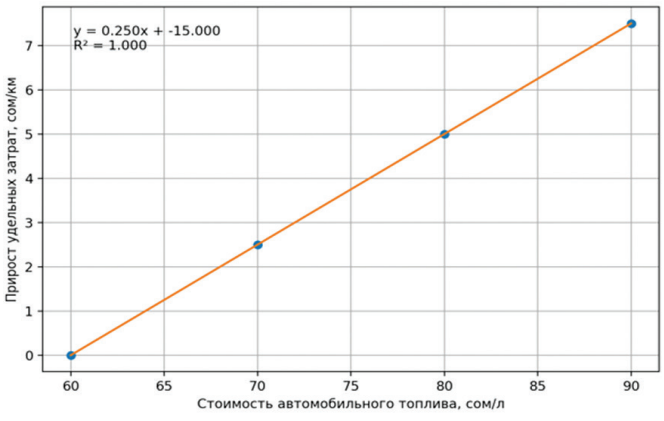


Рис. 2. Изменение удельных эксплуатационных затрат при росте стоимости автомобильного топлива.

ного топлива. Значение коэффициента детерминации R^2, близкое к единице, свидетельствует о высокой степени линейной зависимости между рассматриваемыми параметрами **[1, 2]**. Для оценки динамики изменения эксплуатационных затрат при росте стоимости автомобильного топлива построена дополнительная зависимость, отражающая прирост удельных затрат (*рис. 2*).

Анализ графика показывает устойчивый рост удельных затрат при увеличении стоимости топлива. Полученные результаты подтверждают высокую чувствительность эксплуатационных расходов к изменению ценового фактора и позволяют использовать выявленную зависимость для прогнозирования затрат транспортных организаций **[3]**.

Таким образом, результаты исследования демонстрируют наличие выраженной линейной зависимости между стоимостью автомобильного топлива и уровнем эксплуатационных затрат, что подтверждает значимость топливной составляющей в структуре расходов автомобильного транспорта и определяет необходимость дальнейшего анализа полученных результатов.

Результаты позволяют количественно оценить влияние стоимости автомобильного топлива на эксплуатационные показатели транспортных организаций. Выявленная линейная зависимость между рассматриваемыми параметрами требует дальнейшего анализа с позиции экономической устойчивости и энергетической эффективности эксплуатации автомобильного транспорта.

Анализ результатов показывает, что даже незначительное изменение стоимости автомобильного топлива приводит к заметному росту затрат на единицу пробега. Это обусловлено тем, что в условиях городской эксплуатации возможности компенсации роста затрат за счет изменения эксплуатационных режимов ограничены стабильностью транспортного спроса, фиксированными маршрутами движения и ограниченными резервами снижения пробега **[3, 9]**. Следовательно, транспортные организации оказываются в условиях высокой зависимости от внешних энергетических факторов.

Полученные данные также подтверждают результаты исследований, посвященных вопросам энергоэффективности транспортных систем, в которых подчеркивается необходимость перехода от пассивного реагирования на рост цен к активным мерам управления эксплуатационными расходами **[4, 5]**. В частности, особое значение приобретают организационно-технические мероприятия, направленные на оптимизацию расхода автомобильного топлива, совершенствование технического обслуживания подвижного состава и повышение эффективности управления транспортными потоками **[10]**.

С позиции экономической устойчивости транспортных предприятий выявленная линейная зависимость может рассматриваться как инструмент прогнозирования и стратегического планирования эксплуатационных затрат. Использование подобных расчетных зависимостей позволяет оценивать возможные экономические риски при изменении стоимости автомобильного топлива и формировать более устойчивые модели управления эксплуатационной деятельностью **[6, 11]**.

Полученные результаты имеют важное значение для оценки энергетической безопасности городских транспортных систем. Снижение удельных затрат топлива за счет повышения эксплуатационной энергоэффективности позволяет не только уменьшить финансовую нагрузку на транспортные организации, но и снизить зависимость транспортной отрасли от колебаний энергетических рынков, что соответствует современным международным подходам к развитию устойчивой городской мобильности **[7]**.

Проведенный анализ подтверждает необходимость комплексного подхода к управлению эксплуатационными затратами автомобильного транспорта, включающего как технические меры повышения энергоэффективности, так и экономические инструменты планирования расходов. Полученные результаты могут служить основой для разработки практических мероприятий, направленных на снижение влияния роста стоимости автомобильного топлива на деятельность транспортных организаций.

На основе проведенного исследования можно сформулировать ряд практических рекомендаций, направленных на повышение экономической и энергетической эффективности эксплуатации автомобильного транспорта в условиях роста стоимости автомобильного топлива.

