

«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»

На правах рукописи

Пашкова Татьяна Николаевна



**СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ**

Специальность 2.9.1 – Транспортные и транспортно-
технологические системы страны, ее регионов
и городов, организация производства на транспорте

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Филиппова Надежда Анатольевна

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С ПЛАНИРОВАНИЕМ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ С УЧЕТОМ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ВОЗМОЖНЫХ РИСКОВ	16
1.1 Основные особенности организации перевозок крупногабаритных грузов в транспортно-технологических системах.....	16
1.2 Основные понятия крупногабаритного груза при перевозках различными видами транспорта.....	18
1.3 Анализ дорожной сети при планировании перевозки крупногабаритных грузов в транспортно-технологической системе.....	27
1.4 Прогнозируемые риски на маршруте перевозки крупногабаритных грузов автомобильным транспортом в транспортно-технологических системах.....	33
1.5 Обзор научных трудов, связанных с перевозками крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов с учетом возможных рисков и их снижения.....	37
Выводы по Главе 1	43
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГАРАНТИРОВАНО БЕЗОПАСНЫХ ПЕРЕВОЗОК КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ В РАМКАХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ РИСКОВ.....	45
2.1 Иерархическая классификация уровней риска и разработка схемы управления рисками, возникающих при планировании перевозок крупногабаритных грузов.....	45
2.2 Разработка цифровой модели крупногабаритных грузов (системы «груз +транспортное средство»)	50
2.3 Разработка методики снижения негативного воздействия перевозок КГГ на живучесть региональной транспортной сети.....	54
2.4 Обоснование выбора методики определения гарантировано безопасного маршрута при планировании перевозки КГГ с помощью алгоритма Дейкстры.....	69
Выводы по Главе 2	73
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГАРАНТИРОВАНО БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ ПО РЕГИОНАЛЬНОЙ ОПОРНОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ	75
3.1 Подготовка к эксперименту. Сбор исходных данных для проведения экспериментальных исследований на региональной сети с целью апробации теоретических моделей	75
3.2 1-й этап эксперимента. Разработка альтернативных маршрутов и их цифровых моделей маршрутов перевозки экспериментальной системы «груз + транспортное средство»	83
3.3 2-й этап эксперимента. Определение кратчайшего по длине и наименее затратного маршрута перевозки КГГ с использованием алгоритма Дейкстры на примере перевозки по дорожной сети г. Екатеринбурга.....	84

3.4	3-й этап эксперимента. Анализ необходимых мероприятий на маршрутах, рассчитанных по алгоритму Дейкстры для обеспечения гарантировано безопасной перевозки КГГ	87
3.5	4-й этап эксперимента. Оценка проходимости альтернативных маршрутов перевозки согласно методики цифровой модели КГГ	96
3.6.	Результат эксперимента. Апробация разработанной методики цифровой модели крупногабаритного груза в реальных условиях эксплуатации	98
3.7	Проведение пассивного эксперимента. Применение кластерного анализа для статистической оценки распределения КГГ по габаритным параметрам системы «груз+транспортное средство»	100
	Выводы по Главе 3	114
4.	РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВНЕДРЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	116
4.1	Анализ результатов экспериментального исследования и подтверждение научной гипотезы.	116
4.2	Рекомендации по внедрению цифровой модели КГГ при оформлении заявки на получение специального разрешения	117
4.3	Методика оценки предложенных мероприятий по совершенствованию планирования перевозок КГГ и снижению рисков	123
4.4.	Рекомендации по повышению живучести транспортно-технологической системы региона	125
4.5	Центр управления перевозок КГГ автомобильным транспортом в рамках транспортно-технологической системы страны	128
	Выводы по Главе 4	134
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	136
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	138
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	140
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	153
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	155
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	156
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	159

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В условиях возрастающей внешнеполитической неопределённости, вызванной внешнеполитическими воздействиями (СВО, западные санкции, глобализация и новая тарифная политика США), а также внутренними проблемами Российской Федерации (высокая инфляция, ожидаемое охлаждение экономики, возрастающее психологическое напряжение в обществе, разрушительные действия на объектах экономики РФ со стороны ВСУ и т.д.), становятся значимыми действия по снижению риска при планировании перевозок крупногабаритных грузов (КГГ) в транспортно-технологических системах. Ситуация усугубляется отсутствием современных автомобильных дорог, обеспечивающих пространственную связанность и транспортную доступность территорий, транспортной инфраструктуры, интеллектуальных транспортных систем и т.д. Совокупность технических систем, обеспечивающих безопасную перевозку КГГ автомобильным транспортом, характеризуется определенными уровнями надежности и безопасности. При выполнении перевозок КГГ автомобильным транспортом могут произойти различные отказы, имеющие различные последствия, требующие дополнительных экономических затрат на их устранение.

Основные цели действий по снижению риска при организации планирования перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом и использования риск-ориентированного подхода (РОП) в конкретном случае – это гарантировано безопасная доставка КГГ, снижение издержек за счет оптимального использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Всё вышеперечисленное **делает проблему оценки рисков и обеспечения мероприятий по гарантировано безопасной перевозке КГГ автомобильным транспортом актуальной.**

Несмотря на серьезные изменения в геополитике и экономике нашей страны, повлиявшие на сокращение объемов перевозок, наблюдается перспектива стабилизации спроса на перевозки крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов

(КТГ) как в экспортно-импортных, так и во внутрироссийских коммерческих операциях.

Это прежде всего объясняется развитием отечественной энергетики, промышленности и сырьевых отраслей страны, потребностью поставок на производство мощного и максимально укрупненного оборудования, весогабаритные параметры которого являются нестандартными. Таким образом, транспортно-логистическая составляющая является важным фактором развития отраслей промышленности и соответствует ранее принятой Транспортной стратегии Российской Федерации (далее – Транспортная стратегия) [1].

В соответствии с целями Транспортной стратегии, для дальнейшего эффективного развития транспорта важно обеспечить внедрение в транспортный процесс современных информационных технологий, сквозную цифровизацию транспортной отрасли и роботизацию логистических операций.

Одна из ключевых целей Транспортной стратегии состоит в цифровой трансформации транспортной отрасли и внедрении новых технологий, в том числе электронного документооборота (ЭДО). В целях реализации Транспортной стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы [2] Правительство Российской Федерации выпустило Постановление «О государственной информационной системе "Типовое облачное решение системы электронного документооборота"» [3]. По мнению ведущих отечественных компаний-разработчиков системных продуктов, для ЭДО прогноз его внедрения в транспортной отрасли к 2025 году составит 29%, в то время как в 2023 г. составлял лишь 1% [4].

Ответственным федеральным органом исполнительной власти, который регулирует процедуры в области перевозки крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов автомобильным транспортом, является Федеральное государственное бюджетное учреждение «Росавтодор».

Данный орган устанавливает государственную политику, направленную на внедрение цифровых технологий в документооборот, включая процесс получения

специальных разрешений на движение крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов по территории Российской Федерации.

Одним из приоритетных аспектов цифровизации в области планирования, организации и управления перевозками крупногабаритных грузов является создание цифровой модели крупногабаритных грузов, перевозимых автомобильным транспортом. Использование цифровой модели крупногабаритных грузов на этапе планирования перевозки позволит повысить безопасность и эффективность данных перевозок на основе оценки возможности их перемещения по участкам дорожной сети потенциального маршрута и оценки рисков такой перевозки.

В.М. Безденежных и А.С. Родионов [5] утверждают, что при использовании РОП необходимо применять проактивный мониторинг, который имеет целью найти закономерности и корреляции в событиях для предсказания возможных будущих проблем, позволяет получать полную картину текущего состояния и выявлять тренд нежелательных изменений.

Риск-ориентированный подход выстраивает стратегию управления транспортными процессами на основании идентификации и оценки прогнозируемых рисков, что позволяет осуществлять более эффективное снижение риска при транспортировке крупногабаритных грузов. В этом контексте ключевым является использование превентивных мер и технологий, которые снижают риск возникновения нежелательных событий, что в конечном итоге ведет к повышению надежности и безопасности перевозок.

Что касается связи между «транспортно-технологическими системами» и «автомобильным транспортом», необходимо отметить, что автомобильный транспорт (АТ) представляет собой важный компонент транспортно-технологических систем, которые обеспечивают интеграцию различных видов транспорта и технологических процессов для эффективного перемещения грузов. Автомобильный транспорт, обладая высокой мобильностью и способностью к маневрированию (что особенно важно при транспортировке крупногабаритных грузов), в значительной мере влияет на эксплуатационные характеристики

транспортно-технологических систем, что делает его неотъемлемой частью обеспечения оперативности и эффективности грузоперевозок в современных условиях. Таким образом, синергетический эффект от интеграции автомобильного транспорта в транспортно-технологические системы подчёркивает его архитектурную значимость и способствует оптимизации цепочки поставок.

В свете рассмотренных проблем и с целью повышения эффективности перевозок КГГ автомобильным транспортом в транспортно-технологических системах **внедрение и применение риск-ориентированного подхода являются актуальной задачей** и должны занимать одно из важных мест в стратегии логистических компаний.

Степень разработанности темы исследования. Проблематикой перевозки грузов автомобильным транспортом, особенно крупногабаритных грузов, занимаются ведущие организации России, такие как ФГУП НЦКТП Минтранса РФ, ФГУП «НАМИ», ОАО «НИИАТ», МАДИ (ГТУ), ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ» и другие. Российские ученые внесли большой вклад в исследование проблем планирования, организации и управления перевозками крупногабаритных грузов автомобильным транспортом. Так, в работах И.И. Батищева, А.Е. Титова, И.А. Можайской рассмотрены вопросы организации и механизации погрузочно-разгрузочных работ на автомобильном транспорте [6]. В диссертационном исследовании И.А. Зиброва рассмотрены вопросы безопасности проезда через мостовые сооружения транспортных средств, перевозящих крупногабаритные и тяжеловесные грузы [7], диссертация Р.Х. Имаметдинова посвящена организации международных перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов по территории Российской Федерации [8]. Б.В. Капорцев посвятил свои диссертационные исследования управлению складским комплексом негабаритных и тяжеловесных грузов на российских железных дорогах [9]. Работа Е.Г. Перевозчиковой освещает вопросы формирования тарифов на перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов [10]. Р.Р. Сафиуллин в своем исследовании представил методику многокритериальной оптимизации процесса планирования перевозок тяжеловесных грузов автомобильным транспортом [11].

Ряд авторов (Р.Р. Сафиуллин, Р.Н. Сафиуллин, М.В. Широкая, К.В. Абрамова, Н.Н. Тимофеева) изучали воздействие системообразующих факторов на эффективность перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов [12, 13]. Н.А. Троицкая, С.Л. Тропин, М.В. Шилимов и др. исследовали влияние рисков на перевозку крупногабаритных и тяжеловесных грузов [14, 15, 16].

Анализ научных источников по теме планирования перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом выявил недостаточную степень их проработки в части снижения риска при организации планирования перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом в транспортно-технологических системах с применением телематических систем [17, 18, 19, 20, 21]. Таким образом, указанные обстоятельства определили выбор цели и задач диссертационного исследования.

Цель диссертационного исследования – снижение прогнозируемых рисков на этапе планирования перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом и их влияние на живучесть региональной транспортной системы.

Задачи диссертационного исследования:

- 1) проведение обзора и анализ состояния вопросов планирования перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом в России и за рубежом с учетом возникающих рисков;
- 2) разработка цифровой модели крупногабаритных грузов при перевозках автомобильным транспортом;
- 3) создание методики снижения негативного воздействия процесса перевозки крупногабаритных грузов на живучесть региональной транспортной системы с использованием цифровых методов планирования транспортного производства и телематических систем;
- 4) обоснование методики определения гарантировано безопасного маршрута при планировании перевозки крупногабаритного груза автомобильным транспортом по участкам региональной дорожной сети и по снижению возможных рисков;

5) сбор исходных данных и проведение экспериментальных исследований на региональной дорожной сети с определением кратчайшего маршрута перевозки крупногабаритных грузов, и альтернативных маршрутов. Апробация на реальных данных предложенной цифровой модели крупногабаритных грузов;

6) применение кластерного анализа для статистической оценки распределения крупногабаритных грузов по габаритным параметрам, рекомендации по выбору АТС транспортным компаниям;

7) разработка практических рекомендаций по алгоритму внедрения цифровых моделей КГГ и региональной дорожной сети с целью прогноза рисков и получения гарантировано безопасного маршрута перевозки.

Объект исследования: организация транспортного производства перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом с использованием цифровых методов.

Предмет исследования: технология планирования перевозок крупногабаритных грузов в транспортно-технологической системе по региональной дорожной сети с использованием риск-ориентированного подхода.

Научная гипотеза. Повышение эффективности и безопасности перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом может быть достигнуто путем создания процесса управления рисками, цифровизации процессов транспортного производства с внедрением планирования, мониторинга и контроля движения крупногабаритных грузов по региональной сети дорог.

Методы и методика исследования. В процессе исследования использовались методы системного анализа, математического моделирования, математической статистики, экспертной оценки, а также теория кластерного анализа.

Достоверность и обоснованность научных положений, представленных в диссертации, подтверждаются использованием стандартных математических методов и методик, а выводы и рекомендации, изложенные в диссертации, подкреплены результатами экспериментальных исследований.

На рисунке В.1 представлена общая методика исследования.

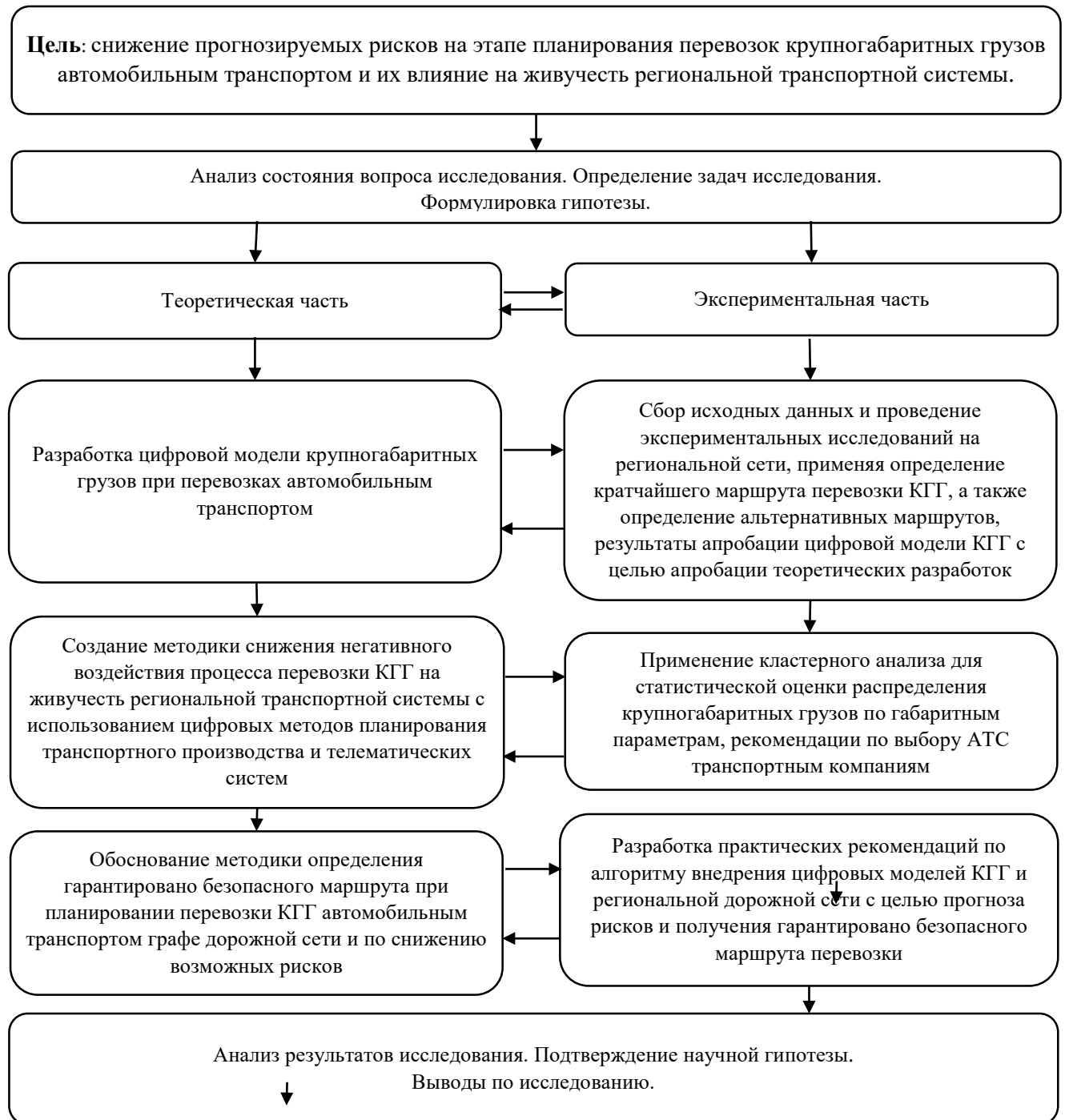


Рисунок В.1 – Общая методика исследования

Информационная база исследования. Информационная база исследования в данной работе показывает теоретическую базу, на которую опирался автор. Все используемые источники связаны с объектом и предметом исследования технологии перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом, а также учитывают актуальность темы. В их состав входят российские и зарубежные научные статьи, рецензируемые журналы, конференционные материалы,

диссертации, нормативно-правовые документы в области транспортного планирования и организации технологии перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом, научно-методические материалы по проблемам управления и функционирования грузового автомобильного транспорта, официальные отчёты научных организаций, государственные, правительственные документы, интернет-ресурсы, анализ статистических данных. Информационная база исследования соответствует критериям при написании кандидатской диссертации.

Научная новизна работы:

1. Разработана классификация крупногабаритных грузов по пяти степеням габаритности, трем габаритным параметрам и тринадцати классификационным кодам.
2. Предложена цифровая модель крупногабаритного груза на основе учета его габаритных параметров, что позволяет оценить проходимость отдельных участков дорожной сети регионов и риски на предполагаемом маршруте, а также выбрать вариант гарантировано безопасного маршрута с использованием цифровой карты местности.
3. Предложена методика выбора альтернативных вариантов маршрутов перевозки с учетом цифровой модели крупногабаритного груза и с определением мероприятий по снижению прогнозируемых рисков на региональной дорожной сети.
4. Введено понятие живучести транспортно-технологической системы региона, на которую оказывают отрицательное влияние перевозки крупногабаритных грузов при их перемещении по отдельным участкам дорог III, IV и V технических категорий.
5. Предложены и научно обоснованы информационно-аналитические мероприятия по повышению живучести региональной транспортно-технологической системы, которые позволяют снизить уровень риска, возникающий при перемещении крупногабаритного груза по отдельным участкам дорог III, IV и V технических категорий.

6. Разработана и обоснована процедура выбора наиболее востребованного подвижного состава для перевозок крупногабаритного груза на основании предложенной классификации крупногабаритного груза.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) Классификация крупногабаритного груза на основе учета ее габаритных параметров;
- 2) Цифровая модель крупногабаритного груза и выбор гарантировано безопасного маршрута;
- 3) Обоснование выбора альтернативных вариантов маршрутов перевозки крупногабаритного груза с определением мероприятий по снижению прогнозируемых рисков на региональной дорожной сети.
- 4) Понятие и параметры живучести региональной дорожной сети, зависящие от перевозок крупногабаритных грузов.
- 5) Выбор комплекса мероприятий по повышению живучести региональной транспортно-технологической системы.
- 6) Рекомендации по определению наиболее востребованного подвижного состава для транспортировки КГГ.

Область исследования соответствует следующим пунктам научной специальности 2.9.1: «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»:

Пункт 8. «Организация и технологии транспортного производства. Цифровизация на транспорте»;

Пункт 9. «Управление транспортным производством и перевозками в организационно-технических системах».

Пункт 11. «Надежность и безопасность функционирования транспортных систем, управление рисками»

Основные положения и результаты исследования доложены и обсуждены на 19-ти мероприятиях с 2020 г. по 2025 г.:

- на конференции XIV Международной конференции «Организация и управление безопасностью движения в крупных городах» (г. Санкт-Петербург в 2020 г.),
- на научно-технической конференции «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (г. Омск в 2020 г.),
- на конференции «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества» в Московском государственном техническом университете гражданской авиации (г. Москва в 2021 г.),
- на VII Международной научно-практической конференции «Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса» в Донецкой академии транспорта при участии Министерства образования и науки, а также Министерства транспорта Донецкой Народной Республики (г. Донецк в 2021г.),
- на конференции «Транспорт и транспортные системы: вместе к устойчивому развитию» в Белорусском национальном техническом университете (г. Минск, Беларусь в 2021 г.),
- на XVI-й и XVII-й международной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (г. Оренбург в 2021-2022г.)
- на VI-й Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных» (г. Омск в 2022 г.),
- на III-м Форуме «Транспортные системы и дорожная инфраструктура Крайнего Севера» на автодорожном факультете ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» (г. Якутск в 2022 г.),
- на I-й Международной научно-практической конференции «Перспективные транспортные технологии» в Московском политехе (г. Екатеринбург в 2022 г.),
- на Международной научно-практической конференции под эгидой Министерства Транспорта Республики Таджикистан (г. Душанбе в 2022 г.),

- на 81-ой и 83-й Международной научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ (г. Москва в 2023 г. и 2025 г.),
- на VI-й, VII-й, VIII-й, IX-й и X-й международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» в Орловском государственном университете имени И.С. Тургенева (г. Орел 2020 – 2024 гг.),
- на Первой международной научной конференции «Наука для государственного управления в России» в Президентской Академии (г. Москва, 2024 г.).

Апробация результатов исследования. Экспериментальные результаты диссертационного исследования внедрены в производственный процесс компаний ООО «АвтоСпецТяж Плюс» (г. Санкт-Петербург) и ООО «РРЛ Раша» (г. Москва), ООО «АТВЛОГИСТИК» (г. Краснодар). Теоретические результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе кафедры международной коммерции и логистики» факультета «Высшая школа корпоративного управления» РАНХиГС при Президенте РФ при подготовке магистров по направлению 38.04.02 Менеджмент по дисциплине «Проектная логистика. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности».

Публикации. Основные научные результаты диссертации опубликованы в шести печатных публикациях в период с 2020 по 2023 г. Из них две работы опубликованы в изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, две статьи вышли в свет в журналах, индексируемых Scopus, и еще две публикации – в других научных изданиях.

В процессе исследования были созданы следующие Программы ЭВМ:

1. Программа присвоения кода для крупногабаритного и (или) тяжеловесного груза (для перевозок автомобильным транспортом) (автор: Т.Н. Пашкова).

2. Программа расчёта основных показателей работы складов и терминалов (авторы: Т.Н. Пашкова, Н.А. Филиппова, Б.М. Мушта).

В диссертационном исследовании автор применил личный практический опыт специалиста по организации перевозок крупногабаритных грузов, работая в логистических компаниях более 20 лет.

Теоретическая значимость. Полученные новые результаты в виде совокупности теоретических положений, моделей, методик и алгоритмов вносят существенный вклад в решение задачи повышения эффективности и безопасности перевозок крупногабаритных грузов в транспортно-технологической системе на региональной сети автомобильных дорог на этапе планирования на основе риск-ориентированного подхода.

Практическая значимость. Результаты исследования имеют прикладной характер и могут быть использованы предприятиями автомобильного транспорта, специализирующимися на перевозке крупногабаритных грузов в транспортно-технологической системе, при разработке мероприятий по совершенствованию организации перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом на этапе планирования с учетом риск-ориентированного подхода. Разработанные в диссертации подходы, модели и методы ориентированы на практическое применение и расширяют возможности систем управления транспортными предприятиями по повышению эффективности и безопасности транспортного производства. В частности, при разработке автоматизированного варианта выбора гарантировано безопасного маршрута перевозки крупногабаритного груза может быть использована разработанная автором программа присвоения кода для крупногабаритного и (или) тяжеловесного груза для перевозок автомобильным транспортом.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, описания основных результатов и выводов, трёх приложений. Общий объем составляет 162 страницы машинного текста, включающего в себя 31 таблицу и 43 рисунка. Библиографический список содержит 110 наименований, в том числе 18 источников на иностранном языке.

1 ОБЗОР И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСОВ, СВЯЗАННЫХ С ПЛАНИРОВАНИЕМ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ С УЧЕТОМ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ВОЗМОЖНЫХ РИСКОВ

1.1 Основные особенности организации перевозок крупногабаритных грузов в транспортно-технологических системах

Перевозка крупногабаритных грузов – это сложный процесс, далеко выходящий за рамки простой доставки из пункта А в пункт Б. Транспортно-технологическая система (ТТС) – это комплекс взаимосвязанных и согласованных экономических, коммерческих, организационных, информационных и технических решений, которые позволяют с максимальным эффектом и минимальными затратами обеспечить доставку грузов клиентам [22].

Основные элементы ТТС:

- подвижной состав (ПС) различных видов транспорта (автомобили, суда, вагоны и т.д.);
- порты и причалы;
- складские комплексы;
- подъездные пути;
- перегрузочное оборудование;
- грузозахватные приспособления;
- средства укрупнения;
- средства автоматизации и управления.

Рассмотрим каждый компонент подробнее. «Технические аспекты» включают в себя выбор вида транспорта (автомобильный, железнодорожный, морской, воздушный или мультимодальный), оптимизацию маршрутов с учетом дорожного покрытия, погодных условий и ограничений транспортных средств по габаритам и весу груза.

Использование современных технологий, таких как GPS-трекинг, системы управления транспортными потоками (TMS) и интеллектуальные транспортные системы (ITS), позволяет отслеживать местоположение груза в режиме реального времени, прогнозировать возможные задержки и оперативно реагировать на непредвиденные ситуации.

Выбор технологии транспортного производства и перевозок также зависит от специфики груза – хрупкие товары требуют специальной упаковки и бережного обращения, а крупногабаритные грузы – использования специализированных транспортных средств и разрешения на перевозку.

«Экономическая составляющая» ТТС отвечает за расчет себестоимости перевозки, включающий топливные расходы, оплату труда водителей и персонала, амортизацию транспортных средств, страхование, пошлины и налоги. Оптимизация затрат достигается путем выбора наиболее экономичного маршрута, эффективного управления парком транспортных средств и заключения выгодных контрактов с поставщиком услуг.

«Организационные решения» ТТС охватывают планирование перевозок, организацию погрузо-разгрузочных работ, управления складами, документооборот и взаимодействие с клиентами и партнерами. Грамотная логистика, включающая в себя складирование, сортировку и консолидацию грузов, играет решающую роль в обеспечении своевременной перевозки.

«Информационная составляющая» ТТС обеспечивается за счет использования современных информационных технологий – специализированных программных продуктов для управления перевозками, электронного документооборота, системой обмена данными между участниками логистической цепочки.

Наконец, «коммерческий аспект» включает в себя разработку коммерческих предложений, заключений договоров, управления взаимоотношениями с клиентами, маркетинг и продвижение услуг.

Успешное функционирование ТТС представляет собой сложную взаимосвязанную систему, направленную на достижение максимального эффекта

при минимальных затратах и обеспечение своевременной и безопасной доставки грузов.

1.2 Основные понятия крупногабаритного груза при перевозках различными видами транспорта

Груз – это материальный объект, переданный для перевозки в требуемом порядке от грузоотправителя до сдачи конечному грузополучателю. Согласно теории грузовых перевозок, классификация грузов определяется различными аспектами транспортного процесса. Грузы могут быть классифицированы по различным критериям: по отраслям применения или производства, по весогабаритным характеристикам, по степени опасности груза, по способу упаковки и таре, по условиям погрузо-разгрузочных работ и т.д.

В связи с тем, что крупногабаритные грузы достаточно часто бывают также и тяжеловесными, в обзорном исследовании рассмотрены понятия и соответствующие нормативные документы.

В ГОСТ 26653–2015 дано следующее определение негабаритным или крупногабаритным грузам [23, с. 4]: «тяжеловесный, крупногабаритный, негабаритный и длинномерный груз: Груз, массогабаритные характеристики которого превышают установленные правилами перевозки грузов соответствующим видом транспорта». Критерии отнесения груза к каждой из этих категорий следует смотреть в правилах перевозки грузов соответствующим видом транспорта.

Крупногабаритные грузы в основном применяются в следующих отраслях:

- горнодобывающая и нефтегазовая (например, угольные разрезы, горно-обогажительные комбинаты, нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие предприятия);
- энергетическая (АЭС, ГЭС, ВЭС, ТЭС);
- промышленное и бытовое строительство;
- производство;

- сельское хозяйство;
- прочие.

С учетом практического опыта автора в области организации перевозок крупногабаритных грузов, можно отнести к данной категории следующие виды грузов:

- большемерная техника (комбайны, молотилки, тракторы, экскаваторы, бульдозеры, крановые агрегаты и прочие);
- крупногабаритное оборудование (станки, компрессоры, конвейерные ленты, насосы и генераторные установки, буровые установки и др.);
- различные конструкции (тепличные комплексы, крупноразмерные метало- и железобетонные элементы и пр.);
- энергетическое оборудование (трансформаторы, генераторы, газотурбинные установки, компоненты ветроэнергетических установок и т.д.).

Часто нестандартным по габаритам бывает медицинское оборудование, которое не помещается в стандартные контейнеры, например, магнитно-резонансные томографы, рентгеновское, ультразвуковое оборудование и др.

Крупногабаритными грузы могут быть, например, длинные металлические конструкции, крупные машины и/или оборудование. Также к длинномерным грузам относятся газопроводы, трубы, части мостов и т.п.

Тяжеловесные грузы – это грузы, масса которых превышает нормативы и требует специализированных транспортных средств, оптимально распределяющее нагрузку на дорожное полотно. Например, к таким грузам относятся трансформаторы, генераторы, гидравлические машины и другое специализированное оборудование.

Поскольку перевозки КТГ часто имеют мультимодальный характер, в таблице 1.1 приведены характеристики крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов по каждому виду транспорта. [24].

Таблица 1.1 – Сводная таблица критериев КТГ разными видами транспорта

Вид транспорта	Крупногабаритный груз	Тяжеловесный груз
Железнодорожный	«Груз, включая упаковку и крепление, является негабаритным, если он при размещении на открытом подвижном составе, находящемся на прямом горизонтальном участке пути и при совмещении продольной вертикальной плоскости симметрии вагона с осью железнодорожного пути, превышает очертание основного габарита погрузки, или его геометрические выносы в кривых за пределы основного габарита погрузки превышают геометрические выносы в соответствующих кривых расчетного вагона». Например, для железных дорог колеи 1520 мм: по длине – 14 м; по ширине – 3,25 м; по высоте – 5,3 м	«Груз, у которого масса или нагрузки от него на раму (пол) вагона превышают значения, допускаемые при перевозке грузов на универсальном подвижном составе». Для универсального подвижного состава для железной дорога колеи 1520 мм допускаемая масса составляет 60 тонн. Максимальный вес груза при этом – 500 т, но в целях безопасности, железная дорога (ЖД) ограничила максимальный вес до 250 т.
Морской	Груз считается негабаритным, если его размеры превышают: по длине – 14 м; по ширине – 3,4 м; по высоте – 3,4 м. Габаритные ограничения груза часто связаны с характеристиками используемого в конкретном случае судна, в частности, с размерами его грузовых отсеков. В случае невозможности размещения груза в трюмах, разрабатывается схема размещения на палубе судна.	Груз с весом от 35 до 100 т считается тяжеловесным, а весом свыше 100 т – уникальный тяжеловесный груз.
Автомобильный	Груз относится к крупногабаритным в случае превышения любого из габаритов автотранспортного средства вместе с установленным на нем грузом следующих значений: по длине – 20/24 м (СНГ /некоторые страны ЕС); по ширине – 2,60 м; по высоте – 4 м	Груз считается тяжеловесным в случае превышения полной массы или осевой нагрузки автотранспортного средства вместе с установленным на нем грузом следующих значений: по полной массе: 40 т – РФ; 40/42/44 т – по странам ЕС. По осевым нагрузкам: в зависимости от несущей способности дорожных одежд автомобильных дорог 11,5/10/6 т.
Воздушный	Конкретные размеры не установлены. Ограничениями являются размеры грузовых отсеков воздушных судов, их погрузочно-разгрузочных устройств, загрузочных люков и дверей.	Масса одного грузового места превышает 80 кг.

Рассмотрим определения крупногабаритного груза различными видами транспорта – воздушным, водным, железнодорожным и автомобильным.

1.2.1 Понятие крупногабаритного груза на воздушном транспорте

Ключевые требования к авиаперевозке крупногабаритных грузов определяются техническими характеристиками и весогабаритными параметрами специализированных воздушных судов.

Общепринятым стандартом [25] авиационных перевозок считается груз с

параметрами:

- ширина не превышает 2,45 метров,
- высота – не более 3,1 метра
- длина – 13,6 метра.

Максимально допустимый вес такого «стандартного груза» не должен превышать 24 тонны [25]. Любой груз, который отклоняется от вышеуказанных характеристик хотя бы по одному параметру, считается негабаритным. Согласно Приказу Минтранса России от 28.06.2007 № 82, негабаритным грузом считается любой груз, *«габаритные размеры которого превышают габаритные размеры загрузочных люков и (или) грузовых отсеков пассажирских воздушных судов»*.

1.2.2 Понятие крупногабаритного груза на водном транспорте

Водный транспорт представлен речными и морскими судами, обладает значительными преимуществами в сравнении с иными видами транспорта с точки зрения перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. Например, специализированные суда для КТГ имеют высокую грузоподъемность и площадь погрузки, что позволяет перевезти большое количество грузов за один рейс и, как следствие, снижает затраты на транспортировку.

Перевозка негабаритных грузов по воде предоставляет возможность транспортировки крупногабаритных товаров без ограничений, которые обычно существуют на дорогах и железнодорожных путях. Водные пути не имеют преград, поэтому грузы любых размеров могут быть доставлены на место назначения без необходимости разбирать их на части.

1.2.3 Понятие негабаритного груза на железнодорожном транспорте

Негабаритные грузы, перевозимые по железной дороге, – это грузы, которые выходят за пределы габаритов стандартного подвижного состава. Они могут иметь необычные формы, большие размеры или быть очень тяжелыми. Вопрос о размерах

негабаритных грузов на железной дороге является важным и требует индивидуального подхода к каждому грузу.

Негабаритность на железной дороге считается на груз с учетом высоты платформы от высоты верхней части уровня головок рельсов – 1,3 м.

Для идентификации негабаритности груза и указания в перевозочном документе (железнодорожной квитанции или накладной) данных о зонах и степенях негабаритности грузов вводится понятие индекса негабаритности груза, который определяется в соответствии с «Инструкцией ДЧ-1835 по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах государств – участников СНГ» [26].

Индекс негабаритности состоит из 5-ти знаков. Каждый знак индекса негабаритности (кроме первого) обозначает степень негабаритности груза в соответствующей зоне. Сверхнегабаритность в любой зоне обозначается цифрой 8.

Обозначения в индексе негабаритности:

- 1-й знак – всегда буква Н (негабаритность);
- 2-й знак – степень нижней негабаритности, может принимать значения от 1 до 6.
- 3-й знак – степень боковой негабаритности, может принимать значения от 1 до 6.
- 4-й знак – степень верхней негабаритности, может принимать значения от 1 до 3.
- 5-й знак – вертикальная сверхнегабаритность, имеет значение 8.

Пример: Индекс негабаритности Н8480 означает, что негабаритный груз имеет нижнюю и верхнюю сверхнегабаритность, боковую негабаритность 4-й степени, а вертикальная сверхнегабаритность отсутствует.

На рисунке 1.1 представлена схема условного груза в разрезе для определения зоны и степени негабаритности груза при железнодорожных перевозках.

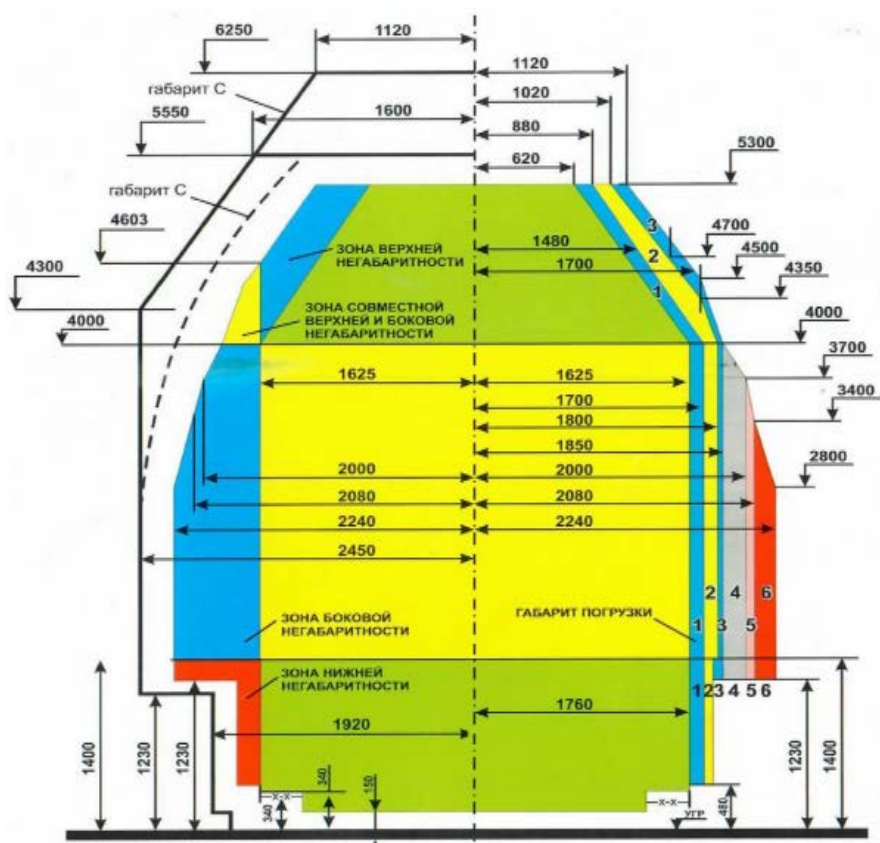


Рисунок 1.1 – Зоны и степени негабаритности при ЖД перевозках [26]

1.2.4 Понятие крупногабаритного груза и нормативное регулирование перевозок на автомобильном транспорте в России

При перевозках автомобильным транспортом, согласно ПДД, груз, имеющий сверхнормативные весогабаритные характеристики, является крупногабаритным и (или) тяжеловесным или сокращенно – КТГ. В научных работах тяжеловесные грузы имеют аббревиатуру – ТГ [11, 12, 13]. При этом крупногабаритные грузы не имеют устойчивого сокращенного названия. В дальнейшем в диссертации используется введенная автором трехбуквенная аббревиатура «крупногабаритных грузов» – КГГ, а не двухбуквенная «КГ» по аналогии с ТГ, чтобы не было ассоциации с сокращенным названием кг – «килограмм».

