

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

*На правах рукописи*

**ХАШЕВ Аскер Измудинович**

**РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ**  
**В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО**  
**ИМИТАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Специальность 05.22.01 – 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, профессор  
Мамаев Энвер Агапашаевич

Ростов-на-Дону

2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений и условных обозначений .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ.....	13
1.1 Методические основы организации транспортной работы в узлах транспортной сети.....	13
1.2 Взаимодействие элементов функциональных подсистем транспортной сети .....	19
1.3 Анализ состояния и основные проблемы функционирования железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети.....	24
1.4 Отечественный и зарубежный опыт в исследовании и развитии железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети.....	28
1.5 Транспортное моделирование как метод теоретического исследования железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети.....	33
Выводы по первой главе.....	43
ГЛАВА 2. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ.....	46
2.1 Характеристика одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечений .....	46
2.2 Анализ аварийности на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях.....	55
2.3 Проблема безопасности и методы контроля управления движением на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях.....	59
2.4 Анализ железнодорожных поездов Северо-Кавказской железной дороги	62

Выводы по второй главе.....	64
ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	66
3.1 Объектная модель городской транспортной системы в оптимальном управлении.....	66
3.2 Транспортное моделирование железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети.....	71
3.3 Технология расчета потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях.....	83
3.4 Разработка программы автоматизированного расчета социально-экономических потерь на железнодорожных переездах .....	91
Выводы по третьей главе.....	96
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ.....	99
4.1 Оценка интегральных социально-экономических потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях .....	99
4.2 Расчет социально-экономических потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях .....	108
Выводы по четвертой главе .....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	114
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	117
Приложение А.....	138
Приложение Б .....	153
Приложение В.....	158

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

АСУДД – автоматизированная система управления дорожным движением

ВВП – валовой внутренний продукт

ГЛОНАСС – Глобальная навигационная спутниковая система

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

ЖАПТС – железнодорожно-автомобильные пересечения транспортной сети

КСОДД – комплексные схемы организации дорожного движения

ОАО «РЖД» – Открытое акционерное общество «Российские железные дороги»

ПАШ – переездные автоматические шлагбаумы

ПДД – правила дорожного движения

ППК – пригородные пассажирские компании

РФ – Российская Федерация

СКЖД – Северо-Кавказская железная дорога

СМО – система массового обслуживания

УДС – улично-дорожная сеть

УЗП – устройство заградительное железнодорожного переезда

УТС – узлы транспортной сети

ФПК – Федеральная пассажирская компания

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Стратегические программы развития транспортных систем в отечественной и зарубежной практике акцентируют внимание на комплексном подходе к развитию инфраструктуры видов транспорта, развитию мультимодальных перевозок, формированию безбарьерных и бесшовных технологий организации перевозок, устранению коллизий в развитии транспортной сети страны. Большинство проблем в развитии инфраструктуры возникает в узлах пересечения транспортных сетей разных видов транспорта (железнодорожно-автомобильные, железнодорожно-водные, автомобильно-водные и другие). Они влияют на организацию транспортной работы и эффективности функционирования транспортной системы на улично-дорожной сети (УДС) городов, которые связаны с высокой интенсивностью движения транспортных средств, наличием разных видов движения (грузовое, пассажирское), социальной ориентацией городской транспортной системы, ориентированной на обеспечение мобильности населения, экологической нагрузкой разных видов транспорта на городскую среду и другими факторами.

В городской транспортной системе узлом пересечения разных видов путей сообщения чаще всего является пересечение автомобильных дорог с железнодорожными линиями, которое можно определить, как железнодорожно-автомобильные пересечения транспортной сети (ЖАПТС). Большую часть ЖАПТС на территории нашей страны представляют пересечения на одном уровне. Рост численности населения в городах и активное строительство жилищных комплексов повлекли за собой расширение городских границ. Вследствие этого в городской среде растет протяженность железнодорожных путей как общего пользования, так и необщего пользования, что приводит к увеличению количества внутригородских пересечений с автомобильными дорогами, напряженности организации дорожного движения и возникновению дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Одноуровневое железнодорожно-автомобильное пересечение оказывает существенное влияние на пропускную способность автомобильных дорог и приводит к росту совокупных социально-экономических издержек, связанных с транспортной системой. С ростом интенсивности и скорости движения поездов из-за отсутствия разноуровневых пересечений учащаются случаи задержки автомобильного транспорта, ухудшаются условия движения транспортных потоков и увеличивается аварийность на ЖАПТС. Радикальным способом решения данной проблемы является строительство пересечений в разных уровнях, которое требует технико-экономического обоснования, учитывающего все виды затрат и ущерба от происшествий в ЖАПТС на основе моделирования транспортно-технологических процессов.

Сегодня не в полном объеме используются для этих целей возможности имитационно-аналитического моделирования. Вопросы развития инфраструктуры и обеспечения безопасности перевозок внутри агломерации актуальная тема как для муниципалитета, так и для Российских железных дорог.

Населения, как потребители транспортных услуг, также несут потери в виде ожидания проезда в узлах транспортной сети (железнодорожных переездах) и загрязнением окружающей среды, что влияют на их качество жизни. Для исследования и оценки таких потерь возникает необходимость разработки инструментально-методических подходов комплексного анализа и развития железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети с использованием комбинированного имитационно-аналитического моделирования, которая определяет актуальность темы исследования.

**Степень разработанности темы исследования.** Исследованиям проблем организации работы и развития железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети посвящен большой объем научных работ, относящихся к различным технологическим, экономическим и математическим аспектам разработки и применения методов и инструментов, которые можно укрупненно объединить в следующие направления: развитие транспортных, транспортно-технологических и логистических систем и ее элементов (В. И. Апатцев,

Б. А. Левин, А. В. Гузенко, Х. Ю. Эльдарханов, Л. Б. Миротин, В. Н. Зубков, О. Н. Ларин, М. С. Фишельсон, Т. И. Дубинина и др.); обоснование роли методов транспортного моделирования (В. В. Зырянов, Н.А. Наумова, Д. В. Рожанский, А. О. Евдокимов, А. М. Пуртов, М. М. Бекмагамбетов, С. В. Кирсанов, А. Г. Куприяшкин и др.); оценка эффективности работы транспортных систем городов (Э. А. Мамаев, О. Н. Числов, Т. И. Михеева, А.Н. Рахмангулов, С.Н. Корнилов, Н. А. Ковалева, И. Н. Пугачев, А. Э. Горев и др.); задержки автомобильного транспорта на УДС (В. В. Сильянов, В. Г. Корчагин, С. В. Жанказиев, В. Г. Кочерга, Н. А. Семченко, А. В. Игнатов, Е. И. Исаева, Р. В. Андронов, Л. Е. Кущенко, В. Г. Живоглядов и др.); вопросы безопасности и эффективности организации дорожного движения на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях (С. В. Гатауллин, А. А. Поляков, И. Ю. Бальзамова, С. Н. Карасевич, Н. И. Карпущенко, С. А. Соболев, А. Е. Тарасов, Д. В. Ефанов, В. В. Демьянов, В. Л. Герус и др.).

В то же время, на наш взгляд, вопросы комплексной оценки состояния для развития ЖАПТС, в которых пересекаются интересы разных организаций и ведомств, не получили должного внимания. Одной из основных причин такой динамики, на наш взгляд, является ведомственная разобщенность управления ЖАПТС, развитие которых позволило бы получить синергетический эффект социально-экономического развития региона.

**Объектом исследования** являются железнодорожно-автомобильные пересечения, как элемент транспортной сети, определяющий технологические, социальные, пространственные и экономические особенности организации транспортных процессов.

**Предмет исследования** – методы и инструменты оценки технических, технологических, экологических и социально-экономических потерь, возникающих в железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети, и направления их развития.

Диссертационное исследование выполнено в следующих областях исследований, указанных в паспорте научных специальностей 05.22.01 –

Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте: п. 1 «Транспортные системы и сети страны, их структура, технологии работы. Оптимальная структура подвижного состава», п. 5 «Организация и технология транспортного производства. Управление транспортным производством. Оптимизация размещения транспортных предприятий и производств».

**Цели и задачи исследования.** Целью диссертационного исследования является развитие научно-методических подходов организации транспортной работы железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети с применением инструментария комбинированного имитационно-аналитического моделирования.

Для достижения поставленной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

1 Провести анализ развития и состояния безопасности движения на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети, факторов, влияющих на организацию транспортной работы.

2 Исследовать факторы и основные структурные элементы, влияющие на пропускную способность одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети.

3 Определить основные проблемы функционирования железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети для обеспечения эффективности функционирования городских транспортных систем.

4 Разработать аналитическую и имитационную модели определения показателей дорожного движения на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети в зависимости от его параметров и способа регулирования.

5 Разработать модель оценки социально-экономических потерь при организации движения на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети.



**Методология и методы диссертационного исследования.** Теоретико-методологической основой работы явились исследования отечественных и зарубежных ученых, ориентированные на проблемы функционирования и развития транспортных систем, а также научные работы в области организации дорожного движения. Использованы теоретические и экспериментальные методы, включающие аналитические и имитационные методы моделирования, системный анализ, экспертный анализ, статистический анализ, а также натурные наблюдения и исследования.

**Положения, выносимые на защиту:**

– Систематизированный перечень факторов организации работы железнодорожно-автомобильных пересечений и их оценка.

– Методика оценки социально-экономических потерь на железнодорожном переезде с использованием комбинированного (имитационно-аналитического) моделирования.

– Аналитическая модель оценки потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети.

– Имитационная модель оценки потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети.

**Научная новизна работы** заключается в развитии методов технико-экономического обоснования развития железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети с использованием комбинированного имитационно-аналитического моделирования, включающая:

1 Системный анализ ключевых факторов технологии организации движения на железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети для целей моделирования и технико-экономического обоснования развития в транспортной системе региона, города.

2 Разработку аналитической и имитационной модели для расчета технических показателей на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети.

3 Разработку методики оценки социально-экономических потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети с использованием комбинации имитационного и аналитического моделирования.

4 Апробацию модельно-методического инструментария исследования железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети в городских транспортных системах на участках с интенсивным движением.

5 Разработку программного обеспечения для расчета интегральных потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети, включая экономические потери транспортных предприятий; потери населения в ожидании открытия переезда; потери, связанные с загрязнением окружающей среды и др.

**Теоретическая и практическая значимость** работы определяется предложенными методами анализа и исследования развития железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети, с использованием комбинированных имитационно-аналитических моделей, определившими принципиально новый подход к оценке совокупных социально-экономических потерь в ЖАПТС, полученными аналитическими и графическими результатами оценки состояния и направлений развития ЖАПТС.

Практическая значимость результатов исследования, подтвержденная их апробацией на конкретных транспортных узлах на полигоне Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» и на железнодорожных переездах города Ростова-на-Дону, позволяет сделать вывод о возможности применения методических подходов и разработанного программного обеспечения на транспортной сети для исследования состояния ЖАПТС.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения диссертационного исследования докладывались на всероссийских и международных научно-практических конференциях «Транспорт: наука, образование, производство» («Транспорт»), г. Ростов-на-Дону, 2016–2019 гг., «Транспорт и логистика», г. Ростов-на-Дону, 2017–2020 гг.; «МехТрибоТранс», г. Ростов-на-Дону, 2016 г.; «Актуальные проблемы и перспективы развития

транспорта, промышленности и экономики России» («ТрансПромЭк-2018»), г. Ростов-на-Дону, 2018 г.; «Экономико-правовые механизмы обеспечения национальной безопасности», г. Ростов-на-Дону, 2019 г.; «Транспорт России: проблемы и перспективы», г. Санкт-Петербург, 2019 г.; «ИнтерСтройМех», г. Казань, 2019 г.; «Цифровая трансформация в экономике транспортного комплекса. Развитие цифровых экосистем: наука, практика, образование», г. Москва, 2019 г.; а также на заседаниях кафедр «Логистика и управление транспортными системами», «Станции и грузовая работа», «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО РГУПС (г. Ростов-на-Дону).

Результаты диссертационного исследования были представлены и получили признание на различных конкурсах и выставках: международный конкурс исследовательских работ, проводимом в рамках проекта Intercllover «Профессиональная наука» (г. Нижний Новгород, второе место в двух подкатегориях научных направлений: «Математические и инструментальные методы в экономике» и «Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами», 2020 г.); конкурс «Практико-ориентированных научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых в 2021 году» (первое место в номинации «Формирование инновационной, конкурентоспособной, привлекательной для инвестиций экономики города Ростова-на-Дону»).

**Внедрение результатов работы.** Результаты диссертационного исследования используются в работе Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД», Департамента транспорта г. Ростова-на-Дону, а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» при разработке учебно-методических комплексов.

**Публикации.** Основное содержание диссертации и результаты исследования опубликованы в 20 научных работах общим объемом 5,39 п. л. (авторских – 4,17 п. л.), в том числе: 1 – входящая в международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science и Scopus; 3 – в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской

Федерации; 1 – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем работы** определены целью и задачами, поставленными и решенными в ходе исследования. Научно-квалификационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 161 наименований и 3 приложений. Общий объем работы 163 страниц, содержит 47 рисунков, 16 таблиц.

# **ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ**

## **1.1 Методические основы организации транспортной работы в узлах транспортной сети**

Эффективность функционирования транспортных систем зависит от сбалансированности инфраструктуры разных видов транспорта. Виды транспорта, их инфраструктура и технологии организации перевозочного процесса имеют системные, технологические и экономические различия [25, 30]. Системный подход к развитию транспортной системы предполагает не только развитие пропускных и перевозочных мощностей предприятий видов транспорта, но и развитие транспортных узлов для обеспечения синергетического эффекта от использования преимуществ каждого вида транспорта. К проблемам обеспечения пространственного развития транспортной системы можно отнести сбалансированность транспортной сети, особенно в узлах пересечения путей сообщения разных видов транспорта [43, 55, 47, 148]. Последнее особенно актуально в силу пересечения интересов разных хозяйствующих субъектов на рынке транспортных услуг, большой социально-экономической значимости работы транспортной отрасли для экономики и населения [94]. К особенно чувствительным проблемам в развитии транспортных сетей относятся улично-дорожные сети городов и мегаполисов.

«В настоящее время в промышленно развитых странах актуализирована проблема перегруженности дорожных сетей. Улично-дорожные сети крупных городов характеризуются предельными показателями эксплуатационной загруженности из-за роста парка личного автотранспорта, а также загрузки ключевых магистралей и транспортных коридоров, на которые приходится значительные объемы грузовых и пассажирских перевозок» [45, 77].

Мероприятия по решению транспортных проблем, связанных с задержкой транспортных средств на улично-дорожной сети, включает комплекс мер, направленные на:

- повышение предельной пропускной способности улично-дорожной сети путем строительства новых дорог, транспортных развязок, мостов и реконструкции уже имеющихся дорожных объектов [2];
- повышение эффективности использования пропускной способности улично-дорожной сети путем совершенствования организации дорожного движения и разработкой автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД) [110];
- регулирование объема и структуры транспортного спроса [75];
- балансирование развития пропускных способностей сетей разных видов транспорта и другие [45].

Методы по устранению транспортных проблем в городе можно разделить на две основные группы: организационно-административные и строительно-реконструктивные [50, 59, 61, 79, 134].

«К строительно-реконструктивным методам относятся строительство новых дорог, транспортных развязок и мостов, ввод дополнительных полос движения для уже существующих дорог, а также расширение имеющихся дорог. Строительно-реконструктивные методы не всегда являются приемлемым решением данной проблемы из-за высокой стоимости, нехватки земель, а также сроков их выполнения» [22, 75, 85].

Организационно-административные методы относятся к низкозатратным, энергоэффективным. В то же время эти методы отличаются ограниченностью воздействия на организацию дорожного движения и перевозочный процесс в городах. Организационно-административные методы позволяют обеспечить эффективное транспортное движение на улично-дорожной сети, повысить безопасность и экологичность в городе, а также уменьшить нагрузку в узлах транспортной сети [2, 3, 58, 80, 94, 40, 111, 149, 156].

Под узлами транспортной сети (далее – УТС) подразумевается элемент УДС, где происходит пересечение различных видов путей сообщения. Частным случаем УТС являются железнодорожно-автомобильные пересечения транспортной сети (ЖАПТС). По числу уровней различаются ЖАПТС в одном уровне и в разных уровнях. Отличие между ними заключается в том, что в ЖАПТС в разных уровнях между разными видами сообщения не возникает конфликтных ситуаций.

При проектировании пересечений на одном уровне необходимо обеспечить:

- необходимый уровень безопасности пересечения при приоритете обеспечения безопасности пешеходов и велосипедистов;
- необходимый для пропуска перспективной интенсивности движения уровень обслуживания на пересечении;
- необходимое ограничение доступа в зависимости от категории улиц и интенсивности движения;
- наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду [102, 105, 115].

Согласно [102], основными принципами при проектировании пересечений в одном уровне являются:

- обеспечение логичного и обоснованного уровня доступа по различным направлениям;
- обеспечение понятного и заблаговременного информирования водителей о схеме пересечения и необходимых маневрах для выбора требуемого направления движения;
- уменьшение количества точек конфликта на пересечении и их опасности;
- уменьшение площади конфликтной зоны пересечения;
- обеспечение приоритета основного движения на пересечении;
- обеспечение обоснованного скоростного режима на подходах к пересечению и на самом пересечении;
- обеспечение требуемой пропускной способности пересечения по всем его направлениям;

– обеспечение требуемых направлений движения пешеходов и их безопасности.

По способу регулирования УТС бывают регулируемые и нерегулируемые.

Видами УТС могут служить пересечения железнодорожных путей, автомобильных дорог, городских улиц, трамвайных и троллейбусных путей, пешеходных и велосипедных дорог, а также водные пути. УТС могут быть представлены следующими видами пересечений:

1 Пересечение трамвайных и троллейбусных линий с другими видами путей сообщения. Согласно [19, 107], пересечения трамвайных линий и троллейбусных путей с городскими дорогами и улицами, пешеходными и велосипедными дорогами, железными дорогами необщего пользования предусматривают одноуровневыми в зоне остановочных пунктов (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Пересечение трамвайных путей с автомобильными дорогами

При этом нужно учитывать следующие факторы:

- обеспечение необходимой взаимной видимости перед пересечениями;
- возможность быстрой остановки трамвайных вагонов перед пересечениями;
- доступность передвижения для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями;
- обеспечение мер безопасности движения, предусматривающих соответствующую сигнализацию и ограждающие устройства [19, 107].



Строительство пересечения трамвайных линий и троллейбусных путей с автомобильными дорогами в разных уровнях допускается при обосновании социально-экономического эффекта [107].

Пересечения трамвайных линий и троллейбусных путей с железными дорогами общего пользования, магистральными дорогами и линиями метрополитена надлежит предусматривать только в разных уровнях [107].

2 Пересечения линий метрополитена с другими путями сообщения предусматривают только в разных уровнях, как правило, с подземным проектированием линии метрополитена. В отдельных случаях при технико-экономическом обосновании допускается прокладывать линии метрополитена надземным способом [16].

3 Пересечения водных путей с другими видами путей сообщения проектируют только в разных уровнях. Для безопасного пересечения водных путей сообщения строят искусственные сооружения. К современным искусственным сооружениям через водные пути относятся:

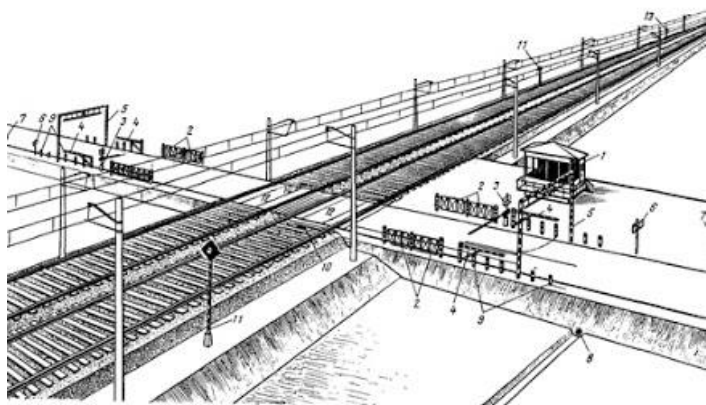
- подвижные мосты;
- туннели;
- мостовые подвесные переправы;
- судовые паромные переправы;
- мосты высокого надводного габарита [9].

4 Железнодорожно-автомобильные пересечения (железнодорожные проезды) – это узлы транспортной сети с повышенной опасностью, где пересекаются два вида транспорта (железнодорожный и автомобильный).

Пересечения железнодорожных путей с автомобильными дорогами возможно как в одном, так и в разных уровнях (рисунок 1.2) [117].

Схема пересечения влияет на определение технической категории автомобильной дороги (таблица 1.1).

*Одноуровневое железнодорожно-автомобильное пересечение*



*Разноуровневое железнодорожно-автомобильное пересечение*

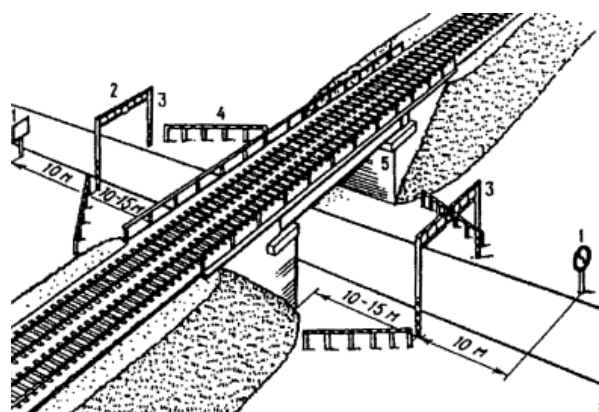


Рисунок 1.2 – Железнодорожно-автомобильное пересечение транспортной сети

Таблица 1.1 – Выбор типа пересечений железнодорожных путей с автомобильными дорогами

Функциональная классификация	Класс автомобильной дороги	Техническая категория	Тип пересечения
Магистральная	Автомагистраль	IA	В разных уровнях
	Скоростная дорога	IB	В разных уровнях
	Дорога обычного типа	IV	В разных уровнях
II		В разных уровнях	
Местная дорога	Дорога обычного типа	III	В разных уровнях
		IV	Допускается в одном уровне
		V	Допускается в одном уровне

Проблема одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечений является крайне актуальной для России. Состояние безопасности дорожного движения на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях, находится под постоянным вниманием Правительства РФ, Федерального агентства железнодорожного транспорта и ОАО «Российские железные дороги». Обоюдная безопасность как для железнодорожного, так и для автомобильного транспорта обеспечивается благодаря надежному функционированию средств регулирования движения и предоставлению преимущественного права движения на переездах железнодорожному транспорту [127].

Таким образом, методические проблемы организации работы разных видов транспорта в УТС можно подразделить на следующие группы:

- совершенствование инфраструктурной и организационно-технологических основ организации перевозок в транспортных сетях видов транспорта;
- балансирование пропускных и перевозочных способностей транспортных сетей и предприятий видов транспорта;
- организация рациональной инфраструктуры транспортной сети, особенно в узлах, исключая коллизии не только в перевозочных процессах, но и в части экономического и технологического «угнетения» предприятий одного вида транспорта другими.

## **1.2 Взаимодействие элементов функциональных подсистем транспортной сети**

Транспортная система города представляет собой сложную систему, в которой взаимодействуют различные виды транспорта (автомобильный, железнодорожный и водный), осуществляющие процессы транспортировки в интересах общества и государства, в том числе в экономической сфере. В зависимости от выполнения различных функций (транспортировки, перемещения, обслуживания и др.) городскую транспортную систему можно разделить на четыре основных подсистемы: транспортные средства (подвижной состав), пути сообщения (транспортная сеть), сети обслуживания, управление движением [20, 46, 47, 119, 126].

В свою очередь каждая из подсистем рассматривается подробно на различных уровнях обслуживания и управления (рисунки 1.3–1.5).

Транспортные средства крупного города как наиболее активный элемент транспортной системы включают в себя пассажирский, грузовой и специальный виды транспорта. «Основной задачей городского транспорта является полное и своевременное удовлетворение транспортных потребностей всех категорий пользователей в границах муниципального образования» [56].

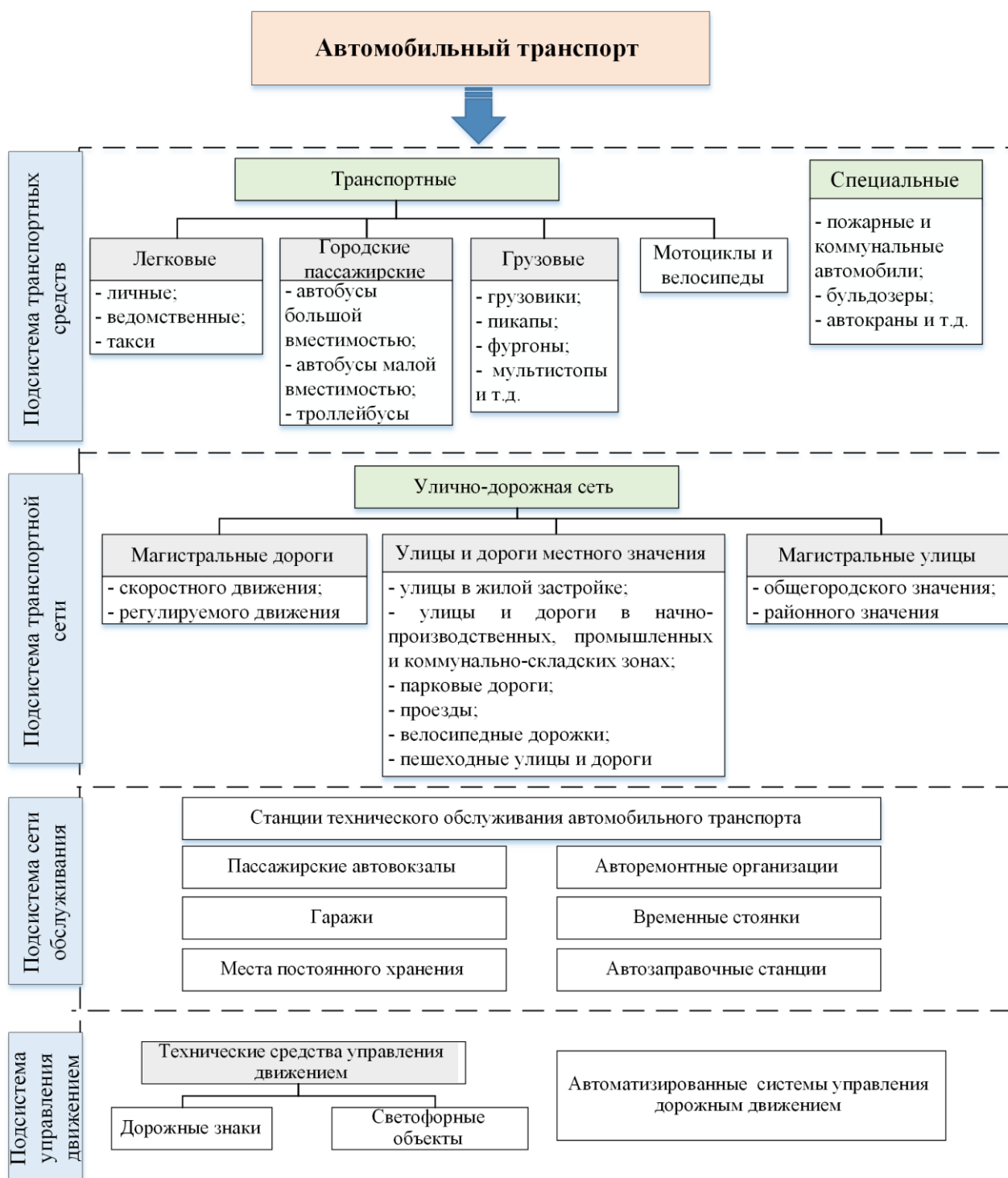


Рисунок 1.3 – Подсистемы и структурные элементы городской транспортной системы (автомобильный транспорт)

«Каждый вид транспорта, обладая определенными техническими характеристиками, имеет свои преимущества и недостатки, влияющие на выбор определенного транспортного средства и на формирование транспортной системы в целом» [47].