Во-первых, при планировании деятельности транспортных организаций целесообразно учитывать выявленную линейную зависимость между стоимостью автомобильного топлива и удельными эксплуатационными затратами. Это позволяет точнее прогнозировать расходы и снижать экономические риски, связанные с изменением ценовой конъюнктуры энергетического рынка.

Во-вторых, важным направлением повышения эффективности эксплуатации является реализация мероприятий, направленных на снижение расхода автомобильного топлива, включая оптимизацию маршрутов движения, совершенствование графиков перевозок и повышение технической исправности подвижного состава **[9, 10]**.

Полученные расчетные зависимости могут использоваться при разработке программ энергосбережения и стратегий управления городскими транспортными системами, ориентированных на повышение устойчивости транспортных организаций в условиях нестабильности энергетических рынков **[7]**.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением расчетной модели за счет учета различных типов автомобильного транспорта, особенностей реальных режимов эксплуатации, сезонных факторов и уровня транспортной загрузки. В дальнейшем целесообразно проведение исследований на основе детализированных эксплуатационных данных, что позволит повысить точность оценки экономической и энергетической эффективности автомобильного транспорта и расширить возможности практического применения полученных результатов. Т

Литература

1. International Energy Agency. Energy Efficiency 2023. Paris: International Energy Agency, 2023. 126 p.
2. International Energy Agency. The Future of Trucks: Implications for Energy and the Environment. Paris: OECD/IEA, 2017. 164 p.
3. Горев А. Э. Экономика автомобильного транспорта. М.: Академия, 2018. 289 с.
4. Sorrell S., Dimitropoulos J., Sommerville M. Empirical estimates of the direct rebound effect: A review // Energy Policy. 2009. Vol. 37. № 4. P. 1356–1371.
5. Ларионов В. Г. Организация и управление автомобильными перевозками. М.: Транспорт, 2019. 312 с.
6. Schwanen T., Banister D., Anable J. Scientific research about climate change mitigation in transport // Transportation Research Part A. 2011. Vol. 45. P. 993–1006.
7. Creutzig F., Baiocchic G., Bierkandt R. et al. Urban energy use and carbon mitigation potentials // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2015. Vol. 112. № 20. P. 6283–6288.
8. Котляренко С. П. Энергоэффективность автомобильного транспорта в условиях роста цен на топливо // Автомобильная промышленность. 2020. № 4. С. 25–30.
9. Urban Transport and Energy Efficiency. Bonn: GIZ, 2024. 88 p.
10. A Handbook on Sustainable Urban Mobility and Spatial Planning. Geneva: United Nations, 2022. 234 p.
11. Сидоров Н. А. Методы оценки эксплуатационных затрат автомобильного транспорта // Вестник транспорта. 2019. № 7. С. 34–39.

Ольга В. Тарасова, канд. экон. наук, заведующий отделом Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН, доцент Новосибирского национального исследовательского государственного университета (НГУ),

Софья Д. Кучерова, студент НГУ.

Моделирование и оценка конкурентоспособности проекта «Северный широтный ход» // **Транспорт РФ.** — 2026. — № 4 (125). — С. 3–6.

Выполнено моделирование проекта «Северный широтный ход», которое учитывает перспективные грузопотоки, а также неопределенности тарифов и пропускных способностей новых участков. Представлены условия, при которых Северный широтный ход становится экономически привлекательным для грузоотправителей, перераспределяя значительные объемы грузопотока с Транссиба и БАМа на арктическое направление.

Ключевые слова: Северный широтный ход, транспортное моделирование, МИКС-ПРОСТОР, конкурентоспособность маршрута, грузопотоки, пропускная способность, тарифы

Контакты: tarasova.o.vl@gmail.com

Максим В. Фомин, канд. полит. наук, ведущий научный сотрудник Института Китая и современной Азии РАН.

Проект «Единая река — Единый путь» // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 7–9.

Рассмотрены перспективы реализации проекта «Единая река — Единый путь» — инициативу по развитию трансграничных грузоперевозок по реке Иртыш с целью создания мультимодального логистического коридора между Россией, Казахстаном и Китаем. Показана практическая значимость проекта. Проанализированы трудности его осуществления.

Ключевые слова: Иртыш, Омск, Павлодар, порт, Северный морской путь, Трансарктический транспортный коридор, мультимодальный логистический коридор

Контакты: mvfomin@mail.ru

Наталья С. Лебедева, старший преподаватель кафедры иностранных языков Государственного морского университета им. адм. Ф. Ф. Ушакова (ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова),

Лилия В. Асилян, старший преподаватель кафедры теории и истории государства и права ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова.

Влияние правовых и этических норм на формирование профессиональной речи моряка // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 10–14.