Крупногабаритный груз – это неделимый груз в транспортном положении, который превышает размеры стандартного автомобильного подвижного состава и нормативные габаритные параметры. Далее в исследовании под

«крупногабаритным грузом» или «КГГ» понимается именно бинарная система: «груз + транспортное средство».

Законодательство Российской Федерации, регулирующее перевозку крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов автомобильным транспортом, выделяет четыре особо важных характеристики крупногабаритного и (или) тяжеловесного груза при перевозке автомобильным транспортом: вес и габариты груза (длина, ширина и высота) в погруженном на транспортное средство состоянии.

При превышении любого габаритного параметра более нормативного значения груз классифицируется как крупногабаритный. Все габаритные параметры имеют равную значимость. Разрешается перевозка одного неделимого крупногабаритного груза на одном транспортном средстве. В таблице 1.2 представлены максимальные нормативные размеры транспортных средств с грузом, которые устанавливает Постановление Правительства России от 01 декабря 2023 г. №2060 [27].

Таблица 1.2 – Максимальные нормативные размеры автотранспортных средств с грузом [27]

Тип транспортного средства	Максимальные габаритные размеры, м		
	Длина	Ширина	Высота
Одиночное транспортное средство	12,0	2,60	4,0
Прицеп	12,0		
Автопоезд	20,0		
Автобус двухосный	13,5		
Автобус с числом осей более 2	15,0		
Автобус сочлененный	18,75		
Длина выступающего за заднюю точку габарита транспортного средства груза	2,0		

Перечень основных нормативно-правовых актов, регламентирующих перевозку крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов автотранспортом, представлен в Приложении А.

1.2.5 Понятие крупногабаритного груза на автомобильном транспорте за рубежом

При анализе транспортно-технологических процессов перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов в некоторых иностранных государствах выявлены отличия весогабаритных параметров по отношению с российскими нормативными актами [Приложение А, п. 4].

Результаты выполненного анализа нормативов и весогабаритных параметров крупногабаритных грузов в странах Европы, США и СНГ представлены в таблице 1.3. Так, нормативные характеристики КТГ по весу и размерам в постсоветском пространстве равны, кроме нормативной полной массы в Республике Беларусь, которая составляет 44 т. В европейских странах разрешенная полная масса напрямую зависит от качества дорог и составляет от 38 до 60 т, нагрузка на ось – от 60 до 210 кН.

Таблица 1.3 – Весогабаритные параметры КТГ в странах Европы, СНГ и США

СТРАНА	ДЛИНА, м		ШИРИНА, м	ВЫСОТА, м	ПОЛНАЯ МАССА, т
	Тягач - полуприцеп	Автомобиль - прицеп			
Россия	20,00	20,00	2,55	4,00	40,00
Беларусь	20,00	20,00	2,55	4,00	44,00
Китай	16,5	24,00	3,0	4,00	49,00
Германия	16,50	18,75	2,55	4,00	40,00
Дания	16,50	18,75	2,55	4,10	40,00-60,00
Страны Прибалтики	20,00	20,00	2,55	4,00	40,00
Финляндия	30,00	25,25	4	4,40	34,00-60,00
Франция	16,50	18,75	2,55	4,00	44,00
Швеция	24,00	25,25	2,6	4,50	60,00
США	18,3 (60 футов)	19,81 (65 футов)	2,6 (8,5 футов)	4,15 (13,5 футов)	~36,287 кг (80,000 фунтов)

1.2.6 SWOT-анализ процесса перевозки крупногабаритных грузов автомобильным транспортом

С целью анализа внешних и внутренних факторов, влияющих на перевозки крупногабаритных грузов автомобильным транспортом, определения потенциальных возможностей и рисков проведен SWOT-анализ.

Далее представлены результаты проведенного SWOT-анализа, посвященного перевозке таких грузов.

Внешние факторы, влияющие на отрасль, включают растущую конкуренцию со стороны других видов транспорта, таких как железнодорожный и морской, которые могут предложить более выгодные условия для перевозки в определенных сценариях. Наконец, социальные и экономические факторы, такие как колебания цен на топливо или общий экономический спад, могут оказывать негативное влияние на финансовые показатели транспортных компаний.

Результаты подробного анализа сильных и слабых сторон, а также будущих возможностей и рисков, связанных с планированием маршрута перевозки крупногабаритного груза автомобильным транспортом, приведены на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – SWOT-анализ процесса перевозки КГГ автомобильным транспортом

Таким образом, SWOT-анализ транспортировки крупногабаритных грузов автомобильным транспортом позволяет выявить ключевые аспекты, определяющие как конкурентоспособность данного сектора, так и его уязвимость перед вызовами текущей рыночной обстановки в области перевозок КГГ [28].

1.3 Анализ дорожной сети при планировании перевозки крупногабаритных грузов в транспортно-технологической системе

Автомобильные дороги играют важную роль в транспортно-технологических системах России. Они соединяют разные регионы страны и поддерживают экономический прогресс. Тем не менее, с увеличением количества автомобилей и ростом транспортного потока возникает потребность в регулярном обновлении и улучшении дорожной инфраструктуры. В связи с этим в последние годы правительство России активно работает над развитием и совершенствованием автомобильных дорог [29, 30, 31, 32]. Внедрение новых технологий, улучшение дорожного покрытия, расширение трасс и строительство новых дорог – все это направлено на обеспечение безопасных и комфортных условий для участников дорожного движения. Таким образом, дорожная инфраструктура продолжает развиваться в соответствии с потребностями современного автомобильного транспорта, играя важную роль в обеспечении мобильности и связности между регионов России [33].

В соответствии с темой диссертации, направленной на организацию планирования перевозок крупногабаритных грузов, важно иметь информацию о категории дорог, по которым может проходить потенциальный маршрут перевозки КГГ. Эта информация даёт представление о следующих факторах участка дорог:

- а) общее число полос движения;
- б) ширина полосы движения;
- в) ширина обочины;
- г) наличие и ширина разделительной полосы;

д) тип пересечения с автомобильной дорогой и доступа к ней.

При этом автомобильные дороги так же подразделяются по ряду условий движения на 3 класса дорог:

- а) автомагистраль (Категория 1А);
- б) скоростная автомобильная дорога (Категория 1Б);
- в) обычная (нескоростная) автомобильная дорога (Категории 1В, II, III, IV, V).

Таблица 1.4 содержит основные параметры профиля дорог в зависимости от ее категории, которые учитываются в процессе планирования маршрута перевозки КГГ.

Таблица 1.4 – Основные параметры профиля автодороги по категориям [34]

Параметры элементов дороги	Категория автомобильной дороги						
	Автомагистраль	Скоростная автодорога	Обычная автодорога (не скоростная автодорога)				
	1А	1Б	1В	II	III	IV	V
Общее число полос движения, штук	4, 6, 8	4, 6, 8	4 и более	4 или 2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,5-3,75	3,5-3,75	3,25-3,5	3,0-3,25	3,5-4,5
Ширина обочины, не менее, м	3,75	3,75	3,25-3,75	2,5-3,0	2,0-2,5	1,5-2,0	1,0-1,75
Ширина проезжей части, м	2х7,5 2х11,25 2х15	2х7,5 2х11,25 2х15	2х7,5 2х11,25 2х15	7,5	7	6	4,5

При планировании перевозки КГГ необходимо учитывать интенсивность движения на дорогах с целью определения оптимального периода суток для перевозки КГГ (табл. 1.5).

Таблица 1.5 – Число полос в зависимости интенсивности движения и рельефа автодороги [35]

Рельеф местности	Интенсивность движения, ед./сут.	Число полос движения
Равнинный и пересеченный	от 14 000 до 40 000 от 40 000 до 80 000 Свыше 80 000	4 6 8
Горный	от 14 000 до 40 000 от 40 000 до 80 000 Свыше 80 000	6 8

Также при подготовке к перевозке КГГ особое внимание необходимо уделять ширине проезжей части, наличию или отсутствию разделительных полос, количеству полос движения, а также при проезде искусственных сооружений, либо развязок на тех участках, где необходимо совершить маневр (поворот налево/направо/разворот).

Ширина проезжей части дороги в пределах средней части вогнутых кривых в продольном профиле должна быть увеличена с каждой стороны для дорог II и III категорий на 0,5 м, а для дорог IV и V категорий на 0,25 м относительно норм.

Величина полного уширения 2-х полосной проезжей части дорог на виражах в зависимости от радиуса кривых в плане 1000 м и менее предусматривается в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Величина полного уширения 2-х полосной проезжей части дорог на виражах в зависимости от радиуса кривых в плане [35]

Радиусы кривых в плане, м	Величина уширения, м (с расстоянием от переднего бампера до задней оси автомобилей и автопоездов)			
	Автомобилей ≤ 7 Автопоездов ≤ 11	13	15	18
1000	-	-	-	0,4
850	-	0,4	0,4	0,5
650	0,4	0,5	0,5	0,7
575	0,5	0,6	0,6	0,8
425	0,5	0,7	0,7	0,9
325	0,6	0,8	0,8	1,1
225	0,8	1,0	1,0	1,5
140	0,9	1,4	1,5	2,2
95	1,1	1,8	2,0	3,0
80	1,2	2,0	2,3	3,5
70	1,3	2,2	2,5	-
60	1,4	2,8	3,0	-
50	1,5	3,0	3,5	-
40	1,8	3,5	-	-
30	2,2	-	-	-

Радиус поворота на перекрестке должен быть достаточно безопасным для того, чтобы длинномерные и широкие транспортные средства, имеющие право проезда по данному участку дороги, могли совершить необходимые маневры.

СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги» [36] устанавливает минимальный радиус круговой кривой одного радиуса на пересечениях в одном

уровне или на пересечениях смежных дорог в зависимости от категорий дорог, с которой начинается правый поворот:

- категорий I, II – не менее 25 м;
- категории III – 20 м;
- категории IV – 15 м.

При интенсивном движении автопоездов и автобусов (>25% от общего трафика) радиус кривой съезда должен быть увеличен до 30 м. В местах соединения дорог разных категорий важно, чтобы можно было применять два разных радиуса, как приведено на рисунке 1.3.

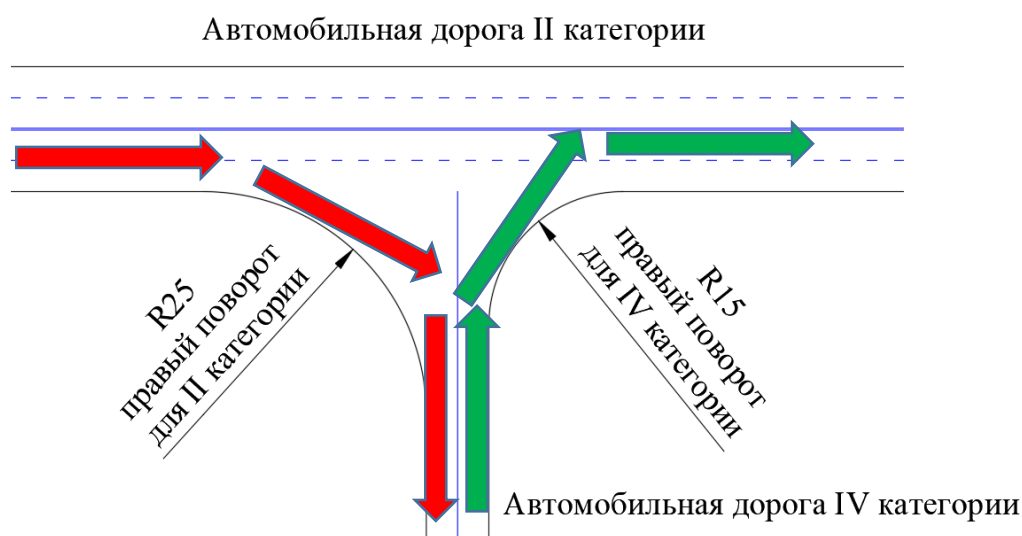


Рисунок 1.3 – Пример перекрестка разных категорий дорог
и радиуса поворота [36]

Согласно ГОСТ Р 58653–2019 «Дороги автомобильные общего пользования» [37], из раздела «Пересечения и примыкания. Технические требования» пунктов 6.2.9.3 и 6.2.9.4 следует, что минимальный радиус кривой должен определяться исходя из траектории движения расчетного транспортного средства, позволяющей ему завершить поворот, минуя ту часть второй полосы движения от края проезжей части, на которой происходит поворот транспортного средства (в том числе КГГ). В процессе выполнения маневра минимальное расстояние между транспортным средством и краем проезжей части должно быть не менее 0,2 м.

Радиус поворота может быть уменьшен: на пересечениях и примыканиях с дорогами с низкой интенсивностью движения, примыканиях к дорогам общего пользования.

На регулируемых перекрестках при пересечении дорог под углом 90° (со светофорным регулированием) и на дорогах без пешеходных переходов радиус рекомендуется увеличивать до 25 м для всех категорий дорог. При использовании разворотных съездов с управляемыми треугольными островками радиус круговой кривой может быть назначен в зависимости от скорости движения на съезде в соответствии с таблицей 1.7, приведенной ниже. Чем меньше радиус круговой кривой, тем ниже должна быть скорость автомобиля, выполняющего маневр.

Таблица 1.7 – Минимальные радиусы круговых кривых при использовании поворотного съезда [37, 38]

Расчетная скорость поворота, км/ч	Минимальный поперечный уклон на вираже	Минимальный радиус кривой, м
20	0,02	15
30	0,02	25
40	0,03	50
50	0,04	85
60	0,05	130
70	0,06	175

При движении длинномерного автомобиля по криволинейному участку дороги он занимает полосу проезжей части большую, чем требуется в соответствии с его габаритами по прямой траектории. Для того, чтобы обеспечить безопасные условия движения встречного транспорта, необходимо уширить проезжую часть при движении КГГ (рис. 1.4).

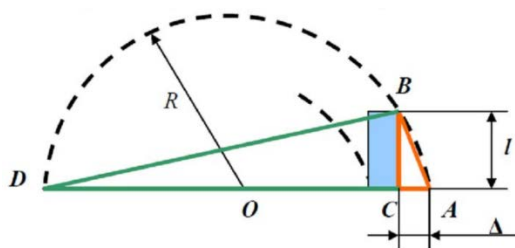


Рисунок 1.4 – Уширение проезжей части на кривых в плане

Транспортные средства при движении должны иметь возможность поворота в пределах пространства с внешним радиусом 12,50 м и внутренним радиусом 5,30 м.

Из подобия треугольников BCD и ABC на рисунке 1.4 следует:

$$\frac{AC}{BC} = \frac{BC}{DC} \quad (1.1)$$

где $AC = \Delta$,

$BC = l$,

$DC = 2R - \Delta$,

Таким образом, формула преобразуется к виду

$$\frac{\Delta}{l} = \frac{l}{2R - \Delta} \quad (1.2)$$

где l – расстояние от переднего бампера до задней оси расчетного транспортного средства, м

R – радиус кривой в плане, м.

Отсюда: $\Delta (2R - \Delta) = l^2$

Величина $\Delta \ll 2R$, поэтому ее можно не учитывать в дальнейших расчетах, и формула (1.2) может быть переписана в виде:

$$\Delta 2R = l^2 \quad (1.3)$$

Отсюда, уширение проезжей части (Δ) кривых в плане рассчитывается по формуле:

$$\Delta = \frac{l^2}{2R} \quad (1.4)$$

При радиусе кривой 1000 м и менее проезжая часть, как правило, должна быть расширена с внутренней стороны дороги за счет обочины. Ширина обочины должна быть не менее 1,5 м для дорог категорий I и II и меньше для дорог других категорий.

Проведенные расчеты максимальной длины автомобиля, перевозящего КГТ, по формуле (1.4) при нормативах радиусов кривых и уширения дороги на одну полосу представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Зависимость максимальной длины автопоезда с КГГ от радиуса кривизны поворота и уширения дорожной полосы

Радиусы кривых в плане, м		Значение уширения на одну полосу движения, м	Длина автопоезда, м	
Минимальный	Максимальный		Минимальная	Максимальная
615	650	0,2	15,7	16,1
375	614	0,25	13,7	17,5
275	374	0,3	12,8	15,0
185	274	0,4	12,2	14,8
120	184	0,45	10,4	12,9
90	119	0,55	9,9	11,4
75	89	0,6	9,5	10,3
65	74	0,65	9,2	9,8
55	64	0,7	8,8	9,5
45	54	0,75	8,2	9,0
35	44	0,9	7,9	8,9
30	34	1,1	8,1	8,6

При этом автопоезд с максимальной нормативной длиной 20 м входит в поворот без дополнительных маневров при значении радиуса кривой в плане – 1000 м и от минимального значения уширения полосы движения – 0,2 м и более. Чем больше значение уширения полосы движения, тем более длинный груз можно перевезти через данный перекресток. При обратном анализе данных из таблицы 1.8, перекресток с минимальным радиусом кривой в плане 30 м и уширением – 1,1 м, обеспечит выполнение маневра автопоезда с максимальной длиной – 8,1 м.

1.4 Прогнозируемые риски на маршруте перевозки крупногабаритных грузов автомобильным транспортом в транспортно-технологических системах

Перевозка крупногабаритного груза в транспортно-технологической системе может быть разрешена при условии прохождения грузов по участкам дорог предполагаемого маршрута с минимальными рисками для груза, инфраструктуры и других участников дорожного движения. В связи с этим требуется анализ возможных неблагоприятных событий при подготовке к перевозке КГГ в зависимости от его габаритных параметров.

Рассмотрим ограничения крупногабаритных грузов по каждому габаритному параметру.

1. Ограничения по высоте

Движение крупногабаритного груза на автомобильных дорогах по высоте ограничено нормативом – 4 м. Свыше данного габарита требуется согласование перевозки груза.

При перевозке высоких грузов зачастую встречаются препятствия следующего вида:

- *Линии электропередач (ЛЭП)/ Высоковольтные линии (ВЛ)*

В соответствии с Приказом Минэнерго России от 20.05.2003 № 187 [39], нормируются наименьшие расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами (табл. 1.9).

Таблица 1.9 – Наименьшие расстояния при пересечении и сближении ВЛ с автомобильными дорогами [40].

Пересечение, сближение или параллельное следование	Наименьшие расстояния при напряжении ВЛ, кВ, м						
	До 20	35-110	150	220	330	500	750
Расстояние по вертикали:							
а) от провода до покрытия проезжей части дорог всех категорий	7	7	7,5	8	8,5	9,5	16
б) то же, при обрыве провода в смежном пролете	5,5	5,5	5,5	5,5	6	–	–
Расстояние по горизонтали:							
1. При пересечении дорог всех категорий, за исключением III-С и V:							
а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги	Высота опоры						
б) в стесненных условиях от основания или любой части опоры до подошвы насыпи или до наружной бровки кювета дорог категорий IА, IБ и II	5	5	5	5	10	10	15
в) то же, до дороги категорий III, IV, I-С, II-С	2,0	2,5	2,5	2,5	5	5	15
2. При пересечении дороги категорий III-С и V:							
а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги	Высота опоры						
б) в стесненных условиях от основания или любой части опоры до подошвы насыпи, наружной бровки, выемки или боковой водоотводящей канавы	1,5	2,5	2,5	2,5	5	5	15
3. При параллельном следовании с дорогами всех категорий:							
а) от основания или любой части опоры до бровки земляного полотна дороги	Высота опоры плюс 5 м						
б) от крайнего неотклонного провода до бровки земляного полотна	10	15	15	15	20*	30*	40*
в) то же, в стесненных условиях	2	4	5	6	8	10	15

Таким образом, ЛЭП и ВЛ не представляют препятствия для перевозки КГГ по высоте (за исключением грузов, проезд которых предусмотрен со Спецпроектом).

- *Трубопроводы*

Высота размещения трубопроводов от дорожного полотна регламентируется СНиП 2.05.06-85 и приведена на рисунке 1.5 [40].

Согласно Правилам безопасности, высота эстакад для трубопроводов, проходящих над автомобильными дорогами, должна быть не менее 5 м. Таким образом, проходная способность такого трубопровода обеспечивает безопасную перевозку для КГГ по высоте до 4,5 м включительно [41].

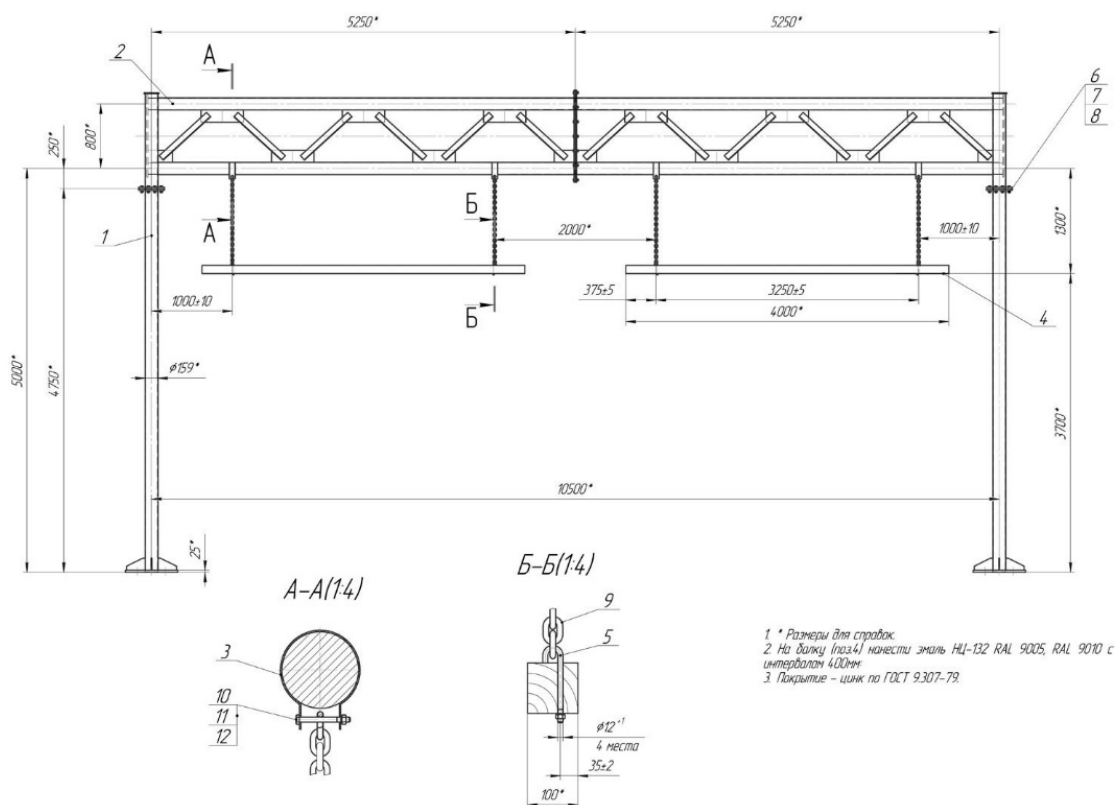


Рисунок 1.5 – Схема эстакады трубопроводов над проездами для автомобильных дорог [40, 41]

2. Ограничения по длине и ширине грузов

При анализе параметров крупногабаритных грузов по длине и ширине, перевозимых по различным категориям дорог, выявляются определенные закономерности. Чем выше категория и класс дороги, тем больший по габаритам груз можно перевозить с минимальными помехами для других участников

движения. И, наоборот, чем ниже категория и класс дороги, тем меньший груз по длине и ширине можно перевозить без препятствий для других участников движения.

Перевозка крупногабаритных грузов в некоторых случаях требует дополнительных мер безопасности, связанных с использованием автомобилей прикрытия или сопровождения автомобилем Госавтоинспекции (ГАИ) [42, 43] (табл. 1.10).

Таблица 1.10 – Требования по сопровождающему спецтранспорту в зависимости от длины и ширины КГГ

Параметры	Значения весогабаритных характеристик КГ	Специальное разрешение	Автомобиль прикрытия	Автомобиль ГАИ
Длина, м	От 0 до 20, м	не требуется		
	От 20 до 24, м	требуется		
	От 24 до 30, м	требуется	требуется	
	От 30, м	требуется		требуется
Ширина, м	От 0 до 2,54, м	не требуется		
	От 2,60 до 3,49, м	требуется		
	От 3,50 до 3,99, м	требуется	требуется	
	От 4, м	требуется		требуется
Высота, м	От 0 до 3,99, м	не требуется		
	От 4 до 4,49, м	требуется		
	От 4,50 м	Может потребоваться специализированная техника по подъему электрических сетей Разработка спецпроекта		

В связи с нестандартными габаритными характеристиками для перевозки КГГ предпочтителен маршрут по автомагистрали с высоким качеством дороги и соответствующими габаритами проезжей части и обочины. Но, к сожалению, на практике не всегда можно проложить маршрут по дорогам с максимально качественными характеристиками. Поэтому маршрут перевозки формируется из ряда оптимальных совокупных условий транспортной сети и габаритных характеристик груза. При этом выбранный маршрут, как правило, не является кратчайшим из возможных.

1.5 Обзор научных трудов, связанных с перевозками крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов с учетом возможных рисков и их снижения

1.5.1 Исследования российских ученых

В связи с тем, что большинство диссертационных исследований в сфере перевозок крупногабаритных грузов часто идут в комплексе с тяжеловесными грузами, автором исследования проведен анализ перевозок крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов.

В диссертации Б.В. Капорцева [9] представлен комплексный анализ основных транспортных маршрутов, а также прогноз изменения складской сети в связи с проектами развития инфраструктуры международных транспортных коридоров, дается экономическое обоснование процессу формирования модели расположения складов для перевозимых крупногабаритных и тяжеловесных грузов с учетом как технологических, так и юридических аспектов транспортировки этих грузов железнодорожным транспортом.

В диссертации Е.Г. Перевозчиковой [10] представлены исследования по выбору методических подходов к формированию и регулированию тарифов на услуги автопредприятий, занимающихся перевозкой КТГ, с учетом расстояния перевозки и массогабаритных характеристик груза.

В диссертации С.Л. Тропина [15] разработан метод повышения безопасности движения автотранспорта на стадии проектирования и подготовки перевозок КТГ, что приводит к увеличению средней скорости движения на маршруте на 7-9 %.

В работе Н.А. Троицкой [14] приводится математический метод расчета времени движения и остановок общего транспортного потока для пропуска автомобиля, перевозящего КТГ по заданному маршруту, так как подобная транспортировка является источником риска на дороге.

В диссертации И.А. Зиброва [7] представлена методика проектирования перевозки КТГ с учетом проезда по мостовым сооружениям, выполнена систематизация мероприятий для обеспечения гарантии безопасного провоза КТГ

через мостовые сооружения, разработана методика подбора наиболее приспособленного для выполнения указанных задач автотранспортного средства (АТС).

Транспортировка крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов оказывает отрицательное воздействие на автомобильные дороги. В своей диссертации Р.Р. Сафиуллин [11] анализирует математическую модель влияния весовых параметров транспортного средства (ТС) на прочностные показатели дорожной конструкции, а также критерии оценки ущерба, наносимого тяжеловесными ТС.

В своей диссертации Р.Х. Имаметдинов [8] предлагает инновационные методы транспортировки грузов с применением специализированных подвижных средств. Кроме того, автор разработал методику выбора вида транспорта, которая позволяет определить наиболее эффективный маршрут перевозки крупногабаритного и тяжеловесного груза (КТГ) в зависимости от веса, размера груза и расстояния перевозки.

М.В. Шилимов [16] посвятил свою диссертацию разработке интегрального критерия оценки приспособленности АТС к КТГ с учетом специфики технологии его перевозки, созданию методики многофакторной оптимизации параметрического ряда АТС для КТГ.

В таблице 1.11 представлены в хронологическом порядке наименования диссертационных исследований, выполненных более чем за тридцать лет по тематике, связанной с перевозками КТГ, и их авторы.

Таблица 1.11 – Диссертационные исследования, выполненные в России по тематике, связанной с перевозками КТГ

Год Защиты	Автор	Наименование работы
1993	Троицкая Наталья Александровна	Методологические основы проектирования системы транспортировки крупногабаритных тяжеловесных грузов автомобильным транспортом
1999	Поздняков Вячеслав Анатолевич	Логистический подход к организации перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом через железнодорожные переезды
2003	Имаметдинов Рустам Харисович	Организация международных перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов по территории Российской Федерации
2005	Шилимов Михаил Викторович	Формирование структуры парка и выбор автомобильных транспортных средств для перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов

Окончание Таблицы 1.11		
2014	Перевозчикова Елена Геннадьевна	Формирование тарифов на перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов
2014	Капорцев Борис Валерьевич	Экономическое обоснование системы управления складским комплексом негабаритных и тяжеловесных грузов на российских железных дорогах
2014	Тропин Сергей Львович	Повышение безопасности движения большегрузных колесных транспортных систем при перевозке крупногабаритных неделимых грузов
2019	Сафиуллин Руслан Равиллович	Методика многокритериальной оптимизации процесса планирования перевозок тяжеловесных грузов автомобильным транспортом

1.5.2 Оценка зарубежных источников по теме организации транспортного производства и перевозок крупногабаритных грузов

В ходе анализа зарубежной литературы по теме диссертации были отмечены несколько научных школ, которые занимаются исследованием транспортировки КТГ с помощью автомобильного транспорта: европейская, азиатская и американская. При этом каждая научная школа развивается с учетом географических особенностей своих стран. Например, европейские ученые делают акцент на минимизацию затрат при планировании и транспортировке КТГ в мультимодальном сообщении через порты (в основном Прибалтики) и транзитного проезда через города. Китайские ученые исследуют городскую и дорожную инфраструктуру с целью минимизации рисков при перевозках КТГ. Американские ученые уделяют внимание перевозкам КТГ автомобильным транспортом на дальние расстояния, конкурирующих с ЖД.

Например, авторы научного исследования Anna E. Wolnowskaa и Wojciech Konickia «Многокритериальный анализ перевозок негабаритных грузов по городу с использованием метода» [93] проводят комплексный анализ перевозок крупногабаритных грузов по городу с использованием метода анализа иерархий.

В работе Bożena Szczucka-Lasota «Городская логистика: влияние крупногабаритного автомобильного транспорта на развитие городов» [95] описывается влияние автомобильного транспорта на урбанизацию и перевозку негабаритных грузов.

Китайскими учеными Da Huang и Mei Han в своей научной работе «Способ оптимального выбора маршрута перевозки негабаритных грузов по городу» [98] был изучен выбор маршрутов городских перевозок негабаритных грузов с использованием метода оптимизации веса.

Elżbieta Macioszek в работе «Условия перевозки негабаритных грузов» [101] проводит общий анализ условий, связанных с перевозкой крупногабаритных грузов, также описывается методика подготовки и организации перевозки негабаритных грузов, в том числе условия пилотирования транспортных средств с негабаритными грузами.

Jan Petru, Jiri Dolezel и Vladislav Krivda [103] провели оценку транспортировки негабаритных и сверхнормативных грузов в зависимости от проезда через кольцевую развязку.

Оценка рисков и управление ими – один из ключевых вопросов при планировании безопасной транспортировки негабаритных грузов и инвестиций в реконструкцию транспортной инфраструктуры. Обычно это международные перевозки, и принятие решений требует тщательного анализа проблемы как в национальном, так и в международном масштабе, и только после этого может быть принято наиболее рациональное решение (маршрут транспортировки) с целью эффективного снижения рисков, т.е. минимизации возможных затрат на реконструкцию. Данный анализ проведен учеными Ramūnas Palšaitis и Artūras Petraška в статье «Перевозка тяжеловесных и негабаритных грузов. Управление рисками» [109].

Целью оценки риска при инвестировании в реконструкцию инфраструктуры является обеспечение безопасности транспортировки тяжеловесных или негабаритных грузов. При количественной и экономической оценке риска наиболее часто используются методы теории шансов и математической статистики, поскольку они предназначены для описания события или процесса в случае неоднозначных возможностей.

Научная работа «Оптимизированный метод выбора маршрута на основе поворотов на перекрестках дорог: Практический пример перевозки негабаритных

грузов» написана группой авторов – Lingkui Meng, Zhenghua Hu, Changqing Huang, Wen Zhang и Tao Jia [104]. При перевозке крупногабаритных транспортных средств направление поворота на перекрестках дорог является фактором, который стоит учитывать. Благодаря внедрению классического алгоритма Дейкстры в модель дорожной сети в этом исследовании величина угла поворота на перекрестках рассматривается как значение веса ребра во вспомогательной сети, основанное на значениях веса углов дороги, на основе которых выполняется анализ кратчайшего пути. Затем определяется оптимальный маршрут.

В статье «Методология выбора системы транспортировки тяжеловесных и негабаритных грузов», написанной группой авторов Artūras Petraška, Kristina Čižiūnienė, Olegas Prentkovskis и Aldona Jarašūnienė [94], рассмотрена методика построения системы перевозок тяжеловесных и негабаритных грузов, перевозки тяжеловесных и негабаритных грузов автомобильным транспортом.

Ученые Ricardas Malkus, Jurate Liebuviene и Vida Jokubyniene в научной работе «Единая система критериев оценки для выбора наиболее предпочтительного вида транспорта, маршрута и средств транспортировки негабаритных и сверхтяжелых грузов» [110] вводят понятие Единой системы критериев (англ. UCS), суть которой заключается в создании возможности пересчета значений временных и финансовых затрат в единую единицу измерения критериев.

Выбор маршрута является объектом исследования в работах ученых Darius Bazaras, Nijolė Batarlienė, Ramūnas Palšaitis и Artūras Petraška «Система критериев выбора оптимального автомобильного маршрута для перевозки негабаритных грузов» [99] и Petraška, A., Čižiūnienė, K., Jarašūnienė, A., Maruschak, P., Prentkovskis «Алгоритм оценки маршрутов перевозки тяжеловесных и негабаритных грузов» [106]. Система критериев является эффективным средством сравнения существующих маршрутов перевозки тяжеловесных и негабаритных грузов различными видами транспорта с альтернативами строительства новых маршрутов или реконструкции некоторых участков маршрута.

S. Carrara и T. Longden в статье «Будущее грузоперевозок: потенциальное влияние автомобильных грузоперевозок на политику в области климата» [97] обращают внимание на экологическую сторону данного вопроса.

«Оценка избыточности сетей дорожного движения» рассмотрена учеными R.A. El-Rashidy и Grant-Muller [100]. В данной работе представлены два индекса избыточности для перекрестков дорожно-транспортной сети, а также агрегированный индекс избыточности сети.

Тема безопасности дорожного движения грузовых автомобилей изучена в статье V. Podvezko и H. Sivilevičius «Использование методов АНР и ранговой корреляции для определения значимости взаимодействия между элементами транспортной системы, оказывающими сильное влияние на безопасность дорожного движения» [108]. Процесс транспортировки направлен на достижение определенных положительных результатов, которые могли бы повысить эффективность транспортной системы (ТС).

Авторы Jacyna Marianna, Mariusz Izdebski, Emilian Szczepanski и Pawel Golda провели анализ в статье на тему «Назначение транспортных средств для производственной компании» [102]. Эта тема актуальна для предприятий, потребности в перевозках, в том числе КТГ, которых могут быть удовлетворены собственным автомобильным транспортом.

«Анализ кольцевых перекрестков на маршрутах с нестандартными грузами» проведен J. Petru и K. Zeman [107]. В данной статье рассматриваются проблемы, связанные с проездом HW/OS грузов на перекрестках с круговым движением в Чехии и Словакии.

Масштабная работа «Многомаршрутное планирование мультимодальных перевозок негабаритных и тяжеловесных грузов на основе реконструкции» проведена китайскими учеными Y. Luo, Y. Zhang, J. Huang, H. Yang [105].

В данном исследовании исследуется проблема планирования нескольких маршрутов мультимодальных перевозок негабаритных и тяжеловесных грузов на основе реконструкции.

Колумбийские специалисты G.A. Bula, C. Prodhon, F.A. Gonzalez, H.M. Afsar, и N. Velasco провели изыскания в работе «Поиск переменных окрестностей для решения проблемы маршрутизации транспортных средств при перевозке опасных материалов» [96].

Выводы по Главе 1

В данной главе диссертационной работы получены следующие основные результаты:

1. Проведён анализ зарубежных и российских источников по вопросам, связанным с планированием перевозок КТГ и КГГ, обзор нормативно-правовых документов и российской дорожной сети. Выявлено, что действиям по управлению и снижению риска при организации планирования перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом уделяется недостаточное внимание.

2. Впервые выделен в отдельный кластер группа грузов со сверхнормативными габаритными параметрами, которые определены как крупногабаритные грузы (КГГ).

3. По мнению автора исследования, безопасность перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом может быть достигнута путем создания процесса управления рисками, цифровизации процессов транспортного производства с внедрением планирования, мониторинга и контроля движения крупногабаритных грузов по региональной сети дорог.