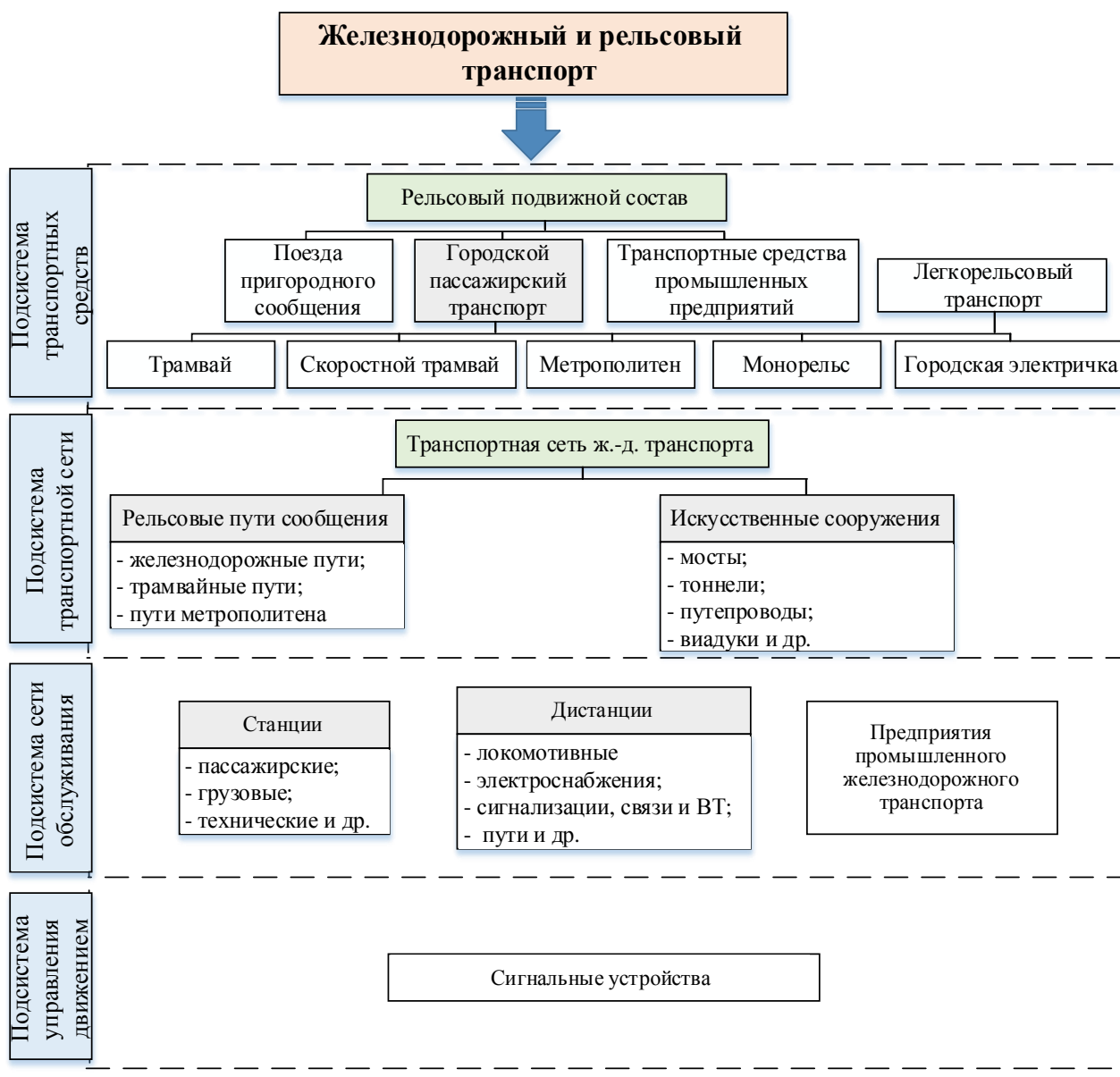


Рисунок 1.4 – Подсистемы и структурные элементы городской транспортной системы (железнодорожный и рельсовый транспорт)

«Городской пассажирский транспорт представлен автобусами большой и малой вместимости, индивидуальными автомобилями, метрополитеном, электропоездами, скоростными видами трамваев и другими альтернативными видами транспорта» [47]. Его предназначением являются перевозки населения между центрами транспортного тяготения. «В крупных городах с населением более 1 млн человек возникает проблема строительства метрополитенов и надземных видов пассажирского транспорта, не перегружающих улично-дорожную сеть

города, так как наземные виды транспорта достигают предела эффективного освоения растущих пассажиропотоков» [138].

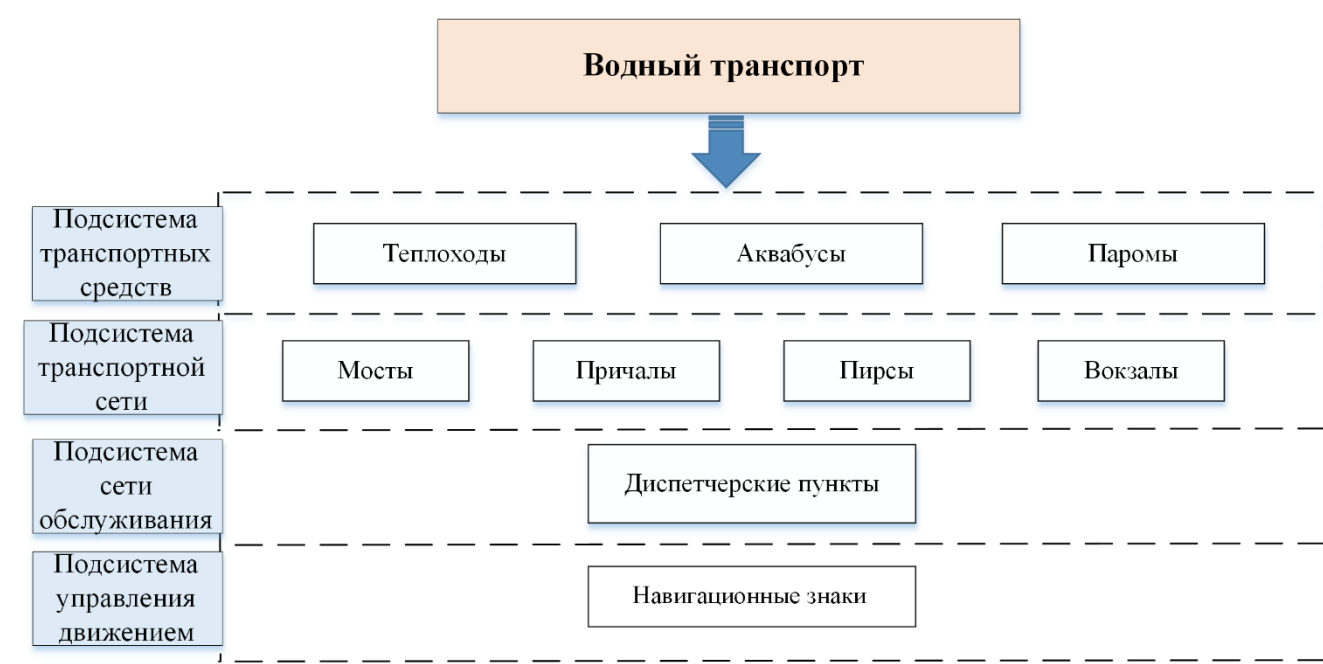


Рисунок 1.5 – Подсистемы и структурные элементы городской транспортной системы (водный транспорт) [46]

Специальный городской транспорт включает в себя транспортные средства, выполняющие функции жизнеобеспечения городских структур (пожарный, медицинский, аварийный и др.).

Грузовой городской транспорт (автомобили-тягачи, автомобили-самосвалы, автомобили-цистерны и др.) предназначен для перевозок промышленного, коммунального и бытового назначения.

«Для обеспечения существующих и потенциальных транспортных связей между всеми грузо- и пассажирообразующими и поглощающими пунктами, расположенными в городе, организуется сеть транспортных путей, которые должны связать все жилые и производственные районы города между собой» [46]. Транспортная сеть является наиболее долговечной или капиталоемкой подсистемой. Она имеет неразрывную связь с формированием характера расселения, особенностью застройки, рельефом местности, климатическими особенностями и т. д.

Под городской транспортной сетью понимается совокупность наземных, подземных, надземных и водных путей сообщения с расположенными на них постоянными устройствами. Транспортная сеть города включает следующие транспортные пути сообщения:

- магистральные дороги скоростного и регулируемого движения;
- магистральные улицы общегородского и районного значения;
- рельсовые пути сообщения (пути метрополитена, железнодорожные пути, трамвайные пути и др.);
- искусственные сооружения (тоннели, мосты, причалы, и др.);
- улицы и дороги местного значения (парковые дороги, велосипедные и пешеходные дорожки, проезды и развороты и др.).

Автомобильные дороги разделяют на три класса: автомагистрали, скоростные дороги, дороги обычного типа. К классам «автомостраль» и «скоростная дорога» относятся автомобильные дороги, предназначенные для скоростного движения автотранспортных средств, не имеющих одноуровневых пересечений с другими автомобильными дорогами, железнодорожными линиями, трамвайными путями, пешеходные и велосипедные дорожки [19].

К подсистеме «управление движением» относятся технические средства управления движением, в которые входят навигационные знаки и сигнальные устройства и др.; а также автоматизированные системы управления дорожным движением.

Система управления городским транспортом непосредственно обусловлена его организационно-технологическим разнообразием и связанными с ними инструментами воздействия отдельных элементов и функциональных подсистем. Отдельным вопросом при этом остаются методы идентификации состояния взаимосвязанных подсистем формирования и реализации оптимальных траекторий их развития.

### 1.3 Анализ состояния и основные проблемы функционирования железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети

Городская транспортная сеть включает в себя пересечения разных видов транспорта (железнодорожного, автомобильного, водного, рельсового городского и др.). Для городской транспортной системы особо чувствительны проблемы реализации транспортных потоков в местах пересечения автомобильных дорог с железнодорожными путями в одном уровне – железнодорожные переезды (таблица 1.2) [127].

Таблица 1.2 – Факторы, влияющие на организацию движения на одноуровневых пересечениях автомобильного и железнодорожного транспорта

Вид транспорта	Проблемы
Автомобильный транспорт	Ограничение пропускной способности участков дорожной сети в зоне железнодорожных переездов
	Совпадение по времени пиков интенсивности автодорожного и железнодорожного движения
	Рост угрозы безопасности дорожного движения
Железнодорожный транспорт	Ущерб, в результате ДТП на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях
	Препятствие развитию скоростного железнодорожного сообщения
	Угроза безопасности железнодорожного движения

Железнодорожные переезды являются опасными участками как и для автомобильных дорог, так и для железнодорожных линий. Безопасность двух транспортных единиц на переезде обеспечивается благодаря надежному функционированию средств регулирования движения и предоставлению преимущественного права движения на переездах железнодорожному транспорту [127].

Согласно Приказу Минтранса России от 31.07.2015 № 237 «Об утверждении Условий эксплуатации железнодорожных переездов» [92], зарегистрированному в Минюсте России 04.09.2015 № 38792, при эксплуатации железнодорожных переездов должны достигаться следующие цели:



- обеспечение безопасности и надежности системы перевозок;
- увеличение пропускной способности транспортных средств;
- исключение простоев автомобильного транспорта.

Для выполнения перечисленных целей были выделены факторы и структурные элементы железнодорожного переезда (рисунок 1.6).

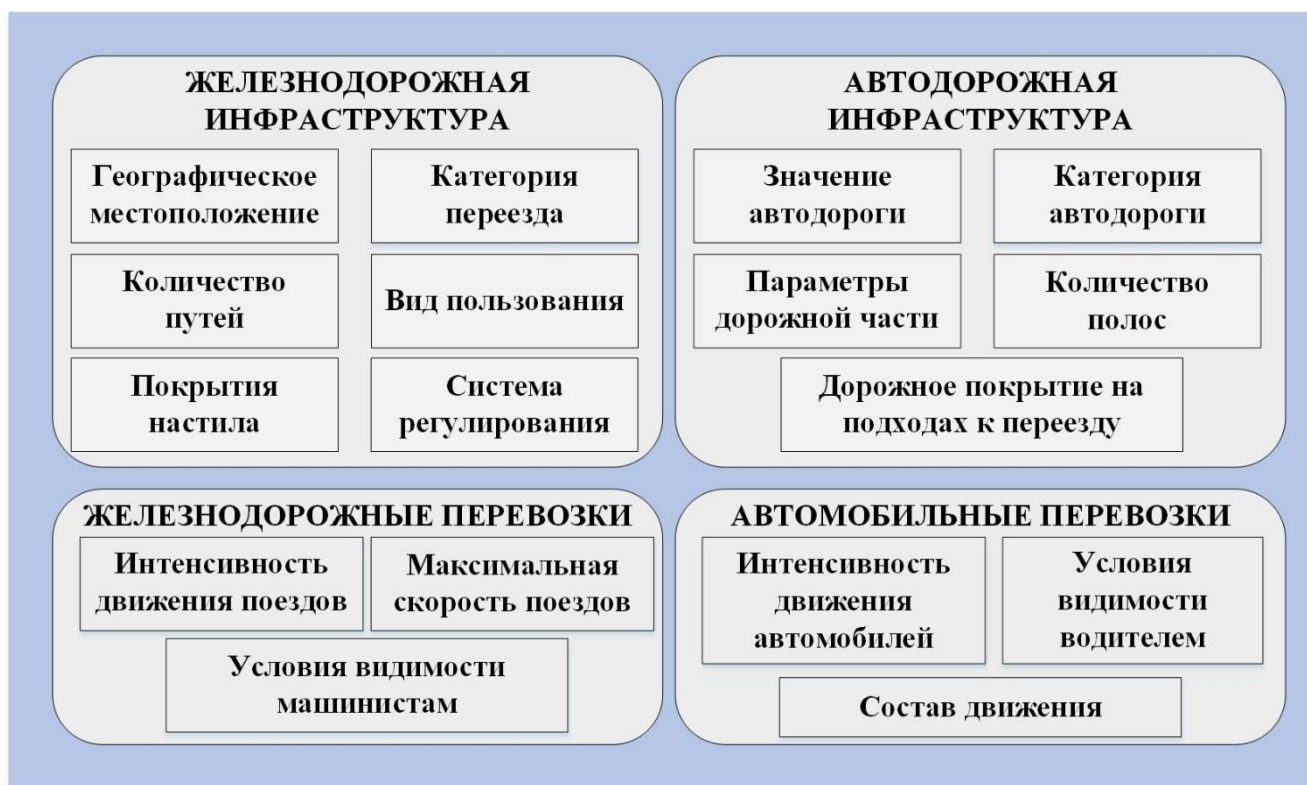


Рисунок 1.6 – Структурные элементы железнодорожного переезда

Классификация железнодорожных переездов представлена на рисунке 1.7 [92].

По месту расположения переезды бывают общего и необщего пользования. К переездам общего пользования относятся пересечения железнодорожных путей общего пользования с автомобильными дорогами общего пользования, муниципальными автомобильными дорогами и улицами. Переездами необщего пользования являются пересечения автомобильных дорог с железнодорожными путями, принадлежащими каким-нибудь промышленным предприятиям или организациям.



Рисунок 1.7 – Классификация железнодорожных переездов и виды оборудования

По интенсивности движения (степени загрузки переезда) железнодорожного и автомобильного транспорта переезды подразделяются на четыре категории: от I категории с самым интенсивным движением до IV категории с небольшой периодичностью движения (рисунок 1.8). Интенсивность движения на переезде оценивается числом поездо-экипажей, т. е. произведением числа поездов на число единиц автотранспорта, проходящих через переезд в течение суток. К I категории также относятся переезды, где разрешенная скорость движения поездов более 140 км/ч. Железнодорожные переезды I и II категории являются охраняемыми, т. е. обслуживаются дежурными работниками и оборудованы устройствами переездной сигнализации. Переезды III и IV категории относятся к неохраняемым и оборудуются в зависимости от скорости движения и интенсивности железнодорожного и автомобильного транспорта [131].

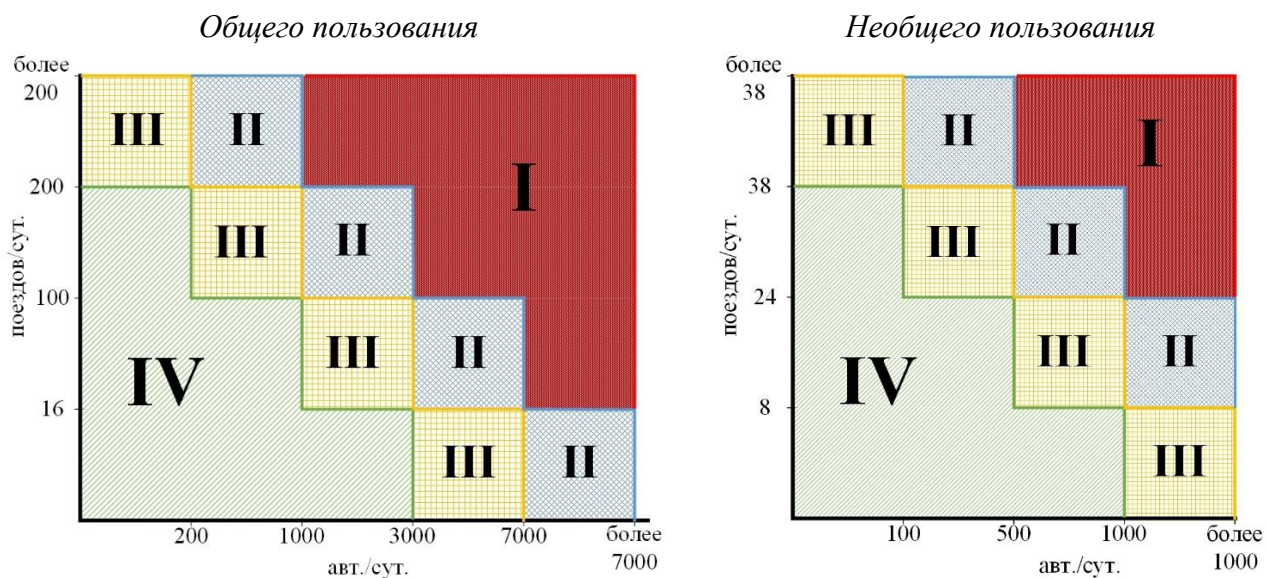


Рисунок 1.8 – Классификация переездов по интенсивности движения транспортных средств

По способу регулирования переезды бывают регулируемые и нерегулируемые (рисунок 1.9).

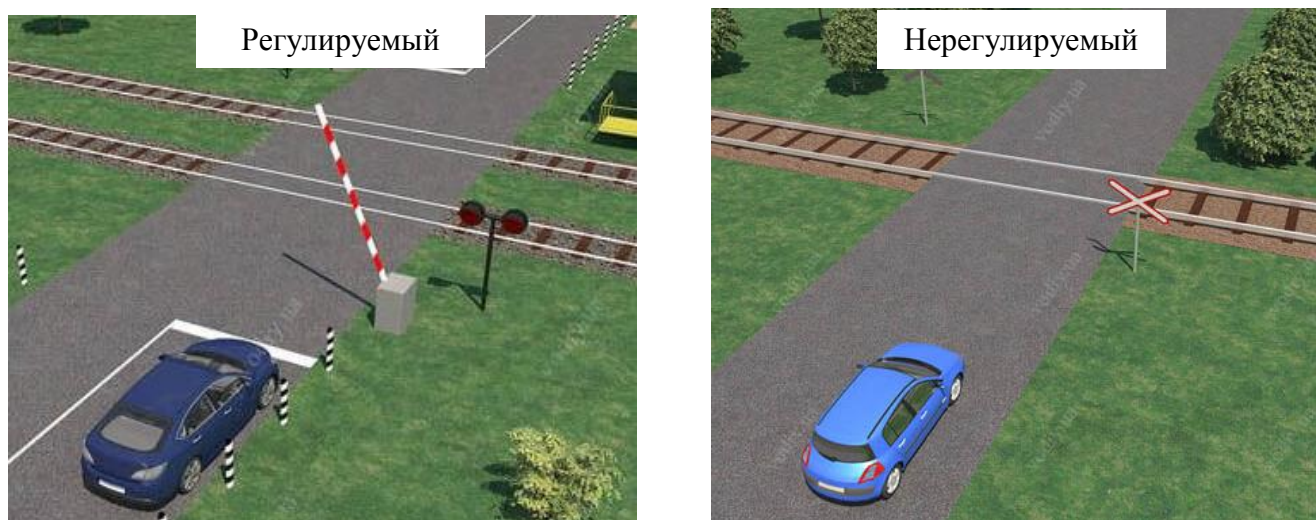


Рисунок 1.9 – Регулируемый и нерегулируемый железнодорожные переезды

К регулируемым относятся железнодорожные переезды, оборудованные устройствами переездной сигнализации, а именно шлагбаумами, устройствами заграждения переездов (УЗП), противотаранными устройствами, заградительной и переездной сигнализацией, а также обслуживаемые дежурным работником. Железнодорожные переезды, не оборудованные ни одним из вышеперечисленных

устройств переездной сигнализации и не обслуживаемые дежурным работником, относятся к нерегулируемым.

Выбор способа и устройства регулирования переезда зависит от его категории и максимальной скорости движения поезда на участке.

В России и во многих странах (Болгария, Германия, Венгрия) выбор способа регулирования зависит от степени загрузки переезда. В то время как в некоторых других странах (Финляндия, Япония, Словакия) определяющим фактором является скорость движения поезда в зоне железнодорожного переезда. В Словакии на железнодорожной линии, где скорость движения поездов превышает 60 км/ч, все железнодорожные переезды должны быть регулируемы. В Финляндии эта граница составляет 120 км/ч, а в Японии – 130 км/ч [70].

#### **1.4 Отечественный и зарубежный опыт в исследовании и развитии железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети**

Одним из первых отечественных ученых, который занимался исследованиями безопасности и организации дорожного движения на железнодорожно-автомобильных пересечениях в одном уровне, был Ю. С. Крылов. В его трудах [72] впервые было отмечено, что задержки автомобильного транспорта на железнодорожно-автомобильных пересечениях обусловлены двумя факторами:

- 1) закрытием переезда для пропуска железнодорожного транспорта;
- 2) снижением скоростей транспортного потока в зоне переезда.

В качестве основной нормативной методики, используемой в российских руководствах по определению задержек транспортных средств и потерь времени на перекрестках, был выбран метод, предложенный английским исследователем Ф. Вебстером. Данную методику используют для расчета задержек не только на автомобильных перекрестках, но и на железнодорожно-автомобильных пересечениях.

При определении задержки транспортных средств на железнодорожно-автомобильных пересечениях в качестве длительности светофорного цикла ( $T_{\text{ц}}$ ) используют средний интервал между поездами ( $t_0$ ):

$$t_0 = T_{\text{ц}} - R, \quad (1.1)$$

где  $R$  – продолжительность закрытия железнодорожного переезда, с.

Таким образом, формула Вебстера (1.2) для определения задержки транспортных средств на железнодорожно-автомобильных пересечениях на одном уровне выглядит следующим образом [157]:

$$T_{\text{cp}} = \frac{T_{\text{ц}}(1-\lambda)}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2N(1-x)} - 0,65\sqrt{\frac{T_{\text{ц}}}{N^2}} \cdot N^{(2+5\lambda)}, \quad (1.2)$$

где  $T_{\text{cp}}$  – средняя задержка каждого проехавшего транспортного средства через пересечения, с;

$T_{\text{ц}}$  – длительность светофорного цикла, с;

$\lambda$  – отношение длительности зеленого сигнала к светофорному циклу

$$\left( \lambda = \frac{t_0}{T_{\text{ц}}} \right);$$

$x$  – степень насыщения, т. е. отношение интенсивности движения к пропускной способности;

$N$  – интенсивность движения транспортных средств через пересечения, авт/с.

Средняя задержка  $T_{\text{cp}}$  включает в себя как замедление и ускорение, так и остановки транспортных средств на подходах железнодорожно-автомобильного пересечения в ожидании пропуска подвижного состава.

Первое слагаемое формулы (1.2) представляет задержку, когда транспортные средства к железнодорожно-автомобильному пересечению прибывают

равномерно. Второе слагаемое учитывает дополнительную задержку при случайном процессе прибытия транспортных средств. То есть учитывается вероятность задержки при прибытии большого количества транспортных средств, что может привести к кратковременному перенасыщению. Третья составляющая добавляется как корректирующий показатель и составляет в среднем 10 % от первых двух составляющих. Для практических расчетов применяют упрощенную формулу Ф. Вебстера (1.3), приняв третью составляющую формулы (1.2) за коэффициент, равный 0,9.

$$T_{\text{cp}} = 0,9 \cdot \left[ \frac{T_{\text{н}}(1-\lambda)}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2N(1-x)} \right]. \quad (1.3)$$

Повсеместное использование этой методики объясняется сравнительной простотой её расчета. По мнению многих авторов, формулы Вебстера приводят к значительным ошибкам при высоких уровнях загрузки УДС из-за того, что она базируется на теории системы массового обслуживания (СМО) и использует пуассоновский поток транспортных средств [5, 35, 57, 82].