Рассматриваются ключевые международные документы, регулирующие речевую и профессиональную деятельность моряков, а также их роль в обеспечении безопасности судоходства и юридической ответственности. Особое внимание уделяется методическим подходам, позволяющим интегрировать правовые и этические аспекты в образовательный процесс.

Ключевые слова: профессиональная речь моряка, правовые нормы, этика, морской английский, образовательный процесс, коммуникативная компетенция

Контакты: liliyaasilyan95@bk.ru

Низами У. Гюлев, д-р техн. наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин и технологии конструкционных материалов Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джамбулатова, профессор кафедры автомобильного транспорта Прикаспийского межрегионального института — филиала Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).

Особенности влияния темперамента водителя на безопасность дорожного движения // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 15–17.

Выявлены закономерности изменения времени реакции для водителей старшего возраста двух типов темпераментов: холерика и меланхолика. Установлено, что дорожные заторы продолжительностью более шести минут в зависимости от состояния водителя приводят к концу затора к повышению времени реакции холерика от 0,11 до 0,52 с, а у меланхолика — от 0,07 до 0,1 с. Полученные результаты позволяют сопоставлять различные альтернативные варианты и схемы заторных ситуаций для повышения безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: темперамент, дорожный затор, время реакции, уровень утомления, безопасность движения

Контакты: ngulev2@gmail.com

Константин К. Ким, д-р техн. наук, заведующий кафедрой теоретических основ электротехники и энергетики Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),

Михаил Ю. Изварин, канд. техн. наук, доцент кафедры теоретических основ электротехники и энергетики ПГУПС.

Прогнозирование предельной протяженности высокоскоростных магистралей с учетом опыта Франции // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 18–21.

Для проверки гипотезы о предельной протяженности высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ) использовалась аппроксимация кривой роста протяженности с помощью полинома или экспоненты. В случае полинома время до остановки роста протяженности сети ВСМ во Франции на рубеже 3490 км составляет 87 лет с постоянной времени, равной 29 годам. При аппроксимации экспонентой постоянная времени составляет 32–35 лет, а сеть ВСМ полностью сформируется к 2080–2086 гг.

Ключевые слова: высокоскоростные железнодорожные магистрали, Франция, электрическая тяга, протяженность, аппроксимация, полином, экспонента

Контакты: kimkk@inbox.ru

Андрей Р. Михайленко, аспирант кафедры производственного менеджмента Луганского государственного университета имени Владимира Даля (ЛГУ им. В. Даля),

Александр В. Родионов, д-р экон. наук, заведующий кафедрой производственного менеджмента ЛГУ им. В. Даля.

Оптимизация параметров технической безопасности в контексте экологизации логистической деятельности предприятий // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 18–21.

Проведен анализ актуальных методик прецизионной настройки техногенной безопасности логистических предприятий в условиях мировой тенденции к «зеленым» цепям поставок. Показано, что прогрессивный рост надежности и отказоустойчивости инженерных систем линейно снижает антропогенное давление на биосферу и способствует минимизации совокупного углеродного следа компании. Выполнена детальная идентификация ключевых техногенных и операционных рисков, определяющих устойчивость транспортно-складских операций.

Ключевые слова: безопасность, оптимизация, экологизация, логистика, техническая, параметры, надежность, риски, устойчивость, предприятия, управление, воздействие

Контакты: inemzi01@yandex.ru

Сергей А. Никищенков, д-р техн. наук, главный научный сотрудник Института управления и экономики Приволжского государственного университета путей сообщения.

Формализация, схематизация и диагностика конкуренций в железнодорожных технологических процессах // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 25–28.

Рассмотрены вопросы моделирования и диагностики конкуренционных зависимостей и конфликтов в многооперационных технологических процессах. Приведены примеры, причины возникновения, последствия и варианты классификации конкуренционных зависимостей. Предложена расширенная теорема о параллелизме операций и ее диагностическая интерпретация. Обоснованы основные принципы и методика моделирования и диагностики конкуренций на основе операторных схем.

Ключевые слова: многооперационные процессы, конкуренционная зависимость, параллелизм, формализация, конфликты, дефекты, операторные схемы, диагностика

Контакты: nikishchenkovs@samgups.ru

Ольга Ю. Булатова, канд. техн. наук, доцент кафедры организации перевозок и дорожного движения Донского государственного технического университета (ДГТУ),

Ли Синьтун, магистрант ДГТУ.

Оценка готовности населения к использованию беспилотных транспортных услуг (на примере г. Цзинань, КНР) // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 29–33.