4. Для подтверждения научной гипотезы необходимо выполнить следующие работы:

- построение методики классификации и кодирования крупногабаритных грузов с учетом требований нормативных актов к габаритам груза;
- моделирование гарантировано безопасного маршрута перевозки крупногабаритных грузов с учетом особенностей транспортно-технологической

системы, сложности и стоимости необходимых нормативно-технологических мероприятий;

- осуществление экспериментальных исследований с использованием цифровых моделей альтернативных маршрутов перевозки и кодирования крупногабаритных грузов с целью апробации полученных теоретических результатов.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГАРАНТИРОВАНО БЕЗОПАСНЫХ ПЕРЕВОЗОК КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ В РАМКАХ РЕГИОНАЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ РИСКОВ

2.1 Иерархическая классификация уровней риска и разработка схемы управления рисками, возникающих при планировании перевозок крупногабаритных грузов

Целью данной главы является определение, анализ рисков и разработка схемы управления рисками, возникающими при организации транспортных процессов перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом в транспортно-технологических системах, а также разработка моделей учета рисков при планировании перевозок КГГ.

В данном разделе проведен анализ основных факторов, приводящих к возникновению риска, а также разработаны методы классификации риска по иерархическим уровням с целью обеспечения эффективного управления этими рисками в процессе планирования перевозки КГГ [44].

На рисунке 2.1. приведена схема управления рисками при планировании перевозок крупногабаритного груза.

Процесс управления рисков включает в себя подробное описание проекта, включая описание габаритных параметров системы «груз + транспортное средство», описание технологических особенностей погрузо-разгрузочного процесса, а также точек входа и выхода в транспортно-технологической системе; проводится идентификация рисков, которые могут возникнуть на альтернативных маршрутах перевозки; качественный и количественный анализ рисков и разработка плана реагирования, которые могут возникнуть на альтернативных маршрутах; разработка мероприятий по мониторингу рисков, которые могут возникнуть в процессе перевозки.



Рисунок 2.1 – Схема управления рисками при планировании перевозок крупногабаритного груза

С помощью классификации рисков и их факторов производится комплексная идентификация рисков с требуемой степенью детализации. На рисунке 2.2 приведена иерархическая классификация рисков, возникающих при планировании перевозок крупногабаритного груза.



Рисунок 2.2 – Иерархическая классификация рисков, возникающих при планировании перевозок крупногабаритного груза

Факторы технического риска определяют техническую возможность перевозок крупногабаритных грузов в заданной транспортно-технологической системе. К этим факторам относятся выбор транспортного средства, габаритные параметры системы «груз+ транспортное средство», выбор технологии погрузо-разгрузочных работ (ПРР), корректность составления маршрута движения транспортного средства, крепление груза к АТС, а также требования к хранению груза и др. (рис. 2.3) [45].

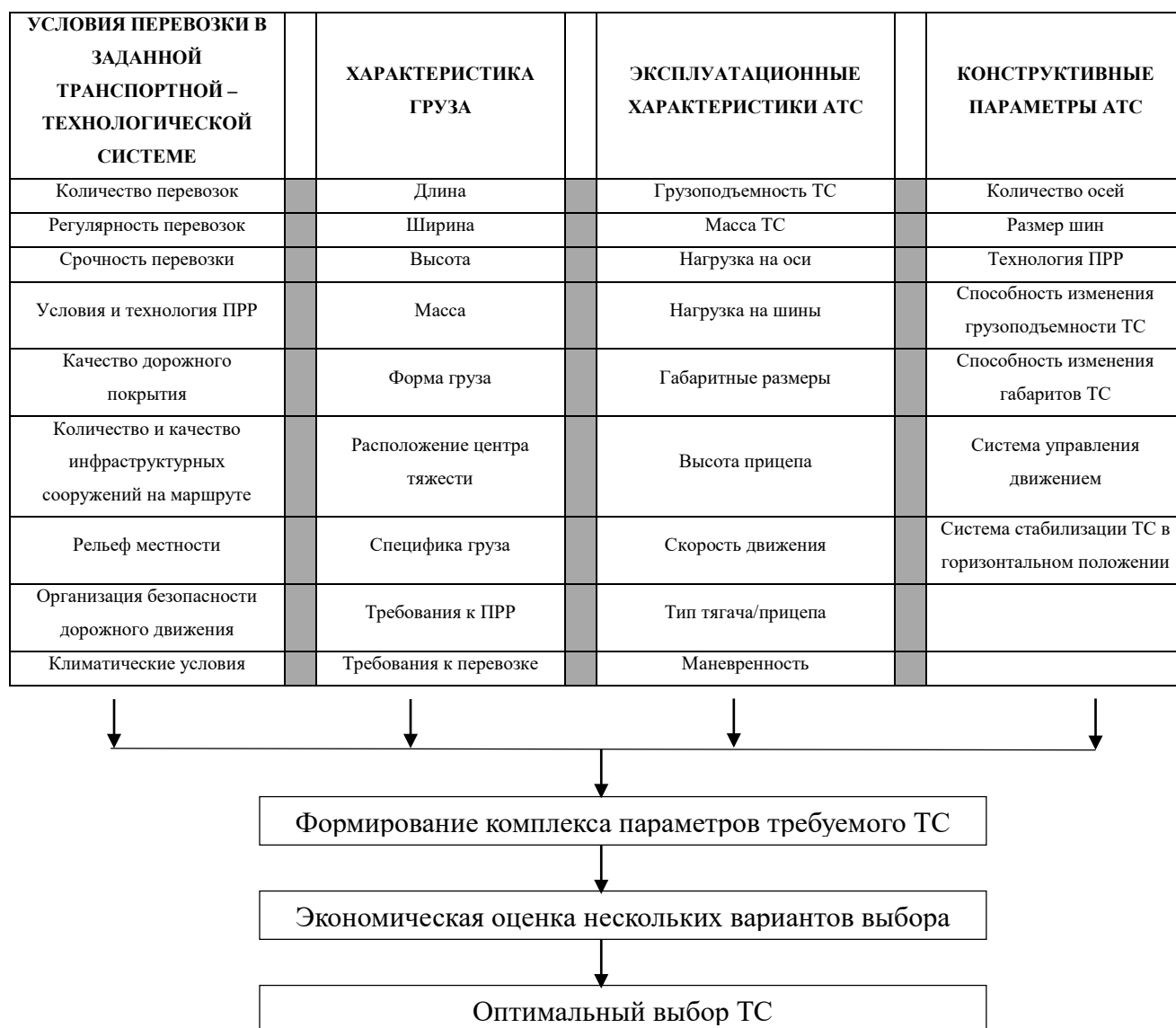


Рисунок 2.3 – Факторы, определяющие техническую возможность перевозки крупногабаритных грузов [14]

Факторы, обуславливающие технические риски при транспортировке крупногабаритных грузов, можно классифицировать на управляемые и неуправляемые [46, 47].

Управляемые факторы представляют собой факторы, на которые можно влиять в процессе планирования перевозки КГТ, а *неуправляемые факторы*, соответственно, – это комплекс факторов, на которые нельзя значительно повлиять.

Управляемые факторы рисков включают:

- персонал, участвующий в подготовке и реализации перевозки (специалисты по оформлению разрешительных документов, технические специалисты по подготовке чертежей груза в транспортном состоянии, стропальщики при погрузо-разгрузочных работах, бригада сопровождения ГАИ и машина прикрытия при крупногабаритном грузе);
- выбор подходящего транспортного средства по сверхнормативным весогабаритным параметрам груза (раздвижные прицепы по длине и ширине, прицепы с аппаратами для погрузки самоходной техники, многомодульная система прицепа при перевозке тяжеловесных грузов, низкорамный прицеп для высоких грузов и т.д.);
- обеспечение подходящей погрузо-разгрузочной техникой (кран, погрузчик и т.п).

Неуправляемые факторы риска – это факторы, на которые нет возможности влиять, в частности:

- весогабаритные характеристики груза (длина, ширина, высота, масса);
- природно-климатические условия перевозки (предельные температуры, наличие осадков – туман, дождь, гололед, сильный ветер, песчаные бури);
- транспортная инфраструктура по маршруту движения автопоезда (мосты, эстакады, ЛЭП, ЖД переезды, пешеходные переходы, газопроводы и т.д.);
- качество дорожной сети по маршруту (классификация и категория дороги;
- ландшафт дороги (равнинный, гористый);
- нормативно-правовая база, регулирующая перевозки КГТ и КТГ.

Далее рассмотрены прогнозируемые и непрогнозируемые факторы технических рисков при подготовке к перевозке крупногабаритных грузов.

Внедрение и применение риск-ориентированного подхода должно занимать одно из важных мест в стратегии логистических компаний. При анализе и оценке

рисков предприятие получает возможность спрогнозировать будущие события при перевозке КГГ и разработать мероприятия по минимизации возможных рисков.

Каждый бизнес-процесс, в том числе по управлению рисками, должен быть определенным образом описан [48, 49, 50, 51]. В описании должны быть учтены все компоненты, необходимые для его надлежащего функционирования. Документирование рисков позволит транспортным предприятиям комплексно подойти к управлению рисками, а также избежать наступления подобного риска в будущем [52, 53].

Далее рассмотрены прогнозируемые и непрогнозируемые факторы технических рисков при подготовке к перевозке крупногабаритных грузов. Связь факторов рисков и параметров, определяющих степень их влияния представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Связь факторов рисков и параметров, определяющих степень их влияния

ТЕХНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	НЕУПРАВЛЯЕМЫЕ	Факторы рисков	Параметры, определяющие степень влияния фактора риска
		Категории дорог и рельеф местности	Классификация и категория дороги (количество полос движения, ширина полосы, наличие разделительной полосы и т.п.) Равнинный, холмистый, горный рельеф (уклоны в продольном профиле, кривые малого радиуса, серпантины, сооружения от лавин и оползней)
		Транспортная сеть	Искусственные сооружения на маршруте движения (мосты, эстакады, ЛЭП, ж/д переезды, пешеходные переходы, газопроводы и т.д.)
		Погодные и сезонные условия	Предельные температуры (положительные, отрицательные) Наличие осадков (туман, дождь, снег, гололед) Сильный ветер, песчаные бури
		Требования к перевозке, нормативная база и ПДД	Скорость оформления разрешений на перевозку КГГ Скоростной режим движения Транспорт сопровождения и машины ГАИ Специальные знаки, проблесковый маячок
	УПРАВЛЯЕМЫЕ	Персонал	Стаж не менее 5 лет Регулярные курсы повышения квалификации
		Подвижной состав	Грузоподъемность и габариты тягача/прицепа Особенности конструкции ПС (условия правил погрузки/выгрузки (ППР) КГГ, возможность раздвижки прицепа)
		Погрузочно-разгрузочные и крепёжные работы	Самоходность груза, ППР; кран или погрузчик Способ крепления груза и требуемый крепёжный материал

Основная трудность в построении системы управления рисками при перевозке КГГ заключается в двойственной природе самого риска: он одновременно представляет собой как самостоятельную угрозу, так и фактор, способствующий возникновению новых взаимосвязанных рисков. Например, риск возникновения дорожно-транспортное происшествие (ДТП) с участием транспортного средства, перевозящего КГГ, приводит к возникновению транспортного затора на дорожной сети региона. Проактивный мониторинг (proactive monitoring) на основании риск-ориентированного подхода имеет цель найти закономерности и корреляции в событиях для предсказания возможных будущих проблем, позволяет получать полную картину текущего состояния и выявлять тренд нежелательных изменений. [54, 55].

Одним из инструментов снижения прогнозируемых рисков является цифровизация процессов планирования и перевозки крупногабаритных грузов. Но в связи с тем, что цифровизация транспортной отрасли ещё не завершена, а применение искусственного интеллекта (ИИ) находится на стадии внедрения, в каждом риске необходимо учитывать человеческий фактор.

2.2 Разработка цифровой модели крупногабаритных грузов (системы «груз +транспортное средство»)

Классификация и кодирование крупногабаритных грузов являются важным элементом цифровизации процесса планирования их перевозок и служат основой для создания цифровой модели [56].

Классификация негабаритных грузов в железнодорожных перевозках в России имеет долгую историю. В 2001 году в России была принята инструкция ДЧ-1835, регулирующая эту сферу, что способствовало созданию единой системы классификации негабаритных грузов. В разделе 1.2.3 настоящей диссертации приведен пример классификации негабаритных грузов при железнодорожных перевозках.

Ранее в научных и профессиональных сообществах груз, перевозимый автомобильным транспортом, который превосходил нормативы, номинировался как крупногабаритный груз. Данное понятие слишком укрупненное и масштабное, не отражающее всех сложностей организации перевозки КГГ в зависимости от габаритных параметров груза в организационно-технологических системах грузового автомобильного транспорта, выполняющего данный вид перевозок.

Автор исследования впервые предлагает введение цифровой модели КГГ для перевозок автомобильным транспортом путем классификации грузов.

Задача классификации и кодирования крупногабаритных грузов решается на основе использования кластерного анализа габаритных характеристик исходного множества крупногабаритных грузов. По результатам кластерного анализа выделяются группы КГГ, схожие по их габаритным характеристикам.

В качестве признаков классификации КГГ автором введено и определено понятие «степень КГГ» по габаритам – длина, ширина и высота, что является критериями цифровой модели КГГ.

Определение 1: *степень крупногабаритного груза (степень КГГ)* – это параметр, который определяется на основании оценки разницы между реальными габаритами груза (длина, ширина, высота) после его погрузки на транспортное средство и установленными нормами максимально допустимых габаритных размеров.

В соответствии с определением 1, следует вывод, что грузы в транспортном положении, не превышающие нормативные параметры (длину, ширину и высоту), являются стандартными для перевозки, не требующие подготовки по маршруту и дополнительных согласований. Автор диссертации предлагает такие грузы отнести к КГГ «нулевой степени». Ненормативные по габаритам грузы предлагается классифицировать по степеням 1, 2, 3, СПЕЦПРОЕКТ в зависимости от габаритных характеристик (аналогично классификации негабаритных грузов при железнодорожных перевозках).

Таким образом, на основании анализа ряда действующих нормативных актов, профессионального опыта и многочисленных статистических данных, автором предлагается ввести всего 5 степеней КГГ:

- *«Нулевая» степень КГГ* – это грузы, не превышающие нормативные габариты по длине – до 20 м, ширине – до 2,55 м и высоте – до 4 м.
- *«Первая» степень КГГ* – это грузы, с минимальными отклонениями от нормативов и имеют параметры по длине – от 20 до 24 м, ширине – от 2,55 до 3,5 м и высоте от 4 до 4,5 м.
- *«Вторая» степень КГГ* – это грузы с характеристиками по длине – от 24 до 30 м, ширине – от 3,5 м до 4 м, высоте – от 4,5 м.
- *«Третья» степень КГГ* – это грузы с характеристиками по длине – от 30 до 35 м, ширине – от 4 м до 5 м, высоте – от 4,5 м.
- *«СПЕЦПРОЕКТ»* – это максимально нестандартные и сложные грузы с индивидуальным подходом в подготовке и перевозке. Характеристики таких грузов превышают по длине – 35 м, по ширине – 5 м и по высоте – 4,5 м.

Автором предложено к выделенным степеням КГГ присваивать буквенно-цифровое обозначение кода КГГ в соответствии с габаритными параметрами по длине, ширине и высоте.

Определение 2: код крупногабаритного груза (код КГГ) – это буквенно-цифровое обозначение габаритного параметра, при этом на первом месте стоит литера А, В или С в зависимости какому габаритному параметру присваивается код.

Для длины устанавливается литера «А»;

Для ширины присваивается литера «В»;

Для высоты соответствует литера «С».

На второй позиции кода ставиться цифра: 0, 1, 2, 3, 4. Цифровое значение указывает на степень, присвоенную грузу. Ранжирование грузов, объединённых в группы по степеням, приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Ранжирование грузов по степеням КГГ

Степень КГГ	Значения весогабаритных характеристик КГГ		
	Длина, м	Ширина, м	Высота, м
Нулевая степень	0 - 20,0	0 - 2,60	0 - 4,00
Первая степень	св. 20,0 – 24,0	св. 2,60 – 3,50	св. 4,00 – 4,50
Вторая степень	св. 24,0 – 30,0	св. 3,50 – 4,00	свыше 4,5
Третья степень	св. 30,0 – 35,0	св. 4,00 – 5,00	
Спецпроект	Свыше 35,0	Свыше 5,0	

Таким образом, в группе А (длина) существуют коды со значениями: А0 (от 0 до 20 м), А1 (от 20 до 24 м), А2 (от 24 до 30 м), А3 (от 30 до 35 м), А4 (свыше 35 м).

Группа В (ширина) включает коды: В0 (от 0 до 2,60 м), В1 (от 2,60 до 3,5 м), В2 (от 3,5 до 4 м), В3 (от 4 до 5 м) и В4 (свыше 5 м).

Группа С (высота) имеет коды: С0 (от 0 до 4м), С1 (от 4 до 4,5 м) и С2 (свыше 4,5 м).

К Спецпроекту относится КГГ, значительно превышающий габаритные параметры и требующий отдельного предметного анализа параметров грузов.

Ранжирование грузов, объединённых в группы по степеням и кодам КГГ, приведено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Ранжирование грузов по степеням и кодам КГГ

Степень КГГ	Значения весогабаритных характеристик КГГ					
	Длина, м	Код КГГ	Ширина, м	Код КГГ	Высота, м	Код КГГ
Нулевая степень	0 - 20,0	А0	0 - 2,60	В0	0 - 4,00	С0
Первая степень	св. 20,0 – 24,0	А1	св. 2,60 – 3,50	В1	св. 4,00 – 4,50	С1
Вторая степень	св. 24,0 – 30,0	А2	св. 3,50 – 4,00	В2	свыше 4,5	С2
Третья степень	св. 30,0 – 35,0	А3	св. 4,00 – 5,00	В3		
Спецпроект	Свыше 35,0	А4	Свыше 5,0	В4		

Пример присвоения грузу степени и кода КГГ:

Груз с длиной 20 метров, шириной 3,52 м и высотой 4,2 м будет иметь кодировку А0В2С1, т.е. коды В2 и С1 указывают на ненормативные параметры.

При начальной стадии подготовки к перевозке код КГГ позволяет оценить риски на предполагаемом маршруте, анализируя варианты маршрута с использованием цифровой карты местности, содержащей граф дорог.

Использование разработанных кодов КГГ позволяет сопоставить цифровую модель КГГ с любыми габаритными параметрами транспортной инфраструктуры на маршруте движения груза.

2.3 Разработка методики снижения негативного воздействия перевозок КГГ на живучесть региональной транспортной сети

2.3.1 Определение понятия живучести региональной транспортно-технологической системы с учетом негативного влияния перевозок крупногабаритных грузов

В теории информационных систем используется понятие «живучесть». Под живучестью понимают свойство системы адаптироваться к новой ситуации и противостоять негативным влияниям, выполняя цель функционирования за счёт соответствующего изменения своей структуры и поведения [57, 58].

Таким образом, «живучесть» обозначает способность технического устройства, сооружения, средства или системы продолжать выполнять свои основные функции, несмотря на возникшие повреждения, либо адаптироваться к изменившимся условиям.

Дадим определение данного термина применительно к транспортной отрасли.

Живучесть транспортно-технологической системы – это свойство, характеризующее способность выполнять установленный объем функций в различных транспортных ситуациях, а также сохранять ее эффективность и устойчивость к изменению условий окружающей среды и поведению других участников движения.

Основная цель транспортно-технологической системы заключается в обеспечении безопасного, эффективного и экономически обоснованного перемещения людей и грузов [59]. Как показывает практика, живучесть транспортно-технологической системы подвержена множеству возмущений,

вызванных как предсказуемыми изменениями в технологии и законодательстве, так и непредвиденными обстоятельствами, такими как стихийные бедствия, аварийные ситуации и т.п. В таких условиях одной из первоочередных задач управления транспортно-технологической системой становится обеспечение ее живучести, т.е. способности адаптироваться к изменениям и быстро восстанавливаться после нарушений в работе системы.

В качестве показателя живучести транспортно-технологической системы можно принять объем трафика, который является одним из основных показателей транспортной системы [57,58]. На этот показатель влияет множество факторов, таких как уровень инфраструктурной готовности, квалификация кадров, методы управления автопарком и использование современных информативных технологий. Все эти аспекты могут существенно повлиять на скорость и эффективность реакции системы на возникающие проблемы.

Живучесть транспортно-технологической системы подразумевает наличие резервов и гибкости в ее структурных и функциональных компонентах. Это означает, что система должна быть способна к быстрой перенастройке при изменении условий эксплуатации.

Исследование живучести транспортно-технологических систем при перевозках крупногабаритных грузов требует комплексного подхода, включающего как количественные, так и качественные методы анализа. Для практической оценки этого свойства при перевозках КГГ должны быть внедрены методики, которые позволят проводить мониторинг состояния системы, а также прогнозировать ее поведение в зависимости от различных сценариев.

Одним из сценариев является оценка живучести транспортно-технологической системы в процессе перевозки крупногабаритного груза.

Согласно современным исследованиям, крупногабаритные грузы могут значительно воздействовать на функционирование транспортной сети, особенно в зависимости от категории дороги и структуры опорной сети региона и страны.

Важнейшим элементом региональной транспортно-технологической системы является региональная транспортная сеть.

Региональную транспортную сеть можно классифицировать по различным критериям, включая категорию дороги, которая определяется количеством полос движения, шириной проезжей части, уровнем её нагрузочной способности, типом покрытия, и функциональным назначением [60]. В этом контексте дороги, относящиеся к магистральным и местным сетям, отличаются в плане пропускной способности и устойчивости к воздействию крупногабаритных грузов. В соответствии с положениями Федерального закона от 08.11.2007 № 257-ФЗ [61], магистральные дороги проектируются с учетом больших нагрузок и способны обеспечивать высокую степень живучести за счет наличия нескольких полос движения и укрепленных обочин, которые можно использовать для маневрирования крупногабаритного транспорта.

Одним из отрицательных факторов, влияющих на объем трафика региональной дорожной сети является вероятность возникновения коллизий и заторов на участках дорожной сети, возникающих при перевозках крупногабаритного груза на дороги низшей категории, такие как местные или сельские дороги. Эти дороги, как правило, имеют две полосы движения, что затрудняет движение КГГ и может привести к возникновению затора, повышению риска дорожно-транспортных происшествий и, в конечном итоге, ухудшению живучести транспортно-технологической системы.

Следовательно, организация безопасного движения крупногабаритных транспортных средств требует эффективного взаимодействия с дорожными службами и контроля маршрутов их движения, что создает дополнительную нагрузку на систему управления транспортом.

2.3.2 Оценка влияния процессов перевозки крупногабаритных грузов на живучесть транспортно-технологической системы региона

Рассмотрим влияние на живучесть транспортно-технологической системы региона перевозок крупногабаритных грузов в зависимости ширины

крупногабаритного груза и технической категории участков дорог, по которым осуществляются перевозки КГГ.

Влияние параметра «Ширина» крупногабаритного груза на живучесть транспортно-технологической системы зависит от ряда факторов, включая категорию дороги, конструкции опорных сетей и климатические условия региона. Это приводит к необходимости разработки специальных мероприятий к управлению транспортными потоками на транспортной сети с учетом влияния процессов перевозки КГГ, что повысит устойчивость и эффективность функционирования транспортной системы региона. Согласно ГОСТ Р 52398-2005 [62], ширина полос движения автомобильных дорог I-II категорий 3,75м. Ширина полос и количество полос движения дорог низших категорий приведено в таблице 2.4 [63].

Таблица 2.4 – Ширина и количество полос движения дорог III –V категорий

Категория дороги	III	IV	V
Ширина полосы, м	3,5	3,0	4,5 и более
Количество полос движения в обоих направлениях	2	2	1

Ни рисунках 2.4 и 2.5 представлены примеры движения крупногабаритных грузов на дорогах разных категорий.



Рисунок 2.4 – Пример движения КГГ на четырёх полосной дороге



Рисунок 2.5 – Пример движения КГГ на двухполосной дороге

В связи с тем, что наибольшее негативное влияние на дестабилизацию живучести транспортно-технологической системы будет оказывать крупногабаритный груз по ширине (коды КГГ - В1, В2 и В3) на дорогах с количеством полос 2 и менее и шириной полосы движения менее 3,5 м, сделаем акцент в исследовании на движение КГГ по категориям дорог III, IV и V (рис. 2.6).

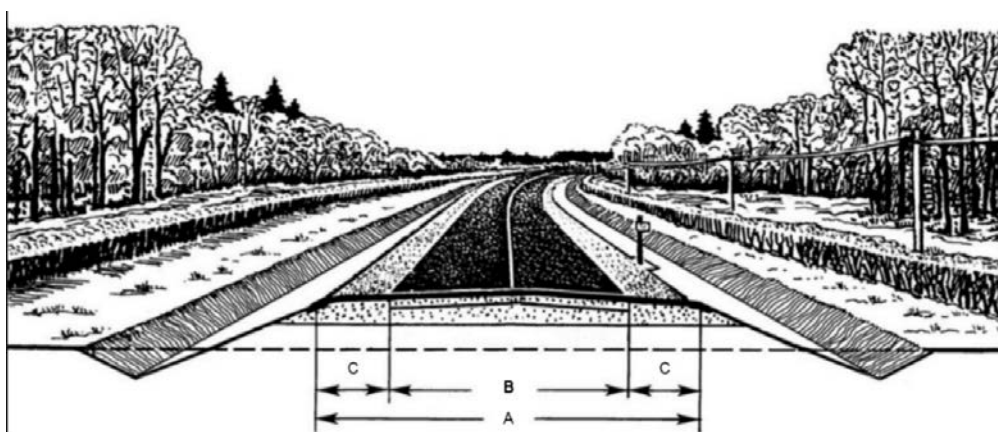


Рисунок 2.6 – Поперечный профиль автомобильной дороги с двухполосным движением

Отрицательное влияние оказывает выступающая на встречную полосу часть крупногабаритного груза, шириной (ΔB):

$$\Delta B = 0,5 (B_{\text{КГГ}} - B) \quad (2.1)$$

где B – ширина полосы движения,

$B_{\text{КГГ}}$ – ширина крупногабаритного груза.

Минимальная остаточная ширина проезжей части для безопасного разъезда встречного транспортного средства с транспортным средством с крупногабаритным грузом определится из следующего выражения:

$$B - (B_{PA} + \Delta) \geq \Delta B \quad (2.2)$$

где B_{PA} – ширина расчетного автомобиля): N3 и M3 (См. табл.2.5).

Δ - минимальный зазор безопасности, м.

Ширина расчетного автомобиля (B_{PA}) для типов автомобилей с шириной 2,5м и более приведена в таблице 2.5 [64].

Таблица 2.5 – Ширина расчетных автомобилей

Тип расчетного автомобиля	Обозначения	Ширина, м
Легковой автомобиль (Л)	M1	1,90
Грузовой автомобиль (Г)	N3	2,50
Автобус (А)	M3	2,55
Сочлененный автобус (Ас)	M3*	2,55
Автопоезд (А20)	N3+O4	2,50

Принимая в расчетах величина Δ (минимальный зазор безопасности) равна 0,3 м в соответствии с ОДМ 218.2.101-2019 «Методические рекомендации по проектированию элементов плана, продольного и поперечного профиля автомобильных дорог» и по ГОСТ Р 51256-2011 (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Горизонтальная дорожная разметка 1.3

На рисунке 2.8 изображена схема безопасного разезда автомобиля категорий N3 и M3 с крупногабаритным грузом на участке дороги III технической категории.

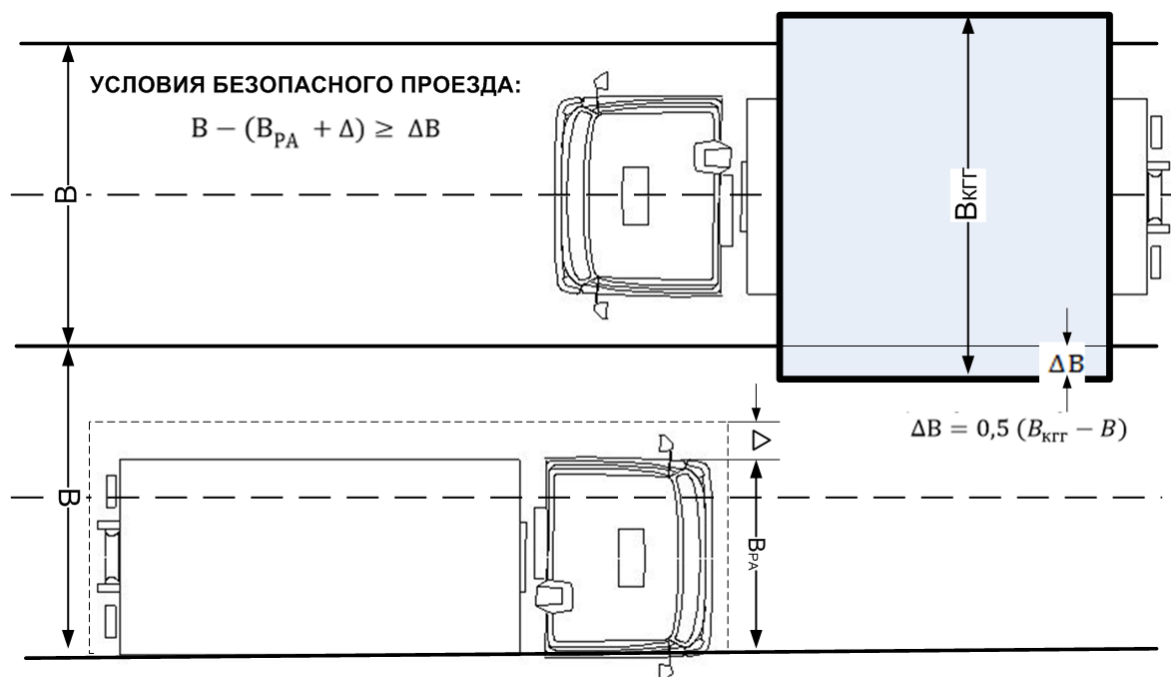


Рисунок 2.8 – Схема безопасного разезда встречного автомобиля N3 и M3 с КГГ

С целью моделирования ситуации безопасного разезда расчетного автомобиля (РА) с системой «груз + транспортное средство» рассчитаем безопасную остаточную ширину полосы движения ($\Delta B'$) (рис. 2.9) в зависимости от ширины крупногабаритного груза по формуле:

$$\Delta B' = \Delta B - \Delta \quad (2.3)$$



Рисунок 2.9 – Визуализация безопасной остаточной ширины полосы движения с учетом зазора безопасности

Таким образом, критерий безопасного разъезда крупногабаритного груза со встречным транспортным средством должен отвечать следующему требованию:

$$\Delta B' \geq B_{PA} \quad (2.4)$$

В таблице 2.6 приведены расчеты остаточной ширины проезжей части с учетом безопасного зазора между КГГ и РА для различных категорий дорог с учетом разработанных кодов КГГ.

Применим полученные формулы к разработанным кодам КГГ (согласно п. 2.2 и высчитаем минимальный критерий безопасного разъезда (табл. 2.6).

Таблица 2.6 – Расчет остаточной ширины проезжей части с учетом безопасного зазора между КГГ и РА

Категория дороги		III	IV	V
Ширина полосы, м		3,5	3,0	4,5 и более
Ширина обочины (не менее), м		2,0 - 2,5	1,5 - 2,0	1,0 - 1,75
Количество полос движения в обоих направлениях		2	2	1
Ширина проезжей части, м		7	6	4,5
Величина зазора безопасности, м		0,3		
Код КГГ	Ширина КГГ, м	$\Delta B' = B - B_{КГГ} - \Delta$ (остаточная ширина проезжей части с учетом безопасного зазора между КГГ и РА)		
B0	0 - 2,60	7,0-2,6-0,3=4,1	6,0-2,6-0,3=3,1	4,5-2,6-0,3=1,6
B1	св. 2,60 – 3,50	7,0-3,5-0,3=3,2	6,0-3,5-0,3=2,2	4,5-3,5-0,3=0,7
B2	св. 3,50 – 4,00	7,0-4,0-0,3=2,7	6,0-4,0-0,3=1,7	4,5-4,0-0,3=0,2
B3	св. 4,00 – 5,00	7,0-5,0-0,3=1,7	6,0-5,0-0,3=0,7	<КГГ (B3)
B4	Свыше 5,0	<КГГ (B4)	<КГГ (B4)	<КГГ (B4)

На рисунке 2.10 представлен сравнительный график параметра "ширина" груза при разных кодах КГГ и остаточной ширины проезжей части с учетом безопасного зазора для III-V категорий дороги.

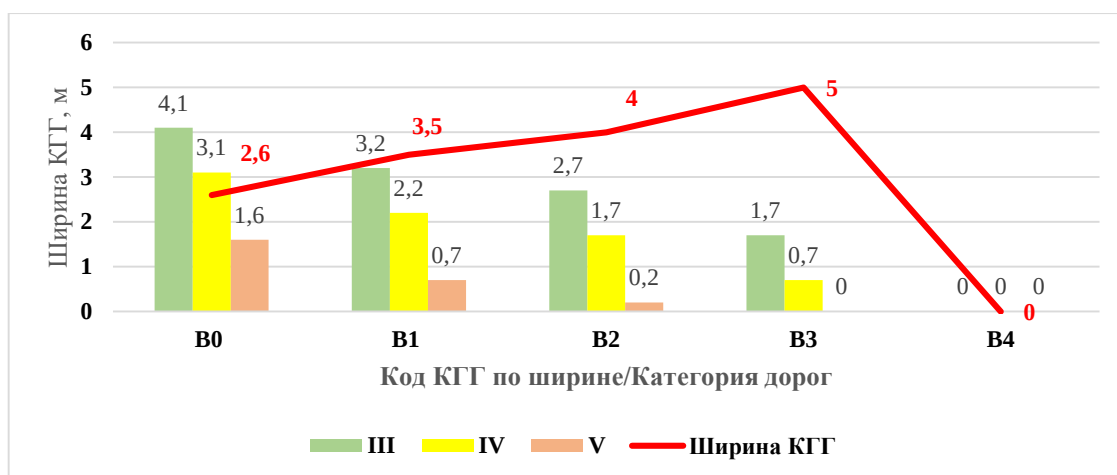


Рисунок 2.10 – График влияния ширины КГГ при разных кодах КГГ (B0-B4) на остаточную ширину проезжей части с учетом безопасного зазора для III-V категорий дороги

Анализ полученных результатов, изложенных в таблице 2.6 по остаточной ширине проезжей части показывает, что выезд на дорогу III категории крупногабаритного груза с кодами B0, B1 и B2 не являются критическими и не будут нарушать живучесть транспортно-технологической системы. КГГ с кодами B3 и B4 превышают ширину проезжей части, соответственно, создадут помехи для проезжающего встречного транспорта технической категории M1, N3, M3 и N3+O4.

На дорогах технической категории IV только крупногабаритные грузы с кодом B0 не создают потенциальных помех встречному транспорту. Широкий КГГ с кодами B1, B2, B3 и B4 значительно выступают на встречную полосу, таким образом, ограничивая встречное движение транспорта.

Движение крупногабаритного груза с любыми габаритами по V категории дороги вызывает коллапс для любого встречного транспорта в связи ограничением ширины единственной полосы движения.

С учетом изложенного, требуется разработка специализированной информационной системы, позволяющей исключить возможные ситуации коллапса на отдельных участках транспортной сети и тем самым повысить живучесть транспортно-технологической системы на транспортной сети региона.

2.3.3 Методика снижения риска блокировки движения, возникающего при перевозках КГГ по региональной дорожной сети с использованием расчетно-аналитического метода

Перевозка крупногабаритных грузов является фактором, отрицательно влияющим на живучесть транспортно-технологической системы. Одним из рисков, возникающих при перевозке широких крупногабаритных грузов (коды В1, В2, В3) на транспортной сети является блокировка движения на участках региональных дорог III, IV и V категории при встрече крупногабаритного груза с транспортными средствами категории N_3 , M_3 [64, 65] из-за ограничений ширины проезжей части.

В качестве примера рассмотрим транспортную сеть региона страны. Необходимо оценить риск, возникающий при встрече системы «груз + транспортного средство», имеющий код по ширине В1, В2 и В3, с расчетными автомобилями (РА) категорий N_3 и M_3 . В данной задаче *риск оценивается как ожидаемые потери, измеряемые в автомобиле-часах, от блокировки движения на участках дорог III, IV и V категории при такой встрече*. При этом не рассматриваем участки дорог I и II категорий в связи с тем, что считаем, что блокировка движения при перевозке КГГ по этим участкам является практически невозможным событием.

Актуальность указанной задачи обосновывается статистическими данными Министерства транспорта РФ о суммарной протяженности автомобильных дорог (федерального и регионального или межмуниципального значения) по категориям по состоянию на 2017 год составляют [66]:

IA – 1 653,501 км; IB – 7 600,809 км; IB – 6 305,355 км; II – 55 622,736 км; III – 122 895,987 км, IV – 299 401,75 км.: V – 74 221,43 км

В общей статистике по протяженности дорожной сети процент дорог III, IV и V категорий составляет - 87,46% (рис. 2.11)

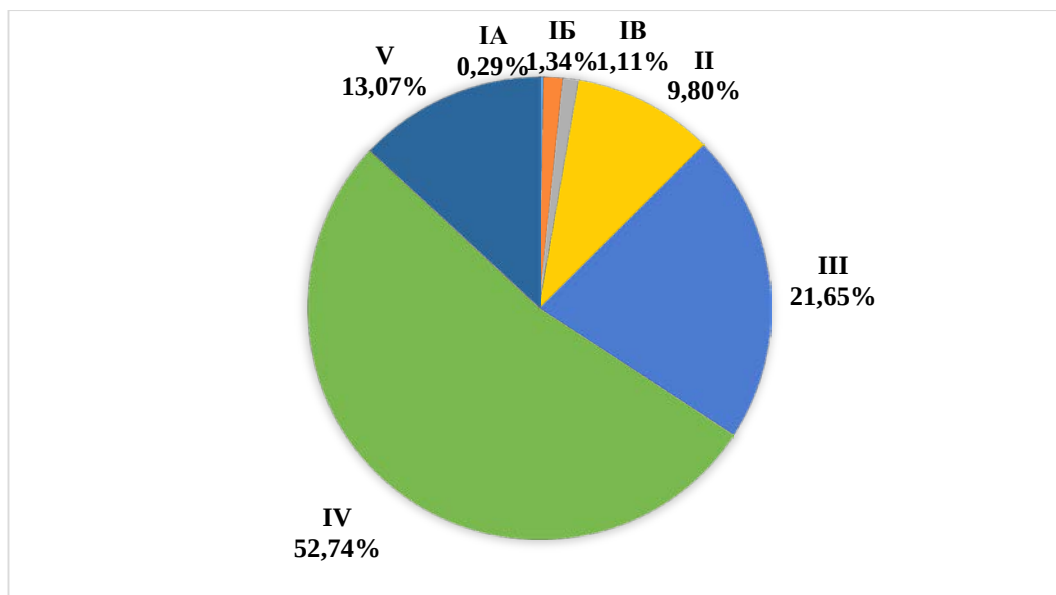


Рисунок 2.11 – Протяженность автомобильных дорог по категориям
в процентных долях

Автором предложен подход к оценке минимального риска от блокировки движения на дорожной сети региона с использованием расчетно-аналитического метода [67, 68]. Расчетно-аналитический метод основан на использовании количественных и качественных данных для анализа вероятности наступления определенных событий и их последствий. Этот метод включает сбор статистических данных, математическое моделирование, оценку вероятностей неблагоприятных событий и анализ рисков, на основе полученных данных [69].