А. А. Поляковым была предложена методика по определению затрат, вызванных задержками движения наземного транспорта у железнодорожно-автомобильного пересечения в одном уровне [88].

$$\Pi = 365 \cdot \left[ \sum N \cdot \frac{n}{18} \cdot \frac{\tau}{60} \cdot \frac{\tau}{2} \cdot \frac{R}{60} + S \cdot \sum \left( \frac{1}{v_0} - \frac{1}{v} \right) \cdot N \cdot R + (P_1 + P_2) \cdot \frac{n}{18} \cdot \frac{\tau^2}{7200} \cdot R_{\text{ч}} \right], \quad (1.4)$$

где  $N$  – интенсивность движения каждого вида транспортных средств через пересечение, авт/ч;

$\frac{n}{18}$  – среднее число закрытий переезда в течение 1 часа за период с 6 до 24 часа;

$\tau$  – среднее время закрытия переезда, ч;

$R$  – стоимость простоя каждого вида транспортных средств, руб/ч;

$S$  – длина участка переезда, включая зону для торможения и зону для разгона, км;

$v_0$  – средняя скорость транспортных средств при проезде через переезд, км/ч;

$v$  – нормальная скорость транспортных средств при отсутствии железнодорожно-автомобильного пересечения в одном уровне, км/ч;

$P_1 + P_2$  – количество пассажиров и пешеходов, проезжающих и проходящих через переезд в обоих направлениях;

$R_{\text{ч}}$  – средняя стоимость потерянного часа каждого человека пассажира, проезжающего через переезд, руб.

Первая составляющая в этой формуле (1.4) выражает затраты всех транспортных средств от простоя в ожидании проезда через переезд. Вторая составляющая включает в себя потери из-за снижения скорости транспортных средств в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения. Третьей составляющей являются потери пассажиров и пешеходов из-за простоя на переезде.

Таким образом формула А. А. Полякова (1.4) позволяет определять не только затраты, связанные с задержкой и простоем наземного транспорта, но и народно-хозяйственный ущерб от задержки пассажиров и пешеходов.

С. В. Гатауллин в своем диссертационном исследовании [14] отметил, что в методике А. А. Полякова не учитываются все виды затрат при наличии железнодорожно-автомобильного пересечения на одном уровне. В работе [14] предлагается дополнить формулу (1.4) следующими затратами:

1) потери кинетической энергии экипажей (1.5) как дополнительный износ тормозных устройств, двигателя и расход горючего.

$$E_1 = \sum_{i=1}^m 3,5 \cdot q_{\text{бpi}} \cdot v_i^2 \cdot n_i \cdot N \cdot \tau \cdot e_{\text{ЭА}} \cdot 10^{-9}, \quad (1.5)$$

где  $q_{\text{бpi}}$  – вес брутто единицы наземного транспорта, т;

$v_i$  – погашаемая скорость при торможении, км/ч;

$N$  – интенсивность движения железнодорожного транспорта, пар поездов/сут;

$n_i$  – интенсивность движения автомобильного транспорта каждого вида через переезд, авт/сут;

$\tau$  – среднее время закрытия переезда, ч;

$e_{\text{ЭА}}$  – единичный расход кинетической энергии на 1 т-км;

2) затраты на техническое обустройство и содержание переезда ( $E_2$ );

3) потери в результате столкновения железнодорожного и автомобильного транспорта на переезде ( $E_4$ ):

$$E_4 = 73 \cdot 10^{-7} \cdot N \cdot L_{\Gamma} \cdot (C_{\text{ДТП}}^{\text{Ж}} + n_{\text{см}} \cdot C_{\text{ДТП}}^{\text{см}} + n_{\text{пс}} \cdot C_{\text{ДТП}}^{\text{пс}} + n_{\text{ам}} \cdot C_{\text{ДТП}}^{\text{ам}}), \quad (1.6)$$

где  $L_{\Gamma}$  – среднее расстояние между переездами, км;

$C_{\text{ДТП}}^{\text{Ж}}$  – потери железнодорожного транспорта от одного ДТП, руб.;

$n_{\text{см}}$  – среднее количество погибающих в одном ДТП на переезде, чел.;

$C_{\text{ДТП}}^{\text{см}}$  – потери общества от одного погибшего человека, руб.;

$n_{\text{пс}}$  – среднее количество пострадавших в одном ДТП на переезде, чел.;

$C_{\text{ДТП}}^{\text{пс}}$  – потери общества от одного пострадавшего на переезде в результате ДТП, руб.;

$n_{\text{ам}}$  – среднее количество поврежденных автомобилей в одном ДТП на переезде, авт.;

$C_{\text{ДТП}}^{\text{ам}}$  – потери от одного поврежденного автомобиля в результате ДТП на переезде, руб.

Также С. В. Гатауллин в своем исследовании [14] предлагает адаптировать формулы теории массового обслуживания к оценке задержек транспортных средств на железнодорожном переезде.



По мнению И. Ю. Бальзамовой [7], важную роль в целесообразности замены железнодорожно-автомобильной пересечений на одном уровне на путепровод играют эксплуатационные расходы на содержание переезда. При определении эффективности разных типов пересечений недопустимо использовать средние данные об эксплуатационных расходах. Проведенные в работе исследования показали, что величина эксплуатационных расходов на содержание переезда различна в зависимости от категории переезда, числа пересекаемых железнодорожных путей, ширины проезжей части, способа регулирования и т. д.

Большой вклад в организацию дорожного движения на железнодорожных переездах Республики Беларусь внес С. Н. Карасевич. Повышение безопасности движения и уменьшение продолжительности разгрузки очереди транспортных средств на железнодорожно-автомобильных пересечениях предлагается решать путем рационализации расположения стоп-линии у железнодорожного переезда. Эффективность практического применения предложенных теоретических разработок доказана с помощью построения имитационной модели [40, 41, 42, 43].

### **1.5 Транспортное моделирование как метод теоретического исследования железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети**

«Методологической основой разработки мероприятий по решению транспортных проблем и принятия научно обоснованных решений об их реализации служит математическое моделирование работы транспортной системы. Такие модели позволяют:

- оценить эффективность планируемых мероприятий как в эксплуатационных, так и в экономических показателях;
- выявить возможные отрицательные последствия их внедрения;
- разработать научно обоснованную программу их реализации» [108].

Транспортная модель – это инструмент, который отображает транспортную систему моделируемого региона (локальную сеть перекрестков,

административный район города, агломерацию и др.), текущий и прогнозируемый спрос на перемещения пассажиропотока на индивидуальном или общественном транспорте.

Проблемам моделирования транспортных процессов в городе посвящено достаточно большое количество работ, включающих рассмотрение отдельных аспектов повышения устойчивости транспортной системы города путем интеллектуализации общественного транспорта и организации его приоритетного пропуска [147, 152], использования альтернативных видов транспорта в процессе оказания населению услуг по перемещению [143], повышения безопасности дорожного движения [140, 153, 104], увеличения пропускной способности за счет оптимизации перекрестков [81, 141, 97], а также вопросов экологической нагрузки транспортных потоков [159, 158].

Проблему отсутствия точных критериев оценки эффективности управления транспортной системы [155, 29] необходимо решать на государственном уровне, классифицируя города, регионы в зависимости от численности населения, уровня развития экономических связей [144], транспортных потоков, проходящих через населенный пункт, с учетом современных требований к построению цепей поставок [150].

Исследование транспортных систем направлено на определение пропускных способностей УДС, оптимизацию функционирования отдельных видов транспорта, оптимизацию транспортных систем в целом. «Процесс оптимизации транспортных систем заключается в нахождении оптимальных пропорций между количественными значениями и тенденциями изменения материальных, технологических и организационных факторов, связанных с функционированием транспортных систем» [18]. Можно выделить несколько классов задач для оптимизации транспортных систем (рисунок 1.10).

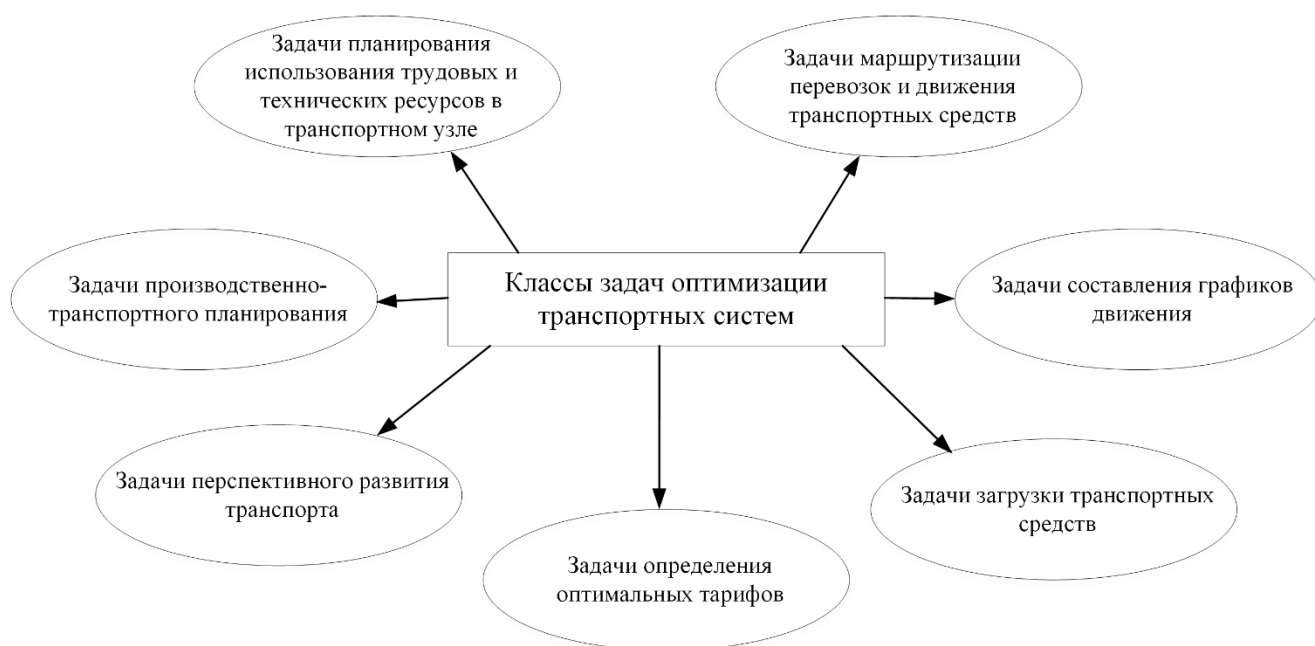


Рисунок 1.10 – Классы задач оптимизации транспортных систем

Получаемый эффект от оптимизации городской транспортной системы можно охарактеризовать не только по отношению к объектам самой системы, но и как внеотраслевой эффект для социально-экономического развития города в целом [63, 69]. «При этом важное значение имеет получение синергетического эффекта от взаимодействия разных видов транспорта, например железнодорожного транспорта в городской пассажирской транспортной системе» [48].

Транспортное моделирование является одним из инструментов для эффективного решения задач оптимизации транспортных систем [65, 66, 67].

Основные цели транспортного моделирования:

- анализ текущей транспортной ситуации и краткосрочный прогноз;
- стратегическое планирование развития транспортной инфраструктуры;
- планирование градостроительной инфраструктуры;
- оптимизация работы общественного транспорта;
- оптимизация организации дорожного движения и др. [23, 91].

В мировой практике существуют три уровня моделирования транспортной системы: микроскопический, мезоскопический и макроскопический [8, 26, 95].

В макроскопических моделях основными параметрами являются:

- плотность и объем трафика;

- разнородность;
- точки зарождения и погашения;
- средняя скорость и т. д.

Применяются макромоделли для анализа уровня транспортного обслуживания и спроса, а также при оценке региональных планов и комплексных транспортных программ.

Микроскопическое моделирование дает более подробные результаты по сравнению с макроскопическим моделированием. Однако микроскопические имитационные модели требуют ввода большего количества параметров в отличие от макроскопических моделей.

Мезоскопические модели сочетают в себе черты макроскопических и микроскопических моделей.

Наряду с ростом потребностей в более совершенных моделях транспортной системы развиваются и методы имитационного моделирования.

«Имитационное моделирование – это разновидность математического моделирования, в котором описание модели задается в виде алгоритмов поведения и взаимосвязи элементов моделируемой системы» [18].

Использование имитационного моделирования обусловлено необходимостью выбора рациональных схем движения и изменения конфигурации дорожной сети [124, 137, 146, 160].

«Имитационный подход применяют, когда параметров много, зависимости не линейны, система имеет качественно различные состояния (непрерывные процессы прерываются дискретными переходами), траекторию во времени (объект эволюционирует), обладает вероятностным поведением и обратными связями. Имитационный подход незаменим, когда нужно сопроводить модель анимационной презентацией (симуляцией). При создании виртуальных тренажеров, моделей движения транспорта и пешеходов это может оказаться главной задачей моделирования» [51].

На рисунке 1.11 показаны этапы работ, которые выполняются при разработке имитационной модели [62].



Рисунок 1.11 – Этапы работ, выполняемые при разработке имитационной модели

«В имитационном моделировании условно выделились четыре основных направления: моделирование динамических систем, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование и системная динамика» [137]. В таблице 1.3 приводятся языки и инструменты имитационного моделирования, которые однозначно, а некоторые условно можно отнести к соответствующим подходам (методологиям) имитационного моделирования [62].

Большое количество программных продуктов для имитационного моделирования транспортных систем требует выбора адекватного соответствующего программного продукта для получения качественного результата при решении разнообразных транспортных задач.

Таблица 1.3 – Языки и инструменты имитационного моделирования [121]

<b>Инструментальные средства имитационного моделирования</b>			
Динамические системы	Системная динамика	Дискретно-событийное моделирование	Агентное моделирование
СЛАМ, Dynamo, CSSL, MIMIC, PACTOLUS, PowerSIM, GASP, Артон, НЕДИС, LabView, Matlab+Simulink, Easy5, МИКС, VisSim, MvStudium, Multisim и др.	AnyLogic, VenSim, Stella, Arena, Dynamo, eMPlant, Tecnomatix, SimBioSys, Plant Simulation, Ithink, Dynamo, Stella, Pilgrim, PowerSim и др.	AnyLogic, Arena, Extend, PowerSim Studio, Witness, FlexSim, Dynamics, GPSS, Quest, SimScript, SIMUL8, SIMULA, Modelling, Enterprise, AutoMod, Taylor Simulation, ProModel и др.	AnyLogic, Mason, Swarm+MAML, Ascape, SimAgent, Ascape, SimBioSys, NetLogo, C++, RePast, AgentSpeak, TeleScript, Java, Oz и др.

На сегодняшний день для моделирования транспортных систем создано большое количество специальных систем имитационного моделирования, таких как EMME/2, PARAMICS, SATURN, PTV Vision, TRANSIMS, «Дорожный менеджер» и др.

Среди российских разработок можно выделить два программных продукта «Дорожный менеджер» и AnyLogic.

AnyLogic – отечественный профессиональный инструмент имитационного моделирования нового поколения, упрощающий разработку моделей и их анализ. Основой для разработки AnyLogic были нововведения в области информационных технологий, теории параллельных взаимодействующих процессов и теории гибридных систем. Эти нововведения упрощают построение сложных имитационных моделей, создают возможность использования одного инструмента при различных стилях моделирования [122].

AnyLogic относится к универсальным программным продуктам, что является одним из оснований для использования данного продукта в научной деятельности. Применяется AnyLogic не только для моделирования транспортных потоков, но и в таких областях, как производство, склад и перевозки, логистика и цепочки поставок, железные дороги, стратегическое планирование, бизнес-процессы и системы обслуживания и т. д. (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Области применения AnyLogic

«Дорожный менеджер» предназначена для имитационного моделирования транспортных потоков на улично-дорожной сети, позволяет наглядно увидеть обстановку в случае различных дорожно-транспортных ситуаций или при изменении конфигурации сети [11].

В программе есть такие возможности, как:

- 1) создание и редактирование модели УДС города или региона;
- 2) калибрование модели транспортных потоков по данным детекторов транспорта;
- 3) симуляция существующих и прогнозируемых транспортных потоков в визуальном режиме наблюдения;
- 4) расчет значений параметров транспортных потоков в ходе симуляции;
- 5) симуляция транспортных ситуаций на модели УДС в визуальном режиме наблюдения;
- 6) расчет схем доставки для заданных транспортных заданий и анализ использования планов перевозок методом имитационного моделирования<sup>1</sup>.

Для создания и последующего анализа модели транспортной сети разработан алгоритм, который также может быть использован для построения других сетей в программе «Дорожный менеджер» (рисунок 1.13).

<sup>1</sup> Разработано на базе данных сайта <http://www.mallenom.ru/>



Рисунок 1.13 – Алгоритм создания модели перекрестка в «Дорожном менеджере»

Наиболее популярной среди зарубежных имитационных программ транспортного моделирования является PTV Vision, которая включает в себя систему микроскопического моделирования транспортного движения PTV Vissim. Она широко и активно применяется для решения транспортных задач во многих странах Европейского Союза и США. Программа предназначена для анализа, реинжиниринга и оптимизации транспортных сообщений.

На рисунке 1.14 представлен спектр задач, решаемых с помощью программного обеспечения PTV Vissim [8].

Для создания имитационной модели в программе PTV Vissim и последующего анализа был разработан алгоритм построения модели (рисунок 1.15).

Таким образом, «программное обеспечение PTV Vissim позволяет создавать имитационную модель участка транспортной сети, визуальное отображение процессов моделирования и анализа. Пакет позволяет управлять системами контроля альтернативных маршрутов и контроля трафика, анализировать емкость стоянок и моделировать потоки различных транспортных средств с пересечениями, пересадками на разных уровнях (автобусный маршрут, железная дорога, метро, эскалатор и т. д.)» [8].



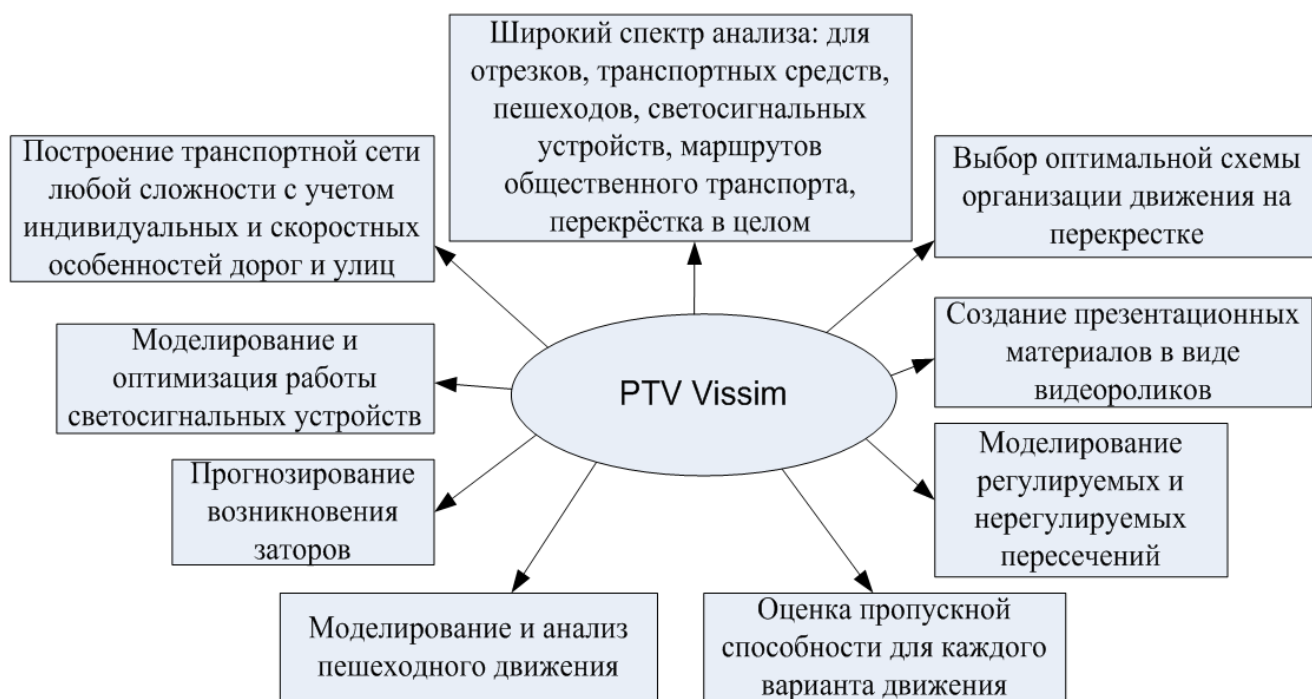


Рисунок 1.14 – Задачи, решаемые с помощью программного обеспечения PTV Vissim<sup>2</sup>

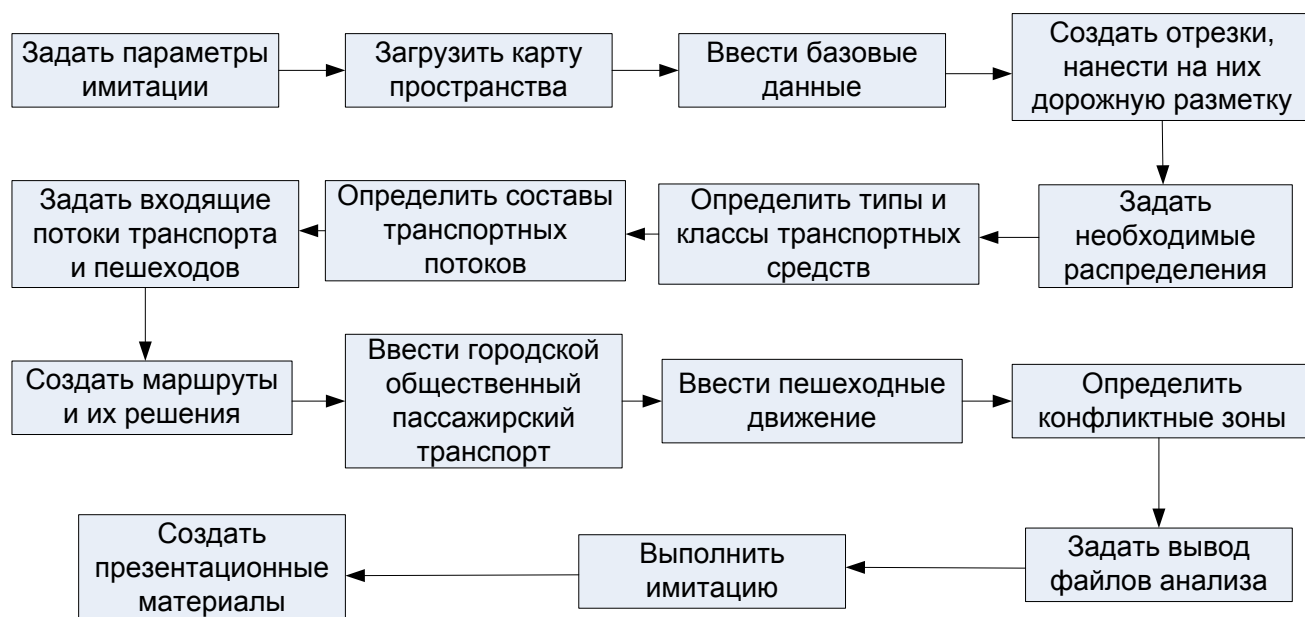


Рисунок 1.15 – Алгоритм создания модели перекрестка в PTV Vissim

Все рассмотренные выше системы обладают удобным графическим интерфейсом, что ускоряет построение транспортной модели. PTV Vissim и «Дорожный менеджер» являются профессиональными специализированными

<sup>2</sup> Разработано на базе данных сайта <http://ptv-vision.ru>.

системами имитационного моделирования и предназначены только для моделирования транспортных потоков. Пакет AnyLogic, в свою очередь, более универсален.

В программах PTV Vissim и «Дорожный менеджер» были созданы модели «организации движения перед РГУПСом» (рисунок 1.16).

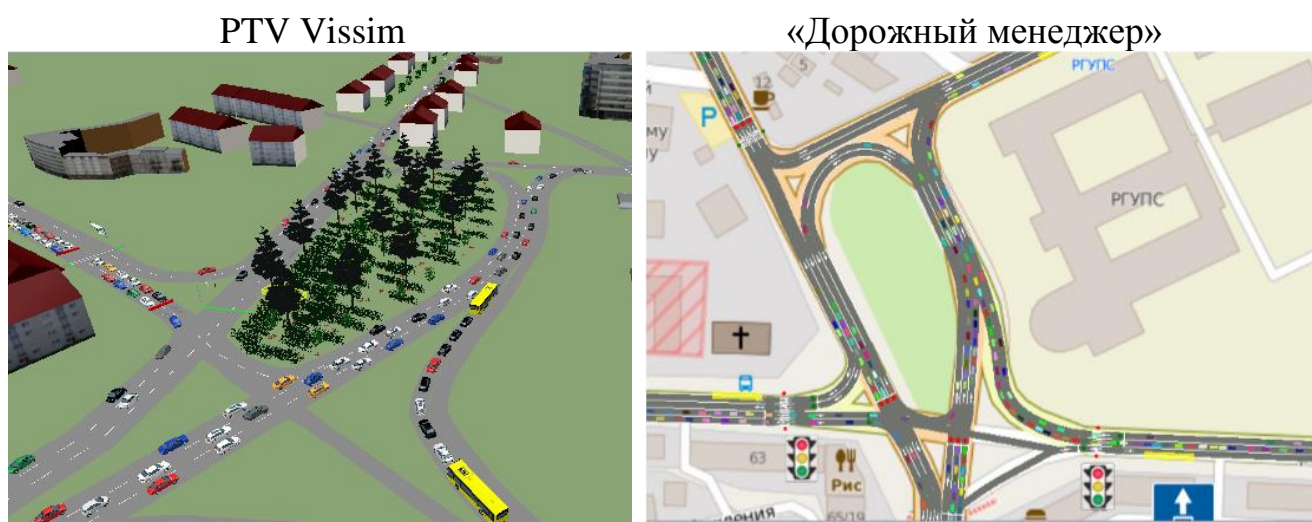


Рисунок 1.16 – Представление имитационных моделей в программах PTV Vissim и «Дорожный менеджер»

В таблице 1.4 приведен сравнительный анализ функции «Дорожного менеджера» и PTV Vissim.