Рассматривается методология оценки готовности населения к использованию беспилотных транспортных услуг на примере г. Цзинань (КНР). Данная методология включает в себя подходы к сбору данных, анализу социально-демографических факторов, имеющих критическое влияние на принятие решения об использовании транспортных услуг, осуществляемых беспилотными транспортными средствами. Также применяются методы логистической регрессии и кластерного анализа для категоризации респондентов.

Ключевые слова: транспортные услуги, беспилотные транспортные средства, транспортное обслуживание населения, интеллектуальные транспортные системы, умный город

Контакты: mip.rnd@yandex.ru

Владимир Н. Ложкин, д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России имени героя РФ генерала армии Е. Н. Зиничева.

Контроль опасного загрязнения воздуха поллютантами и парниковыми газами городским транспортом в Санкт-Петербурге по критериям наносимого ущерба // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 34–38.

Исследуется вопрос контроля чрезвычайных ситуаций опасного воздействия отработавших газов транспорта на условия жизнедеятельности населения Санкт-Петербурга. Контроль осуществляется по критериям ожидаемых «некомпенсируемых издержек» с помощью оригинальных моделей и алгоритмов расчета, адаптированных к реальным состояниям эксплуатируемого транспорта и финансово-демографической социальной среды.

Ключевые слова: экология, отработавшие газы, некомпенсируемые издержки, загрязнение воздуха

Контакты: vnlojkin@yandex.ru

Матвей А. Анисимов, студент Санкт-Петербургского государственного экономического университета (СПбГЭУ),

Дарья Ф. Дмитриева, студент СПбГЭУ,

Вячеслав Д. Крутов, студент СПбГЭУ,

Полина М. Фокеева, студент СПбГЭУ.

Формирование индивидуальных компетентностно-ориентированных траекторий развития сотрудников ОАО «РЖД» с использованием интеллектуальных агентов // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 39–46.

Устойчивость современной крупной транспортно-логистической компании в условиях выраженной турбулентности внешней среды в значительной степени определяется стабильным функционированием и развитием внутренних элементов, формирующих ресурсную базу компании. Ключевую роль в структуре ресурсного обеспечения деятельности транспортно-логистической компании приобретает ее кадровый потенциал, создание условий для реализации которого должно основываться на применении современных подходов и технологий работы с персоналом, интеллектуализации управления, совершенствовании процессов и инструментов развития сотрудников внутри компании.

Ключевые слова: ИИ-агенты, компетентностный профиль, HR-цикл, транспортно-логистическая компания

Контакты: shul-tatiana@yandex.com

Вячеслав В. Епифанов, д-р техн. наук, профессор кафедры автомобилей Ульяновского государственного технического университета (УГТУ),

Елена Н. Никитина, аспирант кафедры управления в технических системах УГТУ.

Обоснование показателей качества системы функционирования беспилотных автомобилей // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 47–49.

Отмечены преимущества беспилотных автотранспортных средств. Выделены проблемы их внедрения и использования, проблема отсутствия системного подхода к созданию системы функционирования беспилотных автомобилей, которая должна состоять из подсистем управления, беспилотного автотранспортного средства, транспортно-цифровой инфраструктуры и внешней среды. Обоснованы показатели качества транспортных услуг в системе беспилотного транспорта.

Ключевые слова: беспилотное автотранспортное средство, показатели, система, качество, среда

Контакты: v.epifanov73@mail.ru

Леонид А. Баранов, д-р техн. наук, заведующий кафедрой управления и защиты информации Российского университета транспорта (МИИТ) (РУТ (МИИТ)),

Ефим Н. Розенберг, д-р техн. наук, первый заместитель генерального директора АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»),

Вячеслав Г. Новиков, канд. техн. наук, доцент кафедры управления и защиты информации РУТ (МИИТ),

Алексей В. Озеров, начальник Международного управления — начальник Центра управления интеллектуальной собственностью АО «НИИАС».

Анализ длины виртуальной сцепки для грузовых поездов // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 50–55.

Рассматривается возможность реализации технологии «виртуальная сцепка», показывается перспективность использования этой технологии в системе мероприятий по повышению пропускной и провозной способности линий. Определяется длина виртуальной сцепки в условиях наличия погрешности позиционирования поездов, измерения величины скорости, времени задержки передачи информации между поездами. Получена зависимость длины виртуальной сцепки от скорости движения поездов, рассмотрены вопросы безопасности системы при конечной надежности технических средств.

Ключевые слова: безопасность движения поездов, цифровой радиоканал, виртуальная сцепка, пропускная способность, управление движением поездов

Контакты: baranov.miit@gmail.com

Ирина Г. Куклина, канд. техн. наук, доцент кафедры информационных систем и технологий Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета.