Пусть M – множество участков дорожной сети региона, принадлежащих дорогам различной технической категории. Тогда множество участков дорожной сети (M) можно представить как объединение множеств участков дорожной сети региона, принадлежащих дорогам определенной технической категории:

$$M = \bigcup_j M_j \quad (2.5)$$

где – M_j множество участков дорожной сети региона, принадлежащим дорогам j -й технической категории, где $j=I, II, III, IV, V$ категории дорог региона.

Выделим подмножество $M_b = \bigcup_j M_j$,

где $j=I, II, III, IV, V$ – категории дорог региона, на участках которых возникает риск блокировки движения при встрече с КГТ автомобилей категорий N_3 и M_3 .

Количество случаев возникновения риска блокировки движения равно количеству случаев проезда КГГ по участкам III, IV, V категории дорог региона. Предполагается, что для оценки количество случаев возникновения риска за год, администрация региона должна обратиться к статистическим данным ФКУ Росдормониторинг [70] о количестве выданных за прошедший год разрешений на перевозку на территории региона системы КГГ, имеющий код по ширине B1, B2 или B3. По результатам обработки этих данных и указанных в разрешениях маршрутах перевозки необходимо получить оценку количества проездов КГГ с кодом по ширине B1, B2 или B3, на каждом участке дорог региона III, IV, V категорий.

Пусть N_{ijk} – это полученное по результатам обработки исходных статистических данных количество проездов в течение прошлого года на i -ом участке дороги j -й технической категории крупногабаритного груза с k -ым кодом КГГ по ширине. Тогда среднесуточное количество автомобилей на i -ом участке дороги j -й технической категории крупногабаритного груза с k -ым кодом КГГ по ширине ($N_{ijk}^{\text{сут}}$) по данным прошлого года определится из выражения:

$$N_{ijk}^{\text{сут}} = \frac{N_{ijk}}{365} \quad (2.6)$$

Оценим вероятность появления в течение суток на i -ом участке дороги j -й технической категории крупногабаритного груза с k -ым кодом по ширине. Для этого вначале оценим расчетное время (t_{ijk}) прохождения i -го участка транспортной сети на дороге j -й технической категории крупногабаритного груза с k -ым кодом по ширине. Расчетное время проезда в часах рассчитывается по формуле:

$$t_{ijk} = \frac{l_{ij}}{V_{jk}}, \text{ час} \quad (2.7)$$

где l_{ij} – длина i -того участка транспортной сети, относящегося дороге j -й технической категории, км;

V_{jk} – скорость перевозки КГГ по дороге j -й технической категории крупногабаритного груза с k -ым кодом по ширине, км/ч.

Рассматривая событие появления на одном участке двух грузов КГГ как практически невозможное, вероятность появления в течение суток на i -м участке j -й технической категории одного крупногабаритного груза с k -м кодом по ширине ($P_{ijk}^{\text{КГГ}}$) определим из выражения:

$$P_{ijk}^{\text{КГГ}} = \frac{t_{ijk} N_{ijk}^{\text{сут}}}{T_{\text{сут}}} \quad (2.8)$$

где $T_{\text{год}}$ – количество часов в одном календарном году.

$$T_{\text{год}} = 24 * 365 = 8760 \text{ часов.}$$

Вероятность появления в течение суток на i -м участке j -й технической категории крупногабаритного груза ($P_{ij}^{\text{КГГ}}$) с кодом по ширине В1, В2 или В3 определится из выражения:

$$P_{ij}^{\text{КГГ}} = \sum_{k=1}^3 P_{ijk}^{\text{КГГ}} \quad (2.9)$$

Оценим вероятность появления в течение суток на участке i -тому участку дороги j -й категории принадлежащей региональной сети дорог дорожной сети автомобиля категории N_3 и M_3 . Во встречном направлении движения. Количество транспортных средств категории N_3 и M_3 , проходящих во встречном направлении по i -тому участку дороги j -й категории принадлежащей региональной сети дорог в сутки (Q_{ij}^3 сут.), определится из выражения:

$$Q_{ij}^3 \text{ сут.} = 0,5 * I_{ij}^3 \text{ сут.} * \beta_i^3 \quad (2.10)$$

$I_{ij}^3 \text{ сут.}$ – суточная интенсивность движения расчетных автомобилей категорий N_3 и M_3 в транспортном потоке по i -тому участку дороги j -й категории,

β_i^3 – доля расчетных автомобилей категорий N_3 и M_3 в транспортном потоке на i -м участке региональной дороги j -й категории.

Время в часах прохождения i -го участка дороги j -й категории расчетного автомобиля категорий N_3 и M_3 (t_{ij}^3) рассчитывается по формуле:

$$t_{ij}^3 = \frac{l_{ij}}{V_j^3}, \text{ час} \quad (2.11)$$

где l_{ij} – длина i -го участка дороги j -й категории, км;

V_j^3 – средняя скорость движения автомобиля категорий N_3 и M_3 на участке дороги j -й категории, км/час.

Считаем событие появления в одном направлении одновременно двух автомобилей категорий N_3 и M_3 на i -м участке дороги j -й категории практически невозможным. Тогда вероятность появления на i -м участке дороги j -й категории автомобиля категории N_3 или M_3 найдем из выражения:

$$P_{ij}^3 = \frac{t_{ij}^3}{t_{\text{сут}}} * Q_i^3 \text{ сут.} \quad (2.12)$$

В соответствии с теоремой умножения вероятности, произведение двух независимых событий равна произведению вероятностей этих событий. Считаем, что событие «появление КГГ на i -ом участке» не зависит от события «появления расчетных автомобилей категорий N_3 и M_3 ». Тогда вероятность одновременного появления КГГ и расчетного автомобиля категории N_3 или M_3 на i -ом участке равна произведению вероятностей этих событий. Следовательно, вероятность встречи за сутки расчетного автомобиля на i -ом участке дороги j -й категории регионально транспортной сети крупногабаритный груз с k -м кодом по ширине (P_{ijk}) по формуле:

$$P_{ijk}^{\text{сут}} = P_{ijk}^{\text{КГГ}} * P_i^3 \quad (2.13)$$

Вероятность встречи расчетного автомобиля на i -ом участке дороги j -й категории региональной транспортной сети крупногабаритный груз с кодом В1, В2 или В3 за сутки ($P_{ij}^{\text{сут}}$) определится из выражения:

$$P_{ij}^{\text{сут}} = \sum_{k=1}^3 P_{ijk}^{\text{сут}} \quad (2.14)$$

Оценим суммарный годовой риск ($R_{\text{год}}$) от блокировки движения на участках дорожной сети региона при встрече расчетного автомобиля с крупногабаритным грузом по ширине по следующей формуле:

$$R_{\text{год}} = 365 \sum_i \sum_j \sum_k P_{ijk}^{\text{сут}} * C_{ijk} \quad (2.15)$$

где P_{ijk} – вероятность встречи КГГ с k -м кодом по ширине с РА на i -том участке дороги j -й категорий ($j = \text{III, IV и V}$),

C_{ijk} – величина потерь, возникающих на i -м участке маршрута транспортной сети региона j –й категории с крупногабаритным грузом с k -м кодом по ширине.

Если риск, возникающий при перевозках крупногабаритных грузов по региональной дорожной сети является неприемлемым, необходимо проведение мероприятий по его уменьшению.

Проведение указанных мероприятий приводит к снижению риска, но связано с затратами на внедрение мероприятий в практику и последующую эксплуатацию используемых аппаратно-программных средств.

Основными этапами применения расчетно-аналитического метода в управлении рисками при перевозках крупногабаритных грузов являются идентификация рисков, оценка их вероятности и последствий, разработка стратегий минимизации рисков, мониторинг ситуации и корректировка принятых решений.

На определенном шаге суммарные затраты на внедрение мероприятий сравниваются с ожидаемым остаточным риском, что делает экономически нецелесообразным проведение дальнейших мероприятий по снижению риска на текущем этапе. Таким образом, можно оценить минимальный остаточный риск, достижение которого экономически оправдано.

Экономически оправданные затраты определятся по условию, когда совокупные затраты ($Z_{\text{год}}$) сравниваются с годовыми ожидаемыми потерями. При этом остаточная величина риска равна половине начальной величины риска.

$$\sum_{i=1}^m Z_i \leq \sum_{i=1}^m \Xi_i \quad (2.16)$$

где, Z_i – затраты на i -е мероприятие,

Ξ_i – эффект от проведения i -го мероприятия

m – количество экономически оправданных мероприятий.

Графическая иллюстрация применения разработанного подхода показана на рисунке 2.12.

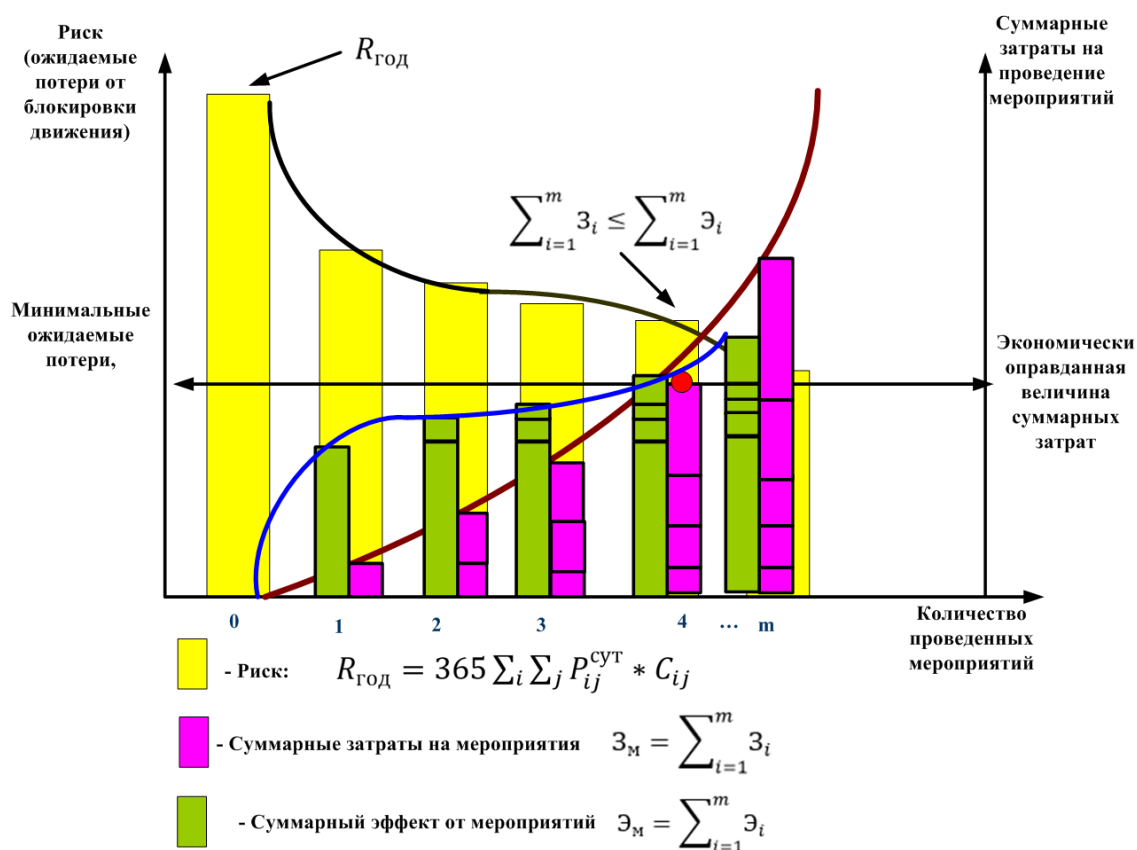


Рисунок 2.12 – Схема расчетно-аналитического метода по снижению риска блокирования движения на участках региональных дорог категорий III, IV и V при встрече с крупногабаритным грузом (коды B1, B2, B3)

На основании экспертного анализа, проведенного автором, представленная методика снижения риска возникновения транспортного затора, возникающего при перевозках крупногабаритных грузов по региональной дорожной сети с использованием расчетно-аналитического метода, позволяет повысить уровень живучести транспортной системы региона за счет снижения риска возникновения коллизий и заторовых ситуаций до 30%.

2.4 Обоснование выбора методики определения гарантировано безопасного маршрута при планировании перевозки КГГ с помощью алгоритма Дейкстры

Важнейшим аспектом при управлении транспортным производством, связанным с перевозками крупногабаритных грузов по транспортно-

технологической системе, является обеспечение *гарантировано безопасной перевозки*.

Гарантировано безопасная перевозка крупногабаритных грузов автомобильным транспортом представляет собой интегрированную систему, обеспечивающую защиту от рисков повреждения или утраты грузов, основанную на использовании современных технологий, соответствующих стандартов безопасности и организационных механизмов управления. Эта система включает в себя оптимизацию маршрутов с учетом характеристик транспортного средства и состояния дорожной инфраструктуры, применение специализированной упаковки и креплений, а также мониторинг параметров перевозимого груза и транспортного процесса для обеспечения максимальной надежности, безопасности и исключения угрожающих случайных событий при выполнении транспортных операций.

В результате проведенного исследования разработан комплексный подход к оценке, управлению и минимизации данных рисков, что позволит повысить эффективность и безопасность такого вида перевозок на основании риск-ориентированного подхода.

Риск-ориентированный подход при организации планирования транспортных процессов перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом в транспортно-технологических системах предполагает создание совокупности процедур управленческих и технологических процессов. При этом О.С. Локтева и Д.А. Локтев [71] предлагают использовать многомерную плотность вероятности, аналитическое представление которой позволит выявить наиболее сложные этапы в технологии с точки зрения отказов системы по обеспечению гарантировано безопасной перевозки КГГ, а в качестве основных критериев риска используется тяжесть вероятных негативных последствий и вероятность несоблюдения обязательных требований [72].

При планировании перевозок КГГ после проведения анализа схемы управления рисками, классификации рисков, комплексной идентификации рисков с требуемой степенью детализации необходимо осуществить оптимизацию маршрутов с учетом характеристик КГГ, транспортного средства, состояния

дорожной инфраструктуры и прочих факторов.

Приказом Министерства экономического развития России от 1 октября 2010 г. № 464 [73] утвержден порядок создания, обновления, использования, хранения и распространения цифровых навигационных карт. В соответствии с пунктом 12 данного приказа, навигационная информация цифровой навигационной карты, создаваемой за счет средств федерального бюджета и предназначенной для решения навигационных задач автомобильного транспорта, состоит из информационного слоя о расположении проезжих частей улично-дорожной сети и организации движения наземного транспорта (далее - дорожный граф).

Другими словами, дорожный граф – это элемент содержания цифровой карты, содержащий информацию о расположении проезжих частей дорожной сети и организации движения транспортных средств. Он состоит из множества фрагментов, которые состыкованы между собой. Каждый фрагмент несёт информацию о своём участке дороги: географические координаты, направление движения, средняя скорость, с которой машины обычно едут на этом участке, и другие параметры.

Для использования алгоритма Дейкстры с целью поиска гарантировано безопасного и оптимального по длине маршрута перевозки региональная дорожная сеть должна быть представлена в виде ориентированного графа. Граф дорожной сети представляется в виде набора вершин и рёбер.

Ребра графа соответствуют отдельным участкам дорожной сети, а вершины – перекресткам и/или инфраструктурным объектам, на которых заканчиваются отдельные участки. Для каждого ребра в графе задан неотрицательный вес, соответствующий длине моделируемого участка дороги. [74, 75, 76].

Необходимо получить коды габаритов системы «транспортное средств-груз» и попарно сравнивать коды системы с кодами габаритов груза, присвоенных дугам дорожного графа. Если хотя бы по одному параметру код системы превышает код дуги, дуга считается недоступной для маршрута перевозки и ей должен присваиваться условно большой вес, который не позволит такую дугу использовать при решении задачи поиска кратчайшего пути методами оптимизации.

Алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути на графе включает следующие шаги:

Шаг 1. Всем вершинам, за исключением первой, присваивается вес равный бесконечности, а первой вершине – 0.

Шаг 2. Все вершины не посещены.

Шаг 3. Первая вершина объявляется текущей.

Шаг 4. Вес всех невыделенных вершин пересчитывается по формуле: вес невыделенной вершины есть минимальное число из старого веса данной вершины, суммы веса текущей вершины и веса ребра, соединяющего текущую вершину с невыделенной.

Шаг 5. Среди невыделенных вершин ищется вершина с минимальным весом. Если такова не найдена, то есть вес всех вершин равен бесконечности, то маршрута не существует. Следовательно, выход. Иначе, текущей становится найденная вершина. Она же выделяется.

Шаг 6. Если текущей вершиной оказывается конечная, то путь найден, и его вес есть вес конечной вершины.

Шаг 7. Переход на шаг 4.

Представим маршрут перевозки в виде графа (рис. 2.13).

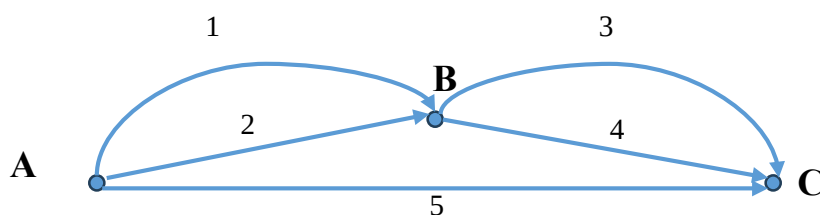


Рисунок 2.13 – Пример маршрута перевозки КГТ в виде графа

При планировании перевозки и поиска гарантировано безопасного и оптимального по длине маршрута необходимо модифицировать граф дорожной сети, оставив в графе только те дуги, которые являются проходным для планируемого для перевозки груза.

Для целей и решения задач планирования перевозки КГГ, рассмотренных в диссертации, важно, чтобы при построении дорожного графа ребрам присваивались следующие атрибуты:

- указание направления движения (одностороннее, двустороннее, запрет проезда);
- сведения об ограничениях дорожного движения (минимальное и максимальное ограничение скорости движения, ограничение нагрузки на ось, ограничение высоты, ограничение длины, ограничение ширины);
- ограничение возможности проезда по времени (сезонность, интервал времени суток);
- классификация дороги в соответствии с Правилами классификации автомобильных дорог в Российской Федерации и их отнесения к категориям автомобильных дорог [34].

Важно отметить, что при построении маршрута необходимо учитывать актуальность информации о дорожной ситуации, так как она может изменяться в режиме реального времени. Поэтому рекомендуется использовать надежные и обновляемые источники данных при планировании поездки. Иначе существует вероятность невозможности проезда КГГ по какому-либо участку дороги из-за длительного перекрытия дороги по причине, например, планового ремонта дороги.

Выводы по Главе 2

Вторая глава посвящена разработке методик, направленных на обеспечение гарантировано безопасных перевозок КГГ в рамках региональной дорожной сети в транспортно-технологических системах с учетом прогнозируемых рисков.

1. Предложен процесс управления рисками, включающий описание проекта, габаритных параметров системы «груз + транспортное средство», погрузо-разгрузочного процесса; идентификацию рисков на альтернативных маршрутах перевозки КГГ; качественный и количественный анализ рисков; план реагирования

и мероприятий по мониторингу рисков, которые могут возникнуть в процессе перевозки.

2. Разработана классификация крупногабаритного груза по пяти степеням габаритности, трем габаритным параметрам и тринадцати классификационным кодам с помощью кластерного анализа позволяет оцифровать процесс планирования перевозки КГГ на дорожной сети региона.

3. Предложенная цифровая модель крупногабаритного груза на основе учета ее габаритных параметров позволяет оценить проходимость отдельных участков дорожной сети регионов и риски на предполагаемом маршруте, а также выбрать вариант гарантировано безопасного маршрута с использованием цифровой карты местности.

4. Определен показатель живучести транспортно-технологических систем при перевозках КГГ. Перевозка крупногабаритных грузов приводит к риску блокировки дорожного движения на отдельных участках дорог III, IV и V технической категорий и оказывает отрицательное влияние на живучесть региональной транспортно-технологической системы. Для снижения уровня риска требуется проведение специальных мероприятий на основе использования телематических средств и систем.

5. Доказано, что методика снижения риска возникновения транспортного затора, возникающего при перевозках крупногабаритных грузов по региональной дорожной сети с использованием расчетно-аналитического метода, позволяет повысить уровень живучести транспортной системы региона за счет снижения риска возникновения коллизий и заторовых ситуаций до 30%..

6. Проведено обоснование выбора методики определения гарантировано безопасного маршрута при планировании перевозки КГГ с помощью алгоритма Дейкстры, что позволит осуществить оптимизацию маршрутов с учетом характеристик КГГ, транспортного средства, состояния дорожной инфраструктуры и прочих факторов.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГАРАНТИРОВАНО БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ ПО РЕГИОНАЛЬНОЙ ОПОРНОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1. Подготовка к эксперименту. Сбор исходных данных для проведения экспериментальных исследований на региональной сети с целью апробации теоретических моделей

3.1.1 Цель и задачи экспериментальных исследований

Цель экспериментального исследования – апробация разработанной методики планирования маршрута по результатам анализа цифровых моделей альтернативных вариантов маршрутов перевозки с использованием созданной методики классификации КГГ.

Задачи эксперимента следующие:

1. Исследование характеристик опорной сети автомобильных дорог Свердловской области;
2. Оценка опорной сети Свердловской области на предмет возможной проходимости системы «груз + транспортное средство» по маршруту перевозки;
3. Определение оптимального по длине маршрута перевозки КГГ с использованием алгоритма Дейкстры и альтернативных вариантов перевозки КГГ;
4. Анализ необходимых мероприятий на потенциальных маршрутах для обеспечения безопасной перевозки КГГ;
5. Обоснование выбранного маршрута с использованием разработанных методик по результатам оценки необходимых мероприятий по обеспечению безопасности перевозки КГГ, их стоимости и определение оптимального маршрута по критерию минимума совокупных затрат на перевозку;

3.1.2 Исследование характеристик опорной сети автомобильных дорог Свердловской области

Опорная сеть автомобильных дорог – совокупность важнейших автомобильных дорог, обеспечивающих устойчивые связи между основными точками транспортного спроса, включающая участки международных транспортных коридоров, все автомобильные дороги федерального значения, отдельные региональные и прочие автомобильные дороги, отобранные на основе транспортно-географических критериев, показателей востребованности и социальной значимости.

Опорная сеть автомобильных дорог (далее – опорная сеть) – совокупность автомобильных дорог, обеспечивающая бесперебойное движение транспортных средств, транспортную связанность территории Российской Федерации, единство ее экономического пространства (24 июля 2023 г. № 374-ФЗ) [77].

Опорная сеть автомобильных дорог Российской Федерации сформирована в рамках работы по формированию транспортного каркаса России с перспективой ее развития и расширения до 2035 года. Формирование Опорной сети решает вопросы достижения следующих долгосрочных целей развития транспортной системы до 2030 года и на прогнозный период до 2035 года, обозначенных в Транспортной стратегии:

- повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий;
- повышение мобильности населения и развитие внутреннего туризма;
- увеличение объема и скорости транзита грузов и развитие мультимодальных логистических технологий.

В соответствии с Транспортной стратегией, под Опорной сетью понимается совокупность важнейших автомобильных дорог, обеспечивающих устойчивые связи между основными точками транспортного спроса, включающая участки международных транспортных коридоров, все автомобильные дороги

федерального значения, отдельные региональные и прочие автомобильные дороги, отобранные на основе показателей востребованности и социальной значимости.

К опорной сети региональных автомобильных дорог в первую очередь отнесены автомобильные дороги, обеспечивающие:

- 1) связь между административными центрами МО;
- 2) связь с соседними субъектами Российской Федерации;
- 3) обходы крупных городов.

Формирование Опорной сети региона решает вопросы достижения следующих долгосрочных целей развития транспортной системы до 2030 года и на прогнозный период до 2035 года, обозначенных в Транспортной стратегии. Опорная сеть автомобильных дорог Свердловской области представлена на рисунке 3.1.

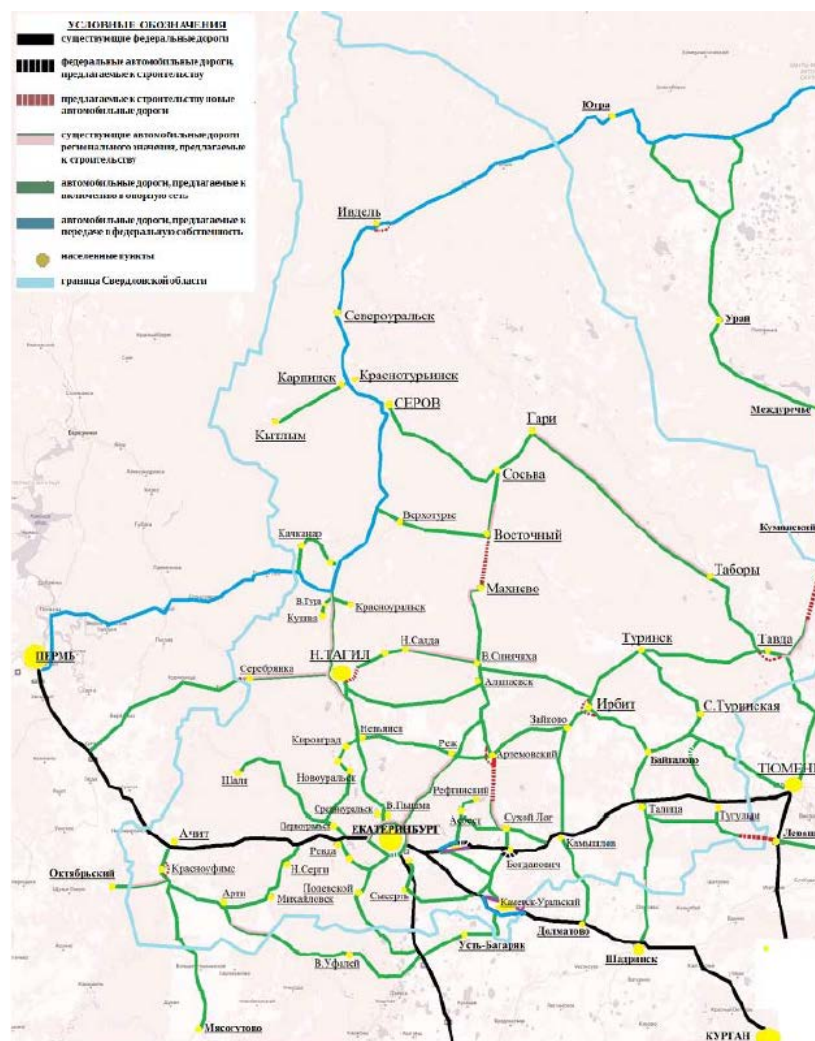


Рисунок 3.1 Опорная сеть автомобильных дорог Свердловской области

По состоянию на 31.10.2014 года общая протяженность автодорог Свердловской области составляет 28,8 тыс. км, в том числе 11,1 тыс. км – регионального значения, 17,7 тыс. километров – местного, из них 1,4 тыс. км – автодороги Екатеринбурга. Сеть автомобильных дорог на территории Свердловской области развита неравномерно: в южной части, более освоенной, автодорожная сеть развита лучше, чем в северных и северо-восточных районах. Плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием колеблется от 8–10 км на 1 тыс. кв. км территории до 161–368 км на 1 тыс. кв. км территории в зависимости от района области.

Также известно, что около 27 процентов всех автомобильных трасс Свердловской области функционируют в режиме перегрузки. Это связано с большим транзитным грузопотоком, так как через территорию области проходят крупные международные транспортные коридоры.

Рассматривая дорожную сеть Свердловской области, отметим, что основной ее проблемой является низкое качество дорожного покрытия и, вследствие этого, неудовлетворительное состояние многих шоссейных путей, что приводит к определенным проблемам при перевозках грузов и пассажиров. Низкая провозная способность находит свое выражение в низкой скорости движения автомобилей по дорогам, а как следствие, нарушениях сроков доставки грузов и качестве транспортного обслуживания в целом, а также наличии больших пробок на дороге.

Таким образом, недостаточная пропускная способность дорожной сети Свердловской области является «узким» местом в ее функционировании. По данной причине правомерно возникает вопрос о необходимости проведения мероприятий по усовершенствованию дорожной сети Свердловской области, что, по нашему мнению, приведет ко значительному улучшению транспортной ситуации в регионе [78].

До конца 2030 года в порядок приведут более 85% опорной дорожной сети и 60% региональных трасс Свердловской области. Эти цели закреплены в паспорте национального проекта «Инфраструктура для жизни», утверждённом в начале 2025 года [79].

Одним из способов повышения привлекательности дорожной сети Свердловской области может стать информационное обеспечение нового уровня водителей ТС. По своему назначению оно многопланово, предметом информации для участников движения могут быть погодные и климатические условия (скользкость дорожных покрытий, ограниченная видимость), введенные на автомобильной дороге ограничения на движение (регламентация режимов и направлений движения на участках дорожной сети), оптимальные маршруты движения по дорожной сети к конечным пунктам следования. Недоработки в системе маршрутного ориентирования (СМО) приводят к избыточным пробегам транспортных средств, что, в свою очередь, вызывает перегрузку дорожной сети, перерасход топлива и смазочных материалов, неоправданные временные затраты на передвижение, а также дополнительное загрязнение окружающей среды. Кроме того, отсутствие у водителей уверенности в правильном выборе маршрута приводит к увеличению степени напряженности их труда, повышенным энергетическим и эмоциональным затратам, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на безопасности дорожного движения в целом.

3.1.3 Характеристика транспортной компании ООО «АСТ Плюс»

На рынке логистических услуг представлено множество предприятий, которые специализируются на транспортировке нестандартных грузов. Обычно такие фирмы придерживаются определенной специализации в области грузоперевозок и соответствующей номенклатуре грузов. Например, это может касаться перевозки опасных материалов, генеральных грузов на стандартных автомобилях, транспортировки сборных грузов, а также крупногабаритных и/или тяжеловесных грузов и так далее.

В данной главе использовались материалы ООО «АСТ Плюс» [80].

ООО «АСТ Плюс» (далее – Компания) образовалась в 2004 году и имеет многолетний опыт перевозок в узкой специализации в перевозках различных видов

нестандартных грузов по габаритам и массе. Первыми такими грузами были специализированная и сельскохозяйственная техника. Со временем компания расширяла автопарк, и перевозка грузов с весогабаритными параметрами до 50 тонн и шириной до 4-х метров стали нередкими.

К 2015 году автопарк компании насчитывал 11 транспортных средств.

С 2016 года приобретается более мощная по грузоподъёмности техника с возможностью перевозки груза массой до 250 тонн.

Также в компании создан отдел подготовки проектирования перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов и оформления соответствующей разрешительной документации. С помощью знаний и опыта специалистов данного подразделения, для компании стали доступны сложнейшие перевозки с габаритами грузов до 5 метров шириной и высотой. К 2019 году в автопарке компании насчитывалось свыше 30 АТС. На конец 2023 года парк автомобильной техники превышает 40 единиц и штат компании ООО «АСТ Плюс» насчитывает более 100 человек.

Специализация компании (на конец 2024г.):

- перевозка КТГ в международном и внутрироссийском направлениях;
- оформление специальных разрешений на перевозку КТГ;
- проектная логистика и мультимодальные перевозки;
- техническое обслуживание АТС;
- складская обработка грузов и другие логистические услуги.

География перевозок (на конец 2024г.):

- по России;
- в страны СНГ (Казахстан, Узбекистан, Беларусь).

Перевозимые грузы и отрасли их применения:

- машиностроительная отрасль (оборудование);
- металлургическая промышленность (трубы, металлоконструкции);
- горнодобывающая промышленность (дробильные установки, карьерные самосвалы, буровые установки);

- энергетическая промышленность (трансформаторы, турбины и оборудование);
- военная промышленность (вертолеты, танки и различная военная техника);
- лесоперерабатывающая промышленность (харвестеры, форвардеры, скиддеры) и др.

3.1.4 Анализ исходных данных технического задания на перевозку крупногабаритного груза по транспортной системе Свердловской области

1) Начальные и конечные пункты перевозки:

Адрес загрузки: Свердловская область, г. Екатеринбург, улица Фронтовых Бригад, д.18

Адрес выгрузки: Свердловская обл., Нижнесергинский р-н, с. Первомайское.

Длина маршрута составляет – около 85 км.

Принадлежность дорог: федеральная трасса (рис. 3.2); муниципальная; межмуниципальная. *Категории дорог:* I, II-й и III-й категории дорог.



Рисунок 3.2 – Екатеринбургская кольцевая автомобильная дорога

2) Характеристики крупногабаритного груза

Данные по грузу (далее – «Груз-1»):

Наименование груза: Конденсатор (промышленное оборудование)

Весогабаритные характеристики Груза-1:

Длина груза: 12 м	Ширина груза: 3,8 м	Высота груза: 4,28 м	Масса груза: 8,7 т
-------------------	---------------------	----------------------	--------------------

2) Технические характеристики транспортных средств (далее – АТС-1), запланированные к перевозке:

1. Седельный тягач: Volvo FH-TRUCK 6X4 (рис. 3.3)



Технические характеристики [81]:

- Высота тягача: 3267 мм
- Длина тягача: 6890 мм
- Мощность двигателя: 420 л.с.
- Нагрузка на заднюю ось: 26 000 кг
- Нагрузка на переднюю ось: 6700 кг
- Нагрузка на седельно-сцепное устройство: 24 215 кг
- Полная масса автомобиля: 32 700 кг

Рисунок 3.3 – Седельный тягач: Volvo FH-TRUCK

2. Полуприцеп FAYMONVILLE F-S44-1A1Y (рис. 3.4)

Технические характеристики [82]:

- Количество осей: 4
- Колесная формула: 6x4
- Грузоподъемность, кг: 49900
- Масса полуприцепа, кг: 10960
- Погрузочная высота мм: 860
- Размер платформы 15,4x2,5 м



Рисунок 3.4 – Полуприцеп
FAYMONVILLE F-S44-1A1Y

Весогабаритные характеристики Груза-1 на АТС-1:

Длина автопоезда с грузом	Ширина автопоезда с грузом	Высота автопоезда с грузом	Масса автопоезда с грузом
24,99 м	3,8 м	4,88 м	43,909 т

Схема размещения Груза-1 на транспортном средстве (АТС-1) с учетом весогабаритных характеристик груза приведена на рисунке 3.5.

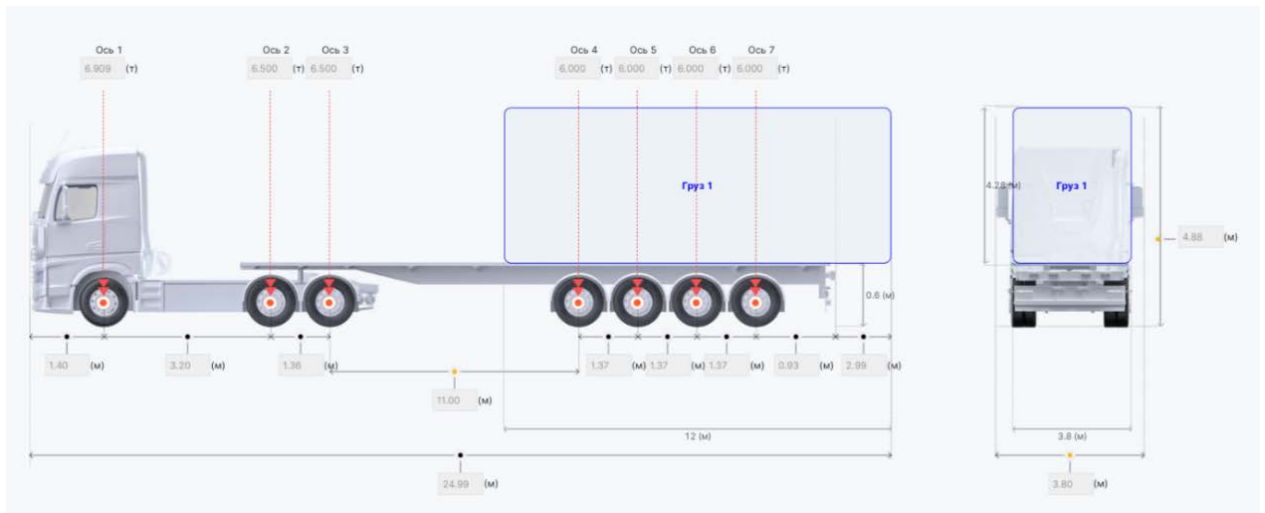


Рисунок 3.5 – Размещение Груза-1 на АТС-1

На основании анализа исходных данных технического задания на перевозку крупногабаритного груза определены начальные и конечные пункты перевозки, характеристики КГГ, транспортные средства, запланированные к перевозке и схема размещения груза на транспортном средстве.