Таблица 1.4 – Сравнительный анализ функции «Дорожного менеджера» и PTV Vissim

Программы	«Дорожный менеджер»	PTV Vissim
<b>Функции</b>		
Поддержка 3D-моделей	-	+
Поддержка пешеходов и велосипедистов	-	+
Детекторы транспортных средств	+	+
Доступный зональный контроль	+	-
Добавление фона	-	+
Общественный транспорт	+	+
Дорожно-транспортные происшествия	+	+
База данных для хранения информации о предыдущих моделированиях	-	+

Представленный анализ может использоваться для оптимизации выбора среды имитационного моделирования транспортно-логистических систем. Описанные инструменты имитационного моделирования решают задачи моделирования транспортных потоков на макро- и микроуровне, такие как транспортный прогноз корреспонденций и потоков, анализ параметров транспортного движения, задержек, простоев и пропускных способностей на локальных участках сети. Важной задачей при моделировании является выбор адекватного соответствующего программного продукта для получения качественного результата при решении разнообразных транспортных задач.

### **Выводы по первой главе**

Рассмотрение транспортных и транспортно-технологических систем в отдельности по видам транспорта позволяет получить оптимальные решения по отношению к предприятиям отдельных видов транспорта, подотраслям транспорта. Значительные затруднения в сбалансированности развития транспортной сети возникают в узлах транспортной сети, где пересекаются не только транспортно-технологические платформы, но и нормативно-правовые, межкорпоративные (межведомственные), организационные, социально-экономические интересы. Научно-практический анализ организации работы транспортных систем в узлах транспортной сети, методических подходов совершенствования их организации позволяют сделать следующие выводы.

1 Системно рассмотрены транспортные проблемы организации работы, возникающие в узлах транспортной сети, предложены методы и мероприятия по их устранению, перечислены виды узлов транспортной сети, которые позволяют адресно формировать технико-технологические решения по их совершенствованию.

2 Рассмотрены подсистемы и структурные элементы городской транспортной системы, формирующие узлы транспортной сети, их организация и взаимодействия в обеспечении перевозок грузов и пассажиров, формировании параметров мобильности населения, доступности городской среды.

3 Проанализировано современное состояние железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети и выделены основные проблемы функционирования автомобильного и железнодорожного транспорта на одноуровневых пересечениях. Представлена классификация железнодорожных переездов в Российской Федерации. В зависимости от места расположения, интенсивности движения и способа регулирования на железнодорожных переездах применяются различные специальные средства регулирования движения для безопасной организации дорожного движения, которые также влияют на организацию движения в зоне тяготения переезда, формируют социально-экономические потери участников движения.

4 Проведен анализ зарубежного и отечественного опыта в исследовании организации работы железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети. Выявлено, что в отечественных руководствах методика по определению задержек транспортных средств и потерь времени на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети базируется в основном на аналитическом методе моделирования, что является существенным фактором, влияющим на достоверность не только оценок состояния движения транспорта не только на узле, но и его влияния на движение сегмента (полигона) сети в зоне его тяготения.

5 Показана необходимость использования транспортного моделирования при разработке мероприятий по решению транспортных проблем в железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети и принятии научно обоснованных решений их реализации. Наряду с ростом потребности в более совершенных моделях транспортной системы наиболее современным подходом является использование имитационно-аналитического (комбинированного) моделирования. Проведен качественный анализ современных программных средств имитационного транспортного моделирования и выявлены их достоинства и недостатки.

6 Сформулированы основные задачи диссертационного исследования, представленные на рисунке 1.17, определена методология и структура диссертационного исследования.

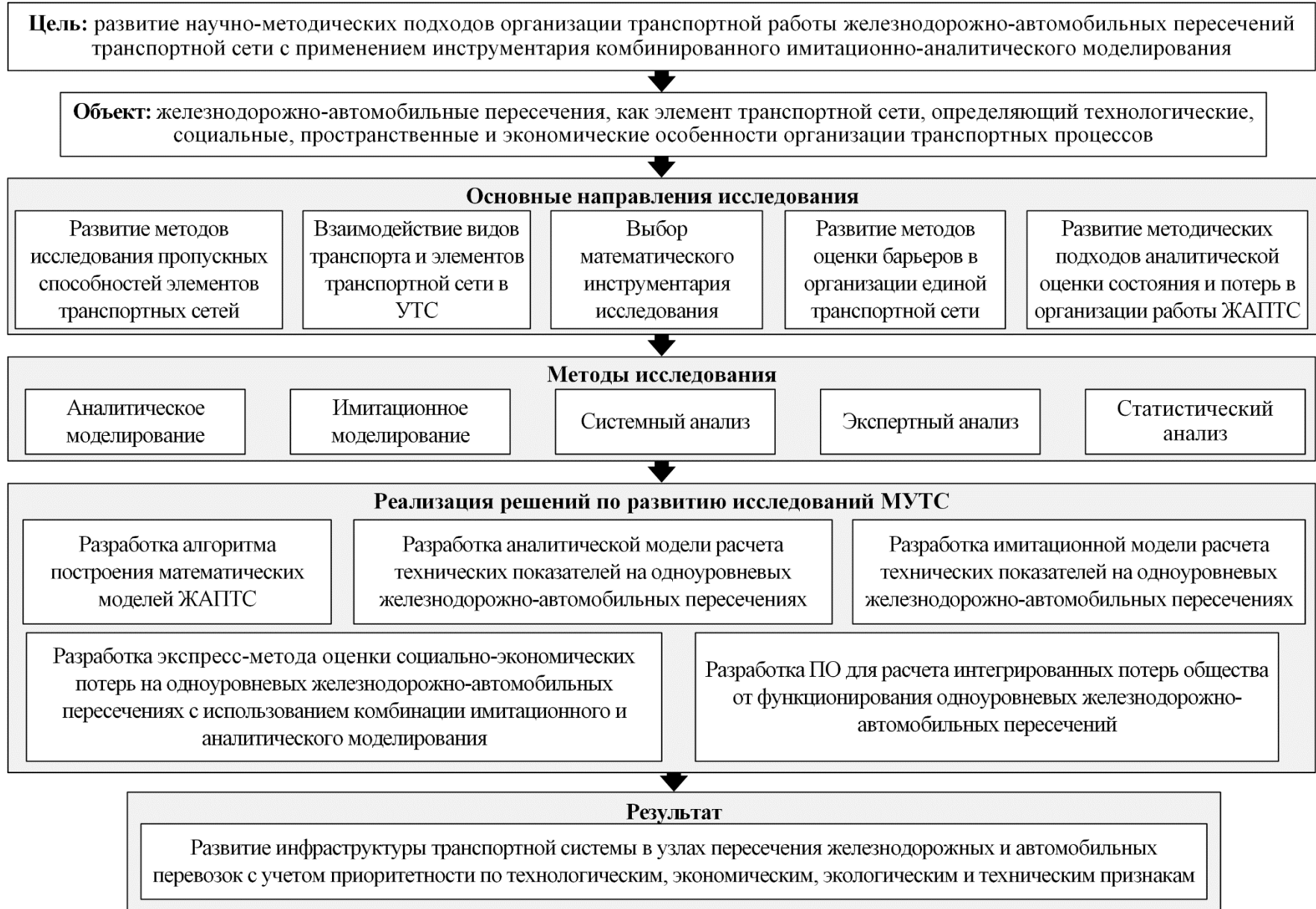


Рисунок 1.17 – Общая схема диссертационного исследования

## ГЛАВА 2. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

### 2.1 Характеристика одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечений

Стремительный рост общей численности парка автотранспортных средств по сравнению с общей протяженностью УДС сопровождается увеличением количества ДТП и плотности транспортных потоков, ростом интенсивности дорожного движения, формированием «узких мест» в транспортной системе страны [76, 151]. Общая численность автомобильного транспорта в России на конец 2018 г. превышала 54 млн единиц (рисунок 2.1) [112]. Ежегодно автомобильный парк в России увеличивается в среднем на 4 %.

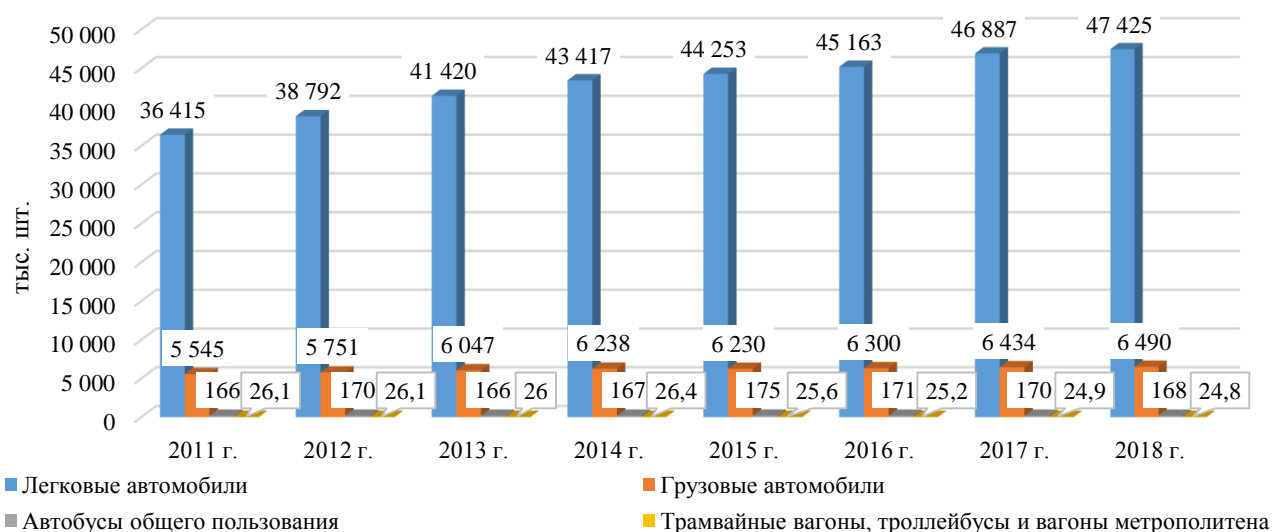


Рисунок 2.1 – Динамика изменения числа транспортных средств в РФ  
за 2011–2018 гг.

Особенно ярко тенденция быстрой автомобилизации проявляется в крупных городах. Например, в г. Ростове-на-Дону на 1000 жителей города приходится 420 автомобилей, а с учетом прибывающего транзитного транспорта – 495 автомобилей [36]. «И в то же время автомобильный парк РФ составляет лишь

3,5 % от численности мирового. На 1000 жителей РФ приходится всего лишь 180 автомобилей, что ниже в 3–4 раза уровня развитых стран» [100]. Приведенные цифры позволяют сделать вывод о том, что тенденция роста транспортных средств будет продолжаться.

«Однако рост числа автомобилей сопровождается отставанием в развитии путей сообщения от потребностей экономики страны, что приводит к существенным потерям (по оценкам отдельных экспертов, потери составляют более 1,3 трлн руб. в год)» [100].

По состоянию на конец 2019 г. протяженность автомобильных дорог РФ составила 1541 тыс. км, железных дорог – 87 тыс. км, что дает возможность России входить в пятерку стран-лидеров по протяженности путей сообщения (рисунок 2.2) [7]. При этом по показателю плотности дорожной сети Российская Федерация уступает многим развитым странам. Для сравнения: плотность автомобильных дорог в Бельгии составляет более 5000 км на 1000 км<sup>2</sup>, что в 56 раз выше, чем показатель России.



Рисунок 2.2 – Протяженность путей сообщения по РФ, тыс. км

Тенденция увеличения железнодорожных перемещений в пригородных поездах и внутригородских сообщениях с использованием железнодорожного

транспорта отслеживается во всех крупных городах. Железная дорога в мегаполисах, преимущественно проходит через центральные части, что приводит к разделению города на относительно изолированные зоны, что препятствует нормальным коммуникациям для жителей смежных районов, а также районов, по территории которых проходят железнодорожные пути. Таким образом железная дорога становится барьером развития мобильности населения (рисунок 2.3). Наличие в городе железнодорожных линий приводит к образованию большого количества внутригородских пересечений с автомобильными и пешеходными дорогами.



Рисунок 2.3 – Железнодорожная инфраструктура, формирующая барьеры развития территории и обеспечения мобильности населения (г. Ростов-на-Дону)

Наличие железной дороги в черте города осложняет передвижение автотранспорта при наличии пересечений в одном уровне за счет необходимости снижения скорости при переезде железнодорожных путей и остановки в случае пропуска железнодорожных составов (рис. 2).



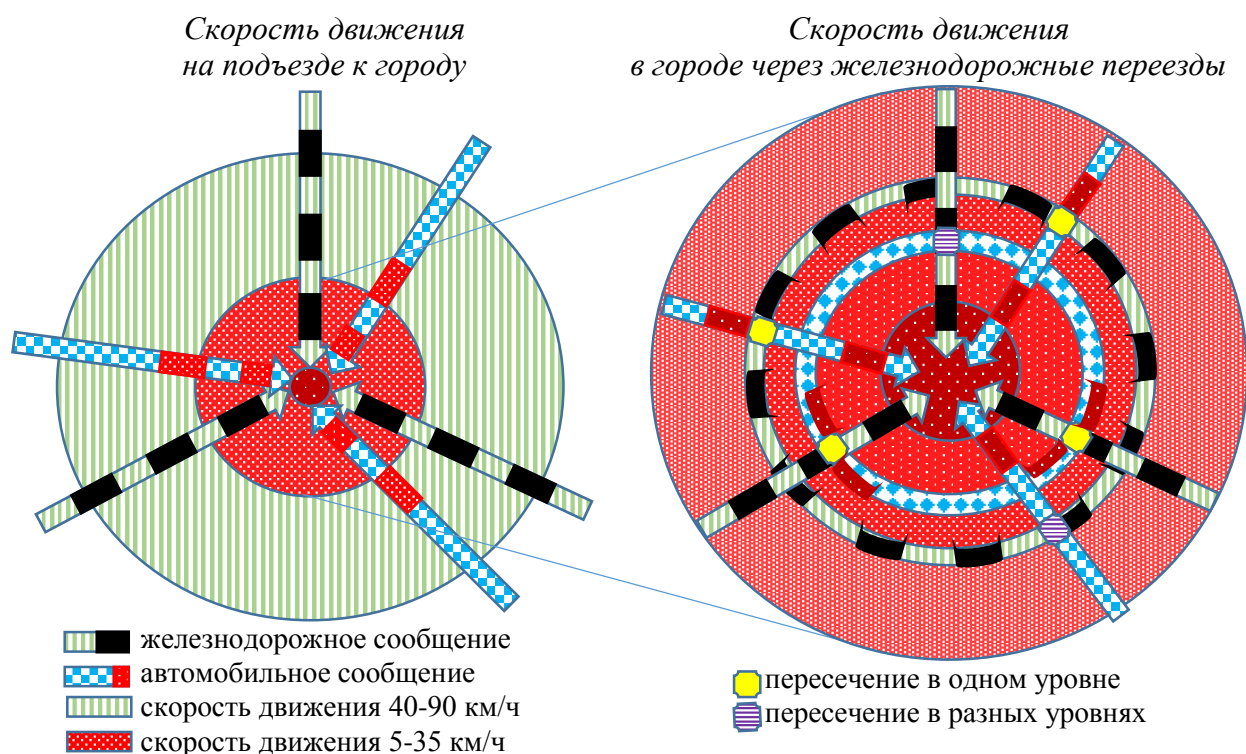


Рисунок 2.4 – Схема средних скоростей движения автомобильного и железнодорожного транспорта в мегаполисе

В связи с увеличением объема перевозок на железнодорожном транспорте и неуклонным ростом числа автотранспортных средств (ежегодный прирост автотранспорта в РФ в среднем составляет более 2 млн единиц техники) обстановка на железнодорожных переездах с каждым годом обостряется. На рисунке 2.5 показана средняя интенсивность движения автотранспортных средств на всех железнодорожных переездах в РФ за 2012–2017 гг. [13].

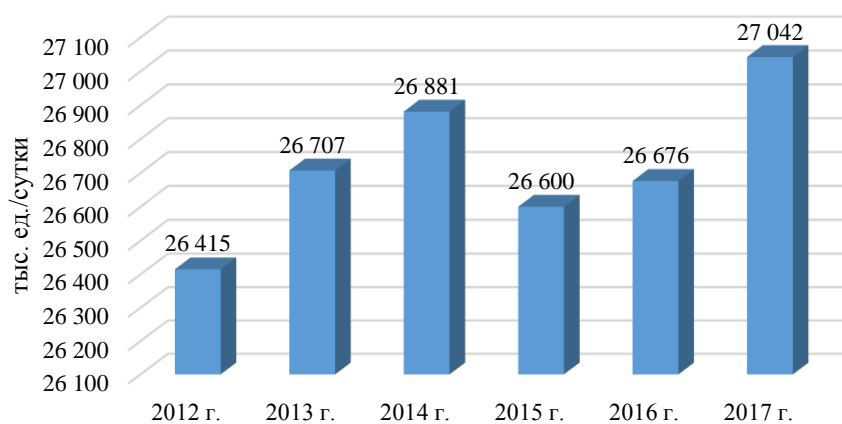


Рисунок 2.5 – Интенсивность движения автотранспортных средств на переезде

Увеличение числа транспортных средств объясняется возрастанием численности населения в мегаполисах и активным строительством жилищных комплексов, в том числе на окраинах городов, что влечет за собой расширение городских границ. Вследствие этого в внутри города образуется большое количество магистральных железнодорожных дорог и промышленных подъездных путей необщего пользования, что приводит к образованию множества внутригородских пересечений с автомобильными дорогами и улицами [7].

На железнодорожных линиях ОАО «РЖД» на конец 2018 г. эксплуатировалось свыше 10,5 тыс. железнодорожных переездов, из которых 2,3 тыс. переездов обслуживаются дежурными работниками железнодорожного транспорта; 6,4 тыс. переездов оборудованы автоматической сигнализацией и 1,8 тыс. переездов нерегулируемые. Свыше 80 % переездов РФ расположены в европейской части страны. На рисунке 2.6 приведено процентное соотношение числа железнодорожных переездов по способу регулирования в РФ в 2018 г.

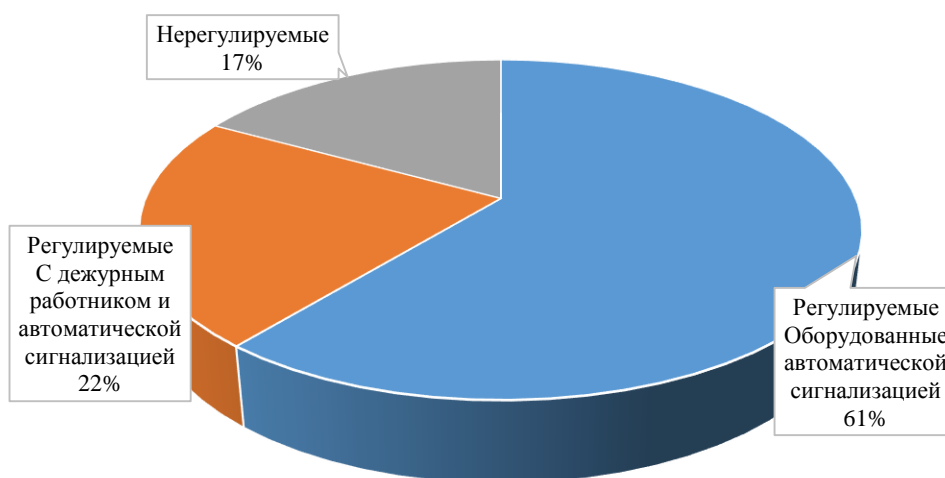


Рисунок 2.6 – Процентное соотношение числа железнодорожных переездов по способу регулирования на железнодорожных линиях ОАО «РЖД»

Главной задачей многих развитых стран в области повышения безопасности и увеличении пропускной способности железнодорожного переезда является сокращение числа переездов путем строительства разноуровневых путепроводных развязок. Например, в Швеции за 5 лет сокращение переездов составило 30 %.

«По вопросам повышения уровня безопасности на железнодорожных переездах ОАО «РЖД» проводит целенаправленную работу с органами власти субъектов Российской Федерации. В первую очередь предусматривается сокращение количества железнодорожных переездов за счет строительства путепроводов и перевода на них движения автотранспорта» [27].

Согласно разработанным долгосрочным программам [90, 96] в РФ предпринимаются определенные меры по повышению безопасности дорожного движения на железнодорожных переездах и сокращению их количества. На дорогах федерального значения за 2016 г. были построены 33 транспортные развязки в разных уровнях на пересечениях железнодорожных путей и автомобильных дорог, что дало возможность увеличить их общее количество почти на 7 % (рисунок 2.7) [114].

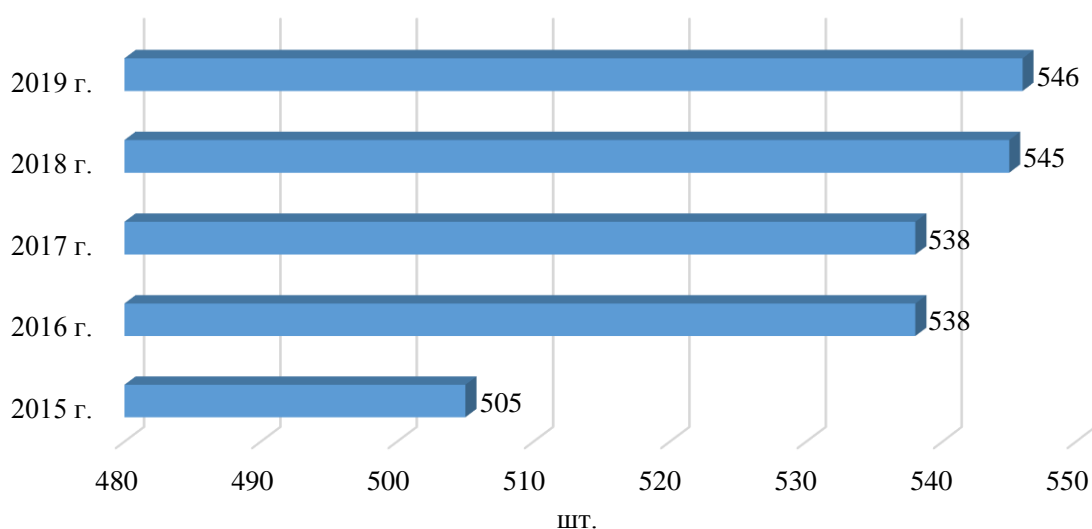


Рисунок 2.7 – Число транспортных развязок в разных уровнях на пересечениях железнодорожных путей и автомобильных дорог на дорогах федерального значения

За период с 2012 по 2018 г. по программе модернизации число железнодорожных переездов сократилось на 5 %, с 11 114 до 10 544 переездов (рисунок 2.8) [112].

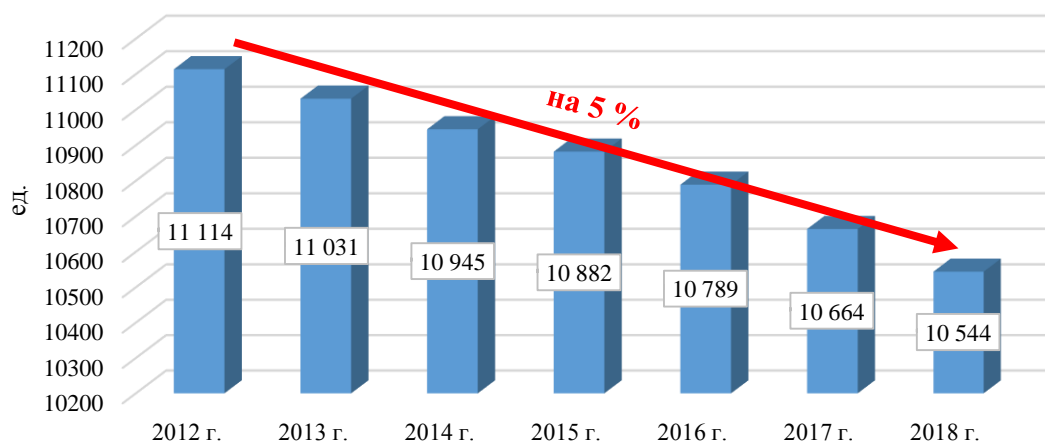


Рисунок 2.8 – Динамика сокращения числа железнодорожных переездов в России за 2012–2018 гг.

Основная причина уменьшения числа переездов связана с закрытием переездов с неинтенсивным движением автомобильного транспорта и заменой части переездов разноуровневыми развязками. Несмотря на закрытие железнодорожных переездов и сокращение их общей численности, количество пересечений железнодорожных путей с автомобильными дорогами в одном уровне остается высоким (в среднем один переезд на 8 погонных километров эксплуатационной длины линий общего пользования ОАО «РЖД» [14, 133]).

Железнодорожно-автомобильные пересечения, расположенные в одном уровне с автомобильной дорогой, с ростом интенсивности движения автотранспорта требуют модернизации, что влечет за собой необходимость оценки и пересмотра способа пересечения. Возможные мероприятия по снижению барьеров при организации движения при пересечении автомобильного и железнодорожного сообщения представлены в таблице 2.1.

Одним из методов снижения барьеров в городе является перенос железной дороги за пределы города, который требует огромных экономических затрат. Строительство объездных железных дорог города обеспечит:

- 1) увеличение скорости движения автомобильного транспорта по улично-дорожной сети;
- 2) снижение барьерного эффекта железнодорожного коридора на развитие города;

3) устранение одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечений и связанных с ними рисков;

4) повышение безопасности автомобильных и железных дорог за счет устранения конфликтов между поездами и транспортными средствами / пешеходами;

5) улучшенные меры реагирования на чрезвычайные ситуации, которые в настоящее время нарушаются из-за закрытия переездов и др.