Анализ вибронагруженности длиннобазных винтовых роторов акустическими методами с целью повышения срока службы транспортно-технологических средств // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 56–58.

Цель исследования — подготовка экспериментальной экспертизы определения характеристик вибронагруженности длиннобазных винтовых роторов без необходимости проведения демонтажа с применением ультразвукового фазового преобразователя. Методологический подход представлен междисциплинарной научной моделью — сочетанием способов системного анализа к осуществлению контроля за уровнем вибрации длиннобазных винтовых роторов.

Ключевые слова: вибрация, длиннобазные винтовые роторы, роторно-винтовой вездеход, снегоуборочная техника, вибронагруженность агрегатов, ультразвуковой фазовый преобразователь, колебательные нагрузки

Контакты: igkuklina@yandex.ru

Дмитрий О. Шкондин, студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Магнитолевитационные транспортные системы шестого поколения: основы сверхпроводящей левитации и перспективы развития // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 59–63.

Обосновывается технологическая парадигма магнитолевитационного транспорта шестого поколения. Выявлено ее ядро как синергия трех фундаментальных принципов: использование пассивно-устойчивой левитации на основе управляемого пиннинга вихрей магнитного потока в высокотемпературных сверхпроводниках второго рода; преодоление аэродинамического барьера за счет движения в инженерной низковакуумной среде; интеллектуальное управление на основе предиктивных цифровых двойников и гибридных архитектур искусственного интеллекта.

Ключевые слова: магнитная левитация, высокотемпературные сверхпроводники, пиннинг магнитного потока, низковакуумный транспортный коридор, цифровой двойник, гибридная криогенная платформа, многофизическое моделирование

Контакты: shkondin.dmitry@yandex.ru

Улан Т. Атамкулов, канд. техн. наук, доцент кафедры транспортной логистики и технологии сервиса Ошского технологического университета (ОТУ), Киргизская Республика,

Бектур М. Жоробеков, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации транспорта и устойчивой технологии ОТУ,

Мураталы Т. Орозбаев, доцент кафедры эксплуатации транспорта и устойчивой технологии ОТУ.

Экономическая и энергетическая эффективность эксплуатации автомобильного парка в условиях роста цен на автомобильное топливо // Транспорт РФ. — 2026. — № 4 (125). — С. 64–66.

Целью исследования является количественная оценка влияния изменения стоимости автомобильного топлива на эксплуатационные затраты автомобильного парка на основе агрегированных данных транспортных организаций г. Ош (Киргизская Республика). Применен расчетно-аналитический подход, основанный на анализе пробега, нормативного расхода топлива и структуры эксплуатационных затрат. Установлена линейная зависимость удельных эксплуатационных расходов от стоимости топлива.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, энергоэффективность, эксплуатационные затраты, автомобильное топливо, энергетическая безопасность

Контакты: aut75@rambler.ru

Olga V. Tarasova, Cand. Sci. (Econ.), Head of Department, Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Associate Professor, Novosibirsk National Research State University (NSU),

Sofya D. Kucherova, Student, NSU.

Modelling and assessment of the competitiveness of the Northern Latitudinal Railway project // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 3–6.

Modelling of the Northern Latitudinal Railway project has been carried out, taking into account prospective freight flows as well as uncertainties in tariffs and in the capacity of the new sections. The paper presents the conditions under which the Northern Latitudinal Railway becomes economically attractive for shippers, redistributing significant volumes of freight traffic from the Trans-Siberian and Baikal–Amur Mainlines to the Arctic direction.

Keywords: Northern Latitudinal Railway, transport modelling, MIKS-PROSTOR, route competitiveness, freight flows, capacity, tariffs

Contacts: tarasova.o.vl@gmail.com

Maxim V. Fomin, Cand. Sci. (Polit.), Leading Researcher, Institute of China and Contemporary Asia of the Russian Academy of Sciences.

The "One River — One Route" project // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P.7–9.

The paper examines the prospects for implementing the "One River — One Route" project, an initiative to develop cross-border freight transport along the Irtysh River with the aim of creating a multimodal logistics corridor between Russia, Kazakhstan and China. The practical significance of the project is demonstrated. The difficulties of its implementation are analysed.

Keywords: Irtysh, Omsk, Pavlodar, port, Northern Sea Route, Trans-Arctic Transport Corridor, multimodal logistics corridor

Contacts: mvfomin@mail.ru

Natalya S. Lebedeva, Senior Lecturer, Department of Foreign Languages, Admiral F. F. Ushakov State Maritime University (Admiral Ushakov SMU),

Liliya V. Asilyan, Senior Lecturer, Department of Theory and History of State and Law, Admiral Ushakov SMU.