3.2. 1-й этап эксперимента. Разработка альтернативных маршрутов и их цифровых моделей маршрутов перевозки экспериментальной системы «груз + транспортное средство»

В анализе маршрутов перевозки Груза-1 учитывались критические габаритные параметры груза на АТС-1 по высоте и ширине (4,88 м и 3,8 м, соответственно). В связи с тем, что длина автопоезда с грузом (24,99 м) не является критичной на данном маршруте, этот фактор в эксперименте не учитывался. Масса автопоезда с грузом в связи с заявленной темой диссертации также не принималась во внимание.

В эксперименте использовались следующие картографические онлайн-сервисы:

- Open Street Map;
- Яндекс. Карты;
- Google map.

По разработанной автором методике классификации кода крупногабаритного груза в главе 2 настоящего исследования Груз-1 классифицируется следующим образом: A2 B2 C2.

Длина КГГ – A2 (диапазон значений 24,1-30,0 м)

Ширина КГГ – B2 (диапазон значений 3,5-3,99 м)

Высота КГГ – C2 (диапазон значений свыше 4,5 м).

В соответствии с разработанной методикой были проанализированы возможности и перспективы проходимости КГГ. По результатам этого этапа была определена подсеть улично-дорожной сети (УДС), участки которой позволяют провезти Груз-1 по габаритным характеристикам.

3.3. 2-й этап эксперимента. Определение кратчайшего по длине и наименее затратного маршрута перевозки КГГ с использованием алгоритма Дейкстры на примере перевозки по дорожной сети г. Екатеринбурга

Алгоритм Дейкстры поиска кратчайшего пути на графе включает следующие шаги [74, 75, 76]:

Шаг 1. Всем вершинам, за исключением первой (точка А маршрута), присваивается вес равный бесконечности, а первой вершине – 0.

Шаг 2. Все вершины не посещены.

Шаг 3. Первая вершина (точка А) объявляется текущей.

Шаг 4. Вес всех невыделенных вершин пересчитывается по формуле: вес невыделенной вершины есть минимальное число из старого веса данной вершины, суммы веса текущей вершины и веса ребра, соединяющего текущую вершину с невыделенной. Вес каждого ребра принимается равной его длине в километрах с точностью до 0,1 км.

Шаг 5. Среди невыделенных вершин ищется вершина с минимальным весом.

Такой вершиной объявляется вершина №18.

Шаг 6. Если текущей вершиной оказывается конечная, то путь найден, и его вес есть вес конечной вершины.

Шаг 7. Переход (возврат) на вершину 4.

Текущей вершиной объявляется вершина №2 с весом 1 км.

На рисунке 3.6 представлена схема 3-х потенциальных маршрутов перевозки Груза 1.

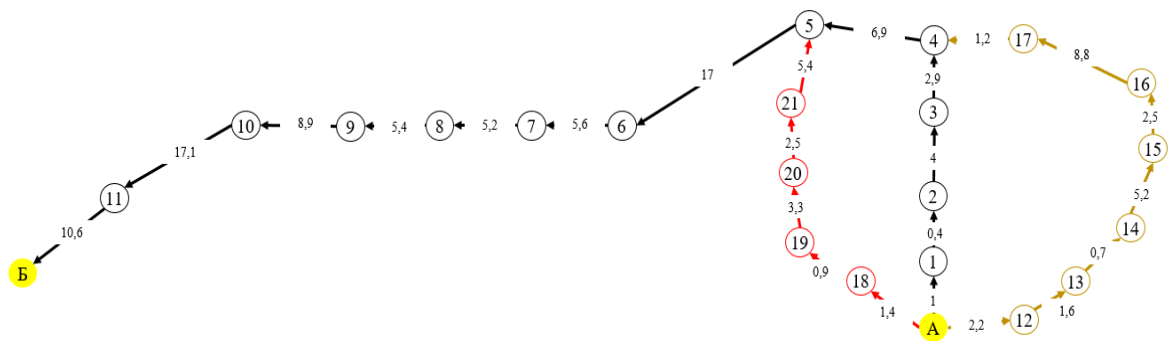


Рисунок 3.6 – Схема основного и альтернативных маршрутов по Алгоритму Дейкстры

Результаты расчетов кратчайшего маршрута по Алгоритму Дейкстры приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты расчета кратчайшего маршрута по Алгоритму Дейкстры [74, 75]

№п.п.	№ шага по Алгоритму Дейкстры	Текущая вершина	Вес текущей вершины	Расчет веса вершин графа
1	1,2,3			-
2	4	A	0	-
3	5	№1	1	Вес вершины №1=1=1 км Вес вершины №12=0+2,2=2,2 км Вес вершины №18=0+1,4=1,4 км
4	4, 5	№2	1,4	Вес вершины №2=1+0,4=1,4 км Вес вершины №12=0+2,2=2,2 км Вес вершины №18=0+1,4=1,4 км
5	4, 5	№18	1,4	Вес вершины №3=1,4+4=5,4 км Вес вершины №12=0+2,2=2,2 км Вес вершины №18=0+1,4=1,4 км
6	4, 5	№12	2,2	Вес вершины №3=1,4+4=5,4 км Вес вершины №12=0+2,2=2,2 км Вес вершины №19=1,4+0,9=2,3 км
7	4, 5	№19	2,3	Вес вершины №3=1,4+4=5,4 км Вес вершины №13=2,2+1,6=3,8 км

				<i>Вес вершины №19=1,4+0,9=2,3 км</i>
8	4, 5	№13	5,6	<i>Вес вершины №3=1,4+4=5,4 км Вес вершины №13=2,2+1,6=3,8 км Вес вершины №20=2,3+3,3=5,6 км</i>
9	4, 5	№14	4,5	<i>Вес вершины №3=1,4+4=5,4 км Вес вершины №14=3,8 +0,7=4,5км Вес вершины №20=2,3+3,3=5,6 км</i>
9	4, 5	№3	5,4	<i>Вес вершины №3=1,4+4=5,4 км Вес вершины №15=4,5 +5,2=9,7 км Вес вершины №20=2,3+3,3=5,6 км</i>
10	4, 5	№20	5,6	<i>Вес вершины №4=5,4+2,9=8,3 км Вес вершины №15=4,5 +5,2=9,7 км Вес вершины №20=2,3+3,3=5,6 км</i>
11	4, 5	№21	8,1	<i>Вес вершины №4(3)=5,4+2,9=8,3 км Вес вершины №15=4,5 +5,2=9,7 км Вес вершины №21=5,6+2,5=8,1 км</i>
12	4, 5	№4 (3)	8,3	<i>Вес вершины №4 (3)=5,4+2,9=8,3 км Вес вершины №15=4,5 +5,2=9,7 км Ветка маршрута, проходящая через вершины А – 12-13-14-15-16-17-4, не принадлежит к оптимальному пути, далее по вершинам этого участка не рассматривается в связи с тем, что по алгоритму Дейкстры данный маршрут не является кратчайшим. Вес вершины №5 (21) =8,1+5,4=13,5 км</i>
13	4, 5	№5 (21)	8,3	<i>Вес вершины №5 (4)=8,3+6,9=15,2 км Вес вершины №5 (21) =8,1+5,4=13,5 км</i>

Далее с вершины №5 идет безальтернативный участок №№5 – 6- 7- 8- 9- 10- 11-Б. Вес безальтернативного участка равен 69,8 км. Таким образом, оптимальный маршрут по алгоритму Дейкстры проходит через вершины №№А –18-19-20-21-5 и 6-7- 8- 9- 10-11-Б. Его длина маршрута составляет 83,3 км.

При решении задачи по методу Дейкстры выявлены 2 неоптимальных маршрута: 1. А-1-2-3-4-5-6- 7- 8- 9- 10-11-Б. Длина маршрута=85 км.

2. А-12-13-14-15-16-4-5-6- 7- 8- 9- 10-11-Б. Длина маршрута=98,9 км

В связи с тем, что разница по длине 3-х маршрутов между собой относительно небольшая, на стоимость перевозки будет влиять незначительно. Но необходимо рассмотреть обязательные мероприятия на маршруте и оценить их сложность и стоимость, а далее общую стоимость перевозки.

Например, на представленных маршрутах потребуются следующие мероприятия для безопасной перевозки заданного груза:

– *Поднятие ЛЭП, трамвайных и троллейбусных линий– 20 000 – 30000 рублей*

/5 км, в зависимости от концентрации линий на единицу длины участка.

– Демонтаж и монтаж дорожных оградительных конструкций – 15 000 рублей/единицу.

– Временное перекрытие ЖД переезда – от 25 000 руб.

Стоимость мероприятий указана конкретно для данного региона и является договорной между коммерческими предприятиями исполнителя и перевозчика.

Использование алгоритма Дейкстры и анализ альтернативных вариантов перевозки КГГ позволяет определить кратчайший по длине и наименее затратный маршрут.

3.4. 3-й этап эксперимента. Анализ необходимых мероприятий на маршрутах, рассчитанных по алгоритму Дейкстры для обеспечения гарантировано безопасной перевозки КГГ

1. Анализ мероприятий на кратчайшем маршруте по алгоритму Дейкстры

Наиболее кратчайший маршрут по алгоритму Дейкстры проходит через вершины А –18-19-20-21-5 и 6-7-8-9-10-11-Б (длина - 83,3 км).

Схематично маршрут показан на рисунке 3.7. При этом красной линией обозначен уникальный участок на маршруте от точки А до вершины №5 (начало безальтернативного участка).

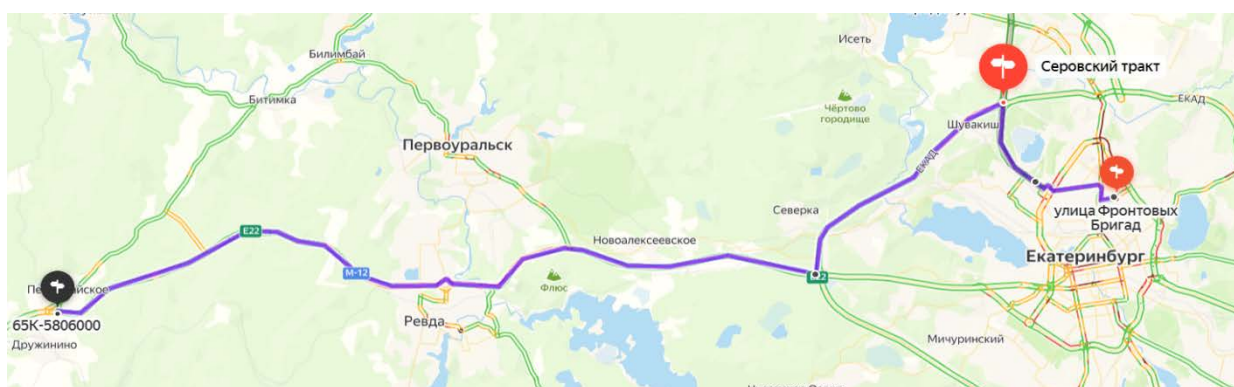


Рисунок 3.7 – Карта кратчайшего маршрута по алгоритму Дейкстры

Все требуемые мероприятия и их стоимость представлены в хронологическом порядке в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Мероприятия и их стоимость для проезда по наиболее кратчайшему маршруту с точки зрения алгоритма Дейкстры

№ объекта	Расстояние от начала маршрута до препятствия, км	Географические координаты препятствия	Описание препятствия	Мероприятия для преодоления препятствия	
				Описание мероприятия для прохождения препятствия	Стоимость мероприятий для проезда точки, руб.
1	Каждые 10-15 метров до 1,3 км	-	Трамвайные и троллейбусные линии	Поднятие контактных линий	30 000,00
2	1,3	56.877988 N, 60.611275 E	Поворот направо	Перекрытие попутного автомобильного движения на время маневра	
			Контактные линии общественного транспорта	Поднятие контактных линий	
3	Каждые 10-15 метров до 2,5 км	-	Трамвайные и троллейбусные линии	Поднятие контактных линий	30 000,00
4	2,5	56.886712 N, 60.614133 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	
			Поворот налево	Перекрытие автомобильного движения в обе стороны на время маневра	
5	Каждые 10-15 метров до 5,6 км	-	Трамвайные и троллейбусные линии	Поднятие контактных линий	30 000,00
6	5,6	56.883605 N, 60.562203 E	Поворот направо	Перекрытие попутного автомобильного движения на время маневра	
7	5,6 - 5,9 км	-	Трамвайные и троллейбусные линии	Поднятие контактных линий	30 000,00
8	5,9	56.885347 N, 60.563971 E	Поворот налево	Перекрытие автомобильного движения в обе стороны на время маневра	-
9	6	56.885528 N, 60.563593 E	Висящие провода	Поднятие проводов	-
10	6,1	56.886172 N, 60.561494 E	Газовая труба	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
11	6,5	56.887556 N, 60.556878 E	Поворот налево	Перекрытие попутного автомобильного движения на время маневра	-
			Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
12	6,8	56.885299 N, 60.554384 E	Поворот направо	Перекрытие попутного движения транспорта	-
13	7	56.886628 N, 60.551599 E	Путепровод	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
14	8	56.893113 N, 60.535400 E			
15	12,8	56.929822 N, 60.510290 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
16	13	56.935155 N, 60.511298 E	Путепровод		-
17	13,5	56.936975 N, 60.511871 E	Поворот направо	Перекрытие попутного автомобильного движения на время маневра	-
			Защитные ограждения	1. Держаться по центру дороги. 2. Демонтаж/монтаж объектов на обочине дороги	-

Окончание Таблицы 3.2					
18	22	56.891136 N, 60.416548 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
19	30,6	56.888235 N, 60.406114 E			
20	31	56.840606 N, 60.319974 E	Путепровод	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
21	32	56.835951 N, 60.320046 E	Ограждения на обочине дороги	Двигаться по центру дороги	-
		56.833376 N, 60.314211 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
22	33	56.835311 N, 60.290931 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
23	34,8	56.838386 N, 60.272747 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
24	35	56.839559 N, 60.266305 E			
25	37	56.843268 N, 60.243106 E			
26	38,8	56.843798 N, 60.208065 E			
27	39,7	56.841876 N, 60.195848 E	Пешеходный мост	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
		56.841232 N, 60.191635 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
28	40,8	56.840988 N, 60.190152 E			
29	42,2	56.837690 N, 60.148375 E	Путепровод	При невозможности движения под данным путепроводом, воспользоваться объездом справа	-
30	43,6	56.838791 N, 60.118700 E	Пешеходный мост	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
31	54	56.826289 N, 59.971800 E	Мост + ремонтные работы	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
32	55,6	56.827787 N, 59.940137 E	Мост	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
33	56,7	56.827685 N, 59.936465	Ремонтные работы	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
34	83,3	56.809685 N, 59.538690 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00

Общая стоимость мероприятий на маршруте, рассчитанном по алгоритму Дейкстры составляет 220 000 рублей.

2. Анализ мероприятий на первом альтернативном маршруте, рассчитанном по алгоритму Дейкстры

Первый альтернативный маршрут проходит через вершины №№А-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-Б (длина маршрута = 85 км). Схема данного маршрута представлена на рисунке 3.8.

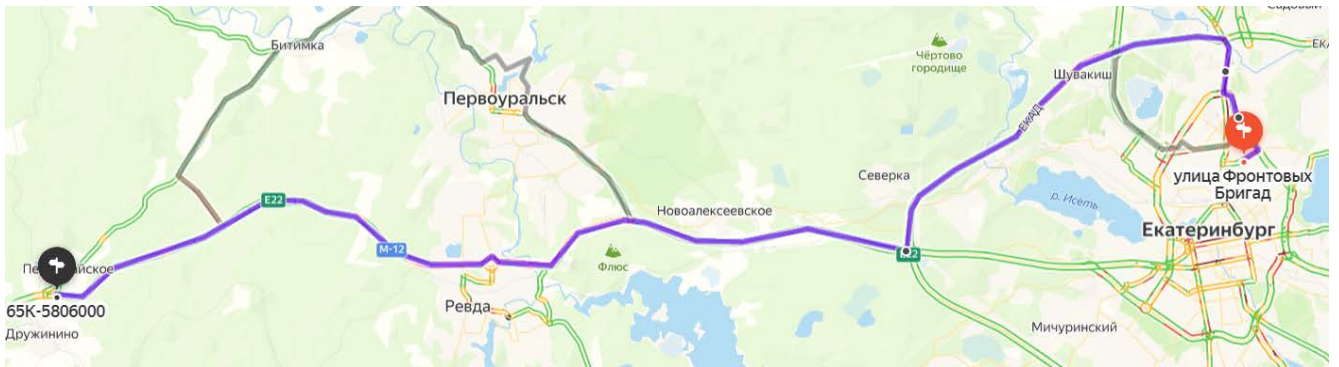


Рисунок 3.8 – Карта 1-го альтернативного маршрута по алгоритму Дейкстры

Мероприятия и их стоимость 1-го альтернативного маршрута представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Мероприятия для преодоления препятствий на 1-м маршруте перевозки по алгоритму Дейкстры

№ объекта	Расстояние от начала маршрута до препятствия, км	Географические координаты препятствия	Описание препятствия	Мероприятия для преодоления препятствия	
				Описание мероприятия для прохождения препятствия	Стоимость мероприятий для проезда точки, руб.
1	0	56.880768 N, 60.631099 E	Трамвайные линии	Подняти ^е трамвайных линий	20 000,00
		56.880768 N, 60.631099 E	Поворот направо	Перекрытие автомобильного движения в обе стороны на время маневра	-
2	0,1	56.880752 N, 60.631045 E	Троллейбусные линии	Поднятие троллейбусных линий	
3	0,15	56.881211 N, 60.632378 E			
4	0,2	56.881400 N, 60.632990 E			
5	0,23	56.881516 N, 60.633311 E			
6	0,25	56.881662 N, 60.633742 E	Сужение дороги	1. Держаться по центру дороги. 2. Демонтаж/монтаж объектов на обочине дороги	15 000,00
			Троллейбусные линии	Поднятие троллейбусных линий	
7	0,28	56.881928 N, 60.634522 E	Троллейбусные линии	Поднятие троллейбусных линий	
8	0,3	56.882131 N, 60.635112 E			
9	0,4	56.882308 N, 60.635661 E			
10	0,45	56.882645 N, 60.636682 E			
11	0,5	56.882867 N, 60.637321 E			
12	0,55	56.882930 N, 60.637621 E			
13	0,6	56.883141 N, 60.638301 E	Сужение дороги	1. Держаться по центру дороги. 2. Демонтаж/монтаж объектов на обочине дороги	15 000,00

Продолжение Таблицы 3.3					
14	0,65	56.883478 N, 60.639272 E	Сужение дороги	1. Держаться по центру дороги. 2. Демонтаж/монтаж объектов на обочине дороги	15 000,00
			Троллейбусные линии	Поднятие троллейбусных линий	
15	0,7	56.883589 N, 60.639527 E	Троллейбусные линии	Поднятие троллейбусных линий	
16	1	56.885222 N, 60.644338 E	Поворот налево	Перекрытие автомобильного движения в обе стороны на время маневра	-
			Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
17	1,1	56.885541 N, 60.644070 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
18	1,4	56.887873 N, 60.641432 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
19	1,5	56.889068 N, 60.640051 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
20	1,6	56.889512 N, 60.639567 E			
21	1,9	56.891485 N, 60.637308 E			
22	2	56.892784 N, 60.635793 E			
23	2,1	56.893936 N, 60.634533 E			
			Искусственное сооружение (светофор)	Изменить траекторию - объезд объекта	-
24	2,4	56.896032 N, 60.632142 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
25	2,5	56.896535 N, 60.631583 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
26	2,7	56.897639 N, 60.630283 E	Искусственное сооружение (светофор)	Изменить траекторию - объезд объекта	-
27	3	56.900207 N, 60.627401 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
28	3,3	56.902376 N, 60.624958 E		Изменить траекторию - объезд объекта	-
29	3,5	56.904231 N, 60.622857 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
30	3,7	56.905872 N, 60.621664 E			
31	3,9	56.907701 N, 60.620384 E			
32	4	56.912421 N, 60.618878 E	Поворот	Перекрытие попутного автомобильного движения на время маневра	-
33	4,5	56.913075 N, 60.618177 E	Трамвайные линии	Поднятие трамвайных линий	
34	4,8	56.914277 N, 60.615602 E	Светофор	Изменить траекторию - объезд объекта	-
35	5	56.914343 N, 60.611576 E	Светофор	Изменить траекторию - объезд объекта	-
			Поворот направо	Перекрытие попутного автомобильного движения на время маневра	-
36	5,2	56.914809 N, 60.611317 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-

Продолжение Таблицы 3.3					
37	5,4	56.919061 N, 60.611485 E	Висящие дорожные знаки на тресе	Приподнять трос, на котором размещены дорожные знаки	20 000,00
38	5,5	56.919405 N, 60.611616 E			
39	5,6	56.919914 N, 60.611798 E	Дорожный знак над дорогой	Изменить траекторию - объезд объекта	-
40	6,1	56.924643 N, 60.613391 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
41	6,4	56.927237 N, 60.613895 E			
42	6,6	56.928034 N, 60.614023 E			
43	6,7	56.929672 N, 60.614278 E			
44	7,2	56.933241 N, 60.615914 E			
45	7,4	56.935468 N, 60.617200 E	Путепровод (высота 4,5 м)	Снизить высоту за счет пневмоподвески и спуска шин	-
46	7,7	56.936162 N, 60.617440 E	Трамвайные линии	Поднятие трамвайных линий	
			Поворот налево	Перекрытие попутного автомобильного движения на время маневра	-
			Защитное ограждение справа	Двигаться по левой части дороги	-
47	8	56.940968 N, 60.613024 E	Путепровод	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
			Бетонные ограждения вдоль дороги	Двигаться по центру дороги	-
48	8,1	56.941895 N, 60.612096 E	Поворот направо	Перекрытие попутного автомобильного движения на время маневра	-
49	8,3	56.942481 N, 60.612548 E	Защитные ограждения вдоль дороги	Двигаться по центру дороги	-
50	10	56.942547 N, 60.580544 E	2 путепровода	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
51	22	56.891136 N, 60.416548 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
52	23	56.888235 N, 60.406114 E			
53	31	56.840606 N, 60.319974 E	Путепровод	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
54	32	56.835951 N, 60.320046 E	Ограждения на обочине дороги	Двигаться по центру дороги	-
		56.833376 N, 60.314211 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
55	33	56.835311 N, 60.290931 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
56	35	56.838386 N, 60.272747 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
57	35	56.839559 N, 60.266305 E			
58	37	56.843268 N, 60.243106 E			
59	39	56.843798 N, 60.208065 E			
60	40	56.841876 N, 60.195848 E	Пешеходный мост	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
		56.841232 N, 60.191635 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
61	41	56.840988 N, 60.190152 E			

Окончание Таблицы 3.3					
62	42	56.837690 N, 60.148375 E	Путепровод	При невозможности движения после контрольного замера, воспользоваться объездом	-
63	44	56.838791 N, 60.118700 E	Пешеходный мост	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
64	55	56.826289 N, 59.971800 E	Мост + ремонтные работы	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
65	56	56.827787 N, 59.940137 E	Мост	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
66	57	56.827685 N, 59.936465	Ремонтные работы	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
67	84	56.809685 N, 59.538690 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00

Общая стоимость мероприятий на 1-м альтернативном маршруте по Алгоритму Дейкстры составляет 165 000 рублей.

3. Анализ мероприятий на втором альтернативном маршруте по алгоритму Дейкстры

Наиболее длинным маршрутом перевозки по алгоритму Дейкстры оказался маршрут, проходящий через вершины № А-12-13-14-15-16-4-5-6- 7- 8- 9- 10-11-Б. Длина этого маршрута составила 98,9 км. На рисунке 3.9 схематично приведет маршрут перевозки по 2-му альтернативному участку, где красной линией обозначен уникальный участок от точки А до вершины №5.

Альтернативный №1 – около 140 000 рублей за все проведенные мероприятия.

Альтернативный №2 – около 180 000 рублей за все проведенные мероприятия.

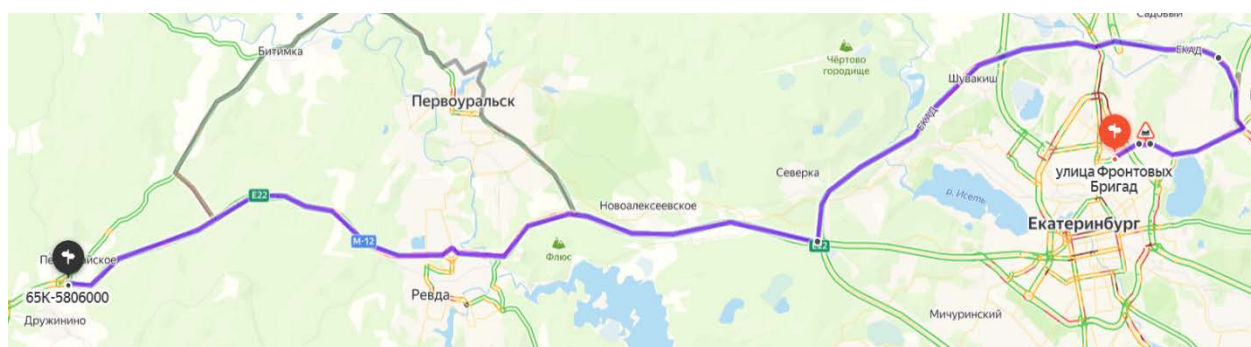


Рисунок 3.9 – Схема перевозки по 2-му альтернативному маршруту с точки зрения алгоритма Дейкстры

Необходимые мероприятия по 2-му альтернативному маршруту и их стоимость представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Мероприятия для преодоления препятствий на 2-м альтернативном маршруте по алгоритму Дейкстры

№ объекта	Расстояние от начала маршрута до препятствия, км	Географические координаты препятствия	Описание препятствия	Мероприятия для преодоления препятствия	
				Описание мероприятия для прохождения препятствия	Стоимость мероприятий для проезда точки, руб.
1	1,2	56.886230 N, 60.647331 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
2	2,2	56.886744 N, 60.662346 E		Проезжать в период больших интервалов движения поездов	
3	3,4	56.885050 N, 60.681683 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
4	3,6	56.884582 N, 60.683859 E	Ж/д переезд	1. Проезжать в период больших интервалов движения поездов. 2. Поднятие контактных линий	25 000,00
5	4	56.882801 N, 60.689678 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
6	4,1	56.881954 N, 60.690819 E	Поворот налево	Перекрытие автомобильного движения в обе стороны на время маневра	
7	4,3	56.881761 N, 60.693285 E	Висящие провода	Поднятие проводов	
			Поворот налево	Перекрытие автомобильного движения в обе стороны на время маневра	
8	4,4	56.881850 N, 60.693959 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
9	4,7	56.882862 N, 60.699703 E			
10	5	56.883282 N, 60.703591 E			
		56.883419 N, 60.704426 E			
11	5,5	56.884036 N, 60.714236 E			
12	5,8	56.884006 N, 60.716051 E			
13	6,1	56.885038 N, 60.722682 E			
14	6,3	56.885527 N, 60.724266 E			
15	6,5	56.886239 N, 60.726368 E			
16	7,7	56.891358 N, 60.744391 E			
17	7,8	56.891411 N, 60.744558 E			
18	8,1	56.893534 N, 60.751099 E			
19	8,8	56.896538 N, 60.760820 E			
20	8,9	56.897014 N, 60.762091 E	Путепровод	Снизить высоту за счет пневмоподвески	
21	11	56.910572 N, 60.757860 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	
22	12	56.917875 N, 60.757387 E	Путепровод	Снизить высоту за счет пневмоподвески	

Окончание Таблицы 3.4

23	13	56.926212 N, 60.752028 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	
24	13,5	56.929519 N, 60.748013 E			
25	14	56.931716 N, 60.744655 E			
26	18,5	56.941662 N, 60.668512 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
27	20	56.941662 N, 60.668512 E	Путепровод	Снизить высоту за счет пневмоподвески	
		56.943861 N, 60.631718 E			
28	24,5	56.942547 N, 60.580544 E	2 путепровода	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
29	36,5	56.891136 N, 60.416548 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
30	37	56.888235 N, 60.406114 E			
31	45,5	56.840606 N, 60.319974 E	Путепровод	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
32	46	56.835951 N, 60.320046 E	Ограждения на обочине дороги	Двигаться по центру дороги	-
		56.833376 N, 60.314211 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
33	47	56.835311 N, 60.290931 E	Искусственное сооружение	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
34	49	56.838386 N, 60.272747 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
35	50	56.839559 N, 60.266305 E			
36	51,5	56.843268 N, 60.243106 E			
37	53,6	56.843798 N, 60.208065 E			
38	44,5	56.841876 N, 60.195848 E	Пешеходный мост	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
		56.841232 N, 60.191635 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00
39	45	56.840988 N, 60.190152 E			
40	46,5	56.837690 N, 60.148375 E	Путепровод	При невозможности движения под данным путепроводом, воспользоваться объездом справа	-
41	48	56.838791 N, 60.118700 E	Пешеходный мост	Снизить высоту за счет пневмоподвески	-
42	69,5	56.826289 N, 59.971800 E	Мост + ремонтные работы	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
43	70,4	56.827787 N, 59.940137 E	Мост	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
44	71,5	56.827685 N, 59.936465	Ремонтные работы	Перекрытие встречного автомобильного движения на время маневра	-
45	98,9	56.809685 N, 59.538690 E	Висящие провода	Поднятие проводов	20 000,00

Общая стоимость мероприятий на 2-м альтернативном маршруте по алгоритму Дейкстры составляет 165 000 рублей.

Таким образом, наиболее кратчайший маршрут, согласно алгоритму Дейкстры, оказался самым дорогостоящим из трёх рассмотренных. Альтернативные два маршрута оказались одинаковыми по стоимости мероприятий, необходимых для подготовки и организации перевозки «Груза 1».

3.5 4-й этап эксперимента. Оценка проходимости альтернативных маршрутов перевозки согласно методики цифровой модели КГГ

В связи с тем, что важная цель данной диссертационной работы – это универсализация применяемой методики классификации крупногабаритных грузов, маршрут движения проанализирован также и для всех возможных крупногабаритных грузов, с различными габаритными параметрами. Для этого проанализированы объекты по «маршруту №1», по «маршруту №2» и по «маршруту №3» с максимальными габаритными параметрами грузов.

Применяя методику автора по классификации крупногабаритных грузов, проставляем идентификацию каждого участка в зависимости от максимально проходных габаритных параметров грузов. В сводной таблице 3.5 приведены максимально возможные габариты грузов на каждом из 12-ти участков на «маршруте 2» и, соответственно, проходные коды КГГ без дополнительных мероприятий для прохождения маршрута.

Таблица 3.5 – Максимально допустимые габаритные параметры грузов и коды КГГ по участкам «Маршрута 2»

Номер участка	Начало участка, км	Конец участка, км	Максимально допустимые габариты грузов и соответствующий код КГГ					
			Длина, м	Код длины	Ширина, м	Код ширины	Высота, м	Код высоты
A-1	0	1	25	A2	9	B4	4,5	C1
1-2	1	1,4	25	A2	8	B4	4,5	C1
2-3	1,4	5,4	20	A0	6,7	B4	4,5	C1
3-4	5,4	8,3	30	A2	7	B4	5,5	C2
4-5	8,3	15,2	30	A2	5,5	B4	5	C2
5-6	15,2	32,2	30	A2	7	B4	5,5	C2
6-7	32,2	37,8	27	A2	6	B4	5,5	C2
7-8	37,8	43	30	A2	5	B4	4,5	C1
8-9	43	48,4	27	A2	5,5	B4	4,5	C1
9-10	48,4	57,3	30	A2	5,5	B4	4,5	C1
10-11	57,3	74,4	30	A2	8	B4	-	C2
11-Б	74,4	85	27	A2	7	B4	5	C2

В таблице 3.6 приведен более подробный анализ габаритных параметров объектов на «Маршруте 2». Как сказано ранее, всего выявлено 90 объектов с ограничивающими параметрами провозимых крупногабаритных грузов. Но при этом на нескольких опасных участках формируется комбинация препятствий. Следовательно, при реализации перевозки «Груза 1» необходимо особенно обращать внимание на данные участки с целью обеспечения безопасности перевозки.

Таблица 3.6 – Сводная таблица по препятствиям на «Маршруте 2» с указанием максимальных габаритов и максимально возможными кодами крупногабаритных грузов

№ объекта	Км.	Путепровод		Мост	Воздушные линии	Искусственные сооружения		Сужение дороги		Изменение радиуса кривизны дороги	
		Допустимые габариты КГГ									
		Высота, м	Ширина, м	Ширина, м	Высота, м	Высота, м	Ширина, м	Длина, м	Ширина, и	Длина, м	Ширина, м
		Мин 4,5 Макс 6	Мин 4,5 Макс 12,5	Макс 7,6	Мин 4,5 Макс 7	Мин 5 Макс 6	Мин 9,5 Макс 10	???	Мин 5 Макс 9,5	???	Мин 4,5 Макс 9
		C0 C1 C2	B1 B2 B3 B4	B1 B2 B3 B4	C0 C1 C2	C0 C1 C2	B1 B2 B3 B4	A1 A2 A3	B1 B2 B3 B4	A1 A2 A3	B1 B2 B3 B4
1	0				5,7						
2	0										5,7
3	0,1				5,7						
4	0,15				5,7						
5	0,2				5,7						
6	0,23				5,7						
7	0,25								6,5		
8	0,25				5,7						
9	0,28				5,7						
10	0,3				5,7						
90	85										9
Итого		8	8	1	55	20	3	0	6		9

В полном виде таблица 3.6 находится в Приложении Б.

По «Маршруту 2» выявлены следующие критические объекты и необходимые мероприятия для безопасной перевозки «Груза 1»:

Объект 1: Согласование проезда КГГ в РЖД

Объект 2: Высота проводов 4,5 м. Согласование проезда в РЖД. Согласование отключения контактных сетей и их поднятие в РЖД.

Объект 3.1: Резкий поворот налево на узком участке дороги. Перекрытие дороги.

Объект 3.2: Ширина проезжей части 7,7 м. Полное перекрытие попутной полосы и частичное перекрытие встречной полосы движения.

Объект 3.3: Регулируемый перекрёсток. Частичное перекрытие встречной полосы движения.

Объект 4: Высота путепровода приблизительно 4,5 м. Требуется согласование проезда с ГАИ с целью перекрытия встречного движения автомобильного потока.

Объект 5: Высота путепровода до 4,5 м. Перевозка "Груза 1" невозможна через объект.

В связи с большим количеством критических объектов по габаритам начальном этапе «Маршрута 2» и сложностью мероприятий для организации перевозки «Груза 1», в дальнейшем автор не проводит исследование маршрута до точки Б ввиду невозможности его реализации.

Анализ первых участков и объектов «Маршрута 3» также показал критическую сложность мероприятий по преодолению пересечения дорог ул. Фронтовых Бригад и просп. Космонавтов, так как потребуются многократное отключение контактных сетей и сопровождение перевозки «Груза 1» специалистами контактной сети ЕМУП «Гортранс».

3.6. Результат эксперимента. Аprobация разработанной методики цифровой модели крупногабаритного груза в реальных условиях эксплуатации

На основании проанализированных опасных объектов на потенциальных альтернативных маршрутах перевозки «Груза 1» и в соответствии с техническим заданием автор рекомендовал компании ООО «АСТ Плюс» сделать выбор в пользу «Маршрута 1» для выполнения перевозки. Руководство компании согласилось с аргументами, приведенными автором исследования, о чем свидетельствует Акт о

внедрении результатов диссертационной работы, приведённый в Приложении В. В связи с этим 23 марта 2023 г. были получены разрешительные документы на перевозку «Груза 1» по предложенному «Маршруту 1» с периодом перевозки в интервале с 24.03.2023г. по 23.06.2023г.

Специальное разрешение доступно по ссылке: <https://urm.safe-route.ru/check/?uuid=76360a38-2fcf-42e1-8f5d-7160dac6a947>

Предписанный вид сопровождения груза, согласно Разрешению:

- 1 автомобиль спереди;
- 1 автомобиль сзади.

Особые условия движения, согласно Разрешению:

1. Транспортное средство должно осуществлять движение и быть оборудовано в соответствии с «Требованиями к организации движения по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства» [42].

2. Движение по мостам и путепроводам осуществлять в одиночном порядке со скоростью не более 10 км/час.

3. Контрольный промер габаритов под путепроводами и другими искусственными сооружениями при высоте автопоезда более 4 метров.

4. Проезд по участку капитального ремонта автомобильной дороги Р-242 Пермь – Екатеринбург с км 187+000 по км 232+000 осуществлять с соблюдением требований безопасности дорожного движения. Движение по г. Екатеринбургу осуществлять в период времени с 22-00 до 06-00 в сопровождении автовышки контактной сети ЕМУП «Гортранс».

Результаты апробации разработанной методики цифровой модели крупногабаритного груза в реальных условиях эксплуатации позволяют обеспечить гарантировано безопасную перевозку КГГ при соблюдении оговоренных особых условий движения и сопровождения груза.

3.7 Проведение пассивного эксперимента. Применение кластерного анализа для статистической оценки распределения КГГ по габаритным параметрам системы «груз+транспортное средство»

В настоящей работе проведен анализ статистической информации о распределении габаритных параметров КГГ с целью выявления классификационных группировок, которым соответствует КГГ с наиболее часто встречающимися габаритными параметрами.

Во внимание приняты те конструктивные параметры подвижного состава, которые наиболее востребованы у перевозчиков. На этой основе дать рекомендации по выбору подвижного состава транспортным компаниям.

Данная задача решается на основе использования кластерного анализа исходных статистических данных о габаритных характеристиках перевозимых крупногабаритных грузов.

Как правило, база данных имеет вид объемной таблицы и ее сложно проанализировать без дополнительных программных инструментов. Поэтому удобно преобразовывать информацию и визуализировать ее в различные диаграммы, гистограммы, деревья и т.п.

В данной диссертационной работе применялись методы кластеризации и классификации при изучении и анализе информации из разрешений на перевозку крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов, выданных от ГБУ «ГОРМОСТ» в городе Москва.