Таблица 2.1 – Мероприятия по снижению барьеров при организации движения при пересечении автомобильного и железнодорожного сообщения

Мероприятия	Способ сообщения		
	Железнодорожный транспорт	Автомобильный транспорт	Пешеходы и сообщество
Замена переезда разноуровневым пересечением	Увеличивается скорость, уменьшается эксплуатационные расходы	Уменьшается число ДТП, снижается загрязнение экологии и расхода армотизации ТС в связи с уменьшения задержки транспортных средств и	Уменьшается шум сигнала светофора и звуковой сигнал поезда, улучшается доступность передвижение по городу
Закрытие переезда	Увеличивается скорость, уменьшается эксплуатационные расходы	Снизится количество ДТП на переезде, но увеличивается перепробег, уменьшается число маршрутов до конечного пункта и увеличивается нагрузка на другие узлы УДС	Уменьшается шум сигнала светофора и звуковой сигнал поезда, но ухудшается доступность передвижение по городу
Построение разноуровневых пешеходных переходов	–	–	Повышенная безопасность

Привлекательность железнодорожных перевозок в городской черте возможно оценить в стоимостных критериях, которые имеют противоположные интересы для пассажиров, использующих железнодорожный транспорта и владельцев автотранспортных средств. Железнодорожный транспорт позволяет организовать массовое перемещение пассажиров по графику движения, экономя время, затрачиваемое на поездку и как следствие затраты, но, наличие

железнодорожных переездов в одном уровне в черте города влечет за собой потери для автовладельцев уличного транспорта. Вопросы потерь автомобильного и железнодорожного транспорта на переездах изучен в работе, они обусловлены задержкой – снижением скорости и остановки подвижного состава и транспортных средств. Схематически графики зависимости потерь ( $Z_a(P)$ ) и выгод ( $V_{ж}(P)$ ) от интенсивности движения через переезды на автомобильном и железнодорожном транспорте соответственно представлены на рисунке 2.9.

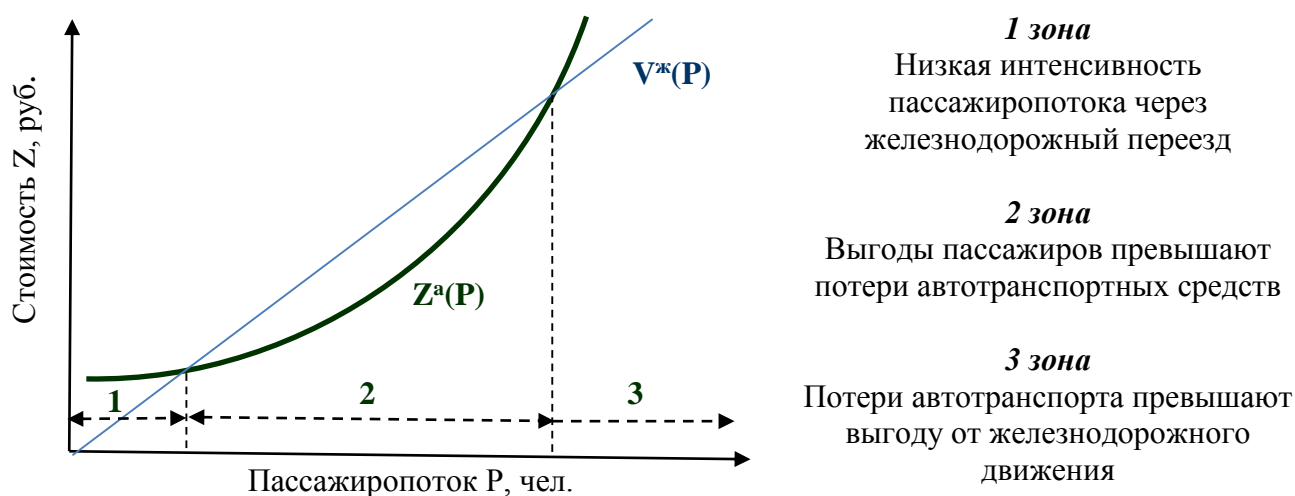


Рисунок 2.9 – Схема зависимостей затрат (потерь) и выгод от пассажиропотока через железнодорожно-автомобильные пересечения в одном уровне

Согласно графику потерь и выгод (рисунок 2.9), можно выделить 3 зоны: 1 зона – при низкой интенсивности через переезд, когда железнодорожное движение не оказывает существенного влияния на пропускную способность УДС; 2 зона – выгоды пассажиров превышают потери автотранспортных средств в связи с чем необходимо применять регулирующие воздействия для организации пропуска транспортных средств через переезд; 3 зона – потери автотранспорта превышают выгоду от железнодорожного движения и здесь необходимо поднимать вопрос о строительстве разноуровневых пересечений.

## 2.2 Анализ аварийности на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях

Одноуровневые железнодорожно-автомобильные пересечения – объекты повышенной опасности, где по Правилам дорожного движения РФ железнодорожный транспорт имеет преимущество перед другими участниками движения.

Основными факторами, влияющими на безопасность движения на железнодорожном переезде, являются человек, окружающая среда, техника, технология. Основной причиной дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на железнодорожных переездах являются грубые нарушения водителями автомобильного транспорта правил проезда железнодорожных переездов. «По статистике, практически все ДТП на переездах происходят именно по вине автомобилистов. Они проезжают на красный сигнал переездных светофоров, объезжают закрытые шлагбаумы, выезжают на проезжую часть переездов в момент приближения поезда» [44].

ДТП на железнодорожных переездах не только сопровождаются возникновением несчастных случаев и нанесением вреда здоровью, но и другими неблагоприятными последствиями:

- повреждением подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры;
- ущербом окружающей среде;
- задержкой движения поездов и изменениями в расписании движения поездов;
- затратами на расследование несчастного случая;
- затратами на дежурства службы экстренной помощи на месте происшествия;
- репутационным ущербом железной дороге и снижением спроса на железнодорожные услуги из-за задержек [86, 89, 106, 116].

Таким образом, социально-экономические потери, возникающие в результате ДТП, можно разделить на две группы: прямые и косвенные (рисунок 2.10) [129].

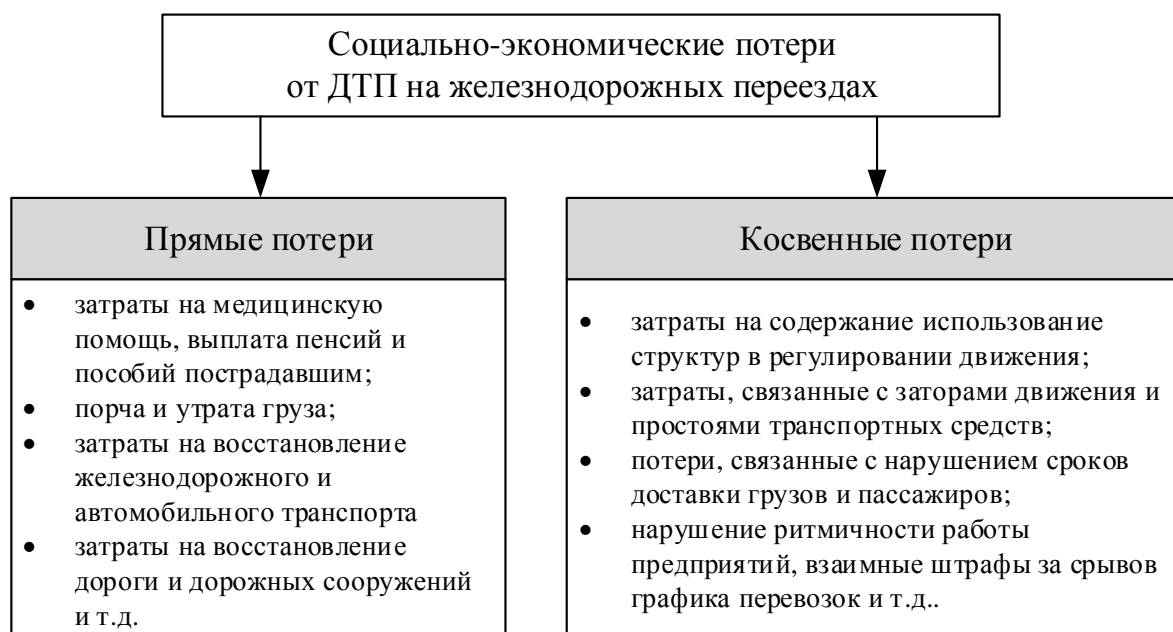


Рисунок 2.10 – Классификация социально-экономических потерь от ДТП на железнодорожном переезде

Аварийность на железнодорожных переездах остается всё ещё весьма высокой, как и связанные с ней экономические потери [49, 53, 132]. Как показывает анализ основных показателей аварийности в зоне переездов, сокращение числа железнодорожных переездов не приводит к уменьшению ДТП на оставшихся переездах. В среднем за год на 100 железнодорожных переездах России регистрируется 2–2,5 ДТП, классифицируемых как столкновение подвижного состава железных дорог с автотранспортом. На рисунке 2.11 представлена динамика изменения числа ДТП на железнодорожных переездах РФ за последние 5 лет [87].

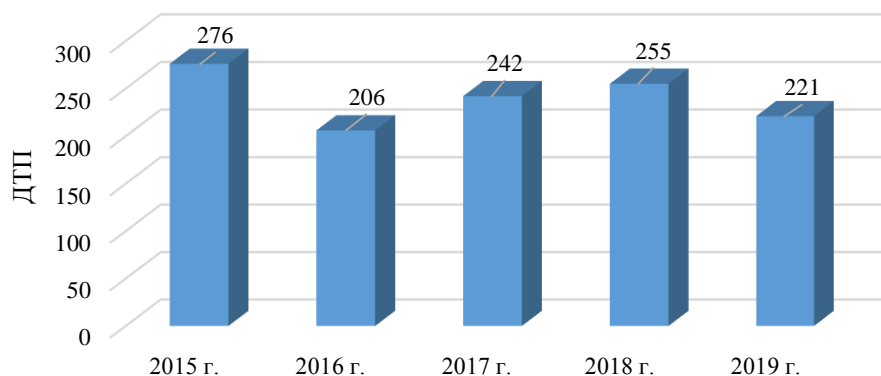


Рисунок 2.11 – Число ДТП на железнодорожных переездах РФ за 2015–2019 гг.



В 2018 году на железнодорожных переездах РФ было зарегистрировано 255 ДТП, что на 5 % больше 2017 года. Каждая авария на железнодорожных переездах в лучшем случае сопровождается причинением морального и материального ущерба, вреда здоровью, а в худшем – гибелью людей. В 2018 году в результате столкновений на переездах РФ общее число пострадавших составило 321 человек, а несчастных случаев со смертельным исходом – 78. По сравнению с прошлым годом число погибших меньше на 16, а с пятилетним средним значением – больше на 4.

На рисунке 2.12 приводится статистика по погибшим и пострадавшим в результате ДТП на переездах в РФ за последние 5 лет.

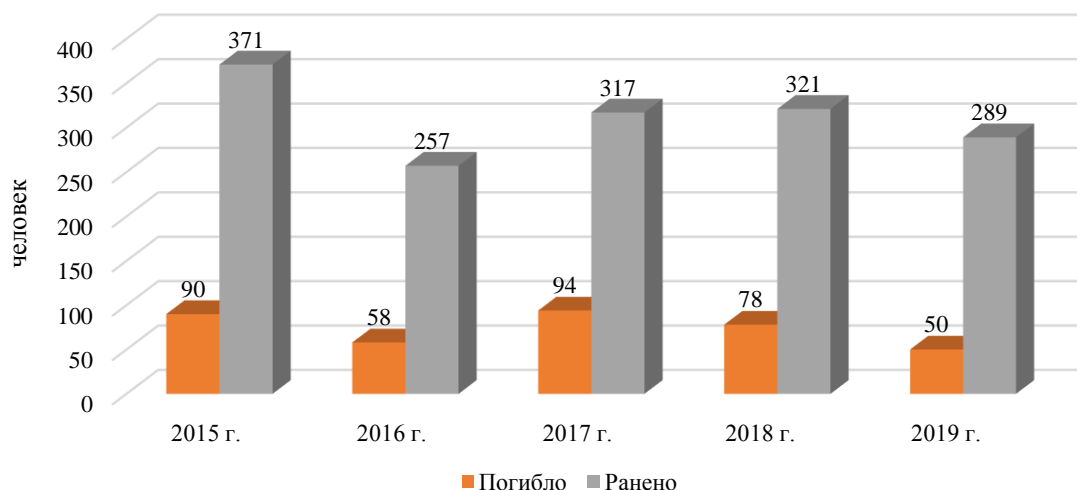


Рисунок 2.12 – Число погибших и пострадавших в результате ДТП на переездах в РФ

Также, несмотря на усилия структурных подразделений дирекции инфраструктуры, положительных результатов в дисциплине водителей транспортных средств добиться не удастся. Так, среди нарушений водителями транспортных средств правил проезда железнодорожных переездов большая часть связана с проездом на запрещающий сигнал переездной сигнализации [86].

Тем временем между количеством железнодорожных переездов и аварийностью на сети дорог наблюдается достаточно слабая зависимость: коэффициент парной корреляции составляет 0,525. Сопоставление роста

автомобилизации с количеством железнодорожных переездов в России выявляет высокую отрицательную зависимость: коэффициент парной корреляции составляет 0,971.

С помощью регрессионного анализа можно получить следующие зависимости.

1 Зависимость среднегодового числа ДТП на переезде ( $N_{\text{ДТП}}$ ) от:

а) числа железнодорожных переездов в РФ ( $N_{\text{переезд}}$ ):

$$N_{\text{ДТП}} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot (N_{\text{переезд}})^3 - 0,522 \cdot (N_{\text{переезд}})^2 + 5575,6 \cdot N_{\text{переезд}} - 2 \cdot 10^7;$$

б) интенсивности движения автотранспортных средств через все железнодорожные переезды РФ ( $N_{\text{инт. переезд}}$ ):

$$N_{\text{ДТП}} = 2 \cdot 10^{-9} \cdot (N_{\text{инт. переезд}})^2 - 0,1238 \cdot N_{\text{инт. переезд}} + 2 \cdot 10^6;$$

в) числа автотранспортных средств в РФ ( $N_{\text{авт}}$ ):

$$N_{\text{ДТП}} = 3 \cdot 10^{-11} \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0024 \cdot N_{\text{авт}} + 55\,180.$$

2 Зависимость среднегодового числа погибших при ДТП на переезде ( $N_{\text{ГБ}}$ ) от:

а) числа железнодорожных переездов в РФ ( $N_{\text{переезд}}$ ):

$$N_{\text{ГБ}} = 10^{-5} \cdot (N_{\text{переезд}})^3 - 0,439 \cdot (N_{\text{переезд}})^2 + 4700 \cdot N_{\text{переезд}} - 2 \cdot 10^7;$$

б) интенсивности движения автотранспортных средств через все железнодорожные переезды РФ:

$$N_{\text{ГБ}} = 10^{-9} \cdot (N_{\text{инт. переезд}})^2 - 0,063 \cdot N_{\text{инт. переезд}} + 845\,150;$$

в) числа автотранспортных средств в РФ ( $N_{\text{авт}}$ ):

$$N_{\text{ГБ}} = 8 \cdot 10^{-12} \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0007 \cdot N_{\text{авт}} + 16\,384.$$

3 Зависимость среднегодового числа пострадавших при ДТП на переезде ( $N_{\text{ПС}}$ ) от:

а) числа железнодорожных переездов в РФ ( $N_{\text{переезд}}$ ):

$$N_{\text{ПС}} = 3 \cdot 10^{-5} \cdot (N_{\text{переезд}})^3 - 0,915 \cdot (N_{\text{переезд}})^2 + 9780 \cdot N_{\text{переезд}} - 3 \cdot 10^7;$$

б) интенсивности движения автотранспортных средств через все железнодорожные переезды РФ:

$$N_{\text{ПС}} = 4 \cdot 10^{-9} \cdot (N_{\text{инт. переезд}})^2 - 0,2021 \cdot N_{\text{инт. переезд}} + 3 \cdot 10^6;$$

в) числа автотранспортных средств в РФ ( $N_{\text{авт}}$ ):

$$N_{\text{ПС}} = 4 \cdot 10^{-11} \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0035 \cdot N_{\text{авт}} + 80\,991.$$

### **2.3 Проблема безопасности и методы контроля управления движением на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях**

В целом исследования безопасности железнодорожных переездов можно разделить на три категории: технические решения, национальные и международные программы безопасности и образовательные кампании [136].

Согласно [101], наиболее важный подход для повышения уровня безопасности на железнодорожных переездах – осуществление оценки, при котором одинаково важно сотрудничество между автодорожным и железнодорожным секторами, непрерывное обучение участников дорожного движения, внедрение новых технических решений для систем защиты переезда и оценки эффективности реализованных мер безопасности.

В 2018 году в рамках пилотного проекта 16 наиболее аварийно опасных железнодорожных переездов в Краснодарском регионе были оснащены средствами фото-видеофиксации. На 10 переездах выполнен капитальный ремонт (ремонт устройств заграждения (УЗП), укладка резинокордового настила, асфальтирование проезжей части). На 19 переездах Северо-Кавказской магистрали улучшено электроснабжение. На 5 переездах завершены работы по оборудованию устройствами заграждения. Кроме того, выполнены проектные работы по оборудованию четырех переездов устройствами заграждения. В 2018 г. в развитие и обновление железнодорожной инфраструктуры Грозненского региона было инвестировано 730 млн рублей.

Для повышения безопасности движения переезды в зависимости от категории могут оборудоваться заградительной и переездной сигнализацией, шлагбаумами, устройствами заграждения переезда и даже противотаранными устройствами (рисунок 2.13).



Рисунок 2.13 – Устройства и оборудования для регулирования переездов

Наиболее целесообразными мерами по повышению безопасности переездов являются конструирование заградительного устройства железнодорожного переезда и установка двойных автоматических шлагбаумов. Впервые внедрение устройств заграждения железнодорожного переезда (УЗП) было осуществлено в 1996 г., что позволило сократить аварийность на переездах. УЗП предназначены для предотвращения несанкционированного въезда автотранспортных средств на железнодорожный переезд в результате поднятия крышки на определенную высоту при опущенном шлагбауме и запрещающем показании светофора (рисунок 2.14).

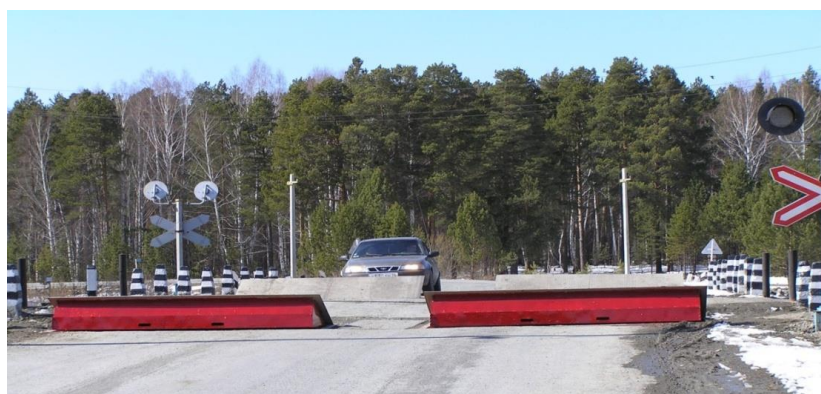


Рисунок 2.14 – Устройство заградительное железнодорожного переезда

Для обеспечения безопасности и управления движением транспортных средств на железнодорожных переездах используются различные виды технических устройств в зависимости от категории и места расположения переезда. Учитывая высокий уровень аварийности на железнодорожных переездах, используемых мер безопасности недостаточно. Для снижения аварийности на российских железных дорогах возникает необходимость разработки и внедрения новых информационных технологий [54, 113, 125].

Одной из таких технологий является установка камер Mobotix на переездах (приложение А, рисунок 1). Установленные камеры записывают происходящее в зоне железнодорожного переезда. Полученную информацию камеры по направленному Wi-Fi-каналу передают на специальные видеотерминалы, которые расположены в кабине локомотива. Такое оборудование дает возможность отображения служебной информации для машиниста. Встроенные датчики способны распознать наличие посторонних объектов на железнодорожном переезде и передать видеосигнал машинисту при наступлении тревожных событий. Благодаря этому у машиниста остается достаточно времени для быстрого реагирования и принятия правильного решения [34, 84].

Аналогичный принцип работы для обеспечения безопасности на железнодорожном переезде имеет проект «Интеллектуальная система защиты переездов». В его основу входит принцип взаимодействия с Глобальной навигационной спутниковой системой (ГЛОНАСС), с помощью которой передается информация водителям и машинистам о ситуации на переезде. Передача потокового видеосигнала в зоне железнодорожного переезда дает возможность обеспечивать двухстороннюю связь между автомобильным и железнодорожным транспортом. Видеотерминал, находящийся в кабине локомотива, позволяет машинисту отслеживать обстановку на переезде [28]. Использование системы ГЛОНАСС помогает водителям автомобильных средств определять местоположение, направление и скорость локомотива в режиме реального времени [12, 24].

Также для обеспечения безопасности движения предлагается устанавливать на железнодорожных переездах мониторы, информирующие о времени закрытия и открытия переезда (приложение А, рисунок 2). Благодаря цифровым информаторам водители автомобильного транспорта смогут спланировать свои маршруты и тем самым сократить время в пути [28].

При внедрении перечисленных информационных технологий на железнодорожных переездах не только повысится безопасность движения, но и увеличится пропускная способность переезда, уменьшатся расходы на содержание и эксплуатацию железнодорожных пересечений.

#### **2.4 Анализ железнодорожных переездов Северо-Кавказской железной дороги**

На Северо-Кавказской железной дороге (СКЖД) к началу 2020 года насчитывалось 870 железнодорожных переездов, из которых 824 – переезды общего пользования, а 46 (5 %) – необщего пользования. К первой категории относятся 86 переездов, ко второй – 177 (20 %), к третьей – 165 (19 %), и к четвертой – 442 (51 %). Железнодорожные переезды СКЖД расположены на территориях Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. Наибольшее количество переездов находится на территории Краснодарского края и Ростовской области (рисунок 2.15).

Для обеспечения безопасности дорожного движения на СКЖД 661 переезд оборудован переездной сигнализацией, из них: автоматической светофорной сигнализацией – 509 (77 %), автоматической светофорной сигнализацией с белолунным мигающим огнем – 96 (15 %), светофорной сигнализацией – 42 (6 %), оповестительной сигнализацией – 14 (2 %). На 130 (15 %) переездах уложен железобетонный настил, на 469 (54 %) – резинокордовый настил, на 15 (2 %) – металлический настил.

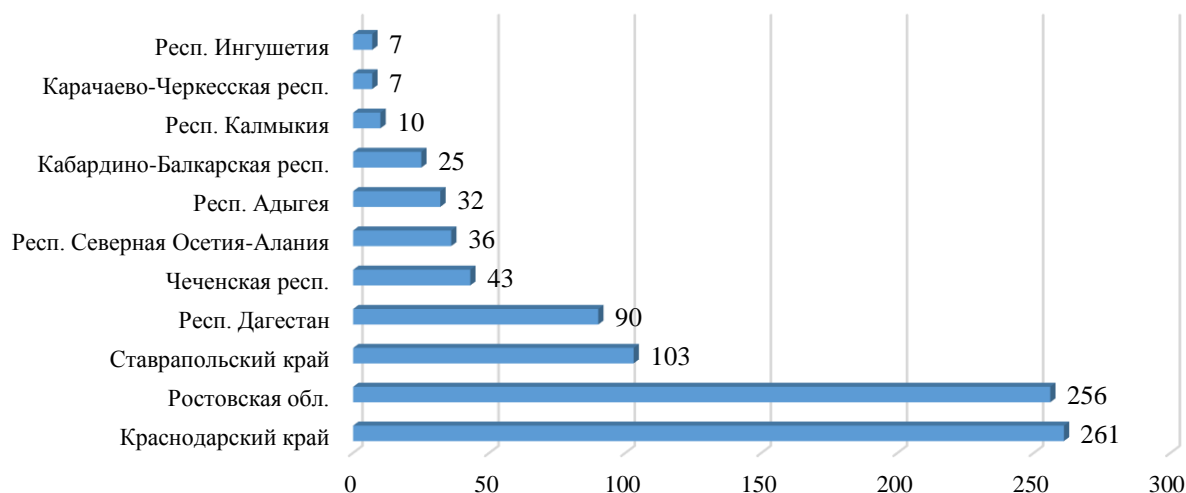


Рисунок 2.15 – Количество железнодорожных переездов на СКЖД по субъектам РФ

На 81 переезде (9 %) установлено специальное техническое оборудование для фото- и видеофиксации нарушений, 173 переезда (20 %) оборудованы устройствами заграждения переезда, 225 переездов (26 %) охраняются дежурными работниками.

На конец 2019 г. на железнодорожных переездах СКЖД произошло 35 ДТП. По сравнению с прошлым годом число ДТП на 25 % уменьшилось (2018 г. – 47 ДТП). Большая часть ДТП произошли на регулируемых неохраемых переездах из-за нарушения правил дорожного движения (ПДД) по вине водителей автомобильного транспорта. На рисунке 2.16 приводится количество ДТП на Северо-Кавказской железной дороге по месяцам.

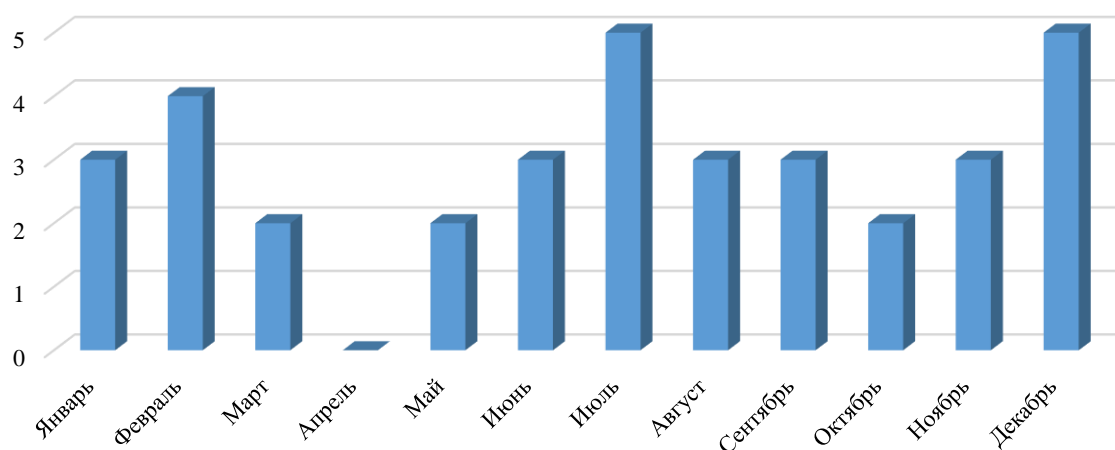


Рисунок 2.16 – Количество ДТП на СКЖД за 2019 г. по месяцам

В результате произошедших за 2019 г. ДТП пострадали 28 человек, из них погибли 7 человек. Общая задержка поездов составила 26 ч 17 мин. Общий материальный ущерб СКЖД от ДТП составил 5 млн руб. Причиной всех ДТП явилось несоблюдение правил дорожного движения водителями транспортных средств.