The influence of legal and ethical norms on the formation of a seafarer's professional speech // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 10–14.

The paper considers the key international instruments governing the verbal and professional activity of seafarers, as well as their role in ensuring the safety of navigation and legal liability. Particular attention is paid to methodological approaches that make it possible to integrate legal and ethical aspects into the educational process.

Keywords: seafarer's professional speech, legal norms, ethics, Maritime English, educational process, communicative competence

Contacts: liliyaasilyan95@bk.ru

Nizami U. Gyulev, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Agricultural Machinery and Structural Materials Technology, M. M. Dzhambulatov Dagestan State Agrarian University; Professor, Department of Motor Transport, Caspian Interregional Institute — branch of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI).

Specific features of the influence of a driver's temperament on road traffic safety // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 15–17.

Patterns of change in reaction time have been identified for older drivers of two temperament types: choleric and melancholic. It has been established that traffic congestion lasting more than six minutes leads, depending on the driver's condition, to an increase in reaction time by the end of the congestion from 0.11 to 0.52 s for a choleric driver and from 0.07 to 0.1 s for a melancholic driver. The results obtained make it possible to compare various alternative options and configurations of congestion situations in order to improve road traffic safety.

Keywords: temperament, traffic congestion, reaction time, fatigue level, traffic safety

Contacts: ngulev2@gmail.com

Konstantin K. Kim, Dr. Sci. (Eng.), Head of the Department of Theoretical Foundations of Electrical and Power Engineering, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS),

Mikhail Yu. Izvarin, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Theoretical Foundations of Electrical and Power Engineering, PGUPS.

Forecasting the ultimate length of high-speed railway lines with account for the experience of France // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 18–21.

To test the hypothesis of an ultimate length of high-speed railway lines (HSR), the growth curve of the network length was approximated by a polynomial or an exponential function. In the case of the polynomial, the time until growth of the French HSR network halts at the threshold of 3,490 km is 87 years, with a time constant of 29 years. With exponential approximation, the time constant is 32–35 years, and the HSR network will be fully formed by 2080–2086.

Keywords: high-speed railway lines, France, electric traction, length, approximation, polynomial, exponential function

Contacts: kimkk@inbox.ru

Andrey R. Mikhaylenko, Postgraduate Student, Department of Production Management, Vladimir Dahl Lugansk State University (Dahl LSU),

Alexander V. Rodionov, Dr. Sci. (Econ.), Head of the Department of Production Management, Dahl LSU.

Optimisation of technical safety parameters in the context of greening the logistics activities of enterprises // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 22–24.

An analysis has been carried out of current methods for the precision tuning of technogenic safety at logistics enterprises under the global trend towards "green" supply chains. It is shown that a progressive increase in the reliability and fault tolerance of engineering systems linearly reduces anthropogenic pressure on the biosphere and helps to minimise the company's overall carbon footprint. A detailed identification has been performed of the key technogenic and operational risks that determine the resilience of transport and warehouse operations.

Keywords: safety, optimisation, greening, logistics, technical, parameters, reliability, risks, resilience, enterprises, management, impact

Contacts: inemzi01@yandex.ru

Sergey A. Nikishchenkov, Dr. Sci. (Eng.), Chief Researcher, Institute of Management and Economics, Volga Region State University of Railway Transport.

Formalisation, schematisation and diagnostics of contentions in railway technological processes // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 25–28.

The paper addresses the modelling and diagnostics of contention dependencies and conflicts in multi-operation technological processes. Examples, causes, consequences and classification options for contention dependencies are given. An extended theorem on the parallelism of operations and its diagnostic interpretation are proposed. The basic principles and the methodology for modelling and diagnosing contentions on the basis of operator schemes are substantiated.

Keywords: multi-operation processes, contention dependency, parallelism, formalisation, conflicts, defects, operator schemes, diagnostics

Contacts: nikishchenkovs@samgups.ru

Olga Yu. Bulatova, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Transportation and Traffic Management, Don State Technical University (DSTU),

Li Xintong, Master's Student, DSTU.

Assessment of public readiness to use driverless transport services (a case study of Jinan, China) // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 29–33.

The paper considers a methodology for assessing the readiness of the population to use driverless transport services, taking the city of Jinan (China) as an example. The methodology comprises approaches to data collection and to the analysis of socio-demographic factors that have a critical influence on the decision to use transport services provided by unmanned vehicles. Logistic regression and cluster analysis methods are also applied to categorise respondents.

Keywords: transport services, unmanned vehicles, transport services for the population, intelligent transport systems, smart city

Contacts: mip.rnd@yandex.ru

Vladimir N. Lozhkin, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Fire, Emergency Rescue Equipment and Vehicle Maintenance, Saint Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia named after Hero of the Russian Federation Army General E. N. Zinichev.