При решении задачи классификации КГГ необходимо исходное множество КГГ научно обосновано разбить на подмножества в соответствии со значениями их габаритных параметров. Задача научно обоснованного разбиения исходного множества КГГ решена в диссертации с применением кластерного анализа, который заключается в том, чтобы разбить множество, состоящее из k объектов на m кластеров (m – целое число, меньшее чем k) так, чтобы каждый объект принадлежал только одному кластеру с однородными признаками, и чтобы объекты, принадлежащие разным кластерам, были с разнородными признаками.

Применение кластеризации в работе проходило по следующим этапам:

1. **Понимание.** Анализ исходной информации, собранной в базе данных.
2. **Обнаружение и исключение критических отклонений.**

Определяются и исключаются данные, которые не соответствуют разумным значениям в конкретной предметной области, либо такие данные являются исключением, и поэтому в основном анализе статистики не применяются, а требуют отдельного изучения. Для исключения грубых погрешностей был использован статистический критерий Граббса.

3. **Расширение.** При сборе информации одни данные могут иметь больше признаков, другие – меньше. Кластеризация может помочь предложить признаки, которые отсутствуют в других элементах кластера.

4. **Сжатие.** Если данных слишком много, их можно разбить на кластеры и усреднить, оставив в каждом кластере по одному объекту. Таким образом, при дальнейшем анализе можно использовать меньшую мощность.

Обработка результатов проводилась согласно ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения» [83].

В связи с необходимостью анализа большого объема данных по статистике выданных разрешений, применялся программный продукт Deductor Studio.

Deductor Studio – это программа, предназначенная для анализа информации из различных источников данных, а также возможность импорта, обработки, визуализации и экспорта данных.

Всего статистика включает в себя 73 709 выданных разрешений на 734 318 разрешённых поездок крупногабаритных грузов. Далее будем называть эту статистику «база данных №1».

База данных содержит следующим информацию по «столбцам»:

- п/п
- Номер разрешения
- Наименование перевозчика

- ИНН (перевозчика)
- ОГРН (ОГРНИП) (перевозчика)
- Марка, модель тягача
- Количество поездок
- Период действия разрешения
- Длина автопоезда, метров
- Ширина автопоезда, метров
- Высота автопоезда, метров
- Масса автопоезда без груза, тонн
- Масса автопоезда с грузом, тонн
- Кем выдано разрешение
- Дата выдачи разрешения
- Регистрационный знак тягача
- Вид перевозки
- Вид разрешения

Разрешительные документы выдаются на конкретную перевозку (-ки) с указанием данных перевозчика (наименование компании, ИНН, ОГРН), данных по транспортному средству (марка, модель тягача и прицепа).

Все габаритные характеристики в разрешениях приведены с грузом в транспортном положении на конкретном автопоезде, т.к. крупногабаритный и груз является бинарной системой. Таким образом, следует читать «Длина автопоезда», как «Длина автопоезда *с грузом*», «Ширина автопоезда», как «Ширина автопоезда *с грузом*», и, соответственно, «Высота автопоезда», как «Высота автопоезда *с грузом*».

Период выданных разрешений в базе данных составляет около 7 лет: с 29.07.2015 г. до 05.07.2022г. (рис. 3.10).

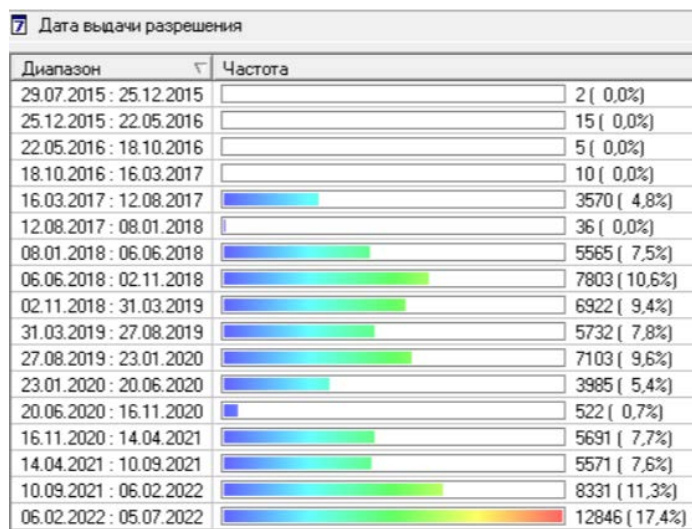


Рисунок 3.10 – Гистограмма (частотное распределение ряда) периодов выдачи разрешений

Всего получилось 17 периодов с равным шагом интервала – 149 дней.

Как видно на рис. 3.10, начиная с середины 2017 года наблюдается резкий скачок перевозок нестандартных грузов, и к середине 2022 г. достигает максимального значения. Тем самым, на последний интервал (06.02.2022 – 05.07.2022г.) приходится 17,4 % от всего 7-летнего количества разрешений на перевозку КТГ в г. Москве.

Вид перевозки распределен на 3 группы:

- Международный (1 разрешений)
- Междугородний (11 разрешений)
- Местный (73 697 разрешений)

Вид разрешения выдается как «разовое» (на одну поездку) и «на срок» (на 10 или 20 поездок с одинаковыми параметрами груза и маршрута следования, но ограничен период перевозки) *:

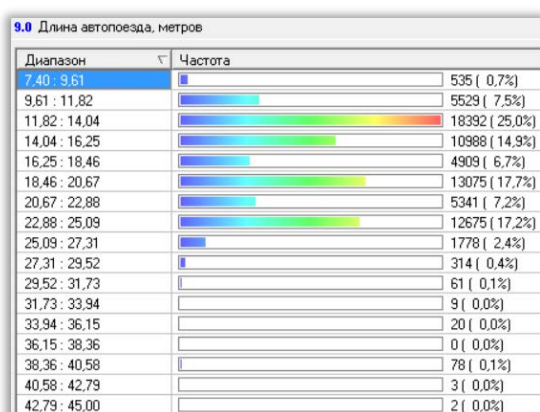
- Разовое – 228 шт.
- На срок – 73 481 шт.

* Перечисленные виды разрешений актуальны на период выдачи разрешений в базе данных.

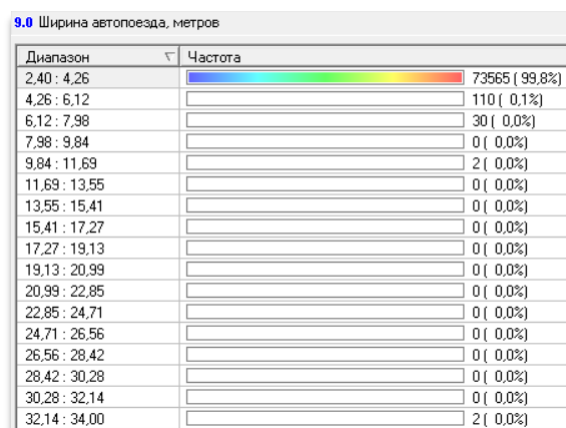
В рамках исследования автором проводился анализ по трем «столбцам» базы данных: длина автопоезда, ширина автопоезда и высота автопоезда с грузом.

С помощью программы Deductor получились следующие частотные распределения по каждому анализируемому из трех параметров исходной базы данных.

На рисунках 3.11 гистограммы показали скопление данных на первых значениях параметров (интервалах) и достаточно большой «шаг» между соседними интервалами.



(а)



(б)

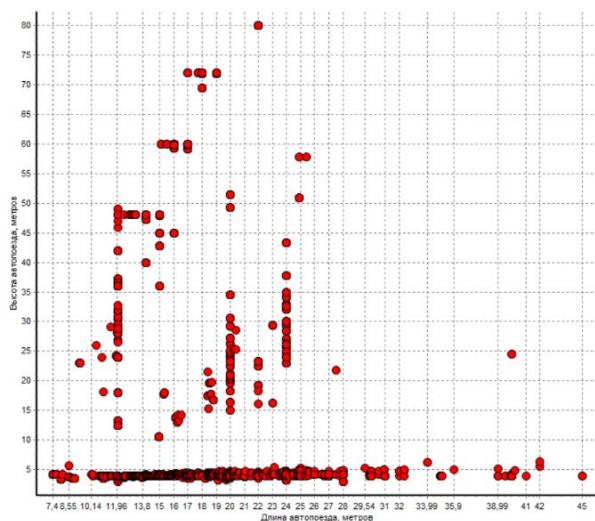
Рисунок 3.11 (а) – Гистограмма параметра «Длина автопоезда, м» (База данных № 1), (б) – Гистограмма параметра «Ширина автопоезда, м» (База данных № 1)

Сводные данные приведены в таблице 3.7.

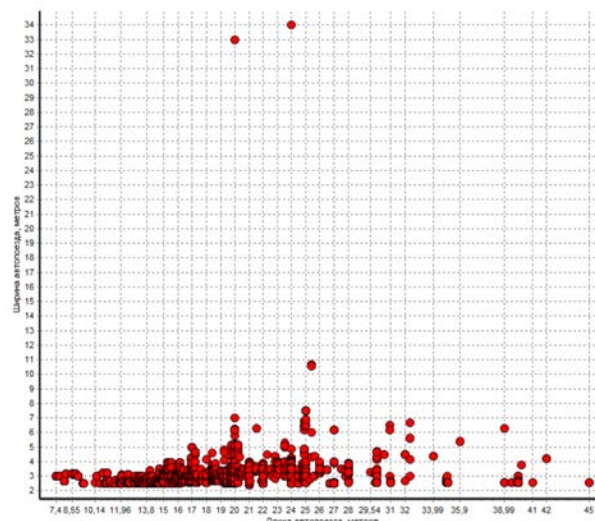
Таблица 3.7 – Крайние значения весогабаритных параметров и шаг кластеров

Параметр	Значения (мин – макс)	Шаг интервала
«Длина автопоезда»	от 7,4 до 45 м	2,21 м
«Ширина автопоезда»	от 2,4 до 34 м	1,86 м
«Высота автопоезда»	от 3,0 до 80 м	4,53 м

Как видно из максимальных значений параметров в таблице 3.7, «ширина» составила 34 м, а «высота» – 80 м. Конечно, данные значения являются не корректными и явно имеют ошибочную природу (рис. 3.12).



(а)



(б)

Рисунок 3.12 – (а) Кластеризация статистики по параметрам «высота» и «длина»,
(б) – Кластеризация статистики по параметрам «ширина» и «длина»

Для уменьшения воздействия неоптимальных данных на итоги кластеризации исключаются параметры габаритных размеров стандартных грузов, т.е. не являющихся КГГ. Также из анализируемых данных исключаются значения, критически отличающиеся от основной группы КГГ (Базы данных №1).

Таким образом, в массу новой анализируемой базы попали следующие значения параметров КГГ (таблица 3.8):

Таблица 3.8 – Ограничения значений крайних габаритных параметров КГГ

Параметр	Минимальные значения	Максимальные значения
«Длина автопоезда»	≥ 20 м	≤ 35 м
«Ширина автопоезда»	$\geq 2,55$ м	≤ 5 м
«Высота автопоезда»	≥ 4 м	$\leq 4,5$ м

Количество разрешений после данной выборки получилось – 49 459, т.е. от общей статистики отсекали около 33% данных. Результаты введения ограничений по минимальным и максимальным значениям отражены в гистограммах на рис. 3.13– 3.15. Полученную статистику называем «база данных №2».

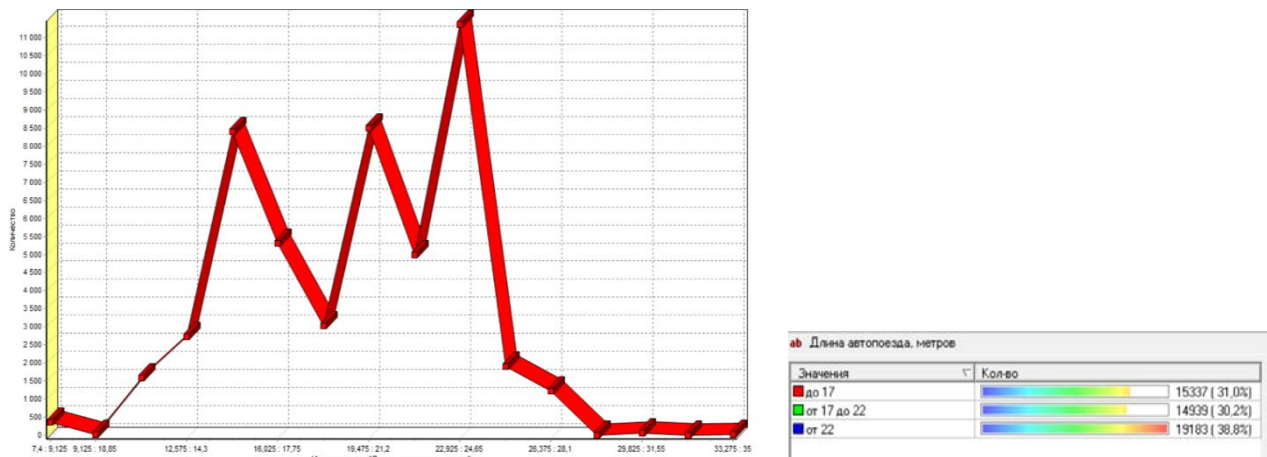


Рисунок 3.13 – Гистограмма параметра «Длина автопоезда, м»

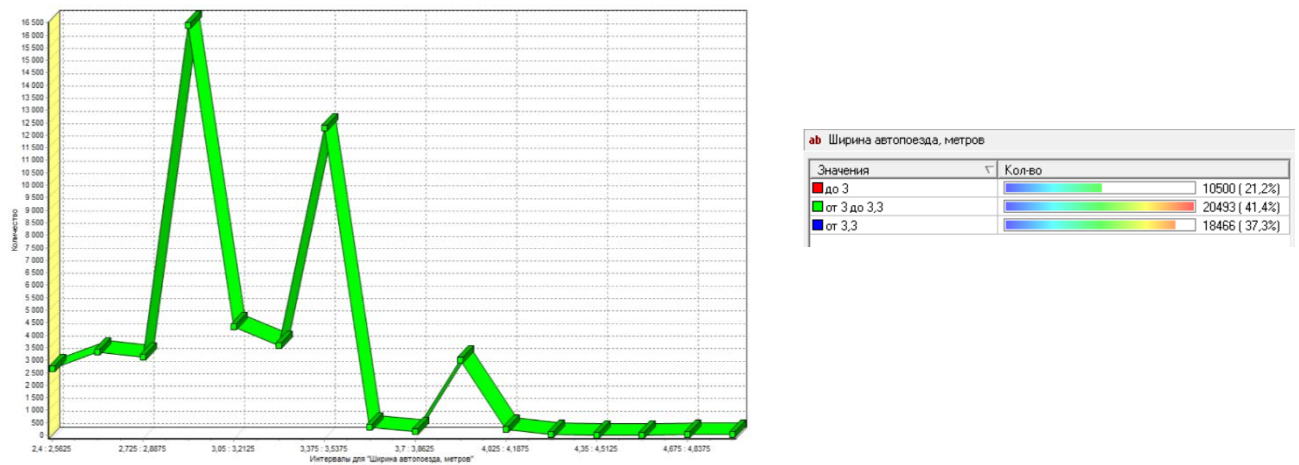


Рисунок 3.14 – Гистограмма параметра «Ширина автопоезда, м»

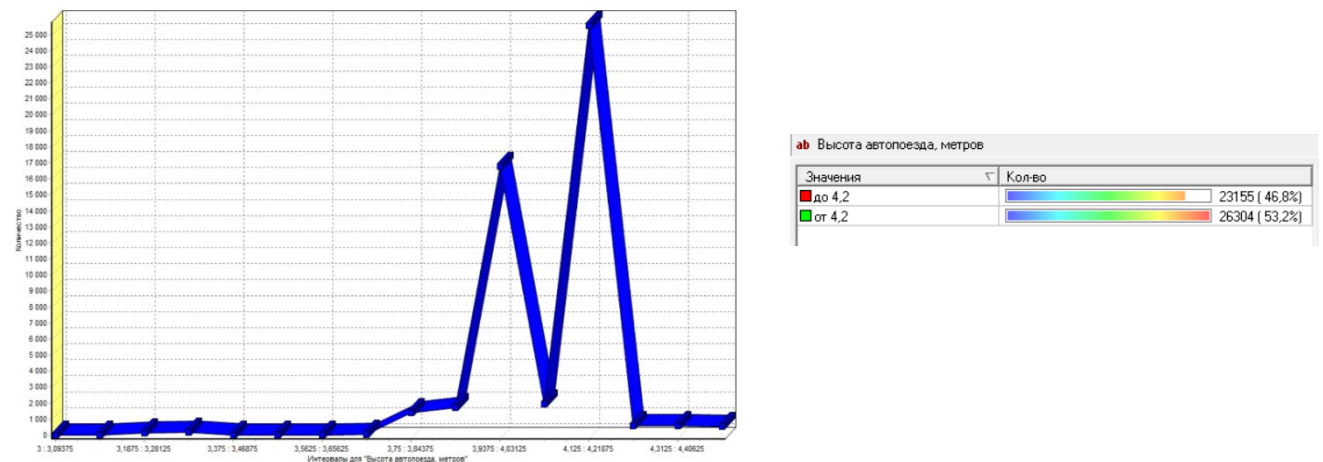


Рисунок 3.15 – Гистограмма параметра «Высота автопоезда, м»

В таблице 3.9 приведена кластеризация габаритных параметров, отобранных статистических данных, именуемых «База данных №2».

Таблица 3.9 – Кластеризация параметров «длина», «ширина» и «высота» Базы данных №2

		Кластеры				
		1	2	3	Итого	
		14561 (29,4%)	14396 (29,1%)	11297 (22,8%)	9205 (18,6%)	
9.0 Высота автопоезда, метров	Значимость	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	Среднее	4,15743905	4,1204404	4,023159246	4,09455236	4,104294871
	Стандартн. откл.	0,136636705	0,1293049815	0,1526330361	0,10852548	0,1425089083
	Стандартн. ошиб.	0,001132824011	0,001077691203	0,00143604146	0,001131149008	0,0006407953439
9.0 Ширина автопоезда, метров	Значимость	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	Среднее	3,350994437	3,231534454	2,984284323	3,000036936	3,167144504
	Стандартн. откл.	0,3482560162	0,410723504	0,2196369491	0,239919448	0,361284836
	Стандартн. ошиб.	0,002886044523	0,00342317134	0,00206644494	0,002500653723	0,001624527536
9.0 Длина автопоезда, метров	Значимость	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	Среднее	24,4419875	20,61366421	13,97303266	16,94548832	19,54124952
	Стандартн. откл.	1,126295569	1,031893851	1,605680155	0,9085067553	4,143384407
	Стандартн. ошиб.	0,009333763116	0,008600309993	0,01510706796	0,009469264971	0,01863084539

Для более качественного анализа данных применяется метод квантования.

Квантование – это процесс уменьшения размерности данных путем ограничения количества различных значений признака.

Этот метод применяется, когда значения равномерно распределены по всему диапазону, чтобы избежать интервалов с недостаточным количеством значений или слишком плотно заполненных. Квантильный метод позволяет выбирать различную ширину интервалов. Ширина выбирается таким образом, чтобы каждый интервал содержал примерно одинаковое количество значений. Особенно целесообразно применение данного метода в данной работе, т.к. распределение значений признаков неравномерно и имеет выбросы.

Существует 2 метода квантования: *интервальный* и *квантильный*:

Интервальное квантование имеет диапазон значения признака с одинаковым интервалом.

Для расчета длины интервала L используется следующая формула:

$$L = \frac{\max - \min}{N} \quad (3.1)$$

где $\max$ – максимальное значение выбранного показателя,

$\min$ – минимальное значение выбранного показателя,

N – количество заданных интервалов.

Соответственно, границы 1-го диапазона будут определены как:

$$[x_1 = \min; y_1 = \min + L),$$

где границы i -го диапазона будут определены как $[x_i = y_{i-1}; y_i = x_i + L)$.

При *квантильном* квантовании – ширина интервалов разная, а количество значений внутри интервала одинаковое.

Дадим определение *k*-й *процентиль* – это такое значение x в ряде данных, которое разделяет ряд на две части: одна часть содержит k процентов данных, меньших x , а другая часть содержит все остальные значения набора (т.е. $1 - k$ процентов данных больших x).

Приведем алгоритм для нахождения k -й процентили выборки:

- отсортировать значения выборки по возрастанию (пусть в выборке всего N значений);
- найти такую позицию в списке, для которой $k\%$ значений оказалось бы меньше этого значения. Это можно сделать с помощью формулы $N * k\% + 1$ и округлить до целого;
- значение, находящееся в этой позиции, и будет k -й процентиль, т.к. $k\%$ значений массива данных будет меньше этого значения.

В данной работе был выбран метод квантильного квантования при количестве интервалов – 4. Таким образом, система рассчитывает последовательно 25-й процентиль (нижний квартиль), 50-й процентиль (медиана), 75-й процентиль (верхний квартиль).

Границы 1-го диапазона определены как $[\min \text{ значение выборки}; 25\text{-й процентиль})$;

Границы 2-го диапазона определены как $[25\text{-й процентиль}; 50\text{-й процентиль})$;

Границы 3-го диапазона определены как $[50\text{-й процентиль}; 75\text{-й процентиль})$;

Границы 4-го диапазона определены как $[75\text{-й процентиль}; \max)$

Проанализировав статистику по более «строгим» фильтрам, т.е. по трём параметрам («длина», «ширина», «высота»), которые категорично все попадают под категорию крупногабаритных, выявлено 15 425 разрешений и приведены результаты в таблице 3.10. Это составило почти 21% от общей базы данных или 31,2% от усеченной фильтрами крайних параметров (минимум и максимум). Полученную статистику называем в дальнейшем «База данных №3».

Таблица 3.10 – Данные по статистике КГГ со сверхнормативными габаритными параметрами («длина», «ширина», «высота»)

	Метка столбца	Статистика: Кол-во значений = 15425						
		Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное от...	Σ	Сумма	Σ^2 Сумма квадратов
1	9.0 Длина автопоезда, метров	20,2	30,5	23,63082399	1,305364595	364505,46		8639846,505
2	9.0 Ширина автопоезда, метров	2,56	5	3,41892188	0,2388090115	52736,87		181182,8655
3	9.0 Высота автопоезда, метров	4,1	4,5	4,199594814	0,05134887475	64778,75		272085,1711

Результат представлен в виде диаграммы (рис. 3.16), где ось X – «длина автопоезда, м», ось Y – «ширина автопоезда, м», ось Z – «высота автопоезда, м»

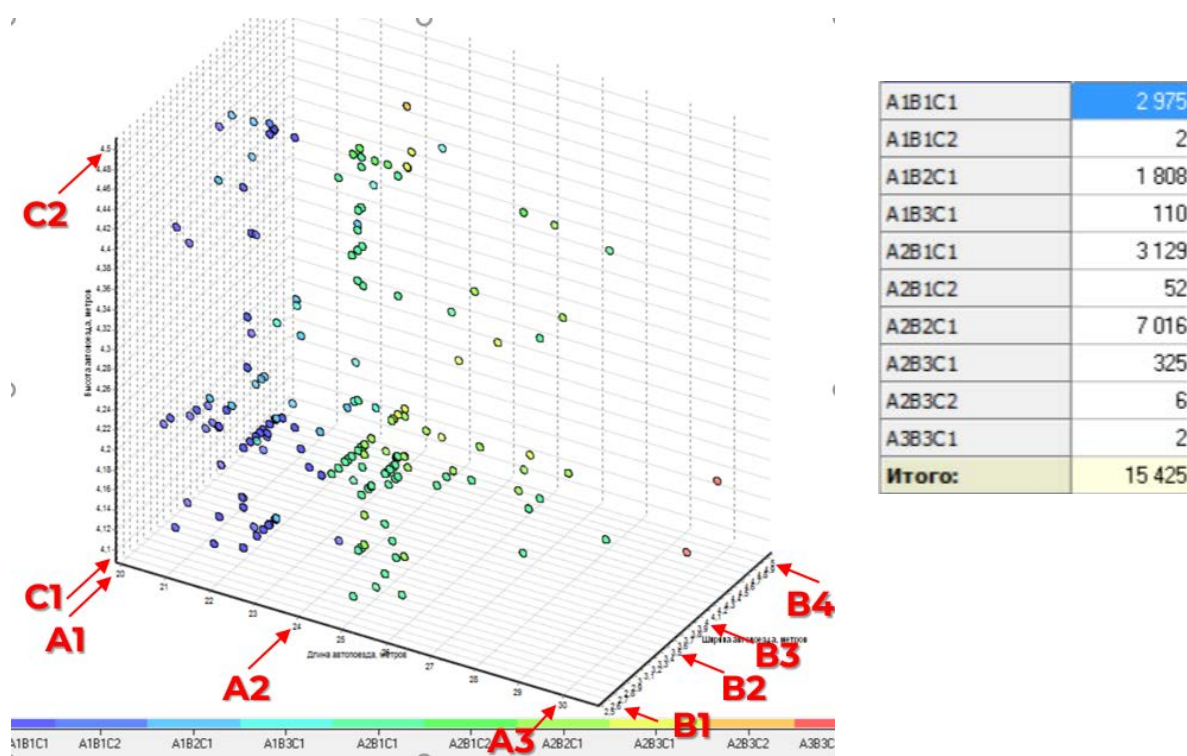


Рисунок 3.16 – Кластеризация статистики КГГ со сверхнормативными параметрами, в соответствии с распределением кластеров по кодам КГГ

Внутри кластера СПЕЦПРОЕКТ, т.е. разрешения на КГГ с одним из параметров, значительно превышающим нормативы, проводим повторную кластеризацию, чтобы выявить подкластеры. Это позволяет структурировать иерархию, в которой у каждого габаритного параметра сформированы свои кластеры в зависимости от его величины.

Для анализа кластера СПЕЦПРОЕКТ выставляем строгие параметры КГГ и представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Данные по статистике КГГ с габаритными параметрами («длина», «ширина», «высота») согласно классификации КГГ «СПЕЦПРОЕКТ»

Параметр	Максимальные значения
«Длина автопоезда»	>35 м
«Ширина автопоезда»	>5 м
«Высота автопоезда»	>4,5 м

В результате данной выборки статистики выявилось 1698 разрешений. Но дальнейшие изучения данных по габаритным параметрам в кластере «СПЕЦПРОЕКТ» не производились в связи с тем, что данные грузы имеют наименьшую частоту повторений грузов и требуют специфических подготовительных мероприятий при организации перевозок.

Применение кластерного анализа распределения крупногабаритных грузов по габаритным параметрам в статистической базе выданных разрешений ГБУ «ГОРМОСТ» позволяют сделать вывод по наиболее распространённым грузам по следующим кодам КГГ (табл. 3.12).

Таблица 3.12 – Распределение наиболее популярных кодов КГГ по кластерам:

A1B1C1	2 975
A1B2C1	1 808
A2B1C1	3 129
A2B2C1	7 016

Таким образом, по статистике выявлены грузы длиной до 30 метров, шириной – до 4 метров и высотой – до 4,5 метров. Следовательно, можно определить наиболее востребованный подвижной состав для перевозок крупногабаритных грузов и, соответственно, дать рекомендации специализирующимся транспортным компаниям по наличию в парке подобных АТС. Примеры соответствующих полуприцепов:

1. *Раздвижной полуприцеп ТверьСтройМаш 993951-AS60* (рис. 3.17, 3.18)

Характеристики полуприцепа ТверьСтройМаш 993951-AS60:

Грузоподъемность технически допустимая – 48 000 кг

Высота погрузки – 880 мм

Длина (при полном раздвижении) – 11 000 - 19 000 мм

Ширина грузовой платформы – 2540-3200 мм



Рисунок 3.17 – Полуприцеп ТверьСтройМаш 993951-AS60

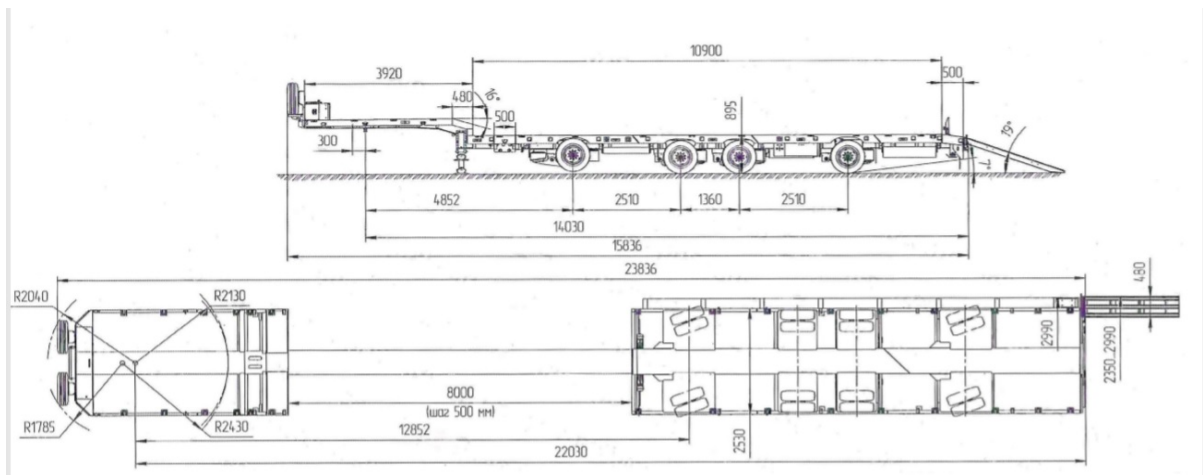


Рисунок 3.18 – Схема полуприцепа ТверьСтройМаш 993951-AS60

Описание: четырехосный полуприцеп профессиональной серии ORIGINAL PRO для выгодных и безопасных перевозок пользуется заслуженной популярностью. Уникальная колесная формула. Платформа увеличенной длины. Усовершенствованная конструкция. Большое количество полезных опций в базе. Этот multifunctional полуприцеп имеет одно из лучших значений показателя стоимости [84].

2. Низкорамный полуприцеп Faymonville Variomax Plus (рис. 3.19, 3.20)

Характеристики полуприцепа:

Грузоподъемность – 100 тонн

Погрузочная ширина – 2 550 мм

Погрузочная длина – 18 550 мм

Погрузочная высота – 1 170 мм



Рисунок 3.19 – Прицеп Faymonville Variomax Plus

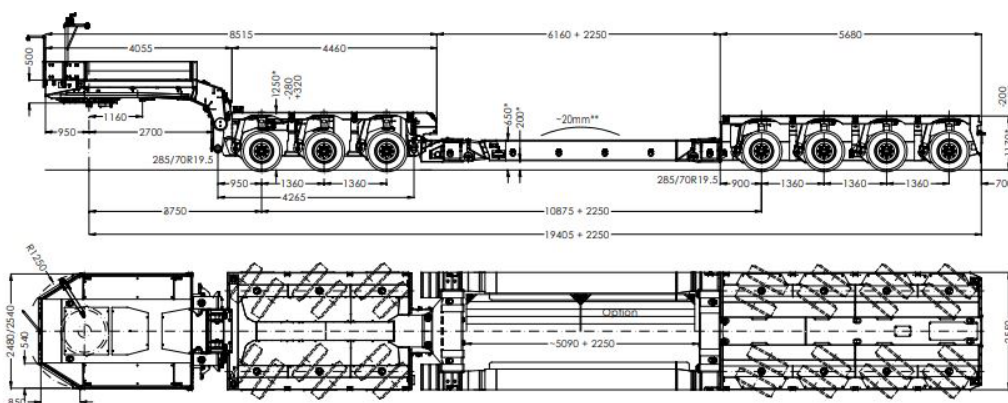


Рисунок 3.20 – Схема прицепа Faymonville Variomax Plus

Описание VariomAX Plus — это решение для обеспечения оптимальной грузоподъемности при транспортировке строительной техники, конструкций для дорожного строительства, а также трансформаторов. Преимущества низкорамного прицепа VariomAX Plus: большая грузоподъемность, модульная универсальность и маневренность [85].

Также при длительных контрактных отношениях с заказчиками длинномерных грузов рекомендуется использование полуприцепа – балковоза (трубовоза) 9942P7.

3. Характеристики полуприцепа балковоза (трубовоза) 9942P7 (рис.3.21):

- Масса перевозимого груза не более – 100 000 кг
- Длина в транспортном положении – 17 366-48 366 мм
- Ширина в транспортном положении – 2500 мм
- высота (максимальная) в транспортном положении – 3950 мм



Рисунок 3.21 – Полуприцеп - балковоз (трубовоз) 9942P7

Описание: Балковоз 9942P7 обладает регулируемой рабочей площадкой и может увеличиваться с 12000 мм до 33000 мм при стандартной ширине 2500 мм. Таким образом, в сложенном состоянии техника обладает габаритами, позволяющими осуществлять передвижение по дорогам без оформления дополнительных разрешений [86]. В комплектацию балковоза входит пневмо- и электрооборудование, позволяющее осуществлять перевозки без груза или с грузом длиной до 33 метров.

Выводы по Главе 3

В третьей главе получены следующие основные результаты проверенных экспериментов:

1. Поставлены цель и задачи экспериментальных исследований. Произведен сбор исходных данных для проведения экспериментальных исследований с целью апробации теоретических методик, в части исследования характеристик опорной сети автомобильных дорог Свердловской области и характеристики транспортной компании ООО «АСТ Плюс».

2. В соответствии с разработанной методикой определения гарантировано безопасного маршрута выбраны альтернативные маршруты и их цифровые модели перевозки экспериментальной системы «груз + транспортное средство» в транспортно-технологической системе региона. Для построения цифровых моделей альтернативных маршрутов перевозки крупногабаритных грузов могут использоваться картографические информационные базы из открытых источников (Open Street Map; Yandex map; Google map).

3. Определен кратчайший по длине и наименее затратный маршрут перевозки КГГ с использованием алгоритма Дейкстры на примере перевозки по дорожной сети г. Екатеринбурга.

4. Проведен анализ необходимых мероприятий на маршрутах транспортной системы региона, рассчитанных по алгоритму Дейкстры для обеспечения гарантировано безопасной перевозки КГГ и дана оценка проходимости альтернативных маршрутов перевозки согласно методики цифровой модели крупногабаритных грузов.

5. На основании результатов апробации по разработанной цифровой модели КГГ в реальных условиях эксплуатации на потенциальных альтернативных маршрутах перевозки «Груза 1» и в соответствии с техническим заданием, автор рекомендовал компании ООО «АСТ Плюс» сделать выбор в пользу «Маршрута 1» для выполнения перевозки. Руководство компании согласилось выводами

исследования, проведенного автором, о чем свидетельствует Акт по внедрению результатов диссертационной работы, приведенный в Приложении В.

6. В настоящей работе проведен кластерный анализ статистической информации о распределении габаритных параметров КГГ с целью выявления классификационных группировок с наиболее часто встречающимися габаритными параметрами. Массив информации получен из специальных разрешений на перевозку крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов, выданных от ГБУ «ГОРМОСТ» в городе Москва. По результатам проведенного анализа составлены рекомендации для транспортных компаний по выбору наиболее востребованного подвижного состава для перевозок КГГ.

4. РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ВНЕДРЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 *Анализ результатов экспериментального исследования и подтверждение научной гипотезы.*

Во второй главе диссертации разработаны методики, которые были апробированы в третьей главе диссертации при экспериментальных исследованиях, направленных на гарантировано безопасные перевозки крупногабаритного груза в транспортно-технологической системе по региональной опорной сети на примере Свердловской области.

Разработан процесс управления рисками, включающий описание проекта, габаритных параметров системы «груз + транспортное средство», погрузо-разгрузочного процесса, качественный и количественный анализ рисков; разработка плана реагирования и мероприятий по мониторингу рисков, которые могут возникнуть в процессе перевозки, а также результаты апробации разработанной методики цифровой модели крупногабаритного груза в реальных условиях эксплуатации региональной дорожной сети г. Екатеринбурга с целью прогноза рисков и получения гарантировано безопасного маршрута перевозки по транспортной системе региона подтвердили научную гипотезу.

Повышение эффективности и безопасности перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом может быть достигнуто путем создания процесса управления рисками, цифровизации процессов транспортного производства с внедрением планирования, мониторинга и контроля движения крупногабаритных грузов по региональной сети дорог.

Результаты исследования имеют прикладной характер и могут быть использованы транспортными предприятиями, специализирующиеся на перевозке крупногабаритных грузов в транспортно-технологической системе, при разработке мероприятий по совершенствованию организации перевозок крупногабаритных

грузов автомобильным транспортом на этапе планирования с учетом риск-ориентированного подхода.

Результаты апробации эксперимента внедрены в производственный процесс транспортно-логистических компаний ООО «АвтоСпецТяж Плюс» (г. Санкт-Петербург) и ООО «РРЛ Раша» (г. Москва) и ООО «АТВЛОГИСТИК» (г. Краснодар) (Приложение В).

4.2 Рекомендации по внедрению цифровой модели КТГ при оформлении заявки на получение специального разрешения

Оформление заявки на оформление специального разрешения перевозки крупногабаритных грузов является ключевым элементом планирования маршрута следования.

В цифровой системе транспортной отрасли очень важно иметь понятный и доступный алгоритм оформления разрешительных документов для подготовки и непосредственно транспортировки таких сложных грузов, как крупногабаритные. При оформлении разрешительных документов обязательно учитывается сложность перевозок, особенности условий ее выполнения, а также предусматривается возможность разработки превентивных мер, направленных на минимизацию потенциальных рисков как на этапе подготовки, так и в ходе самой транспортировки КТГ. Оформление разрешительных документов в целом для перевозки КТГ регламентируется целым рядом документов нормативно-правового характера.

По мнению автора исследования, указание в заявке кодов КТГ, заявляемых к перевозке груза, позволит автоматизировать сам процесс рассмотрения и разрешения на заявку. Для крупногабаритных грузов, параметры которых незначительно превышают нормативные значения, процесс подачи заявки может быть полностью автоматизирован, а процесс согласования – максимально упрощен.

Указание кодов КГГ должно выполняться с возможностью легкого считывания их значений современными средствами считывания данных (QR-code).

Это позволит значительно снизить трудозатраты на оформление разрешительной документации, а также автоматически проводить анализ и выдачу специальных разрешений на различные параметры крупногабаритных грузов.