### **Выводы по второй главе**

Определяя одноуровневые железнодорожно-автомобильные пересечения как технологические барьеры развития пропускной способности транспортной сети, по результатам исследования можно сделать следующие выводы.

1 Стремительный рост уровня автомобилизации по сравнению с общей протяженностью улично-дорожной сети обуславливает возникновение проблем в организации и управлении дорожным движением, что приводит к появлению «узких мест» и увеличению нагрузки в узлах транспортной сети. В городской транспортной системе узлами транспортной сети чаще всего являются пересечения автомобильных и железных дорог на одном уровне. Ввиду отсутствия разноуровневых пересечений растут задержки транспортных средств, ухудшаются условия движения транспортных потоков, увеличивается аварийность, формируются относительно изолированные зоны – районы в городской среде.

2 Выявлены основные причины возникновения дорожно-транспортных происшествий на железнодорожном переезде и виды социально-экономических потерь общества и государства. Анализ динамики основных показателей аварийности в зоне переездов показал, что тенденции снижения дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах не наблюдается, что связано с опережающим увеличением интенсивности движения по сравнению с эффектами, достигаемыми за счет организационно-технических и технологических решений.

3 Проведен регрессионный анализ статистики ДТП на переездах. Показатели безопасности движения на железнодорожных переездах Российской Федерации



свидетельствуют о том, что среднегодовое число ДТП тесно зависит от числа железнодорожных переездов, количества автотранспортных средств и интенсивности движения транспортных средств по переездам.

4 Исследованы методы контроля управления движением на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях. Основными мероприятиями по повышению безопасности движения на железнодорожных переездах России являются конструирование заградительных устройств железнодорожного переезда, установка двойных автоматических шлагбаумов, использование современных информационных технологий и ГЛОНАСС.

### **ГЛАВА 3. ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

#### **3.1 Объектная модель городской транспортной системы в оптимальном управлении**

Увеличение числа транспортных средств и отставание развития транспортной сети приводят к росту задержек транспорта, образованию очередей и пробок, увеличению аварийности на дорогах [4, 118]. Реконструкция существующих и развитие новых элементов городской транспортной системы для устранения указанной диспропорции требуют внедрения интеллектуальных систем транспортного моделирования и использования современных методов планирования дорожного движения. Эффективное решение задач такого рода практически невозможно без использования аппарата математического моделирования транспортных систем [99, 103].

Разработка адекватных математических моделей процессов взаимодействия участников дорожного движения предусматривает формализацию элементов транспортной инфраструктуры, системы организации дорожного движения, системы управления движением и др. Эффективным классом моделей формализации описания и реализации задач моделирования городских транспортных систем являются имитационные модели [11, 98].

Главное отличие имитационных моделей от аналитических состоит в способности отобразить объект на любом уровне детализации. При этом сложным этапом построения имитационных моделей является выбор уровня детализации, т. к. каждая модель создается под определенные задачи. Например, задачи по локальному изменению организации дорожного движения и задачи, связанные с масштабным транспортным или градостроительным планированием подразумевают создание модели с разным уровнем детализации. Уровень

детализации определяет дальнейшие этапы планирования и работы, начиная со сбора данных и заканчивая выдачей результатов работы. Для решения вышеперечисленных задач требуется гибкая имитационная технология управления транспортными потоками на основе декомпозиции моделей с наследованием свойств объектов предметной области в иерархическом подчинении [17].

Основными задачами декомпозиции предметной области являются задачи определения классов объектов, из которых будут конструироваться модели в данной предметной области с учетом поставленных целей исследования [78].

Модель предметной области транспортной модели дорожного движения представляется с помощью объектно ориентированного проектирования (рисунок 3.1).

$$M_{\text{ц}} = \{M_{\text{цМ1}}, M_{\text{цМ2}}, M_{\text{цМ3}}, M_{\text{цМ4}}, M_{\text{цМ5}}, M_{\text{цМ6}}\}, \quad (3.1)$$

где  $M_{\text{ц}}$  – транспортная модель дорожного движения;

$M_{\text{цМ1}}$  – модель транспортного потока;

$M_{\text{цМ2}}$  – модель улично-дорожной сети;

$M_{\text{цМ3}}$  – модель зонального управления;

$M_{\text{цМ4}}$  – модель технических средств организации дорожного движения;

$M_{\text{цМ5}}$  – модель окружающей среды;

$M_{\text{цМ6}}$  – модель управления транспортным средством.

Объектом управления в системе дорожного движения является транспортный поток ( $M_{\text{цМ1}}$ ), описываемый совокупностью признаков, характеризующих процесс движения:

$$M_{\text{цМ1}} = \{\text{ПЦМ}_1, \text{ПЦМ}_2, \text{ПЦМ}_3, \text{ПЦМ}_4\}. \quad (3.2)$$

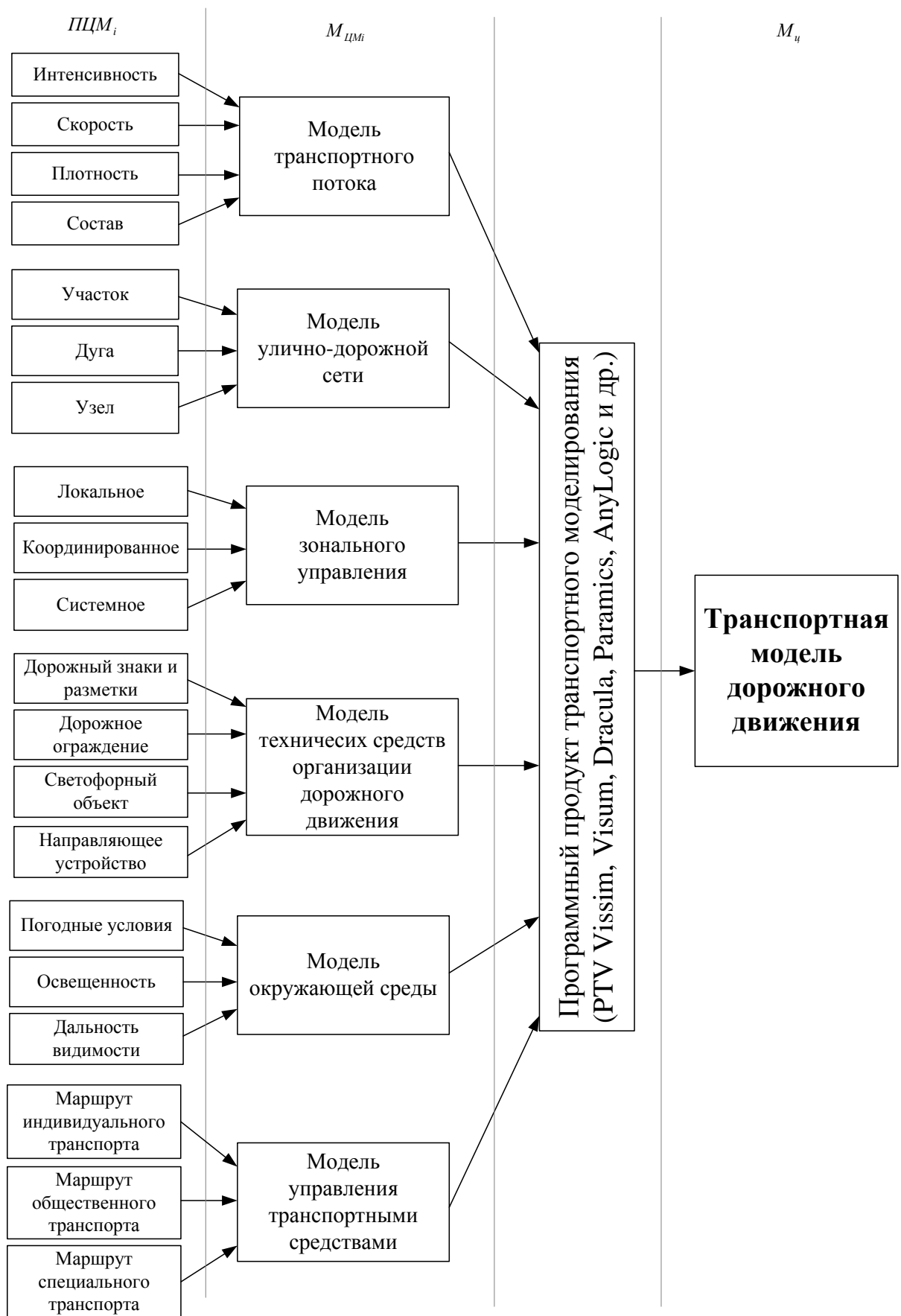


Рисунок 3.1 – Декомпозиция предметной области «Управление транспортной системой» на классы объектов

1) Интенсивность движения ( $\text{ПЦМ}_1$ ) характеризуется общим количеством транспортных средств, проезжающих на участке за определенную единицу времени (за сутки – авт/сут, или за один час – авт/ч):

$$N_a = \frac{n_a}{t}. \quad (3.3)$$

2) Скорость движения транспортных средств ( $\text{ПЦМ}_2$ ) измеряется в м/с или км/ч.

3) Плотность транспортного потока ( $\text{ПЦМ}_3$ ) – количество транспортных средств, находящихся на определенном участке дороги (авт/км или авт/м).

4) Состав транспортного потока ( $\text{ПЦМ}_4$ ) определяется типом транспортных средств, входящих в него (легковой автомобиль, грузовой автомобиль, трамвай, велосипед, мотоцикл и др.), и долями определенного типа в потоке (%).

Для построения модели улично-дорожной сети ( $M_{\text{ЦМ2}}$ ) используют совокупность трех объектов, таких как:

$$M_{\text{ЦМ2}} = \{\text{ПЦМ}_5, \text{ПЦМ}_6, \text{ПЦМ}_7\}. \quad (3.4)$$

1) Участок ( $\text{ПЦМ}_5$ ) – полигонный сегмент улично-дорожной сети, описываемый единым набором физических параметров. К участкам дороги относятся элементы: перекрестки дорог, железнодорожные переезды, пешеходные дороги, перегоны. Дополнительным уровнем описания объектов являются геометрические параметры, расположение в трехмерном измерении.

2) Дуга ( $\text{ПЦМ}_6$ ) – элемент ориентированного графа, задающий направление движения транспортного потока на участке улично-дорожной сети определением полос движения и их специализации (общие, для общественного транспорта, велодорожки и др.).

3) Узел ( $\text{ПЦМ}_7$ ) – вершина графа на стыке двух участков, разделяющем потоки транспортных средств. Важной характеристикой узла является регулирование транспортного потока.

По зональному управлению ( $M_{\text{ЦМ3}}$ ) различают три вида регулирования движения: локальное управление ( $\text{ПЦМ}_8$ ) – это когда регулируется перегон или перекресток улично-дорожной сети; координированное ( $\text{ПЦМ}_9$ ) – несколько перекрестков, образующих магистраль; системное ( $\text{ПЦМ}_{10}$ ) – несколько магистралей.

$$M_{\text{ЦМ3}} = \{\text{ПЦМ}_8, \text{ПЦМ}_9, \text{ПЦМ}_{10}\}. \quad (3.5)$$

К техническим средствам организации дорожного движения ( $M_{\text{ЦМ4}}$ ) относятся дорожные знаки и разметки ( $\text{ПЦМ}_{11}$ ), светофорные объекты ( $\text{ПЦМ}_{12}$ ), дорожные ограждения ( $\text{ПЦМ}_{13}$ ) и направляющие устройства ( $\text{ПЦМ}_{14}$ ):

$$M_{\text{ЦМ4}} = \{\text{ПЦМ}_{11}, \text{ПЦМ}_{12}, \text{ПЦМ}_{13}, \text{ПЦМ}_{14}\}. \quad (3.6)$$

Большую роль в обеспечении безопасности движения и изменении пропускной способности дорожной сети играют такие факторы окружающей среды ( $M_{\text{ЦМ5}}$ ), как погодные условия ( $\text{ПЦМ}_{15}$ ), освещенность дороги ( $\text{ПЦМ}_{16}$ ), дальность видимости ( $\text{ПЦМ}_{17}$ ):

$$M_{\text{ЦМ5}} = \{\text{ПЦМ}_{15}, \text{ПЦМ}_{16}, \text{ПЦМ}_{17}\}. \quad (3.7)$$

Модель управления транспортным средством ( $M_{\text{ЦМ6}}$ ) определяется классами: маршрут индивидуального ( $\text{ПЦМ}_{18}$ ), общественного ( $\text{ПЦМ}_{19}$ ) и специального транспорта ( $\text{ПЦМ}_{20}$ ):

$$M_{\text{ЦМ6}} = \{\text{ПЦМ}_{18}, \text{ПЦМ}_{19}, \text{ПЦМ}_{20}\}. \quad (3.8)$$

Моделирование транспортных систем, как правило, проводится с помощью специальных программных средств ( $\text{П}_p$ ). Наиболее популярными среди зарубежных имитационных программ транспортного моделирования являются

PTV Vision, AIMSUN2, Dracula, Paramics. Среди российских разработок можно выделить программные продукты AnyLogic и «Дорожный менеджер».

Анализ предметной области показывает сильную вариативность использования элементов модели описания предметной области (см. рисунок 3.1). Так, в AnyLogic детализированно представлены элементы модели:  $M_{ЦМ1}$ ,  $M_{ЦМ2}$ ; в программе «Дорожный менеджер» –  $M_{ЦМ1}$ ,  $M_{ЦМ3}$ ,  $M_{ЦМ5}$ ,  $M_{ЦМ6}$ ; в PTV Vissim –  $M_{ЦМ1}$ ,  $M_{ЦМ2}$ ,  $M_{ЦМ4}$ ,  $M_{ЦМ5}$ ,  $M_{ЦМ6}$ . При этом излишняя детализация, не отвечающая целям исследования, увеличивает временные и стоимостные затраты на моделирование. Таким образом, в программных продуктах по транспортному моделированию объектная модель городской транспортной системы представляется не в полном объеме, т. к. программные средства разработаны для решения определенного вида задач и для разного уровня детализации. Определяющим фактором для получения качественного результата является выбор адекватного соответствующего программного продукта.

Выполненная декомпозиция предметной области «Управление транспортной системой» обеспечивает сокращение времени моделирования и получение результатов, отвечающих поставленным целям.

### **3.2 Транспортное моделирование железнодорожно-автомобильных пересечений транспортной сети**

Организация рациональной транспортной системы города основывается на использовании имитационно-аналитических подходов, которые позволяют оценить и спрогнозировать основные параметры работы транспорта, учесть интересы участников перевозочного процесса, а также оценить влияние уровня развития транспортной системы на реализацию социально-экономических задач муниципалитета и населения города. В последнее время в Российской Федерации разрабатываются комплексные схемы организации дорожного движения (КСОДД) для населенных пунктов, городских агломераций, районов, которые основаны на построении моделей транспортных потоков. Для оценки результатов реализации

мероприятий необходима разработка моделей разного уровня, включая модели экспресс-оценки функционирования транспортной системы, которые позволяют оперативно определить их эффективность и действенность, рассчитать основные показатели дорожного движения, обеспечивают быструю оценку и корректировку результатов проведенных изменений [1, 10, 32, 93, 161].

Разработка системы оценки и мероприятий по развитию городского транспорта учитывает тренды и показатели, оказывающие существенное влияние на стратегическом уровне управления, такие как:

- рост уровня автомобилизации (как индивидуального транспорта, так и коммерческого грузового транспорта), транзитных грузопотоков, плотности транспортных потоков, потребности в местах для парковки автомобилей;
- увеличение нагрузки на улично-дорожную сеть;
- снижение уровня безопасности на дорогах;
- обеспечение транспортной доступности населения;
- снижение средней скорости движения и др.

Значимые инфраструктурные проекты имеют особенности в методических подходах к анализу состоятельности и оценке эффективности.

Во-первых, работа транспорта, обеспечивающая спрос на транспортные услуги «здесь и сейчас», требует адекватных прогнозов будущего рынка. Ошибки в прогнозах в большую и меньшую стороны сказываются на конечной цене продукции, приводя к снижению ее конкурентоспособности. При этом методы прямого воздействия на рынок транспортных услуг у крупных транспортных компаний и отрасли отсутствуют [20, 37].

Во-вторых, транспортные системы являются пространственно-рассредоточенными, их элементы имеют значимость при условии сбалансированного распределения мощностей и ресурсов для эффективной организации транспортной работы. «Узкие места» в транспортной сети могут сказываться на глобальной пропускной способности и стать барьерами для ее развития [38, 52].



В-третьих, вопросы развития транспортной системы, делегированные на государственный (региональный, муниципальный) уровень управления, имеют экономическую и финансово-хозяйственную составляющие, представленные крупными транспортными компаниями, «держателями» транспортной инфраструктуры общего пользования. При этом единая транспортная инфраструктура (единая транспортная сеть) является одним из доминантов устойчивого развития межотраслевых и межрегиональных связей [13, 60].

Эти и другие факторы, связанные с методологией принятия решений, определяют особенности принятия стратегических решений и оценки их эффективности на разных этапах реализации (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Первые этапы реализации инфраструктурных проектов на городском транспорте

<b>Этап принятия решений</b>	<b>Основные задачи</b>	<b>Участники реализации этапа</b>	<b>Используемые методы и инструментарий</b>
1	2	3	4
1 Предпроектное технико-экономическое обоснование	Выделение проекта и предварительный анализ изменения технико-эксплуатационных показателей транспортной системы	Инициативная группа, организация	Форсайт-методы, экспертный анализ, SWOT-анализ и др.
2 Техническое задание на обоснование проекта	Техническая оценка реализуемости проекта и показателей экономической эффективности	Заказчики – инициаторы проекта, проектные и консалтинговые организации	Технические условия к проекту на основе ГОСТов, ОСТов, СНиПов, ТУ и др. нормативных актов к проектированию.
3 Расчетная часть технического обоснования	Количественная оценка технических и эксплуатационных показателей проекта	Проектные и научно-консалтинговые организации	Аналитические и статистические методы, имитационное моделирование
4 Обоснование инвестиций	Оценка и обоснование	Консалтинговая группа, представляющая интересы агентов проекта и рынка	Экономический и финансовый анализ, методы управления проектами
5 Экономическая оценка эффективности инвестиций	Оценка экономической эффективности инвестиций	Предприятия и организации, участвующие в реализации проекта	Методы оценки эффективности инвестиций (отраслевые и межотраслевые)

1	2	3	4
6 Разработка бизнес-плана инвестиционного проекта	Представление проекта с оценкой его привлекательности для всех агентов (бизнес, капитал, государственные структуры)	Консалтинговая группа, организация, выполняющие на контрактной основе работы по разработке бизнес-плана	Методики разработки бизнес-планов инвестиционного проекта

В алгоритм принятия стратегических решений на городском транспорте включены крупные транспортные компании и холдинги, формирующие основные потоки грузов, федеральные и региональные администрации со своими зонами финансово-экономической и социальной ответственности, а также система территориального планирования и градостроительная политика, определяющие структуру и схемы пассажиропотоков [123, 154].

Основная проблема на первом этапе принятия решений по проектам развития городской транспортной системы связана с неопределенностью будущего состояния и необходимостью получения адекватного прогноза [73, 74]. Методический аппарат этого этапа включает экспертный, причинно-следственный анализ, статистические методы, форсайт-методы, которые имеют общую особенность: получение оценок на основе сопоставительного и сравнительного анализа трендов, схематически реализуемого в виде диаграмм (диаграмма Исикавы, Ганта, Парето), матриц (SWOT, BCG, Shell/DPM, Ансоффа, McKinsey, Артура Д. Литла), графов (пирамиды задач, стратегические планы) и др.

Сегодня рост численности городского населения и развитие жилищного строительства неуклонно ведут к расширению границ городов. Вследствие чего образуется большое количество «узких мест» – враждебных маршрутов, несоответствие пропускной способности смежных участков дорог, образование множества пересечений с автомобильными дорогами пешеходных переходов, ограничение скорости движения и остановки на светофорах, повышение негативного влияния на окружающую среду. С ростом интенсивности и скорости движения поездов из-за отсутствия разноуровневых пересечений растут задержки

автомобильного транспорта, ухудшаются условия движения транспортных потоков и увеличивается аварийность [63, 68, 145].

Исследование и решение проблем организации движения на ЖАПТС требуют проведения ряда мероприятий и экспериментов, которые являются технически сложными, ресурсоемкими и продолжительными. Поиск эффективных и низкочастотных методов решения задач в этих условиях представляет высокую актуальность. Не вызывает сомнений обоснованность использования методов моделирования, которые позволяют проводить «экспериментальные» исследования эффективности проектов и предложений без вмешательства в процесс дорожного движения. Методы моделирования ЖАПТС можно разделить на аналитические, имитационные и комбинированные (имитационно-аналитические (рисунок 3.2).

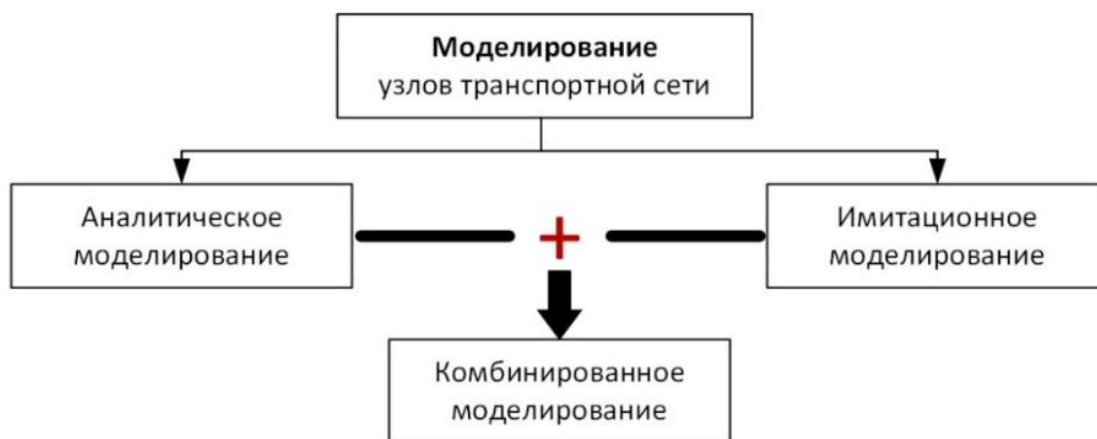


Рисунок 3.2 – Методы моделирования ЖАПТС

### ***3.2.1 Аналитический метод оценки потерь времени транспортных средств в железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети***

Аналитические модели представляют зависимости и уравнения, которые позволяют получить решение по исследуемым характеристикам параметров модели для определения рационального режима функционирования ЖАПТС. Аналитический метод оценки потерь времени транспортных средств на

железнодорожно-автомобильных пересечениях в одном уровне имеет нижеследующий вид.

На потерю времени автомобильного транспорта при прохождении железнодорожного переезда влияют ряд взаимосвязанных факторов, которые были подтверждены наблюдениями на железнодорожных переездах: интенсивность автомобильного и железнодорожного движения; состав автотранспортного потока; величина снижения скоростей движения автомобилей, время закрытия и геометрические параметры железнодорожного переезда.

Средняя величина потерь времени автотранспортных средств, связанных с наличием железнодорожно-автомобильных пересечений в одном уровне, складывается из двух составляющих (3.9):

$$T = T_{\text{скор}} + T_{\text{зад}}, \text{ час}, \quad (3.9)$$

где  $T_{\text{скор}}$  – потери времени автотранспортных средств из-за снижения скоростей движения в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения, ч;

$T_{\text{зад}}$  – потери времени автотранспортных средств  $i$ -го вида из-за задержек при закрытии железнодорожного переезда, ч;

Во время прохождения открытого переезда уменьшается скорость движения автомобильного транспорта, в результате чего задерживается весь проходящий через переезд автотранспортный поток. Время потери из-за снижения скорости для автотранспортных средств, проходящих через переезд, вычисляется формулой (3.10):

$$T_{\text{скор}} = \left( N_{\text{АТ}} \cdot \frac{60 - t_{\text{закр}}}{60} \right) \cdot \left( \frac{S}{V_0} - \frac{S}{V_1} \right) + \sum_{i=1}^n \left( \frac{S + L \cdot i}{V_0} - \frac{S + L \cdot i}{V_1} \right), \text{ ч}, \quad (3.10)$$

где  $N_{\text{АТ}}$  – интенсивность движения автотранспортных средств по рассматриваемому железнодорожно-автомобильному пересечению, авт/ч;

$t_{\text{закр}}$  – среднее время одного закрытия железнодорожного переезда, мин;

$S$  – длина участка железнодорожно-автомобильного пересечения, который включает в себя зоны переезда, замедления и разгона, км;

$V_0$  – скорость движения автотранспортных средств на участке железнодорожно-автомобильного пересечения, км/ч;

$V_1$  – нормативная скорость движения транспортных средств, км/ч.

$L$  – сумма длины  $i$ -го автомобиля и расстояние до впереди стоящего автомобиля;

$n$  – число автотранспортных средств, находящихся на закрытом переезде в течение 1 часа, авт.

$$n = \frac{t_{\text{закр}}}{I}, \quad (3.11)$$

где  $I$  – время межтранспортного интервала, ч.

$$I = \frac{60}{N_{AT}}. \quad (3.12)$$

Первое слагаемое формулы 3.10 рассчитывает потери времени автотранспортных средств из-за снижения скорости, проходящих через открытый железнодорожный переезд.

Второе слагаемое – потери времени из-за снижения скорости для автотранспортных средств, находящихся на закрытом переезде ( $n$ ), т.к. к длине участка ( $S$ ) добавляется длина самого автомобиля и расстояние между автомобилями ( $L$ ) и тем самым увеличивается время из-за которого они должны двигаться с пониженной скоростью.

При закрытом переезде происходит задержка исключительно той части автотранспортного потока ( $n$ ), которая подошла в период закрытия переезда. Время закрытия переезда находится в прямой зависимости от размеров движения, скорости движения поездов, их категории и длины. Средняя задержка автотранспортных средств можно вычислить следующей формулой (3.13):

$$T_{\text{зад}} = \left( \frac{t_{\text{закр}}^2 \cdot N_{AT}}{120} + \frac{t_{\text{закр}}}{2} \right) \cdot \frac{1}{60}, \text{ ч}, \quad (3.13)$$

На рисунке 3.3 приводится график изменения потерь времени автотранспортных средств на одноуровневых ЖАПТС в зависимости от интенсивности движения автотранспортных средств и времени закрытия железнодорожного переезда при  $S = 0,12$  км,  $V_0 = 15$  км/ч,  $V_1 = 60$  км/ч,  $S = 100$  м,  $L = 7$  м.