Monitoring of hazardous air pollution with pollutants and greenhouse gases from urban transport in St. Petersburg according to damage criteria // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 34–38.

The paper studies the monitoring of emergency situations involving the hazardous impact of transport exhaust gases on the living conditions of the population of St. Petersburg. Monitoring is carried out according to the criteria of expected "non-compensated costs" using original models and calculation algorithms adapted to the actual condition of the vehicles in operation and to the financial, demographic and social environment.

Keywords: ecology, exhaust gases, non-compensated costs, air pollution

Contacts: vnlojkin@yandex.ru

Matvey A. Anisimov, Student, Saint Petersburg State University of Economics (SPbSUE),

Darya F. Dmitrieva, Student, SPbSUE,

Vyacheslav D. Krutov, Student, SPbSUE,

Polina M. Fokeeva, Student, SPbSUE.

Formation of individual competency-oriented development paths for employees of JSC Russian Railways using intelligent agents // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 39–46.

The resilience of a modern large transport and logistics company amid pronounced turbulence of the external environment is largely determined by the stable functioning and development of the internal elements that form the company's resource base. A key role in the structure of resource support for the activities of a transport and logistics company is played by its human resource potential; creating the conditions for realising this potential should be based on the application of modern approaches and technologies for working with personnel, on the intellectualisation of management, and on the improvement of processes and tools for employee development within the company.

Keywords: AI agents, competency profile, HR cycle, transport and logistics company

Contacts: shul-tatiana@yandex.com

Vyacheslav V. Epifanov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Automobiles, Ulyanovsk State Technical University (UlSTU),

Elena N. Nikitina, Postgraduate Student, Department of Control in Technical Systems, UlSTU.

Substantiation of quality indicators for the operating system of unmanned vehicles // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 47–49.

The advantages of unmanned road vehicles are noted. The problems of their introduction and use are identified, including the lack of a systems approach to creating an operating system for unmanned vehicles, which should consist of the subsystems of control, the unmanned vehicle itself, the transport and digital infrastructure, and the external environment. Quality indicators for transport services within the unmanned transport system are substantiated.

Keywords: unmanned road vehicle, indicators, system, quality, environment

Contacts: v.epifanov73@mail.ru

Leonid A. Baranov, Dr. Sci. (Eng.), Head of the Department of Management and Information Protection, Russian University of Transport (MIIT) (RUT (MIIT)),

Efim N. Rozenberg, Dr. Sci. (Eng.), First Deputy General Director, JSC "Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications in Railway Transport" (JSC NIIAS),

Vyacheslav G. Novikov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Management and Information Protection, RUT (MIIT),

Alexey V. Ozerov, Head of the International Department — Head of the Intellectual Property Management Centre, JSC NIIAS.

Analysis of the virtual coupling length for freight trains // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 50–55.

The paper considers the feasibility of implementing "virtual coupling" technology and demonstrates the promise of using it within the set of measures aimed at increasing the throughput and carrying capacity of lines. The virtual coupling length is determined under conditions of errors in train positioning and speed measurement and of delays in the transmission of information between trains. The dependence of the virtual coupling length on train speed is obtained, and issues of system safety given the finite reliability of technical equipment are considered.

Keywords: train traffic safety, digital radio channel, virtual coupling, throughput capacity, train traffic control

Contacts: baranov.miit@gmail.com

Irina G. Kuklina, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Information Systems and Technologies, Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.

Analysis of the vibration loading of long-base screw rotors by acoustic methods with a view to extending the service life of transport and technological vehicles // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 56–58.

The aim of the study is to prepare an experimental procedure for determining the vibration loading characteristics of long-base screw rotors without the need for disassembly, using an ultrasonic phased transducer. The methodological approach is presented as an interdisciplinary scientific model — a combination of systems analysis methods for monitoring the vibration level of long-base screw rotors.

Keywords: vibration, long-base screw rotors, screw-propelled all-terrain vehicle, snow-removal equipment, vibration loading of units, ultrasonic phased transducer, oscillatory loads

Contacts: igkuklina@yandex.ru

Dmitry O. Shkondin, student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

Sixth-generation magnetic levitation transport systems: fundamentals of superconducting levitation and development prospects // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 59–63.

The technological paradigm of sixth-generation magnetic levitation transport is substantiated. Its core is identified as the synergy of three fundamental principles: the use of passively stable levitation based on the controlled pinning of magnetic flux vortices in type-II high-temperature superconductors; overcoming the aerodynamic barrier through motion in an engineered low-vacuum environment; and intelligent control based on predictive digital twins and hybrid artificial intelligence architectures.