На рисунке 4.1 приведена действующая транспортно-технологическая схема по подготовке к перевозке КГГ.

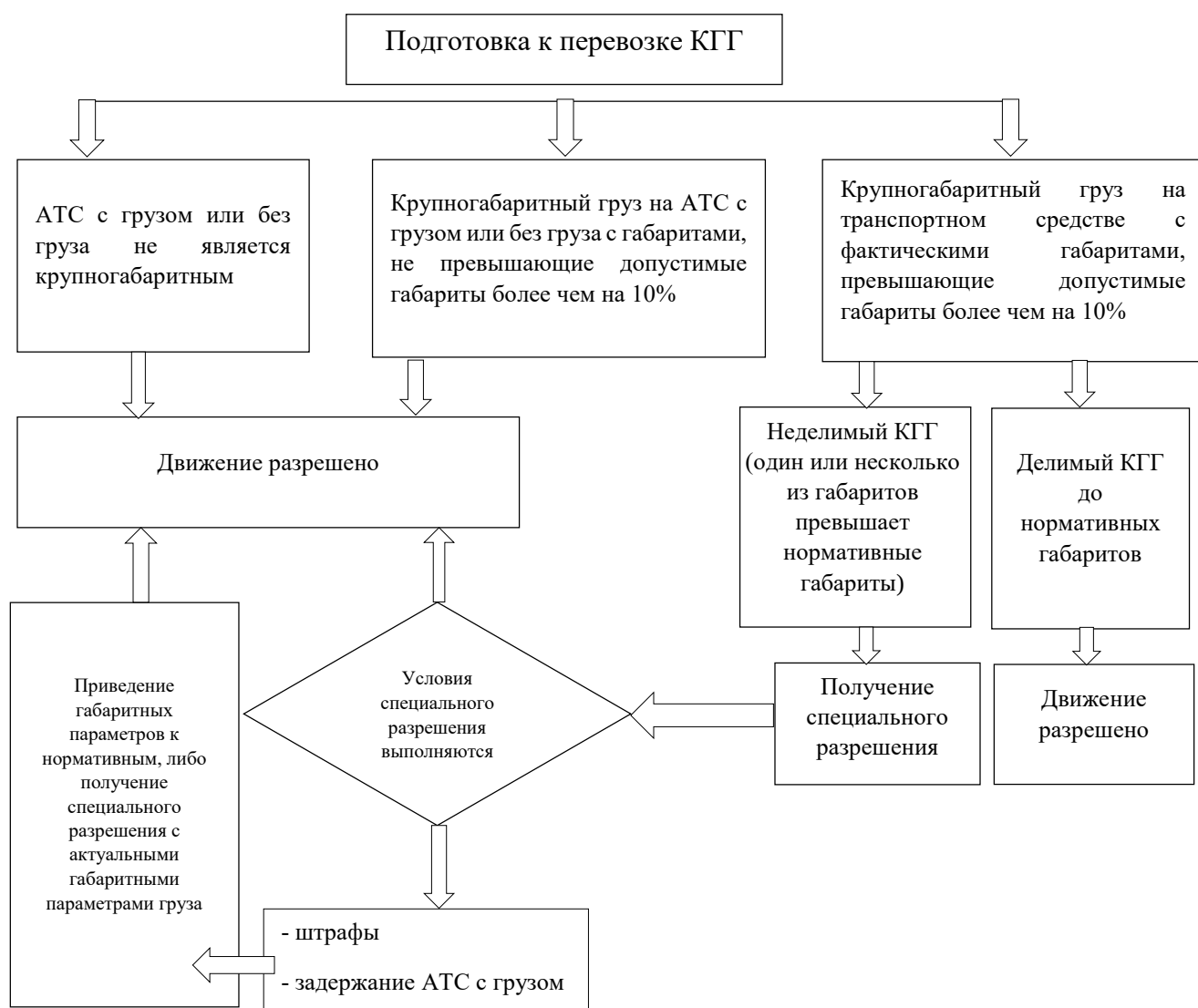


Рисунок 4.1 – Алгоритм транспортно-технологическая схема по подготовке к перевозке КГГ

4.2.1 Алгоритм формирования и получения разрешения на перевозку КГГ

В соответствии с Федеральным законом № 257-ФЗ от 08.11.2007 г. «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» [61], автомобильные дороги подразделяются на следующие группы:

- а) автомобильные дороги федерального значения;
- б) автомобильные дороги регионального или межмуниципального значения;
- в) автомобильные дороги местного значения;
- г) частные автомобильные дороги.

Анализ указанных нормативно-правовых документов показывает, что правильное оформление заявки на перевозку КГГ является непростой задачей.

При выдаче специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки крупногабаритных грузов, владельцы дорог проводят оценку возможности такой перевозки, учитывая габариты инженерных и инфраструктурных сооружений, а также информацию о техническом состоянии дорог.

Если для осуществления перевозки требуется проведение специальных мероприятий, уполномоченный орган информирует об этом заявителя и согласовывает дальнейший маршрут транспортного средства.

В случае, если на маршруте, предлагаемом заявителем для транспортировки крупногабаритных грузов, требуется провести специальную проверку состояния автодорог, провести их укрепление или реализовать специальные меры по обустройству дорожных участков и инженерных сооружений, компетентный орган уведомляет об этом заявителя и согласовывает альтернативный маршрут для транспортного средства, осуществляющего перевозку крупногабаритных грузов [27].

Заявление на получение специального разрешения (далее – Разрешение) для крупногабаритного транспорта подается портале <https://www.gosuslugi.ru/>. Если маршрут движения планируется только в пределах Москвы, то согласно

Распоряжению Правительства от 27.05.2023 № 1379-р [87] подача заявления проходит на портале <https://www.mos.ru/>.

В случае участия в составе автопоезда более 3 АТС в маршруте движения КГГ заявление подается в личном кабинете ФКУ Росдормониторинг.

Заявителем для получения Разрешения могут быть как собственник автотранспортного средства, так и представитель, имеющий законное право воспользоваться АТС по доверенности на право управления АТС, либо по договору аренды, лизинга или договора о передаче в безвозмездное пользование движимого имущества. Выбирается тип перевозки: международная или внутрироссийская.

После заполнения данных по адресам отправления и назначения маршрут будет сформирован ведомством и указан в готовом Разрешении.

Далее вносится полная регистрационная информация по АТС (тягач и прицеп/полуприцеп) и весогабаритные характеристики груза.

На рисунке 4.2 схематично процессы согласования Разрешения на перевозку КГГ и роли их участников.

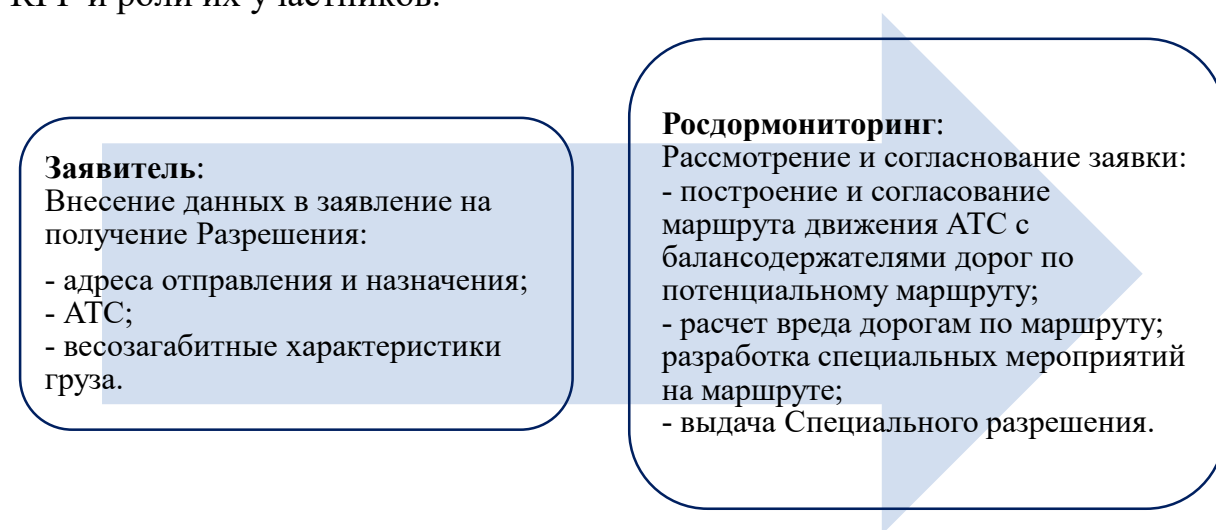


Рисунок 4.2 – Схема действий заявителя и государственных органов в процессе формирования и получения разрешения на перевозку КГГ

В таблице 4.1 представлен перечень уполномоченных органов, которые утверждают специальные разрешения на провоз крупногабаритных грузов в зависимости от маршрута перевозки.

Таблица 4.1 – Уполномоченные органы, согласовывающие специальное разрешение на проезд крупногабаритного груза в зависимости от категории и принадлежности дороги

Наименование уполномоченного органа	Дороги, по которым проходит маршрут перевозки
Федеральное дорожное агентство (Росавтодор)	Дороги федерального значения, более 2-х субъектов, международное направление
Орган исполнительной власти	Дороги регионального, муниципального и местного значения
Орган самоуправления муниципалитета	Дороги местного значения 2-х и более поселений в границах муниципального района
Орган самоуправления поселения	Дороги местного значения в границах одного поселения
Городской окружной орган самоуправления	Дороги в пределах городского органа

На рисунке 4.3 показан пример оформленного разрешения на перевозку КТГ.

Выписка из реестра разрешений на проезд тяжёловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств			
Номер	IR407		
Дата	22.10.2021		
Вид перевозки	Межрегиональная		
			
Разрешено выполнять	поездки в период с	19.10.2021	по 18.01.2022
Транспортное средство (автопоезд) (марка и модель транспортного средства (тягача, прицепа (полуприцепа), государственный регистрационный номер транспортного средства (тягача, прицепа (полуприцепа))			
Седельный тягач	MAN MAN TGX 41.680 E028TE198		
Полуприцеп	994278 994278 8Y448178		
Наименование - для юридических лиц, фамилия, имя, отчество (при наличии) - для физических лиц и индивидуальных предпринимателей, адрес и телефон владельца транспортного средства			
ГОВОРОВ ДМИТРИЙ СЕРГЕЕВИЧ Российская Федерация РФ г. Санкт-Петербург Грузовой проезд 17 4 9052641745			
Характеристика груза (при наличии груза) (полное наименование, габариты (длина, ширина, высота), масса, длина свеса (при наличии))			
Металлоконструкция (12.9 x 5.65 x 2.4) 7.800 тонн.			
Параметры транспортного средства (автопоезда)			
Масса транспортного средства (автопоезда) без груза (т)	Масса транспортного средства (автопоезда) с грузом (т)	Масса тягача (т)	Масса прицепа (полуприцепа) (т)
36.140	43.940	13.740	22.400
Информация об осях ТС (автопоезда)			
Номер оси	Расстояния между осями (м)	Нагрузки на ось (т)	
1	2.55	5.340	
2	1.45	4.000	
3	1.4	5.000	
4	5.35	5.000	
5	1.35	4.100	
6	1.35	4.100	
7	1.35	4.100	
8	1.35	4.100	
9	1.35	4.100	
10	0	4.100	
Габариты транспортного средства (автопоезда)			
Длина (м)	21.5	Ширина (м)	5.65
Высота (м)	4	Длина свеса (при наличии)	0



Рисунок 4.3 – Пример предлагаемого разрешения на перевозку КТГ с указанием габаритных характеристик КТГ, зашифрованных в QR коде [88].

Данное предложение полностью соответствует политике государства, направленное на цифровизацию всех основных процессов в системе государственного управления.

4.2.2 Технология организации транспортной работы при разработке специального проекта для перевозки КГГ

Специальный проект разрабатывается в случае невозможности проезда КГГ по предполагаемому маршруту транспортно-технологической системе региона, в том числе с использованием дополнительных мероприятий, и отсутствия альтернативного маршрута. Разработанный спецпроект предоставляется в соответствующий орган вместе с заявлением на получение разрешения.

В плане организации дорожного движения для специального проекта должна содержаться следующая информация:

1. Карта маршрута с описанием его особенностей;
2. Характеристики и параметры транспортных средств, которые участвуют в движении;
3. Размещение автомобилей, обеспечивающих защиту сопровождаемого транспортного средства, спереди и сзади;
4. График движения с учетом интенсивности дорожного движения;
5. Схемы изменения организации дорожного движения и защиты автомобилем сопровождения на участках маршрута с ограниченной видимостью, согласованные с владельцами дорог и Госавтоинспекцией;
6. Инструкции для поворотов, перекрестков, железнодорожных переездов, сужений проезжей части, участков с выездом на полосу встречного движения с указанием траектории движения;
7. Места для контроля размеров искусственных сооружений и коммуникаций в процессе движения;
8. Места остановок и отдыха, а также для пропуска встречного транспорта;

9. Информацию о необходимости полного или частичного перекрытия движения на отдельных участках автомобильной дороги.

Выполнение рекомендаций по совершенствованию заявки на получение специального разрешения на перевозку КГГ на основе разработанной методики цифровой модели крупногабаритных грузов направлены на выполнение гарантировано безопасной перевозки КГГ в транспортно-технологических системах автомобильным транспортом, а также ускорят получение разрешения.

4.3 Методика оценки предложенных мероприятий по совершенствованию планирования перевозок КГГ и снижению рисков

Важным условием по уменьшению риска в процессе перевозки является проведение мероприятий, направленных на снижение влияния прогнозируемых факторов рисков. В таблице 4.2 представлены разработанные мероприятия, направленные на снижение влияния прогнозируемых факторов риска.

Таблица 4.2 – Мероприятия по снижению влияния прогнозируемых факторов риска

ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ФАКТОРЫ РИСКОВ	
Основные факторы рисков	Мероприятия по снижению влияния рисков
Параметры груза на транспортном средстве (длина, ширина, высота, центр тяжести)	1. Предоставление грузоотправителем (производителем) чертежа с габаритами груза. 2. Предоставление чертежа с весовыми характеристиками груза. 3. Предоставление фотографий груза в транспортной упаковке. 4. Выезд специалиста на производство (место погрузки) для сопоставления заявленных в чертежах габаритов груза с фактическими.
Классификация дороги и категория дороги, дорожные условия	1. Инспектирование маршрута перевозки КГГ по спутниковым картам (Яндекс, Open Street Map). 2. Инспектирование маршрута перевозки КГГ с выездом на дорогу с макетом груза (рамка).
Квалификация персонала (водителей, специалистов по оформлению разрешительной документации, работников при погрузо-разгрузочных работах и креплению груза, водителей –экспедиторов, сопровождающих крупногабаритный груз по маршруту)	1. Введение современной программы обучения по подготовке специалистов для перевозок КГГ автомобильным транспортом с использованием информационных технологий; 2. Внедрение программы обучения, переподготовки и/или повышения квалификации специалистов при перевозках КГГ; 3. Рекомендации по внедрению на законодательном уровне обязательной подготовки участников процесса при организации перевозок КГГ (один раз в три года); 4. Лицензирование деятельности перевозчиков, специализирующихся на перевозках КГГ автомобильным транспортом.

При проведении оценки эффективности предложенных мероприятий по снижению рисков и обеспечению гарантировано безопасной перевозки КГГ в транспортно-технологических системах необходимо выполнить следующие работы:

1. Сформировать цифровую модель груза в виде кода.

Шестизначный код состоит из 3 букв и 3 цифр. Имеет следующий вид X0X0X0. Буквенные значения – это длина (А), ширина (В) и высота (С) груза. Цифровые значения – это габариты груза (0, 1, 2, 3, 4).

2. Оценить цифровую модель маршрута.

Критерии по выбору и оценке оптимального маршрута следующие:

- Протяженность маршрута. Чем короче маршрут, тем он лучше, но не во всех случаях.
- Сложность маршрута. Под сложностью маршрута понимается количество рисков, которые могут повлиять на процесс перевозки КГГ. Это объекты на дороге и факторы рисков, которые препятствуют проезду крупногабаритного транспорта и груза. Это местность, где проходит маршрут (в городской застройке доставить груз будет сложнее, чем за городом).

3. Оценить кол-во мероприятий на маршруте.

Количество мероприятий зависит от местности, по которой проходит маршрут, от длины маршрута и от объектов, расположенных на маршруте. Например, если проводить мероприятия в городе, то преимущественно это будет поднятие проводов и демонтаж/монтаж ограждений возле дороги.

4. Оценить затраты на их устранение.

Зависит от самого объекта и от организационных действий. Так, поднять провод электропередачи будет дороже, чем демонтировать защитное дорожное ограждение.

5. Выбрать наиболее безопасный маршрут с оценкой затрат на устранение мероприятий на маршруте.

6. Безопасный маршрут – это маршрут, где объем рисков, которые могут негативно повлиять на процесс перевозки, минимальное количество.

7. Оформить заявку на перевозку КГГ с учетом инновационных разработок в диссертации.

В готовом разрешительном документе будет создан уникальный QR-код, в котором будет находиться вся информация о габаритных параметрах груза, в том числе будет представлен код крупногабаритного груза.

Все перечисленные параметры, сведенные в один документ, позволят обеспечить гарантировано безопасную перевозку КГГ автомобильным транспортом в транспортно-технологических системах.

4.4. Рекомендации по повышению живучести транспортно-технологической системы региона

Разработаны следующие рекомендации по проведению мероприятий, направленных на повышение живучести транспортно-технологической системы региона:

- 1) создание силами администрации региона системы диспетчеризации и мониторинга движения крупногабаритных грузов на участках III-V категориях дорог.
- 2) первоочередное использование при планировании маршрута по категориям I и II с целью минимизации использования III, IV и V категорий дорог.
- 3) применение современных технологий в области интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и средств связи для информирования участников дорожного движения, передвигающихся по региональным дорогам III, IV и V категорий.
- 4) внедрение умных дорожных знаков и динамических информационных табло (ДИТ), которые меняют свои сообщения в зависимости от текущей ситуации.
- 5) обучение водителей и повышение их осведомленности о существующих рисках, связанных с движением крупногабаритных грузов.
- 6) использование социальных медиа и онлайн-платформ для распространения информации.

7) создание партнерств, при которых компании обязуются заранее информировать дорожные службы о планируемых перевозках крупногабаритных грузов, что способствует более точному планированию и координации между ведомствами и организациями, участвующими в перевозке.

8) с целью уменьшения потерь от возникающих транспортных заторов с КГГ предложено проводить мероприятия по информированию участников движения по вероятности встречи с КГГ. Данные мероприятия должны проводиться на основе системы средств и систем телематики.

Работа интеллектуальных транспортных систем (ИТС) включает несколько этапов:

Сбор информации. Специальные датчики и дорожные камеры снимают данные о дорожном потоке в ключевых точках города. Также учитывается информация с дорожных метеосистем: температура и влажность воздуха, осадки, состояние дорожного покрытия. Экологические датчики передают данные о содержании выхлопных газов. Камеры с парковок и паркоматы добавляют информацию о загруженности стоянок [89].

Анализ трафика. Система анализирует, где дороги свободны, а где перегружены.

Моделирование трафика. В зависимости от времени года и времени суток, а также от дня недели система предсказывает развитие ситуации. Современные самообучающиеся системы накапливают статистику и могут смоделировать ситуацию на каждом перекрёстке города на несколько часов вперёд.

Обмен данными. Все городские системы обмениваются данными. В процессе могут быть добавлены искусственные вводные, например, необходимость разгрузить улицу для провоза негабаритного груза.

Управление движением. Система с использованием доступной периферии (в основном, светофоров и информационных табло) пытается выстроить транспортные потоки так, чтобы затруднения были минимальными. Например, перераспределяя с загруженных основных магистралей на более свободные второстепенные.

ИТС анализируют данные и оповещают водителей о дорожных условиях и маршрутах объезда, позволяют регулировать транспортные потоки, перераспределять их так, чтобы избежать возникновения пробок.

Задачи, стоящие перед интеллектуальными транспортными системами (ИТС) в будущем:

Создание единой экосистемы. В населённых пунктах нужно внедрять подсистемы, которые информируют, контролируют и управляют движением, а также принимают оплату на платных участках. Интеграционная платформа на уровне регионов должна анализировать и распределять информацию, создавать модели и выстраивать алгоритмы, которые работают автоматически.

Развитие беспилотного транспорта. Обеспечение движения беспилотников должно опираться на динамическую информацию, которая передаётся с инфраструктуры на борт транспортного средства. Модернизация инфраструктуры будет полезна не только для беспилотников, но и для транспортных средств с водителями.

В различных странах успешно применяются мобильные приложения и системы спутниковой навигации, которые информируют водителей о состоянии дорожной обстановки и наличии крупногабаритных грузов на маршруте. Подобные приложения могут получать данные от датчиков на дорогах, а также от диспетчерских служб, что позволяет своевременно передавать информацию о местонахождении КГГ.

1) Использование умных дорожных знаков и динамических информационных табло (ДИТ), которые меняют свои сообщения в зависимости от текущей ситуации.

ДИТ могут быть настроены на автоматическое оповещение о находящихся на участках региональной транспортной сети транспортных средств, перевозящих крупногабаритные грузы. Это позволит водителям заранее принимать меры, например, изменять скорость движения или выбирать альтернативные маршруты.

2) Обучение водителей и повышение их осведомленности о существующих рисках, связанных с движением крупногабаритных грузов.

Необходимо перенять опыт некоторых стран, в которых практикуются информационные семинары и тренинги для водителей, направленные на разъяснение безопасных тактик вождения, особенно в условиях движения транспортных средств с крупногабаритными грузами.

3) Использование социальных медиа и онлайн-платформ для распространения информации.

Социальные сети могут стать важным инструментом оповещения, где можно оперативно сообщать о движении крупных грузов, что позволяет достигнуть широкой аудитории. Также полезны рассылки через электронную почту и текстовые сообщения для зарегистрированных пользователей.

4) Создание партнерств, при которых компании обязуются заранее информировать дорожные службы о планируемых перевозках крупногабаритных грузов, что способствует более точному планированию и координации на различных уровнях.

4.5 Центр управления перевозок КГГ автомобильным транспортом в рамках транспортно-технологической системы страны

Центр управления перевозками (ЦУП) крупногабаритных грузов автомобильным транспортом в рамках транспортно-технологической системы страны представляет собой сложную структуру, где внедрение телематических технологий играет ключевую роль в автоматизации процессов управления. Основным принципом использования этих технологий является автоматизированный мониторинг и контроль безопасного перемещения транспортных средств в режиме реального времени.

Принцип унификации протоколов обмена информацией реализуется как на одном уровне управления, так и между различными уровнями этой структуры. Для этого используются передовые технологии цифровой мобильной связи и телекоммуникаций, работающие на основе унифицированных протоколов. Внедрение данного принципа в транспортной системе страны позволит

интегрировать множество автоматизированных подсистем и объектов контроля различных уровней в рамках единой системы диспетчерского управления, организуемой центром управления перевозками [90]. Системы телекоммуникации будут обеспечивать легитимным пользователям доступ к централизованной базе данных, включая единые геоинформационные данные в рамках ЦУП.

Центр управления перевозками также выполняет функции координации движения транспортных средств и общего контроля функционирования транспортно-технологической системы региона. Это достигается на основе применения методологии ситуационного управления, что позволяет эффективно реагировать на изменения в оперативной обстановке и оптимизировать использования ресурсов.

ЦУП ежедневно занимается общим контролем, гармонизацией и регулированием процессов перевозок в транспортной системе и сети страны, в том числе крупногабаритных грузов. Данные функции осуществляются сотрудниками ЦУП в тесном взаимодействии со специалистами транспортных предприятий, дорожными службами, органами власти, и других объектов транспортной инфраструктуры. В отличие от традиционных методов, информационное взаимодействие специалистов осуществляется с использованием автоматизированных рабочих мест, имеющих доступ к единой базе данных ЦУП.

Связь ЦУП с узловыми пунктами системы осуществляется на основе установки удаленных терминалов специалистов, контролирующих технологические процессы перемещения грузов в узловых пунктах. Эти специалисты имеют доступ к базе данных системы по сети Интернет.

ЦУП включает в себя следующие подсистемы, разворачиваемые в транспортно-логистическом центре:

- Телематическая платформа,
- Интеграционная платформа,
- Подсистема представления и анализа информации,
- Информационная безопасность,
- Планирование перевозок,

- Ситуационное управление.

ЦУП включает в себя следующие подсистемы грузового автотранспортного предприятия:

- Подсистема оперативного планирования,
- Подсистема экстренного реагирования,
- Подсистема диспетчерского управления грузовыми перевозками.

Телематическая платформа предназначена для приема, обработки, временного хранения и передачи с навигационно-связного оборудования ГЛОНАСС/GPS в смежные подсистемы телематической информации о местоположении и состоянии транспортных средств, а также передачи на навигационно-связное оборудование транспортных средств исполняемых команд и сообщений [91, 92].

Телематическая платформа реализует свои функции за счет использования функций компонентов программного обеспечения телематического сервера в следующем составе:

- компонент управления;
- компонент защиты информации;
- компонент администрирования.

Компонент управления программного обеспечения телематического сервера обеспечивает выполнение следующих функций:

- прием и обработка телеметрических данных, включая данные о местоположении, от бортовых навигационно-связных терминалов транспортных средств;
- сортировка, группировка, временное хранение данных от бортовых навигационно-связных терминалов;
- передача данных от бортовых навигационно-связных терминалов о местоположении контролируемых транспортных средств в АРМ диспетчеров предприятий, диспетчеров;
- отработка сигналов тревоги от бортовых терминалов;
- передача на абонентские терминалы сообщений водителям.

Работа диспетчеров ЦУП организована по принципу ситуационного управления. Ситуационное управление предназначено для поддержки принятия решений, отображения оперативной информации, оперативного решения проблем, возникающих в процессе перевозки КГГ, а также для организации обратной связи от пользователей и участников процесса доставки КГГ.

Комплекс программ диспетчерского центра управления перевозками представляет собой совокупность прикладных решений, обеспечивающих своевременное информирование представителей различных организаций о состоянии элементов транспортной системы как в масштабах страны, так и отдельных регионов.

Формирование и внедрение подсистемы ситуационного управления в составе диспетчерского центра при организации грузоперевозок в регионах направлено на решение широкого спектра комплексных задач:

- автоматизированное определение местоположения транспортных средств с целью комплексного обеспечения безопасности движения транспорта;
- сопровождение и обеспечение безопасности движения транспортных средств;
- оперативное планирование сопутствующих транспортному процессу операций для оптимизации затрат физических и материальных ресурсов;
- принятие решений по изменению запланированного движения в режиме реального времени в связи с непредвиденными обстоятельствами;
- повышение безопасности функционирования автомобильного транспорта за счет информационного обеспечения мероприятий по ликвидации последствий ДТП и ЧС;
- совершенствование информационной системы взаимодействия основных участников перевозочного процесса.

В процессе контроля движения транспортного средства на запланированном маршруте система осуществляет периодическую запись в базу данных информации о местонахождении автомобиля в ходе выполнения работ по транспортировке. Периодичность формирования записи устанавливается администратором системы.

Процесс диспетчерского управления ЦУП реализуется на уровне транспортных предприятий и на уровне диспетчерского центра транспортно-логистического центра.

Специалисты ЦУП выполняют следующие функции:

- визуализация текущего местоположения транспортных средств с использованием электронных карт региона;
- автоматизированный контроль передвижения транспортных средств с определением их местоположения по навигационным данным;
- оперативная связь с водителями с использованием средств сотовой и спутниковой мобильной связи;
- оперативный анализ статуса перевозки КГГ.

В процессе контроля движения транспортного средства на маршруте система осуществляет периодическую запись в базу данных информацию о местонахождении АТ в ходе выполнения работ по транспортировке. Периодичность формирования записей устанавливается администратором системы.

ЦУП – это организация, контролируемая РОСТРАНСНАДЗОРОМ, ФКУ РОСДОРМОНИТОРИНГ, которая будет проводить мониторинг перемещения автомобильных транспортных средств, перевозящих КГГ по сети страны.

Данная организация будет подразделена на федеральный ЦУП и региональное управление ЦУП.

Региональный ЦУП будет проводить мониторинг перевозок КГГ внутри своего региона. Также региональный ЦУП будет направлять, оповещать и информировать всех участников перевозки, которые вошли в его зону ответственности (в рамках региона).

Федеральный ЦУП будет собирать всю информацию о перемещении ТС, перевозящих КГГ и хранить записи всех разговоров между оператором (диспетчером) и участником (-ами) перевозки на своих серверах. Также федеральный ЦУП будет следить за работой региональных ЦУП. В случае ЧС федеральный ЦУП может вмешаться в работу регионального ЦУП.

В данной системе будут участвовать следующие ответственные предприятия:

1. Государственные органы (РосТрансНадзор, РосДорМониторинг, МВД (ГАИ), МЧС и др.);
2. Владельцы автомобильных дорог;
3. Дорожные службы;
4. Транспортные компании, логистические компании и т.п.

Роль оператора (диспетчера) ЦУП – это контролировать перемещение ТС с КГГ в зоне своей ответственности (в рамках границы региона). Передавать необходимую информацию непосредственным участникам процесса перевозки необходимую информацию (погодные условия, ситуация на дороге) либо же получать информацию от участников перевозки информацию, где требуется незамедлительное решение со стороны оператора (диспетчера).

Также оператор может запросить информацию у государственных структур или других лиц необходимую информацию, которая будет полезна и (или) необходима для обеспечения безопасности перевозки КГГ на автомобильном транспорте в сети страны и региона. Весь процесс получения информации и передачи ее участникам перевозки происходит оперативно.

В случае, если участники перевозки КГГ пересекают границу одного региона с другим, то с ними начинает работу оператор региона ЦУП, в чьей зоне ответственности территория.

Штат сотрудников ЦУП будет зависеть от количества и загруженности транспортной системы. Также чем более развитая транспортно-дорожная сеть региона, тем больше должен быть штат операторов регионального ЦУП.

Выводы по Главе 4

Основные результаты, изложенные в главе, заключаются в следующем:

1. Проведен анализ результатов экспериментального исследования и подтверждена научная гипотеза в части методики выбора гарантировано безопасных маршрутов перевозок крупногабаритных грузов автомобильным транспортом, которые могут быть достигнуты путем создания процесса управления рисками, цифровизации процессов транспортного производства с внедрением планирования, мониторинга и контроля движения крупногабаритных грузов по региональной сети дорог.

2. Разработаны практические рекомендации по внедрению цифровой модели КГГ и совершенствованию заявки на получение специального разрешения на перевозку КГГ с учетом цифровой модели груза. Предложение полностью соответствует политике государства, направленное на цифровизацию всех основных процессов в системе государственного управления.

3. Выполнение рекомендаций по совершенствованию заявки на получение специального разрешения на перевозку КГГ с учетом кодов крупногабаритных грузов направлены на гарантировано безопасную перевозку КГГ в транспортно-технологических системах автомобильным транспортом и ускорят получение разрешения.

4. Предложена методика оценки мероприятий по совершенствованию планирования перевозок КГГ и снижению рисков, а также конкретные рекомендации по повышению живучести транспортно-технологической системы региона, в части создания системы диспетчеризации и мониторинга движения КГГ на участках III-V категориях дорог, использование современных технологий в области интеллектуальных транспортных систем (ИТС) и средств связи для информирования участников дорожного движения, использование умных дорожных знаков и динамических информационных табло, обучение водителей и повышение их осведомленности о существующих рисках, связанных с движением

крупногабаритных грузов, использование социальных медиа и онлайн-платформ для распространения информации.

5. Предложено и обосновано автором диссертации создание центра управления перевозок (ЦУП) крупногабаритных грузов автомобильным транспортом в рамках транспортно-технологической системы страны и регионов. Основным принципом ЦУП является автоматизированный мониторинг и контроль безопасного перемещения транспортных средств в режиме реального времени.

6. Предложенные в работе методики прошли апробацию и нашли практическое применение в компаниях ООО «АвтоСпецТяж Плюс» (г. Санкт-Петербург) и ООО «РРЛ Раша» (г. Москва), ООО «АТВЛОГИСТИК» (г. Краснодар). Теоретические результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе кафедры международной коммерции и логистики» факультета «Высшая школа корпоративного управления» РАНХиГС при Президенте РФ при подготовке магистров по направлению 38.04.02 Менеджмент по дисциплине «Проектная логистика. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» (Приложение В).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании решена научная задача по обеспечению гарантировано безопасных перевозок крупногабаритных грузов на региональной дорожной сети с учетом прогнозируемых рисков, что особенно важно в условиях стабилизации спроса на перевозки крупногабаритных грузов, как в экспортно-импортных, так и во внутрироссийских коммерческих операциях.

Основные научные и практические результаты диссертации состоят в следующем:

1. Результаты предложенной классификации КГГ по пяти степеням габаритности, трем габаритным параметрам и тринадцати классификационным кодам с помощью кластерного анализа позволяет оцифровать процесс планирования перевозки КГГ на дорожной сети региона.

2. Предложенная цифровая модель крупногабаритного груза на основе учета ее габаритных параметров позволяет оценить проходимость отдельных участков дорожной сети регионов и риски на предполагаемом маршруте, а также выбрать вариант гарантировано безопасного маршрута с использованием цифровой карты местности.

3. Предложен метод выбора альтернативных вариантов маршрутов перевозки крупногабаритных грузов на дорожной сети, кратчайших по длине и наименее затратных, с использованием цифровой модели крупногабаритного груза и алгоритма Дейкстры, который позволил снизить себестоимость перевозки на 7...12%.

4. Методика снижения риска возникновения транспортного затора, возникающего при перевозках крупногабаритных грузов по региональной дорожной сети с использованием расчетно-аналитического метода, позволяет повысить уровень живучести транспортной системы региона за счет снижения риска возникновения коллизий и заторовых ситуаций до 30%.

5. В результате проведенного пассивного эксперимента с использованием

кластерного анализа для статистической оценки распределения крупногабаритного груза по габаритным параметрам составлены рекомендации для транспортных компаний по выбору наиболее востребованного подвижного состава для перевозок КГГ.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АТ – автомобильный транспорт

АТС – автотранспортное средство

АЭС – атомная электростанция

ВЛ – высоковольтная линия

ВСУ – вооруженные силы Украины

ВЭС – ветряная электростанция

ГАИ – Госавтоинспекция

ГЭС – гидроэлектростанция

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

ЖД – железная дорога

ИИ – искусственный интеллект

ИНН – идентификационный номер налогоплательщика

КГГ – крупногабаритный груз

КТГ – крупногабаритный и (или) тяжеловесный груз

ЛЭП – линия электропередачи

НГ – негабаритный груз (на железнодорожном транспорте)

ОГРН – основной государственный регистрационный номер

ОДМ – отраслевая дорожная методика

ПДД – правила дорожного движения

ПРР – погрузо-разгрузочные работы

ПС – подвижной состав

РФ – Российская Федерация

СВО – специальная военная операция

СМО - система маршрутного ориентирования

СНГ – Содружество Независимых Государств

СНиП – строительные нормы и правила

ТГ – тяжеловесный груз (на автомобильном транспорте);

ТТС – транспортно-технологическая система

ТЭС – тепловая электростанция

УДС – улично-дорожная сеть

ФЗ – Федеральный Закон

ЭВМ – электронная вычислительная машина

ЭДО – электронный документооборот

АНР – Analytic Hierarchy Process method (перевод с англ. – метод анализа иерархий)

GPS – Global Positioning System – глобальная позиционирующая система или спутниковая система навигации

HazMat – hazardous material (перевод с англ. – опасные материалы)

HFVRP – the Heterogeneous Fleet Vehicle routing problems (перевод с англ. – проблема маршрутизации неоднородного парка транспортных средств)

HW/OS – Heavy weight/oversize (перевод с англ. – тяжеловесный груз/негабаритный)

ITS – Intelligent transportation system – интеллектуальные транспортные системы

TMS – Transportation Management System – Система управления транспортными перевозками

QR-код – Quick Response code – код быстрого отклика

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Правительства РФ «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» от 27.11.2021 № 3363-р (с изм. и доп. в ред. от 06.11.2024) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2021 г. – № 50 (ч. IV). – Ст. 8613
2. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» от 09.05.2017 № 203 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 20. – Ст. 2901.
3. Постановление Правительства РФ «О государственной информационной системе "Типовое облачное решение системы электронного документооборота"» от 15.02.2022 № 172 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2022. – № 8. – Ст. 1178.
4. ЭДО в транспортной отрасли. Новостное издание COMNEWS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comnews.ru/content/230799/2023-12-20/2023-w51/1007/edo-dobralsya-do-transportnoy-otrasli> (дата обращения: 22.12.2024)
5. Безденежных, В. М. Проактивный риск-ориентированный подход в сценарном планировании деятельности хозяйствующих субъектов / В. М. Безденежных, А. С. Родионов // Экономика. Налоги. Право. – 2017. – № 6. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/proaktivnyy-risk-orientirovannyy-podhod-v-stsenarnom-planirovanii-deyatelnosti-hozyaystvuyuschih-subektov> (дата обращения: 09.04.2025).
6. Батищев, И. И. Повышение безопасности перевозок массовых тяжеловесных и крупногабаритных грузов на автомобильном транспорте / И. И. Батищев // Научный вестник автомобильного транспорта. – 2019. – № 1. – С. 5-10.
7. Зибров, И. А. Оптимизация технологии перевозки КТГ через мостовые сооружения: дис. ... канд. технич. Наук / И. А. Зибров. – М.: Московский автомобильно-дорожный институт. – 2003. – 151 с.