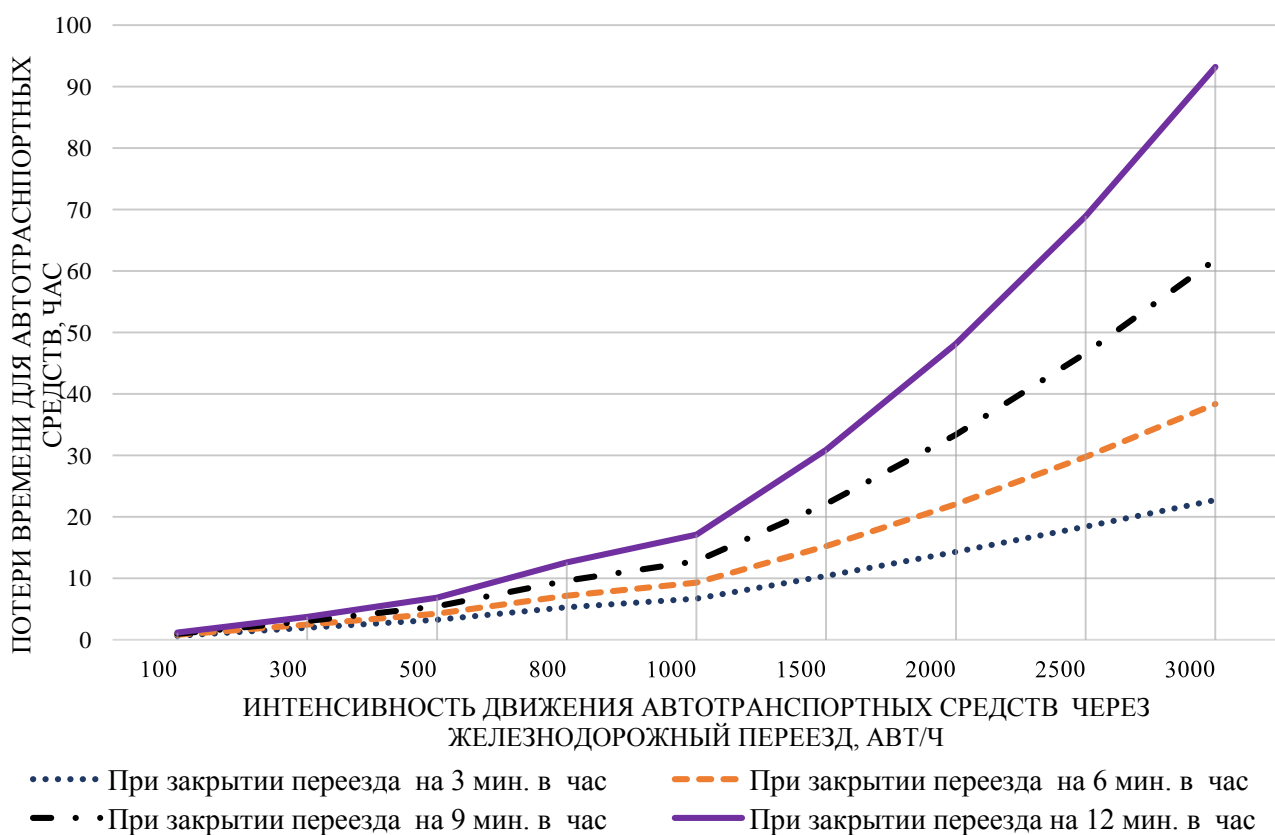


Рисунок 3.3 – График изменения потерь времени автотранспортных средств на одноуровневых ЖАПТС

Как видно, график изменения потерь времени автотранспортных средств на одноуровневых ЖАПТС имеет экспоненциальный вид. Превышение интенсивности движения более 1000 авт/ч, влечет за собой достаточной резкий рост задержек автотранспортных средств.

Недостатком данного подхода является использование статичных данных движения, т. е. входные параметры (скорость потока, интенсивность, пропускная способность, время закрытия переезда) задаются численно в результате наблюдения, и берутся усредненные показатели (за определенный период).

Полученные аналитические решения носят приближенный усредненный характер и не учитывают все особенности ЖАПТС. Представляет определенную сложность и проверка адекватности модели, которая требует проведения экспериментов с указанными в модели параметрами.

С другой стороны, достоинствами аналитического моделирования являются универсальность, т. е. возможность экспресс-оценки состояния многих ЖАПТС, а также простота и оперативность проведения расчетов.

### ***3.2.2 Имитационный метод оценки потерь времени транспортных средств на железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети***

Для достоверной оценки состояния – определения скорости движения автотранспортных средств в зоне железнодорожного переезда – считается целесообразным применение имитационных моделей: построение компьютерной модели полигона транспортной сети с входящим и выходящим транспортными потоками. Параметры сети и схему ЖАПТС, а также технологию обслуживания потока, загружаемые в имитационную модель, определяет качество модели. Далее получение ответов на вопросы «что если...?» определяет результат моделирования.

Использование вышеприведенного подхода к проекту создания равноурвневой железнодорожно-автомобильной развязки на улично-дорожной сети рассмотрим на одном из переездов, расположенных в крупном мегаполисе. В качестве примера приведен регулируемый железнодорожный переезд СКЖД, расположенный в г. Ростове-на-Дону (рисунок 3.4).

На данном переезде в час пик интенсивность движения автотранспортных средств может достигать более 1500 авт/ч. Среднее интенсивность движения в будний день составляет 17420 авт/ч. При плотном движении железнодорожных составов переезд закрывают почти на 15 часов в сутки в результате чего образуются транспортные заторы (см. приложение А).

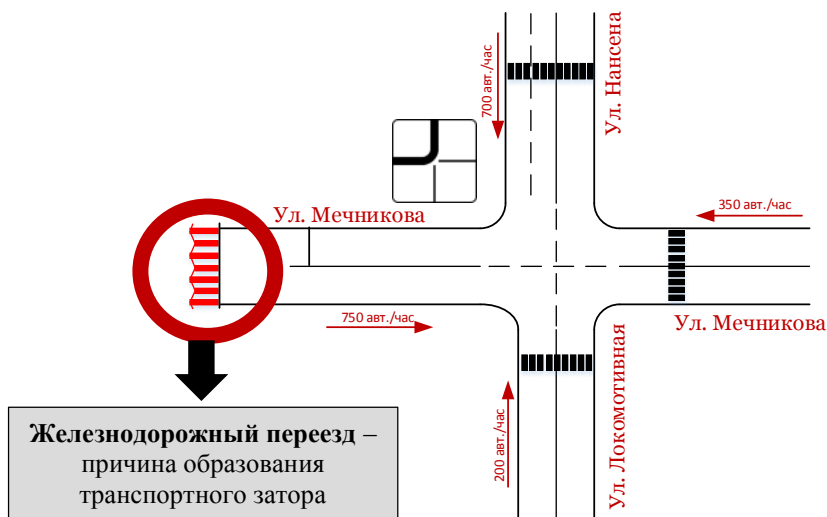


Рисунок 3.4 – Схема развязки в зоне железнодорожного переезда

С помощью программного обеспечения PTV Vissim создана имитационная модель данного участка транспортной сети (рисунок 3.5). Для повышения безопасности дорожного движения и уменьшения задержек транспортных средств на данном участке дороги предложено создание разноуровневого железнодорожно-автомобильного пересечения. Проведен анализ характеристик движения в зоне железнодорожного переезда при различных видах пересечений.

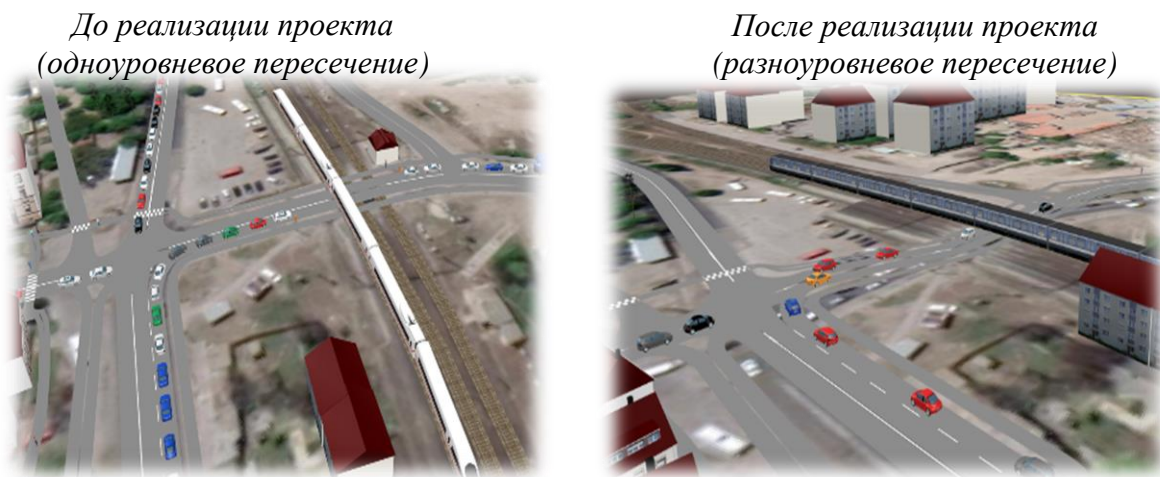


Рисунок 3.5 – Модель железнодорожно-автомобильного пересечения в PTV Vissim

На рисунке 3.6 показана средняя скорость движения транспортных средств в зоне железнодорожного переезда до и после реализации проекта.



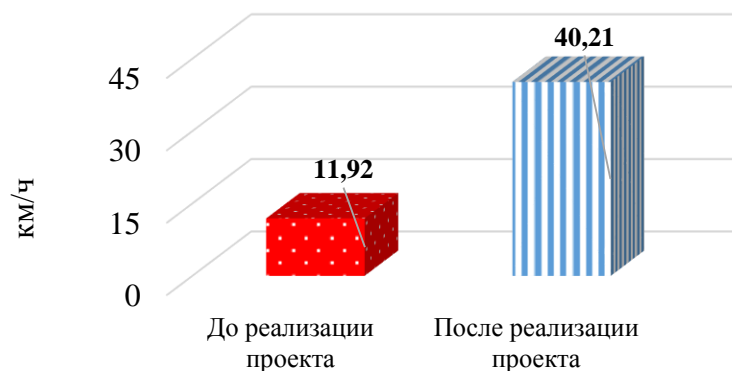


Рисунок 3.6 – Средняя скорость автотранспортных средств на железнодорожно-автомобильном пересечении на одном и разных уровнях

В результате реализации имитационной модели узла транспортной сети выявилось следующее: средняя скорость движения транспортных средств в зоне железнодорожного переезда до реализации проекта была меньше в 3,4 раза, чем после реализации проекта.

Преимуществом данного подхода считается способность адекватно описывать поведение участников транспортного потока и выдавать точные параметры движения: скорость движения, задержки транспортных средств, длину и динамику образования заторов и т. д.

Недостатком данного подхода является невозможность применения построенной модели в других ЖАПТС.

### ***3.2.3 Комбинирование имитационных и аналитических методов моделирования для оценки потерь времени транспортных средств***

Комбинирование имитационных и аналитических методов позволяет оценить инфраструктурные транспортные проекты, методы, применяемые в КСОДД, которые используют результаты имитационного эксперимента в аналитических расчетах показателей транспортного обеспечения города, отдельных районов и узлов.

Комбинированное моделирование позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования и элиминировать недостатки

обоих. При построении комбинированной модели ЖАПТС аналитическая часть разрабатывается в виде математических формул, а имитационная часть – в виде моделирующего алгоритма. Для расчета аналитической части используются не усредненные, а адекватные данные, которые были получены в результате имитационного моделирования.

С использованием скорости движения транспортных средств, полученной имитационным моделированием, были рассчитаны потери времени автомобильного транспорта в зоне железнодорожного переезда при одноуровневом и разноуровневом пересечениях. Как видно из рисунка 3.7, разница в потерях на данном железнодорожном переезде составляет более 160 тыс. авт.·ч/год.

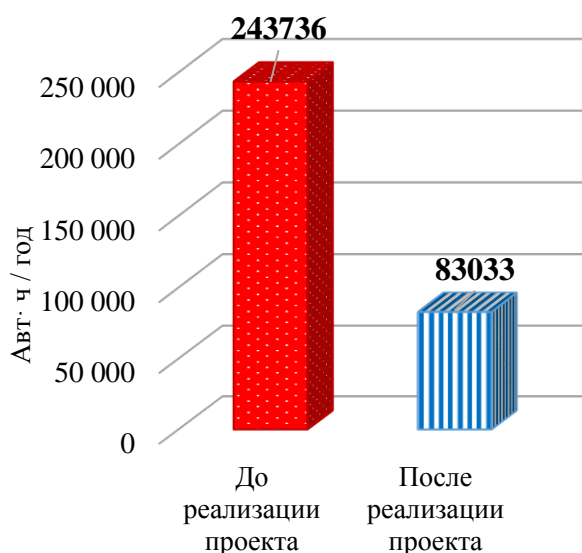


Рисунок 3.7 – Потери транспортных средств на железнодорожно-автомобильном пересечении на одном и разных уровнях

Таким образом, комбинация аналитических и имитационных методов при анализе работы транспортных сетей городов является эффективным и адекватным инструментарием принятия стратегических решений.

Изменения городской транспортной системы должны происходить в интересах поступательного развития пропускной способности сети и оптимальной схемы организации дорожного движения, а также в интересах развития города и городской агломерации.

### **3.3 Технология расчета потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях**

Цифровые технологии в организации и управлении транспортными системами переживают бурный рост, связанный с огромными возможностями их совершенствования на базе построения адекватных оценок развития элементов транспортной инфраструктуры. Сложность и динамичность транспортных процессов требуют на операционном уровне использования подходов имитационного моделирования. С другой стороны, реализация имитационных моделей требует учета многих факторов организации движения и перевозок.

В исследовании рассматриваются пересечения железнодорожных путей с автомобильными дорогами на одном уровне, которые являются наиболее опасными и сложными узлами транспортной сети. С ростом интенсивности и скорости движения поездов учащаются случаи задержки автомобильного транспорта на железнодорожных переездах, ухудшаются условия движения транспортных потоков и увеличивается аварийность.

Технологическая обеспеченность железнодорожных переездов, которая зависит от интенсивности движения, является определенным критерием обеспечения безаварийности и фактором ее оценки [28, 135]. Для использования аналитических методов оценки задержек и, следовательно, потерь исследованы и построены зависимости ключевых показателей движения на переездах от параметров потоков.

Проблема железнодорожных переездов является крайне актуальной для России. Состояние безопасности движения на железнодорожных переездах находится под постоянным вниманием Правительства Российской Федерации, Федерального агентства железнодорожного транспорта и ОАО «Российские железные дороги» [33].

Министерство транспорта подготовило проект «Программа мероприятий по строительству и реконструкции автодорожных путепроводов в местах пересечения железнодорожных путей и автомобильных дорог общего пользования на наиболее загруженных участках сети автомобильных дорог Российской Федерации,

осуществляемых с привлечением средств федерального бюджета, до 2024 года и на перспективный период до 2035 года» [115]. В рамках этого проекта на Северо-Кавказской железной дороге (СКЖД) предусматривается строительство 55 автодорожных путепроводов с ликвидацией железнодорожных переездов.

Как показывают результаты анализа, все 55 переездов являются регулируемыми, а 31 переезд из них – охраняемые и функционируют в автоматическом режиме (рисунок 3.8, приложение А). Открытие и закрытие шлагбаумов происходит при появлении поезда на участке приближения. На некоторых переездах интервал движения поездов достигает 10–15 минут. Время закрытия переезда обусловлено скоростью приближающего состава и колеблется в среднем от 6 до 15 мин в течение 1 часа.



№	Наименование объекта	Стоимость объекта, млн руб.	Категория дороги	Интенсивность авт. движения, авт./сут.	Максимальное время закрытия переездов, час/сут.	Вид регулирования	Устройства регулирования	Число полос авт. дороги	Число ж/д путей
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Республика Адыгея									
1	ул. Мира 1, адм. пос. Энем (Ст. Энем 1)	700	2	12436 авт./сут.	19 час 40 мин	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт.) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	5
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>									

Рисунок 3.8 – Анализ железнодорожных переездов СКЖД, подлежащих замене на автодорожный путепровод

По результатам анализа выделено три категории железнодорожных переездов в зависимости от числа железнодорожных путей, пересекающих автомобильную дорогу (от 1 до 3 путей). Чем больше число железнодорожных путей, тем больше ширина железнодорожного переезда и время прохождения автомобильного транспорта. Также железнодорожные переезды различаются и по числу полос автомобильной дороги, пересекающих железнодорожный путь (2 и 4 полосы).

Нужно отметить, что на переездах, расположенных в границах станции и вблизи них, максимальное время закрытия может достигать более 19 часов в сутки, а число железнодорожных путей – более 5 (см. рисунок 3.8, приложение А). Таким образом, основными параметрами железнодорожного переезда, влияющими на технические показатели дорожного движения, являются:

$N_{\text{авт}}$  – интенсивность движения транспортных средств через железнодорожный переезд в обоих направлениях дороги, авт/ч;

$T_{\text{закр}}$  – время закрытия железнодорожного переезда в течение 1 часа в ожидании пропуска железнодорожного состава, мин.;

$N_{\text{пол}}$  – число полос в обоих направлениях автомобильной дороги, пересекающих железнодорожный путь;

$N_{\text{пут}}$  – число железнодорожных путей, пересекающих автомобильную дорогу.

Оценку потерь можно проводить с использованием имитационной модели организации движения переезда. В то же время при наличии функциональных зависимостей между параметрами функционирования железнодорожного переезда оценку потерь можно проводить без привлечения каждый раз аппарата имитационного моделирования.

Для определения основных технических показателей железнодорожного переезда построены имитационные модели в программе PTV Vissim с различными параметрами переезда [131]. Одним из основных технических показателей является максимальная пропускная способность переезда. Под пропускной способностью железнодорожного переезда понимается максимальное количество автомобильного транспорта, которое может пропустить переезд в обоих направлениях движения за определенный промежуток времени.

С помощью полученных результатов имитационного моделирования построены графики изменения максимальной пропускной способности железнодорожного переезда в зависимости от характеристики переезда (рисунки 3.9, 3.10).

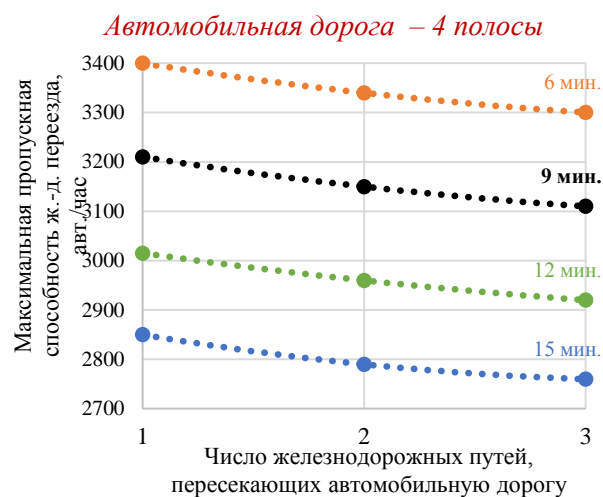
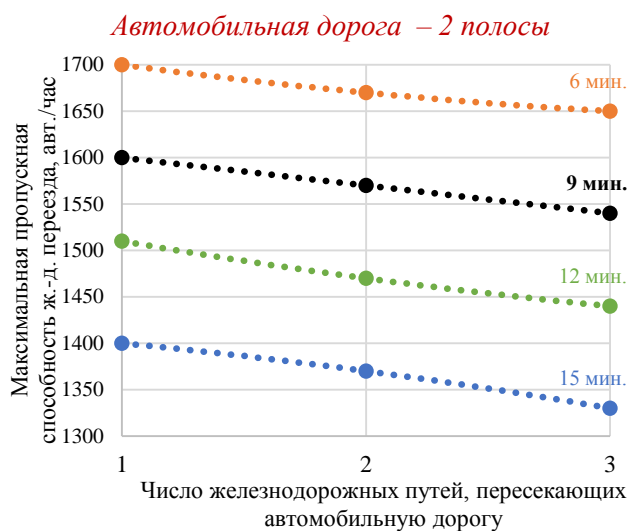


Рисунок 3.9 – График зависимости максимальной пропускной способности переезда от числа железнодорожных путей, пересекающих автомобильную дорогу

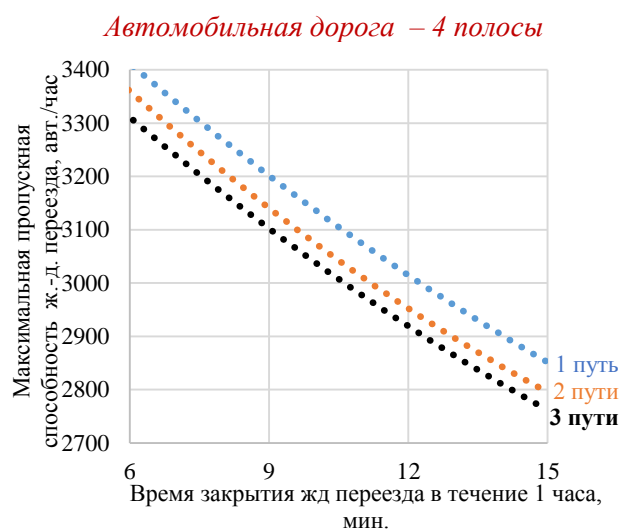
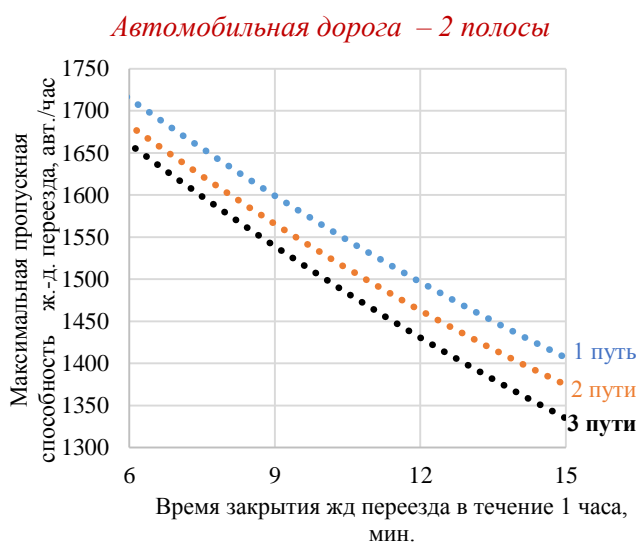


Рисунок 3.10 – График зависимости максимальной пропускной способности железнодорожного переезда от времени закрытия переезда в течение 1 часа

По построенным графикам определены функции зависимости максимальной пропускной способности железнодорожного переезда ( $N_{\text{макс}}$ ) от числа железнодорожных путей ( $N_{\text{пут}}$ ), пересекающих автомобильную дорогу (таблица 3.2).

Аналогическим способом определены функции зависимости максимальной пропускной способности железнодорожного переезда ( $N_{\text{макс}}$ ) от времени закрытия переезда ( $T_{\text{закр}}$ ) в течение 1 часа (таблица 3.3).

Таблица 3.2 – Функции зависимости максимальной пропускной способности железнодорожного переезда от числа железнодорожных путей, пересекающих автомобильную дорогу

Время закрытия ж.-д. переезда в течение 1 часа	Формулы расчета максимальной пропускной способности	
	Автомобильная дорога – 2 полосы	Автомобильная дорога – 4 полосы
6 мин	$N_{\text{макс}} = 5N_{\text{пут}}^2 - 45N_{\text{пут}} + 1740$	$N_{\text{макс}} = 10N_{\text{пут}}^2 - 90N_{\text{пут}} + 3480$
9 мин	$N_{\text{макс}} = 10^{-12} \cdot 2N_{\text{пут}}^2 - 30N_{\text{пут}} + 1630$	$N_{\text{макс}} = 10N_{\text{пут}}^2 - 90N_{\text{пут}} + 3290$
12 мин	$N_{\text{макс}} = 5N_{\text{пут}}^2 - 55N_{\text{пут}} + 1560$	$N_{\text{макс}} = 7,5N_{\text{пут}}^2 - 77,5N_{\text{пут}} + 3085$
15 мин	$N_{\text{макс}} = -5N_{\text{пут}}^2 - 15N_{\text{пут}} + 1420$	$N_{\text{макс}} = 15N_{\text{пут}}^2 - 105N_{\text{пут}} + 2940$

Таблица 3.3 – Функции зависимости максимальной пропускной способности железнодорожного переезда от времени закрытия переезда в течение 1 часа

Число железнодорожных путей	Формулы расчета максимальной пропускной способности	
	Автомобильная дорога – 2 полосы	Автомобильная дорога – 4 полосы
1 путь	$N_{\text{макс}} = 0,714T_{\text{закр}}^2 - 49,19T_{\text{закр}} + 1984$	$N_{\text{макс}} = 1,31T_{\text{закр}}^2 - 89,74T_{\text{закр}} + 3903$
2 пути	$N_{\text{макс}} = 0,794T_{\text{закр}}^2 - 50,95T_{\text{закр}} + 1960$	$N_{\text{макс}} = 1,746T_{\text{закр}}^2 - 99,43T_{\text{закр}} + 3894$
3 пути	$N_{\text{макс}} = 0,714T_{\text{закр}}^2 - 51,19T_{\text{закр}} + 1942$	$N_{\text{макс}} = 1,429T_{\text{закр}}^2 - 91,05T_{\text{закр}} + 3806$

Суммарные задержки транспортных средств на железнодорожном переезде вычисляются путем вычитания из теоретического (идеального) значения времени движения на этом участке реального значения времени на участке с учетом работы железнодорожного переезда [139]. Под теоретическим значением времени в пути понимается время, затраченное на прохождение автомобилем участка при отсутствии переезда, т. е. при равноуровневом пересечении (путепроводе). Составной частью времени задержек является потеря времени за счет:

- времени на торможение при приближении к переезду;
- малоскоростного движения при прохождении автомобиля через переезд (скорость 10–12 км/ч);
- времени на ускорение после прохождения переезда.