Keywords: magnetic levitation, high-temperature superconductors, magnetic flux pinning, low-vacuum transport corridor, digital twin, hybrid cryogenic platform, multiphysics modelling

Contacts: shkondin.dmitry@yandex.ru

Ulan T. Atamkulov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Transport Logistics and Service Technology, Osh Technological University (OshTU), Kyrgyz Republic,

Bektur M. Zhorobekov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Transport Operation and Sustainable Technology, OshTU,

Muratali T. Orozbaev, Associate Professor, Department of Transport Operation and Sustainable Technology, OshT U.

Economic and energy efficiency of vehicle fleet operation amid rising motor fuel prices // Transport of the Russian Federation. — 2026. — No. 4 (125). — P. 64–66.

The aim of the study is to quantify the impact of changes in the cost of motor fuel on the operating expenses of a vehicle fleet on the basis of aggregated data from transport organisations of the city of Osh (Kyrgyz Republic). A computational and analytical approach is applied, based on the analysis of mileage, standard fuel consumption and the structure of operating expenses. A linear dependence of unit operating expenses on the cost of fuel has been established.

Keywords: motor transport, energy efficiency, operating expenses, motor fuel, energy security

Contacts: aut75@rambler.ru



Научно–исследовательские институты и центры Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I

Центр компьютерных и железнодорожных технологий
(812) 457–89–01

Институт прикладной экономики и бухгалтерского учета железнодорожного транспорта
(812) 572–62–55

Испытательный центр “Экологическая безопасность и охрана труда”
(812) 457–88–19, (812) 457–87–15

Центр транспортной безопасности (ЦТБ)
(812) 233–84–70, (812) 498–40–72

Научно–образовательный центр инновационного развития пассажирских железнодорожных перевозок
(812) 570–75–55

Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА В ЦИФРАХ

Общественная академия наук
(ФЗ от 23 августа 1996 г. N 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»)

Некоммерческая организация
(ФЗ от 12 января 1996 г. N 7-ФЗ «О некоммерческих организациях»)

Академия включает:
51 РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

СОСТАВ АКАДЕМИИ В 2025 ГОДУ
> **700** УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ (ДОКТОРОВ И КАНДИДАТОВ НАУК)

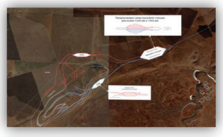
- 6 ОТРАСЛЕВЫХ КОМИТЕТОВ
- НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
- ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ
- ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ ВСМ РАТ

Членами Академии за 2021–2025 годы:

- ПРОВЕДЕНО **БОЛЕЕ 270** МЕРОПРИЯТИЙ (В ТОМ ЧИСЛЕ ОНЛАЙН КОНФЕРЕНЦИЙ)
- ОПУБЛИКОВАНО **БОЛЕЕ 1900 ПУБЛИКАЦИЙ** И МОНОГРАФИЙ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ИЗДАНИЯХ
- ВПЕРВЫЕ — РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА ОБЕСПЕЧИЛА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПО АКТУАЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ **ДЛЯ БОЛЕЕ ЧЕМ 9000 СПЕЦИАЛИСТОВ** В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ
- ТЕРРИТОРИЯ ПРИСУТСТВИЯ РАТ – **51 РЕГИОН**
- ВПЕРВЫЕ — ПРОВЕДЕНО **4 КРУПНЫХ ОБЩЕАКАДЕМИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЯ** В РАМКАХ XVI МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА И ВЫСТАВКИ «ТРАНСПОРТ РОССИИ»
- ПРИНЯТ **171** ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ ЧЛЕН
- ВПЕРВЫЕ — УЧРЕЖДЕН ОБЪЕДИНЕННЫЙ УЧЕНЫЙ СОВЕТ **И ПРОВЕДЕНО 13 ЗАСЕДАНИЙ**
- САЙТ И НОВОСТНЫЕ ПОРТАЛЫ АКАДЕМИИ ПОСЕЩАЮТ **БОЛЕЕ 5000 ЧЕЛОВЕК**



Основные направления деятельности



Разработка концепций, технико-экономических обоснований строительства объектов транспортной инфраструктуры



Проведение комплексных научно-исследовательских работ



Научно-техническая, экспертная и методическая поддержка проектов строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры



Разработка предложений по повышению перерабатывающей способности станций, разработка имитационной модели



Разработка нормативно-технических документов и научно-технических обоснований (СП, ГОСТ, НТО, СТО)



Разработка комплексных схем организации улично-дорожной сети



Разработка схем транспортного планирования и комплексных планов развития транспортной инфраструктуры регионов

www.rosacademtrans.ru

info@rosacademtrans.ru