8. Имамединов, Р. Х. Организация международных перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов по территории Российской Федерации : автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Р. Х. Имамединов. – М., 2003. – 28 с.
9. Капорцев, Б. В. Экономическое обоснование системы управления складским комплексом негабаритных и тяжеловесных грузов на российских железных дорогах : автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Б. В. Капорцев. – М., 2014. – 24 с.
10. Перевозчикова, Е. Г. Формирование тарифов на перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов : автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е. Г. Перевозчикова. – СПб, 2014. – 20 с.
11. Сафиуллин, Р. Р. Методика многокритериальной оптимизации процесса планирования перевозок тяжеловесных грузов автомобильным транспортом : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / Р. Р. Сафиуллин. – СПб, 2019. – 24 с.
12. Сафиуллин, Р. Р. Исследование влияния системообразующих факторов на эффективность перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов / Р. Р. Сафиуллин, М. В. Широкая, К. В. Абрамова, Н. Н. Тимофеева // Сборник «Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования». Воронеж: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2017. – Т. 4, № 1 (7). – С. 11-17.
13. Сафиуллин, Р. Р. Методики расчета вреда, причиняемого транспортными средствами при перевозках крупнотоннажных грузов на дорогах регионального значения / Р. Р. Сафиуллин, М. В. Широкая, Р. Н. Сафиуллин // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 6 (59). – С. 247-253.
14. Троицкая, Н. А. Риски при транспортировке крупногабаритных тяжеловесных грузов в общем транспортном потоке / Н. А. Троицкая // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2018. – № 3(85). – С. 9-12.
15. Тропин, С. Л. Повышение безопасности движения большегрузных колесных транспортных систем при перевозке крупногабаритных неделимых

грузов : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / С. Л. Тропин. – Н. Новгород, – 2013. – 19 с.

16. Шилимов, М. В. Формирование структуры парка и выбор автомобильных транспортных средств для перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.01 / М. В. Шилимов. – М., 2005. – 28 с.

17. Богумил, В. Н. Телематика на городском пассажирском транспорте / В.Н. Богумил, М.Х. Дуке Саранго. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 200 с.

18. ГОСТ Р 54027 – 2010 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы диспетчерского управления грузовым автомобильным транспортом. Требования к архитектуре, функциям и решаемым задачам системы диспетчерского управления перевозками строительных грузов по часовым графикам. – М.: Стандартинформ, 2018. – 9 с.

19. ГОСТ Р 54728 – 2011 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы информационного сопровождения и мониторинга региональных автомобильных перевозок опасных грузов. Требования к архитектуре, функциям и решаемым задачам. – М.: Стандартинформ, 2012. – 10 с.

20. ОДМ 218.9.002-2014 «Система автоматизированного планирования, контроля и учета работ по содержанию автомобильных дорог общего пользования федерального значения на основе технологий ГЛОНАСС с использованием программного комплекса «Дортранснавигация»». – .: Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР), 2014. – 101 с.

21. Власов, В. М. Цифровая инфраструктура и телематические системы контроля работ по содержанию автомобильных дорог / В. М. Власов, А. М. Байтулаев, В. Н. Богумил. – М.: Инфра-М, 2021. – 229 с.

22. Пашкова, Т. Н. Международная перевозка крупнотоннажных грузов на примере перевозки компонентов ветроэнергетической установки / Т. Н. Пашкова, Н. А. Филиппова, А. Н. Поздняк // Мир Транспорта. – 2021. – Т. 19, № 1. – С. 156–173. – Ржим доступа: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-1-156-173>

23. ГОСТ 26653–2015 Подготовка генеральных грузов к транспортированию – М.: Стандартинформ, 2016. – 19 с.

24. Раюшкина, А. А. Совершенствование организации перевозки крупногабаритных грузов с использованием одного или двух видов транспорта / А. А. Раюшкина, А. В. Куликов, Л. Н. Князева // НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ и ИННОВАЦИИ: Сборник статей Международной научно-практической конференции (Челябинск, 28 декабря 2015 года) / отв. ред.: Сукиасян Асатур Альбертович. Т. 3. – Челябинск: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2015. – С. 140-143.

25. Приказ от 28 июня 2007 г. № 82 (в ред. от 15 сент. 2020 г.) «Об утверждении Федеральных авиационных правил "Общие правила воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов и требования к обслуживанию пассажиров, грузоотправителей, грузополучателей"» // Российская газета. – 2007. – № 225

26. Инструкция по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах государств - участников СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики от 19.10.2001 № ДЧ-1835 // Экономика железных дорог. - 2002 г. - № 2

27. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил движения тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства» от 01 декабря 2023 № 2060 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 04.12.2023. – № 49, (ч. IV). – Ст. 8799.

28. Катькало, В. С. Методические указания для подготовки курсового проекта «SWOT-анализ» / В. С. Катькало, А. С. Веселова, С.В. Смельцова. – М.: Высшая школа бизнеса НИУ ВШЭ, 2021. – 68 с.

29. Национальные проекты РФ. Развитие федеральной магистральной сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://национальныепроекты.рф/projects/bezopasnye-kachestvennye-dorogi/razvitie-federalnoy-magistralnoy-seti> (дата обращения: 22.12.2024).

30. Национальный проект «Безопасные качественные дороги». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/rugovclassifier/844/events/> (дата обращения: 22.12.2024).
31. Развитие федеральной магистральной сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://национальныепроекты.рф/projects/bezopasnye-kachestvennye-dorogi/razvitie-federalnoy-magistralnoy-seti> (дата обращения: 22.12.2024).
32. Паспорт федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/11527?type=&ysclid=lw1wxl9wup854080023> (дата обращения: 22.12.2024).
33. Куликов, А.В. Перевозка грузов в логистических системах дорожного строительства / Б. С. Джангалиев, А. В. Куликов // Научный взгляд в будущее. – 2016. – Вып. 2, т. 1 «Транспорт. Безопасность». – С. 21-26.
34. ГОСТ Р 52398-2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования» – М.: Стандартинформ, 2006. – 4 с.
35. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. – М.: ФГУП ЦПП, 2007. – 54 с.
36. Свод правил «СП 34.13330.2021 "СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги» от 09.02.2021 // Официальный сайт ФАУ «ФЦС». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.faufcc.ru (дата обращения: 10.12.2024).
37. ГОСТ Р 58653–2019 «Дороги автомобильные общего пользования» – М.: Стандартинформ, 2019. – 55 с.
38. Постановление Правительства РФ «О внесении изменений в перечень автомобильных дорог общего пользования федерального значения» от 14.06.2023 № 983 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2023. – № 25. – Ст. 4601.
39. Приказ Минэнерго России от 20.05.2003 № 187 (в ред. от 20.12.2017) «Об утверждении глав правил устройства электроустановок» (вместе с «Правилами устройства электроустановок (ПУЭ). Изд. 7. Раздел 2. Передача электроэнергии.

Главы 2.4, 2.5») [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901873648?section=text>. (дата обращения: 03.08.2024).

40. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы. — М.: ФГУП ЦПП, 2005. — 60 с.

41. Постановление "Об утверждении Правил устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов" от 25.01.2013 № 28 // Российская газета. - 2003 г. - № 120/1

42. Приказ Минтранса России «Об установлении Требований к организации движения по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства» от 31.11.2023 № 361 // Официальный интернет-портал правовой информации. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.pravo.gov.ru (дата обращения: 10.12.2024).

43. Приказ Минтранса России «Об утверждении Порядка осуществления весового и габаритного контроля транспортных средств» от 31.08.2020 № 348 // Официальный интернет-портал правовой информации. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.pravo.gov.ru (дата обращения: 10.12.2024)

44. Онищенко, В. Я. Классификация и сравнительная оценка факторов риска // Безопасность труда в промышленности. — 1995. — № 7. — С. 23-27.

45. Пашкова, Т. Н. Технические факторы рисков при перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов / Т. Н. Пашкова, Н. А. Филиппова // Мир транспорта и технологических машин. — 2023. — № 1-2 (80). — С. 104–110. URL: [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-2\(80\)-1-104-110](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2023-2(80)-1-104-110) (дата обращения: 10.12.2024).

46. Филиппова, Н. А. Анализ методов оценки рисков при грузовых автомобильных перевозках // Н. А. Филиппова, А. О. Юнязова // Интерактивная наука. — 2018. — № 4 (26). — С. 64-68.

47. Уткин Э. А. Управление рисками предприятия / Э. А. Уткин, Д. А. Фролов. — М.: ТЕИС, 2003. — 248 с.

48. ГОСТ Р 51897–2011/Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения — М.: Стандартиформ, 2012. — 18 с.

49. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Термины и определения – М.: Стандартиформ, 2003. – 27 с.
50. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска – М.: Стандартиформ, 2012. – 69 с.
51. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство – М.: Стандартиформ, 2012. – 20 с.
52. Алымов, В. Т. Техногенный риск. Анализ и оценка / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасова. – М.: Академкнига, 2006. – 118 с.
53. Мартынюк, В. Ф. Анализ риска и его нормативное обеспечение / В. Ф. Мартынюк, М. В. Лисанов, Е. В. Кловач, В. И. Сидоров // Безопасность труда в промышленности. – 1995. – № 11. – с.55-62.
54. Костиков, В. А. Концепции управления безопасностью сложных технических систем на основе анализа рисков / В. А. Костиков. – М.: МГТУГА, 2008. – 136 с.
55. Котик, М.А. Природа ошибок человека – оператора (на примере управления транспортными средствами) / М.А Котик, А. М. Емельянов. – М.: Транспорт. – 1993. – 252 с.
56. Пашкова, Т. Н. Цифровизация в перевозках автомобильным транспортом крупногабаритных и тяжеловесных грузов в России: теория и практика / Т. Н. Пашкова, Н. А. Филиппова // Материалы международной научно-практической конференции «Логистика и её преимущества в развитии транспортных сообщений Таджикистана с государствами региона» / Министерство транспорта Республики Таджикистан. – Душанбе, 2022. – С. 132–136.
57. Павлов, А. Н. Подход к оцениванию живучести транспортно-логистических систем / А. Н. Павлов, Д. А. Павлов, В. Н. Воротягин // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2020. – № 1. – С. 32-39.
58. Корякин, В. М. Обеспечение живучести транспортных систем в условиях специальной военной операции: правовой аспект / В. М. Корякин // Теория и методология транспортного права. – 2023. – № 1. – С. 116-129.

59. Перелет, Р. А., Сергеев, Г. С. Технологический риск и обеспечение безопасности производства / Р. А. Перелет, Г. С. Сергеев. – М.: Знание, 1988. – 64 с.

60. Постановление Правительства РФ «О классификации автомобильных дорог в Российской Федерации» от 28.09.2009 № 767 (с изм. и допол., в ред. от 11.06.2021) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2009. – № 40.

61. Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ (в ред. от 14.07.2022) «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 2007. – № 45 (ч. I). – Ст. 5397.

62. ГОСТ Р 52398-2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования» – М.: Стандартинформ, 2006. – 4 с.

63. ГОСТ Р 58653–2019 «Дороги автомобильные общего пользования» – М.: Стандартинформ, 2019. – 55 с.

64. Решение Комиссии Таможенного союза «О принятии технического регламента Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств"» от 09 декабря 2011 № 877 // Официальный сайт Комиссии таможенного союза. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tsouz.ru (дата обращения: 22.12.2024).

65. Решение Комиссии Таможенного союза «О принятии технического регламента Таможенного союза "Безопасность автомобильных дорог"» от 18 октября 2011 № 827 // Официальный сайт Комиссии таможенного союза. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.tsouz.ru (дата обращения: 22.12.2024)

66. Сведения о категориях автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального или межмуниципального значения. Минтранс РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/opendata/7705851331-lengthroads> (дата обращения: 10.12.2024).

67. ГОСТР 58137-2018 «Руководство по оценке риска в течение жизненного цикла» – М.: Стандартиформ, 2019. – 55 с.
68. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 416 с.
69. Королев, В. Ю. и др. Математические основы теории риска. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Физматлит, 2011. – 591 с.
70. Сайт ФКУ «РОСДОРМОНИТОРИНГ». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rdm.rosavtodor.gov.ru> (дата обращения 13.07.2024 г.)
71. Локтева, О. С., Локтев, Д. А. Особенности развития риск-ориентированного подхода на железной дороге // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». – 2017. – Т. 4, № 4. – Режим доступа: <https://t-s.today/PDF/08TS417.pdf> (дата обращения: 24.04.2025). DOI: 10.15862/08TS417.
72. Затворницкий А.П. Управление перевозками грузов автомобильным транспортом на основе ситуационного и вероятностного подхода: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.10 / А.П. Затворницкий. Воронеж, 2007. - 18 с.
73. Приказ Минэкономразвития РФ «Об утверждении порядка создания, обновления, использования, хранения и распространения цифровых навигационных карт» от 08.11.2010 № 464 (с изм. и доп. в ред. от 01.10.2010) // Российская газета. – 2010. – № 255.
74. Томас, Х. Кормен и др. Алгоритмы: построение и анализ (Introduction to Algorithms) / Х. Томас. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1296 с.
75. Дейкстра, Э. Дисциплина программирования / Э. Дейкстра. – 1-е изд. – М.: Мир, 1978. – 275 с.
76. Дал, У. Структурное программирование / Дал У., Дейкстра Э., Хоор К. – 1-е изд. – М.: Мир, 1975. – 247 с.
77. Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" и статью 3.1 Федерального закона "Устав автомобильного транспорта и городского

наземного электрического транспорта"» от 24.07.2023 № 374 // Российская газета. – 2023. – № 169.

78. Постановление Правительства Свердловской области от 25 января 2018 г. № 28-ПП «Об утверждении государственной программы Свердловской области 'Развитие транспортного комплекса Свердловской области'» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/543542657?section=status> (дата обращения: 29.05.2024).

79. Развитие дорожной деятельности // АиФ-Урал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ural.aif.ru/society/85-opornoj-seti-dorogi-60-regionalnyh-trass-privedut-v-poryadok-na-urale> (дата обращения: 29.05.2024).

80. Перевозка негабаритных грузов по СПб и России. Негабаритные перевозки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spb-ast.ru> (дата обращения: 22.12.2024)

81. Технические характеристики седельного тягача Volvo. Сайт «Truck and Bus». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://truck-and-bus.ru/brands/volvo-fh/volvo-fh12-d12c420-6x4/> (дата обращения: 22.12.2024).

82. Технические характеристики полуприцепа FAYMONVILLE. Сайт ТК «Radius». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spbradius.ru/spectexnika/> (дата обращения: 22.12.2024).

83. ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения» – М.: Стандартинформ, 2013. – 10 с.

84. Раздвижной полуприцеп 993951-AS60 // Тверьстроймаш. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tverstroymash.ru/product/bortovoy-polupritsep-platforma-993931-as60/> (дата обращения: 29.05.2024).

85. Faymonville Vario // Топкран. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://top-kran.ru/tehnika/faymonville-vario/> (дата обращения: 29.05.2024).

86. Балковоз-трубовоз 9942P7 // IVS-AUTO. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ivs-auto.ru/catalog/polupritsepy-tyazhelovozy/balkovozyi-trubovozyi-P/9942P7-balkovoz-trubovoz> (дата обращения: 29.05.2025).

87. Распоряжение Правительства РФ "Об утверждении соглашения между Федеральным дорожным агентством и Правительством Москвы о передаче части полномочий, выдачи разрешений на перевозку крупногабаритных и тяжеловесных грузов по территории Москвы" от 27.05.2023 № 1379-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2023 г. – № 23. – Ст. 4222.

88. Пашкова, Т. Н. Программа ЭВМ «Программа присвоения кода для крупногабаритного и (или) тяжеловесного груза (для перевозок автомобильным транспортом)» / Т. Н. Пашкова. – 30.05.2023. – № 2023661319. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54048112>.

89. Порфирьев Б.Н. Экологическая экспертиза и риск технологий. — М.: ВИНТИ, 1990. — 204 с. — (Итоги науки и техники. Сер.: Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов; т. 27).

90. Ефименко Д.Б., Власов В.М., Жанказиев С.В. Использование ГИС в технологии диспетчерского управления маршрутизированным транспортом // Методическое пособие / под ред. В.М. Власова. — М.: МАДИ, 2007. — 72 с.

91. Ефименко Д.Б., Власов В.М. Координатно-временное и навигационное обеспечение (КВНО) как единая информационная основа автоматизации базовых технологий на транспорте // В сб.: Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение: материалы 2-й Всероссийской конференции. — СПб.: ИПА РАН, 2007. — С. 32.

92. Ефименко Д.Б., Ледовский А.А. Особенности применения автоматизированных систем контроля работы грузового транспорта // Вестник МАДИ. — 2018. — Вып. 2 (53), апрель–июнь. — С. 116–123.

93. Wolnowskaa A.E. Multi-criterial analysis of oversize cargo transport through the city, using the AHP method / Wolnowskaa A.E., Wojciech Konickia // Journal Transportation Research Procedia. – 2019. – Vol. 39. – P. 615-623

94. Petraška A., Čižiūnienė K., Prentkovskis O., Jarašūnienė A. Methodology of selection of heavy and oversized freight transportation system, *Journal Transport and Telecommunication*. – 2018. – Vol. 19. – P. 45-58. (дата обращения: 24.07.2024).
95. Bożena Szczucka-Lasota. City logistics: influence of oversized road transport on urban development, *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. – 2017. – Vol. 97. – P. 158-165. (дата обращения: 24.07.2024)
96. Bula, G. A. Variable neighborhood search to solve the vehicle routing problem for hazardous materials transportation / Bula, G. A., Prodhon, C., Gonzalez, F. A., Afsar, H. M., Velasco, N. // *Journal of Hazardous Materials*. – 2017. – Vol. 324 (Part B). – P. 472–480.
97. Carrara, S., Longden, T., Freight futures: The potential impact of road freight on climate policy. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2016. – Vol. 55. – P. 359-372. (дата обращения: 24.07.2024).
98. Da Huang. An Optimization Route Selection Method of Urban Oversize Cargo Transportation / Da Huang, Mei Han // *Journal Applied Sciences*. – 2021. – Vol. 11 (5). – 20 p. (дата обращения: 24.07.2024).
99. Darius Bazaras. Optimal road route selection criteria system for oversized goods transportation / Darius Bazaras, Nijolė Batarlienė, Ramūnas Palšaitis, Artūras Petraška // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. – 2013. – Vol. 8 (1) – P. 19-24.. (дата обращения: 24.07.2024).
100. El-Rashidy, R. A. Grant-Muller, S. The evaluation of redundancy for road traffic networks / El-Rashidy, R. A. Grant-Muller, S. // *Transport*. – 2016. – Vol. 31(4). P. 427–439. (дата обращения: 24.07.2024).
101. Elżbieta Macioszek. Conditions of oversized cargo transport / Elżbieta Macioszek // *Scientific Journal of Silesian University of Technology Series Transport*. – 2019. – Vol. 102. – P. 109-117. (дата обращения: 24.07.2024).
102. Jacyna Marianna. The task assignment of vehicles for a production company / Jacyna Marianna, Mariusz Izdebski, Emilian Szczepanski, Pawel Golda // *Symmetry*. – 2018. – Vol. 10 (11). (дата обращения: 24.07.2024).

103. Jan Petru. Assessment of the transport routes of oversized and excessive loads in relation to the passage through roundabout / Jan Petru, Jiri Dolezel, Vladislav Krivda // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 236. – 8 p. (дата обращения: 24.07.2024)

104. Lingkui Meng. Optimized Route Selection Method based on the Turns of Road Intersections: A Case Study on Oversized Cargo / Lingkui Meng, Zhenghua Hu, Changqing Huang, Wen Zhang and Tao Jia // International Journal of Geo-Information. – 2015. – Vol. 4 (4). – P. 2428-2445. (дата обращения: 24.07.2024)

105. Luo, Y. Multi-route planning of multimodal transportation for oversize and heavyweight cargo based on reconstruction / Luo, Y., Zhang, Y., Huang, J., Yang, H. Comput. Oper. – 2021. – Vol. 128. (дата обращения: 24.07.2024).

106. Petraška, A. Algorithm for the assessment of heavyweight and oversize cargo transportation route / Petraška, A. et al. s. // Journal of Business Economics and Management. – 2017. – Vol. 18(6) – P. 1098-1114. (дата обращения: 24.07.2024).

107. Petru J. Analysis of Roundabout Intersections on Routes of Abnormal Loads Recent Advances in Urban Planning & Construction / Petru J., Zeman K. // 4th International Conference on Urban Sustainability, Cultural Sustainability, Green Development, Green Structures and Clean Cars – USCUDAR '13 (Budapest). – 2013. – P. 47-53. (дата обращения: 24.07.2024).

108. Podvezko V. The use of AHP and rank correlation methods for determining the significance of the interaction between the elements of a transport system having a strong influence on traffic safety / Podvezko V. Sivilevičius, H. // Transport. – 2013. – Vol. 28(4). – P. 389-403. (дата обращения: 24.07.2024).

109. Ramūnas Palšaitis. Heavyweight and oversized cargo transportation / Ramūnas Palšaitis, Artūras Petraška // Risk management Transport and Telecommunication. – 2012. – Vol. 13 (1). (дата обращения: 24.07.2024).

110. Ricardas Malkus. Unified evaluation criteria system for selection of most preferable mode, route and means of transportation for oversized and super heavy cargoes Engineering For Rural Development / Ricardas Malkus, Jurate Liebuviene, Vida Jokubyniene. – 2023. – Vol. 24. (дата обращения: 24.07.2024).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Сборник актуальных нормативно-правовых документов по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов (на 01.01.2025 г.)

1	Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 31.12.2020) "О Правилах дорожного движения" (вместе с "Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения") (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2022) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/
2.	Решение КТС от 09.12.2011 № 877 "О принятии технического регламента Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств"" (с изменениями на 23 сентября 2022 года) https://docs.cntd.ru/document/902320285
3.	Решение КТС от 18.10.2011 № 827 "О принятии технического регламента Таможенного союза "Безопасность автомобильных дорог"" (с изменениями на 12 октября 2015 года) https://docs.cntd.ru/document/902307832
4.	Соглашение о массах и габаритах транспортных средств, осуществляющих межгосударственные перевозки по автомобильным дорогам государств - участников Содружества Независимых Государств https://docs.cntd.ru/document/901776816
5.	Федеральный закон "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 08.11.2007 N 257-ФЗ (Редакция от 14.07.2022) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72386/
6.	Федеральный закон "О государственном контроле за осуществлением международных автомобильных перевозок и об ответственности за нарушение порядка их выполнения" от 24.07.1998 N 127-ФЗ (Редакция от 15.04.2022 (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023)) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19561/
7.	Федеральный закон "О государственной компании "Российские автомобильные дороги" и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 17.07.2009 N 145-ФЗ (Редакция от 30.12.2021) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89458/

Продолжение таблицы А1

8.	Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. N 89 "Об утверждении Правил выдачи российских разрешений и специальных разовых разрешений на осуществление международной автомобильной перевозки с территории или на территорию третьего государства иностранным перевозчикам, а также иностранных разрешений и многосторонних разрешений российским перевозчикам" (Редакция от 1.06.2021) https://base.garant.ru/192781/
9.	Приказ Минтранса РФ от 30.10.2015 N 323 "Об утверждении условий распределения иностранных разрешений российским перевозчикам и условий распределения многосторонних разрешений российским перевозчикам" (в ред. от 03.12.2019 N 393) https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=356141
10.	Распоряжение Минтранса России от 19.08.2008 п ил-64-р (ред. от 16.10.2014) "Об утверждении методики расчета стоимости услуг, связанных с оформлением и выдачей иностранных и многосторонних разрешений российским перевозчикам" https://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-Mintransa-Rossii-ot-19.08.2008-N-IL-64-r/
11.	Приказ Минтранса РФ от 12 августа 2011 г. № 211 “Об утверждении Порядка осуществления временных ограничений или прекращения движения транспортных средств по автомобильным дорогам федерального значения и частным автомобильным дорогам” https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70006098/
12.	Приказ Министерства транспорта РФ от 31 октября 2023 г. № 361 "Об установлении Требований к организации движения по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства" (вступает в силу 1 сентября 2024 года) https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408003705/
13.	Постановление Правительства РФ от 01.12.2023 N 2060 "Об утверждении Правил движения тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства" https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_463407/
14.	Приказ Министерства транспорта РФ 31 августа 2020 г. N 348 "Об утверждении Порядка осуществления весового и габаритного контроля транспортных средств" (с изменениями и дополнениями). https://base.garant.ru/75003105/#block_1000

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1 – Полное описание Маршрута 2

Ребро графа	№ вершины графа	Длина участка, м	Координаты точки	Адрес точки (пересечения)	Ссылка	Длина, м	Ширина, м	Высота, м
А	А	0	56.880249, 60.630276	улица Фронтových Бригад, Екатеринбург, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?ll=60.630312%2C56.880223&mode=whatshere&panorama%5Bdirection%5D=151.299717%2C1.000000&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.630108%2C56.880417&panorama%5Bspan%5D=119.613104%2C60.000000&tab=panorama&whatshere%5Bpoint%5D=60.630276%2C56.880249&whatshere%5Bzoom%5D=19.55&z=19.55	25	4,5	4,5-5
А-1	1	1	56.883465, 60.639056	улица Старых Большевиков, Екатеринбург, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=19.981251%2C-6.225437&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.638789%2C56.883276&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16.72	25	9	4,5
1-2	2	0,4	56.885220, 60.644286	Шефская улица, Екатеринбург, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=37.678299%2C-6.939540&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.643886%2C56.885065&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	25	8	4,5
2-3	3	4	56.914352, 60.611380	проспект Космонавтов, Екатеринбург, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=335.941014%2C-6.184461&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.611548%2C56.914188&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	20	6,7	4,5
3-4	4	2,9	56.941200, 60.612405	Западная Верхнепышминская развязка ЕКАД, Екатеринбург, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=330.540970%2C-45.281858&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.612405%2C56.941200&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	30	7	5,5
4-5	5	6,9	56.936026, 60.511118	Серовская развязка ЕКАД, Екатеринбург, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=259.493677%2C1.203366&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.517553%2C56.936911&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	30	5,5	5
5-6	6	17	56.833131, 60.320678	Московская развязка ЕКАД, городской округ Первоуральск, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=194.215360%2C-3.702665&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.320159%2C56.836982&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	30	7	5,5
6-7	7	5,6	56.844393, 60.233704	Решётинская развязка, городской округ Первоуральск, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=295.700840%2C3.702665&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.235131%2C56.844278&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	27	6	5,5
7-8	8	5,2	56.837685, 60.147956	Новоалексеевская развязка, городской округ Первоуральск, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=275.288887%2C1.388499&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.151692%2C56.837710&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	30	5	4,5
8-9	9	5,4	56.849130, 60.060575	Первоуральская развязка, городской округ Первоуральск, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=283.646273%2C0.000000&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=60.065681%2C56.848939&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	27	5,5	4,5
9-10	10	8,9	56.827235, 59.931049	Ревдинская развязка, Ревда, Свердловская область	https://yandex.ru/maps/54/yeekaterinburg/?indoorLevel=2&ll=60.637699%2C56.881732&panorama%5Bdirection%5D=253.080709%2C0.000000&panorama%5Bfull%5D=true&panorama%5Bpoint%5D=59.937019%2C56.827661&panorama%5Bspan%5D=114.501405%2C60.000000&z=16	30	5,5	4,5
10-11	11	17,1	56.846027, 59.681508	Р-242, 301-й километр, городской округ Первоуральск, Свердловская область	https://www.google.ru/maps/@56.8460891,59.6819517,3a,75y,286.33h,83.55t/data=!3m6!1e1!3m4!1sv-7Bk-j5PKVcahO8lmRVKQJ!2e0!7!13312!8!66567hl=&ru&entry=ttu	30	8	-
11-Б	Б	10,6	56.810888, 59.526582	Р-242, 290-й километр, Нижнесергинский район, Свердловская область	https://www.google.ru/maps/@56.81081,59.5266501,3a,75y,348.24h,94.93t/data=!3m9!1e1!3m7!1sUACkLg_tHLMcU52RllQw!2e0!7!13312!8!66567hl=&ru&entry=ttu	27	7	5

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б2 – Сводная таблица по препятствиям на «Маршруте 2»

№ объекта	Км.	Путепровод		Мост	Воздушные линии	Искусственные сооружения		Сужение дороги		Изменение радиуса кривизны дороги	
		Допустимые габариты КГТ									
		Высота, м	Ширина, м	Ширина, м	Высота, м	Высота, м	Ширина, м	Длина, м	Ширина, и	Длина, м	Ширина, м
		Мин 4,5 Макс 6	Мин 4,5 Макс 12,5	Макс 7,6	Мин 4,5 Макс 7	Мин 5 Макс 6	Мин 9,5 Макс 10	xxx	Мин 5 Макс 9,5	xxx	Мин 4,5 Макс 9
		C0 C1 C2	B1 B2 B3 B4	B1 B2 B3 B4	C0 C1 C2	C0 C1 C2	B1 B2 B3 B4	A1 A2 A3	B1 B2 B3 B4	A1 A2 A3	B1 B2 B3 B4
1	0				5,7						
2	0										5,7
3	0,1				5,7						
4	0,15				5,7						
5	0,2				5,7						
6	0,23				5,7						
7	0,25								6,5		
8	0,25				5,7						
9	0,28				5,7						
10	0,3				5,7						
11	0,4				5,7м						
12	0,45				5,7м						
13	0,5				5,7м						
14	0,55				5,7м						
15	0,6				5,7м						
16	0,6					-	10 м				
17	0,65				5,7м						
18	0,65				5,7м						
19	0,65				5,7м						
20	0,65					6 м	-				
21	0,65				5,5 м						
22	0,7				5,5 м	5,5 м	-				
23	1				5,5 м	5,5 м	-				
24	1					6 м	-				
25	1										6 м
26	1,1				6 м						
27	1,4					6 м	-				
28	1,5				7 м						
29	1,5				6 м						
30	1,6				7 м						
31	1,9				5,7 м	5,7 м	-				
32	2				7 м						
33	2,1				7 м						
34	2,1					6 м	-				
35	2,1					6 м	-				

Продолжение таблицы Б2

36	2,4				5,7 м	5,7 м	-				
37	2,5				7 м						
38	2,7					6 м	-				
39	3				6 м						
40	3,3				5,7 м	5,7 м	-				
41	3,5				6 м						
42	3,7				6 м						
43	3,9				6 м						
44	4										6 м
45	4,5				5,2 м и более	5,2 м и более	-				
46	4,8					6 м	-				
47	5				5,7 м	5,7 м	-				
48	5										5,3 м
49	5,2					6 м	-				
50	5,4				6 м						
51	5,5				6 м						
52	5,6				6 м	6 м	-				
53	6,1				6 м						
54	6,4				6 м						
55	6,6				6 м						
56	6,7				6 м						
57	7				6 м						
58	7										6 м
59	7										4,5 м
60	7,2				6 м						
61	7,4	4,5 м	6 м					-	6 м.		
62	7,7				4,5 м						
63	8										7,5 м
64	8,1	6 м	5 м					-	5 м		
65	8,3							???	6 м		
66	10	5,5 м	8 м								
67	16	5,5 м	12 м								
68	16					-	10 м				
69	22					5 м	-				
70	23					-	9,5 м	-	9,5 м		
71	31	5,5 м	12 м								
72	32				6 м						
73	32				6 м						
74	32										5 м
75	33				6 м	6 м	-				
76	35				6 м						
77	35				6 м						
78	37				6 м						
79	39				6 м						
80	40	??	12,5 м								

Окончание таблицы Б2

81	40				6 м						
82	41				5 м						
83	42	4,5 м	9 м								
84	44	5,5 м	10,5 м								
85	55				5 м			-	8,5 м		
87	56			7,6 м							
88	84					6 м	-				
89	84					6 м	-				
90	85										9
Итого		8	8	1	55	20	3	0	6		9

ПРИЛОЖЕНИЕ В



ООО «АСТ Плюс»
ПЕРЕВОЗКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

Тел/факс: +7 812 240-50-50 / info@spb-ast.ru / spb-ast.ru
Юр. адрес: 194100, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. Муниципальный округ Сампсониевское, ул. Кантемировская, д. 1, к.1, лит. Б, офис 301
Факт. адрес: 192289, г. Санкт-Петербург, Грузовой проезд, д.17, литер А, пом. 34, оф. 4

12.05.2025 г.

По месту требования

Акт

О внедрении результатов диссертационной работы

Пашковой Татьяны Николаевны на тему:

«Снижение рисков при организации планирования перевозок

крупногабаритных грузов в транспортно-транспортно-технологических системах»

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «АвтоСпецТяж Плюс» в составе Генерального директора Говорова Д.С. и заместителя генерального директора по развитию Потеребо Т.А. настоящим подтверждаем, что результаты диссертационного исследования Пашковой Татьяны Николаевны обладают актуальностью и представляют практический интерес для нашего предприятия в рамках оценки рисков при перевозках крупногабаритных грузов. В процессе исследования маршрутов в процессе подготовки к перевозкам крупногабаритных грузов применяются предложенные Пашковой Т.Н. методики кодировки крупногабаритных грузов, а также методики определения гарантировано безопасного маршрута при планировании перевозок крупногабаритных грузов в регионах России.

Подписи членов комиссии:

Генеральный директор

Заместитель генерального директора по развитию



ИНН/КПП 7816572750/780
ОГРН 1137847406080
ОКПО 31025815

р/сч 40702810912010559452 в Филиал «Корпоративный» ПАО «Совкомбанк» (г. Москва)
БИК 044525360 к/сч 30101810445250000360



а)

Рисунок В (а) – Акты о внедрении результатов диссертационной работы

ООО «РРЛ РАША»

Россия, 119180, г. Москва, ул. Б. Полянка, д. 42, стр.1, помещение 4/1
ИНН/КПП 9709021416 / 770601001 ОГРН 1187746015137 ОКАТО 45286580000

По месту требования

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

На тему: "СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ"

Представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.1 "Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте"

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационного исследования Пашковой Татьяны Николаевны имеют для компании практическую значимость и положительный экономический эффект.

Представленная в исследовании методика выбора маршрута перевозки крупногабаритного груза в зависимости от габаритных параметров крупногабаритных грузов, а также сопутствующих мероприятий в процессе перевозки, привела к повышению эффективности экономической составляющей и снижению себестоимости перевозки на 7...12%.

Применение данной методики позволяет дифференцировано с учетом наиболее значимых критериев, а именно: габариты крупногабаритного груза, категория и класс дороги, учесть рекомендованные в диссертации мероприятия при планировании наиболее сложных перевозок КГГ. Таким образом, для компании и конечного заказчика снижается риск потери и/или повреждения груза, а также задержек на этапе предварительной подготовки к перевозке.

С уважением,

Анна Рагульская

Генеральный директор



(б)

Рисунок В (б) – Акты о внедрении результатов диссертационной работы

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой международной коммерции и логистики
Факультета маркетинга Института управления РАНХиГС
д.э.н., проф. Миграян Азгануш Ашотовна
«14» апреля 2025 г., протокол № 4

Акт

о внедрении в учебный процесс кафедры «Международная коммерция и логистики» результатов диссертационного исследования Пашковой Татьяны Николаевны на тему «Снижение рисков при организации планирования перевозок крупногабаритных грузов в транспортно-технологических системах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.9.1 - «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте».

Кафедра в составе:

Миграян Азгануш Ашотовна - д.э.н., профессор, профессор кафедры «Международная коммерция и логистика», заведующий кафедрой

Проценко Инга Олеговна - д.э.н., профессор, профессор кафедры «Международная коммерция и логистика», член кафедры

Хмельницкая Светлана Александровна - к.э.н., доцент, доцент кафедры «Международная коммерция и логистика», член кафедры

Составили акт о том, что результаты диссертационного исследования Пашковой Т.Н. на тему «Снижение рисков при организации планирования перевозок крупногабаритных грузов в транспортно-технологических системах» внедрены в учебный процесс используется при подготовке по направлению 38.04.02 Менеджмент по дисциплине «Проектная логистика. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности».

Заведующий кафедрой международной
коммерции и логистики

д.э.н., профессор

Члены кафедры:

Профессор кафедры «Международная коммерция
и логистика»,

д.э.н., профессор

Доцент кафедры «Международная коммерция и
логистика»,

к.э.н., доцент

Миграян А.А

Проценко И.О

Хмельницкая С.А.

(в)

Рисунок В (в) – Акты о внедрении результатов диссертационной работы



АТВЛ ООО

ИНН 2311366410 ОГРН 1242300034514 КПП 231101001 ОКПО 47916456

350087, РФ, г. Краснодар, ул. Им. Евгения Жигуленко, д. 25, к.1, пом. 2164
Тел. +7 985 123 84 83/ +7 999 861-98-21

Иск. 0215/15-01

По месту требования

от 10.04.2025г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Диссертационного исследования Пашковой Татьяны Николаевны на тему:

«Снижение рисков при организации планирования перевозок крупногабаритных грузов в транспортно-технологических системах»

Исследование, проведенное Пашковой Татьяной Николаевной, на тему «Снижение рисков при организации планирования перевозок крупногабаритных грузов в транспортно-технологических системах», подчеркивает важность системы управления рисками в логистическом процессе. Мы, в компании ООО «АТВЛОГИСТИК», активно применяем этот подход, чтобы обеспечить высокую степень надежности в перевозке крупногабаритных грузов, которые часто имеют уникальные условия и требования к безопасности.

В рамках нашей стратегии развития мы внедрили ряд инструментов для оценки рисков, которые связаны с транспортировкой крупногабаритных грузов. Это включает в себя не только анализ возможных угрожающих факторов, таких как дорожные условия, ограничения по весу и габаритам, но и тщательно продуманные маршруты, подбор специализированного транспорта и квалифицированного персонала. Мы регулярно проводим тренинги для наших сотрудников по управлению рисками, чтобы все участники процесса были осведомлены о потенциальных угрозах и знали, как минимизировать их влияние. Кроме того, мы используем современные технологии и аналитические инструменты для мониторинга ситуации на маршрутах и своевременного реагирования на изменения условий в процессе перевозки, что также способствует снижению рисков.

Таким образом, благодаря внедрению риск-ориентированного подхода, компания ООО «АТВЛОГИСТИК» не только увеличивает надежность и безопасность перевозок крупногабаритных грузов, но и оптимизирует все процессы, связанные с их планированием и организацией. Мы уверены, что дальнейшая реализация этих принципов позволит достичь новых высот в качестве обслуживания клиентов и укрепит наши позиции на рынке логистических услуг.

Генеральный директор



О.Ю. Коробко

(г)

Рисунок В (г) – Акты о внедрении результатов диссертационной работы