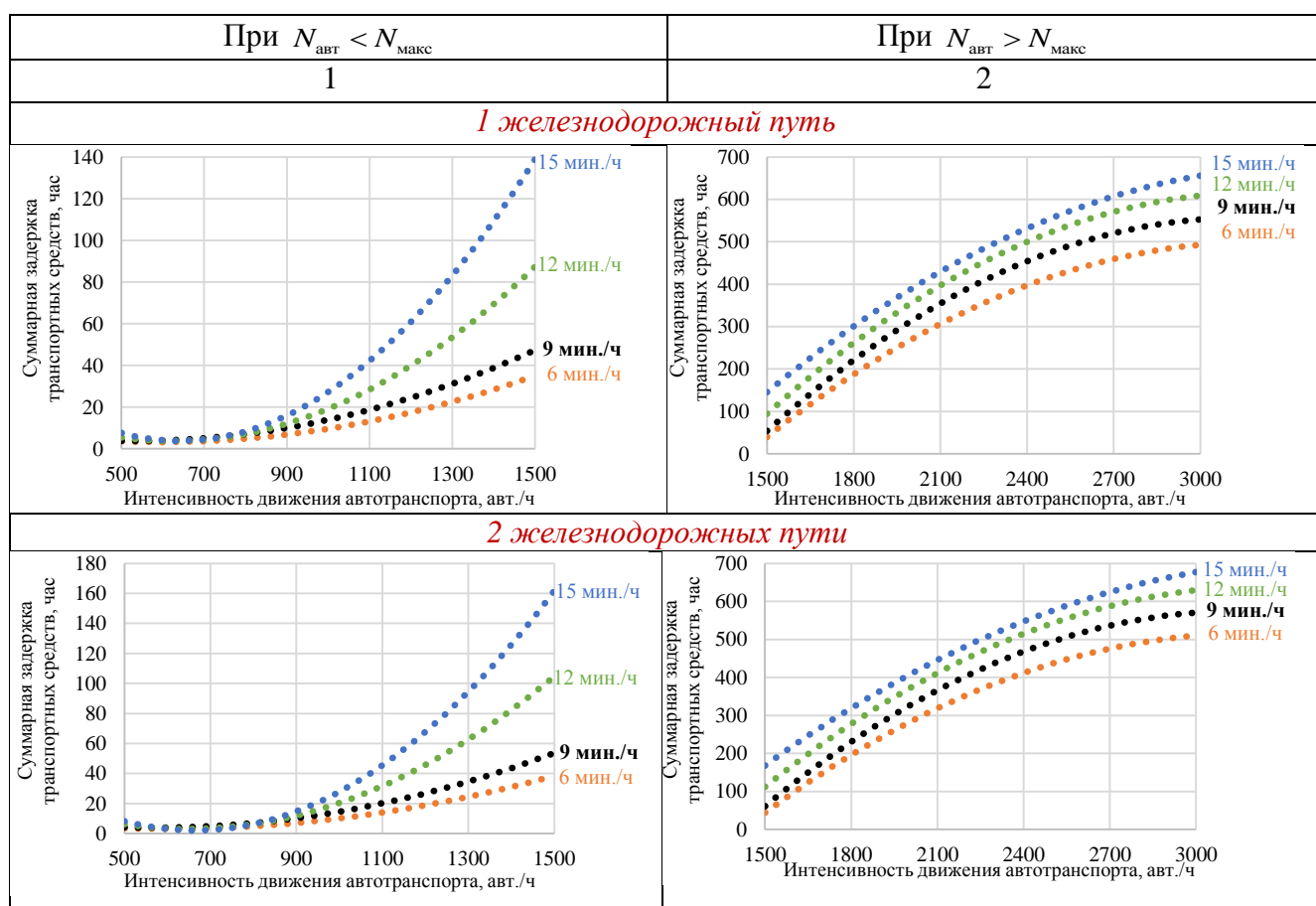
При построении эмпирических зависимостей выявлено, что суммарные задержки транспортных средств начинают резко возрастать при достижении интенсивностью движения транспортных средств максимальной пропускной способности. Для повышения коэффициента сходимости имитационных и теоретических результатов графики и функции эмпирических зависимостей разделены на две категории:

$N_{\text{авт}} < N_{\text{макс}}$  – интенсивность движения транспортных средств через переезд меньше пропускной способности;

$N_{\text{авт}} > N_{\text{макс}}$  – интенсивность движения транспортных средств через переезд больше пропускной способности.

В таблицах 3.5 и 3.6 приводятся графики зависимостей суммарных задержек транспортных средств от интенсивности движения на переезде.

Таблица 3.5 – Графики зависимости суммарной задержки транспортных средств от интенсивности движения транспортных средств для 2-полосной автомобильной дороги





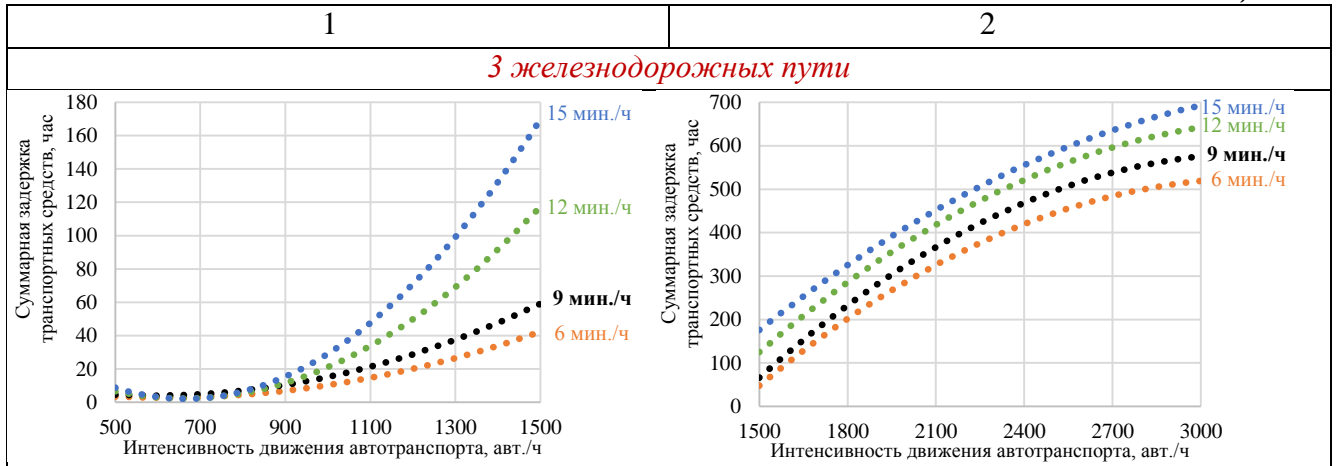
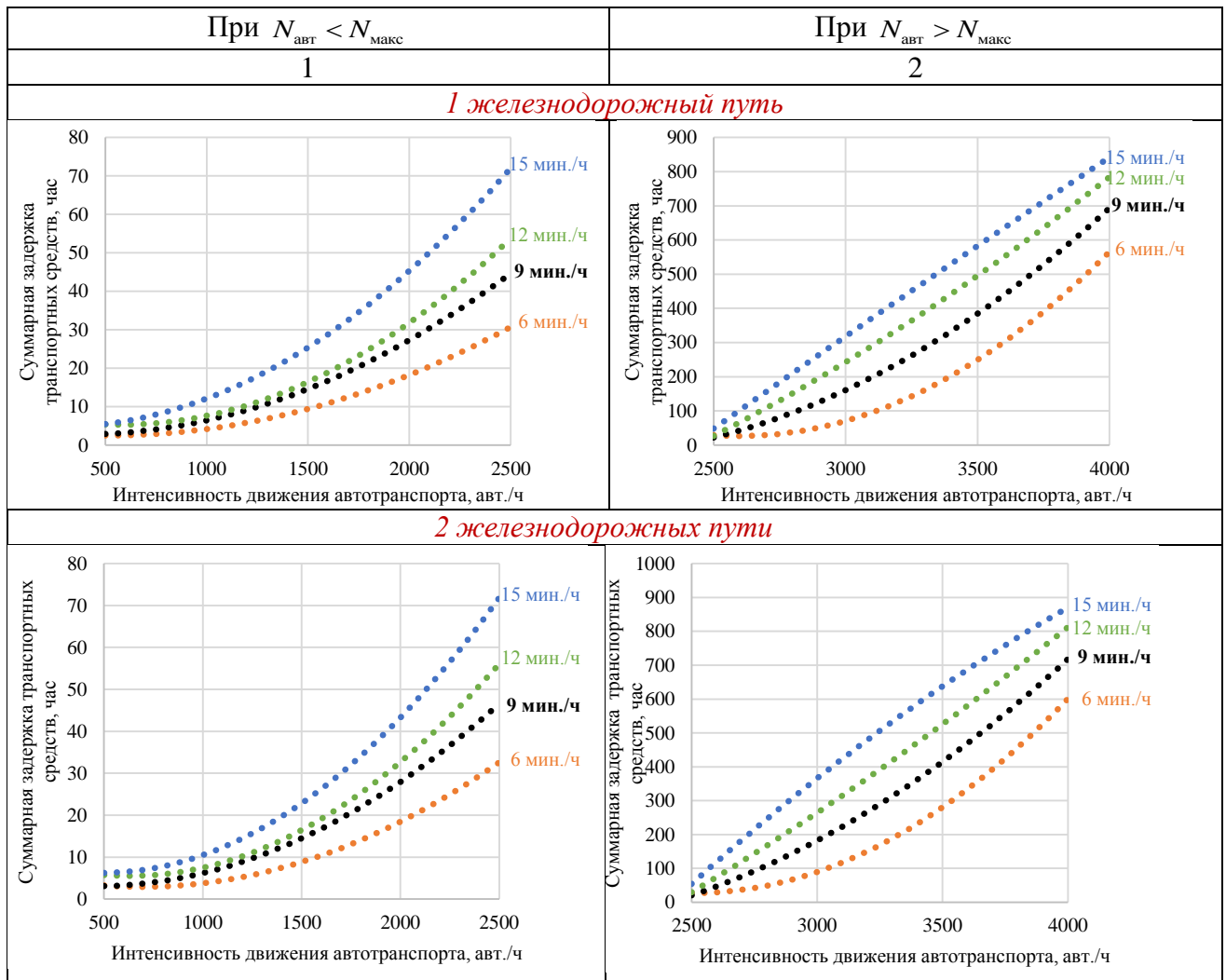
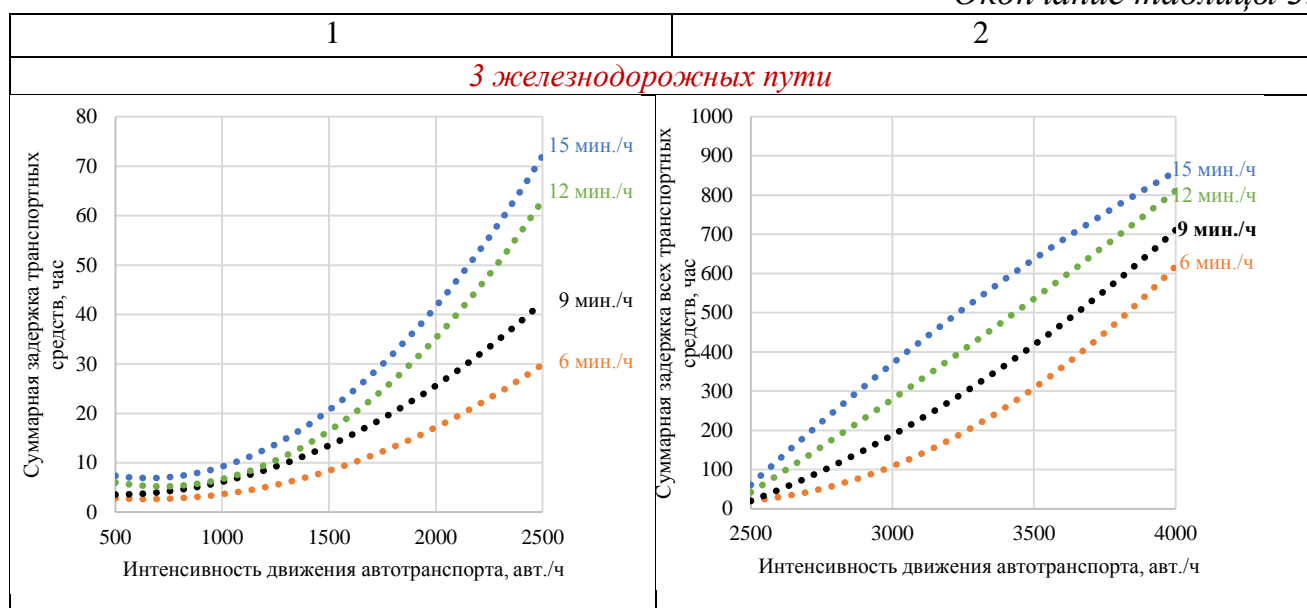


Таблица 3.6 – Графики зависимости суммарной задержки транспортных средств от интенсивности движения транспортных средств для 4-полосной автомобильной дороги





Далее были рассчитаны функции эмпирических зависимостей суммарных задержек транспортных средств от интенсивности движения в зависимости от параметров переезда (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Функции зависимости суммарной задержки транспортных средств от интенсивности движения транспортных средств

Время закрытия ж.-д. переезда в течение 1 часа	Формулы расчета суммарной задержки	
	При $N_{авт} < N_{макс}$	При $N_{авт} > N_{макс}$
1	2	3
Для 2-полосной автомобильной дороги		
<i>1 железнодорожный путь, пересекающий автомобильную дорогу</i>		
6 мин	$T_{зад} = 0,00004 \cdot (N_{авт})^2 - 0,046 \cdot N_{авт} + 16,9$	$T_{зад} = -0,0002 \cdot (N_{авт})^2 + 1,01 \cdot N_{авт} - 1125$
9 мин	$T_{зад} = 0,00005 \cdot (N_{авт})^2 - 0,05 \cdot N_{авт} + 17,22$	$T_{зад} = -0,0002 \cdot (N_{авт})^2 + 1,17 \cdot N_{авт} - 1286$
12 мин	$T_{зад} = 0,0001 \cdot (N_{авт})^2 - 0,136 \cdot N_{авт} + 46,14$	$T_{зад} = -0,0002 \cdot (N_{авт})^2 + 1,15 \cdot N_{авт} - 1227$
15 мин	$T_{зад} = 0,0002 \cdot (N_{авт})^2 - 0,237 \cdot N_{авт} + 79,8$	$T_{зад} = -0,0001 \cdot (N_{авт})^2 + N_{авт} - 1031,6$
<i>2 железнодорожных пути, пересекающих автомобильную дорогу</i>		
6 мин	$T_{зад} = 0,00004 \cdot (N_{авт})^2 - 0,053 \cdot N_{авт} + 18,99$	$T_{зад} = -0,0002 \cdot (N_{авт})^2 + 1,05 \cdot N_{авт} - 1158$
9 мин	$T_{зад} = 0,00006 \cdot (N_{авт})^2 - 0,065 \cdot N_{авт} + 22,5$	$T_{зад} = -0,0002 \cdot (N_{авт})^2 + 1,19 \cdot N_{авт} - 1291$
12 мин	$T_{зад} = 0,0001 \cdot (N_{авт})^2 - 0,18 \cdot N_{авт} + 62,29$	$T_{зад} = -0,0002 \cdot (N_{авт})^2 + 1,12 \cdot N_{авт} - 1176$
15 мин	$T_{зад} = 0,0002 \cdot (N_{авт})^2 - 0,3 \cdot N_{авт} + 102,83$	$T_{зад} = -0,0001 \cdot (N_{авт})^2 + 0,95 \cdot N_{авт} - 955$
<i>3 железнодорожных пути, пересекающих автомобильную дорогу</i>		
6 мин	$T_{зад} = 0,00005 \cdot (N_{авт})^2 - 0,062 \cdot N_{авт} + 21,9$	$T_{зад} = -0,0002 \cdot (N_{авт})^2 + 1,056 \cdot N_{авт} - 1165$

1	2	3
9 мин	$T_{\text{зад}} = 0,00007 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,079 \cdot N_{\text{авт}} + 27,3$	$T_{\text{зад}} = -0,0002 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 1,145 \cdot N_{\text{авт}} - 1249$
12 мин	$T_{\text{зад}} = 0,0002 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,217 \cdot N_{\text{авт}} + 74,09$	$T_{\text{зад}} = -0,0002 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 1,064 \cdot N_{\text{авт}} - 1111$
15 мин	$T_{\text{зад}} = 0,0002 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,32 \cdot N_{\text{авт}} + 108,68$	$T_{\text{зад}} = -0,0001 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 0,92 \cdot N_{\text{авт}} - 918,6$
Для 4-полосной автомобильной дороги		
<i>1 железнодорожный путь, пересекающих автомобильную дорогу</i>		
6 ми	$T_{\text{зад}} = 10^{-6} \cdot 7 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0076 \cdot N_{\text{авт}} + 4,5$	$T_{\text{зад}} = 0,0003 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 1,43 \cdot N_{\text{авт}} + 1884,6$
9 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-6} \cdot 9 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0066 \cdot N_{\text{авт}} + 3,89$	$T_{\text{зад}} = 0,0002 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,66 \cdot N_{\text{авт}} + 608$
12 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0152 \cdot N_{\text{авт}} + 9,72$	$T_{\text{зад}} = 0,00007 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 0,027 \cdot N_{\text{авт}} - 501$
15 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0067 \cdot N_{\text{авт}} + 5,44$	$T_{\text{зад}} = -0,00001 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 0,6 \cdot N_{\text{авт}} - 1385$
<i>2 железнодорожных пути, пересекающих автомобильную дорогу</i>		
6 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-6} \cdot 9 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,012 \cdot N_{\text{авт}} + 7,29$	$T_{\text{зад}} = 0,0003 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 1,3 \cdot N_{\text{авт}} + 1658,5$
9 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0093 \cdot N_{\text{авт}} + 5,17$	$T_{\text{зад}} = 0,0001 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,453 \cdot N_{\text{авт}} + 269,5$
12 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0183 \cdot N_{\text{авт}} + 11,31$	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot 5 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 0,184 \cdot N_{\text{авт}} - 754,8$
15 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot 2 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0158 \cdot N_{\text{авт}} + 10,13$	$T_{\text{зад}} = -10^{-5} \cdot 8 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 1,055 \cdot N_{\text{авт}} - 2091$
<i>3 железнодорожных пути, пересекающих автомобильную дорогу</i>		
6 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-6} \cdot 8 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0104 \cdot N_{\text{авт}} + 6,02$	$T_{\text{зад}} = 0,0002 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 1,052 \cdot N_{\text{авт}} + 1256$
9 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0091 \cdot N_{\text{авт}} + 5,69$	$T_{\text{зад}} = 0,0001 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,347 \cdot N_{\text{авт}} + 111,5$
12 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot 2 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0259 \cdot N_{\text{авт}} + 14,43$	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot 4 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 0,267 \cdot N_{\text{авт}} - 862$
15 мин	$T_{\text{зад}} = 10^{-5} \cdot 2 \cdot (N_{\text{авт}})^2 - 0,0249 \cdot N_{\text{авт}} + 15,02$	$T_{\text{зад}} = -10^{-5} \cdot 9 \cdot (N_{\text{авт}})^2 + 1,097 \cdot N_{\text{авт}} - 2138$

Функциональные зависимости, построенные между параметрами функционирования железнодорожного переезда, дают возможность проводить оценку потерь без привлечения аппарата имитационного моделирования, что значительно сокращает время для расчета потерь [127, 64]. В рамках реализации методики разработана программа, которая рассчитывает технические и экономические потери, возникающие на железнодорожном переезде [128].

### 3.4 Разработка программы автоматизированного расчета социально-экономических потерь на железнодорожных переездах

Пересечения железнодорожных путей с автомобильными дорогами на одном уровне являются наиболее опасными и сложными узлами транспортной сети.

Железнодорожные переезды обладают низкой пропускной способностью вследствие вынужденного понижения скорости и задержки автотранспортных средств на данном участке. Оценка всех потерь, возникающих в узле в экономическом и техническом аспектах, является актуальным направлением в исследовании проблем железнодорожных переездов.

Для определения технических и экономических потерь на железнодорожном переезде разработана программа для расчета потерь с помощью комбинированного (имитационно- аналитического) метода моделирования, технологические решения которого представлены в данном исследовании.

Расчет технических потерь в данной программе производится посредством построения имитационной модели в программе PTV Vissim и анализа полученных результатов. Экономические потери рассчитываются аналитическим методом.

К перечню основных параметров железнодорожного переезда, включенных в алгоритм оценки потерь, относятся (рисунок 3.11):

The image shows a software interface for selecting parameters of a railway crossing. It consists of four sections, each with a title and several buttons:

- Section 1:** Title: "Выберите тип железнодорожного переезда". Buttons: "Регулируемый", "Нерегулируемый".
- Section 2:** Title: "Выберите число железнодорожных путей". Buttons: "1 путь", "2 пути", "3 пути".
- Section 3:** Title: "Выберите число полос автомобильной дороги". Buttons: "2 полосы", "4 полосы".
- Section 4:** Title: "Выберите интенсивность движения железнодорожного транспорта". Buttons: "1 поезд/ч", "2 поезда/ч", "3 поезда/ч", "4 поезда/ч", "5 поезда/ч".

Рисунок 3.11 – Окно выбора параметров железнодорожного переезда

1 *Тип железнодорожного переезда.* В данной программе явным отличительным признаком регулируемого переезда от нерегулируемого является то, что на нерегулируемом переезде установлен знак 2.5 «Движение без остановки запрещено» и разметка 1.12 (стоп-линия), которая нанесена на расстоянии 10 м от

ближнего рельса. На регулируемых переездах отсутствует знак 2.5, и вынужденная остановка автомобиля происходит только при запрещающем сигнале светофора.

2 Число железнодорожных путей, пересекающих автомобильную дорогу, разделено на три категории: 1 путь, 2 пути и 3 пути.

3 Число полос автомобильной дороги пересекающих железнодорожный путь на регулируемых переездах: 2 и 4 полосы, а на нерегулируемых – 2 полосы.

4 Интенсивность движения железнодорожного транспорта. От интенсивности движения железнодорожного транспорта зависит количество закрытий шлагбаума на железнодорожном переезде для пропуска железнодорожного состава. Одно закрытие железнодорожного переезда составляет 3 мин – регулируемый параметр.

После выбора всех параметров железнодорожного переезда программа строит имитационную модель с ранее выбранными характеристиками и выдает результаты моделирования в зависимости от интенсивности движения автомобильного и железнодорожного транспорта (рисунок 3.12):

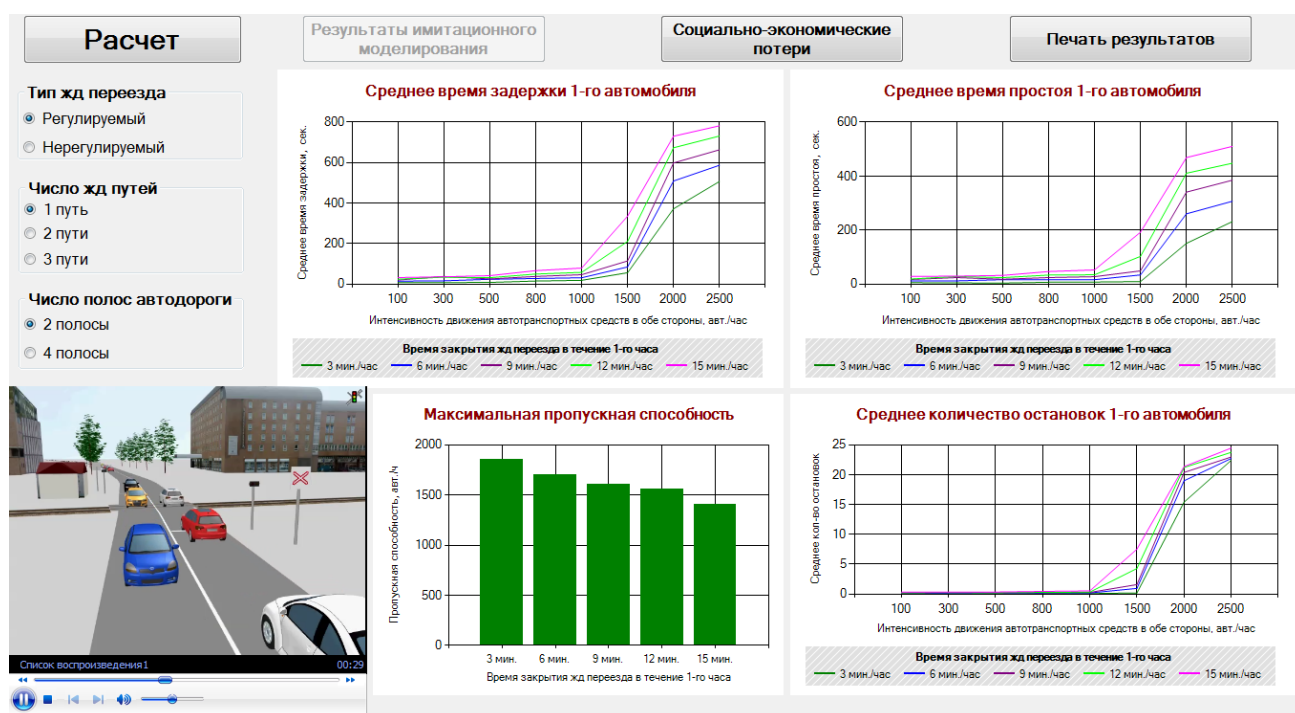


Рисунок 3.12 – Результаты имитационного моделирования

1 *Максимальная пропускная способность железнодорожного переезда* – количество автомобильного транспорта, которое может пропустить данный переезд за 1 час.

2 *Среднее время задержки одного автомобиля.* Время задержки транспортных средств на железнодорожном переезде вычисляется путем вычитания из теоретического (идеального) значения времени движения на этом участке реального значения времени на участке с учетом работы железнодорожного переезда [139]. Под теоретическим значением времени в пути понимается время, затраченное на прохождение автомобилем участка при отсутствии переезда (при разноуровневом пересечении (путепроводе)). Составной частью времени задержек является потеря времени за счет:

- времени на торможение при приближении к переезду;
- малоскоростного движения при прохождении автомобиля через переезд (скорость 10–12 км/ч);
- времени на ускорение после прохождения переезда.

3 *Среднее время простоя одного автомобиля.* Время простоя – это время, в течение которого автомобиль стоит без движения в транспортной пробке, образовавшейся вследствие высокой интенсивности движения транспортных средств через железнодорожный переезд или в ожидании при пропуске железнодорожного состава (скорость 0 км/ч).

4 *Среднее количество остановок одного автомобиля.* Подсчет количества остановок начинается на расстоянии 2 км от железнодорожного переезда.

5 *Имитация модели железнодорожного переезда.*

Расчет экономических потерь происходит с помощью аналитического моделирования [127, 64]. В аналитической модели применяются показатели, которые были получены в результате имитационного моделирования. Экономические потери складываются из следующих компонентов (рисунок 3.13):

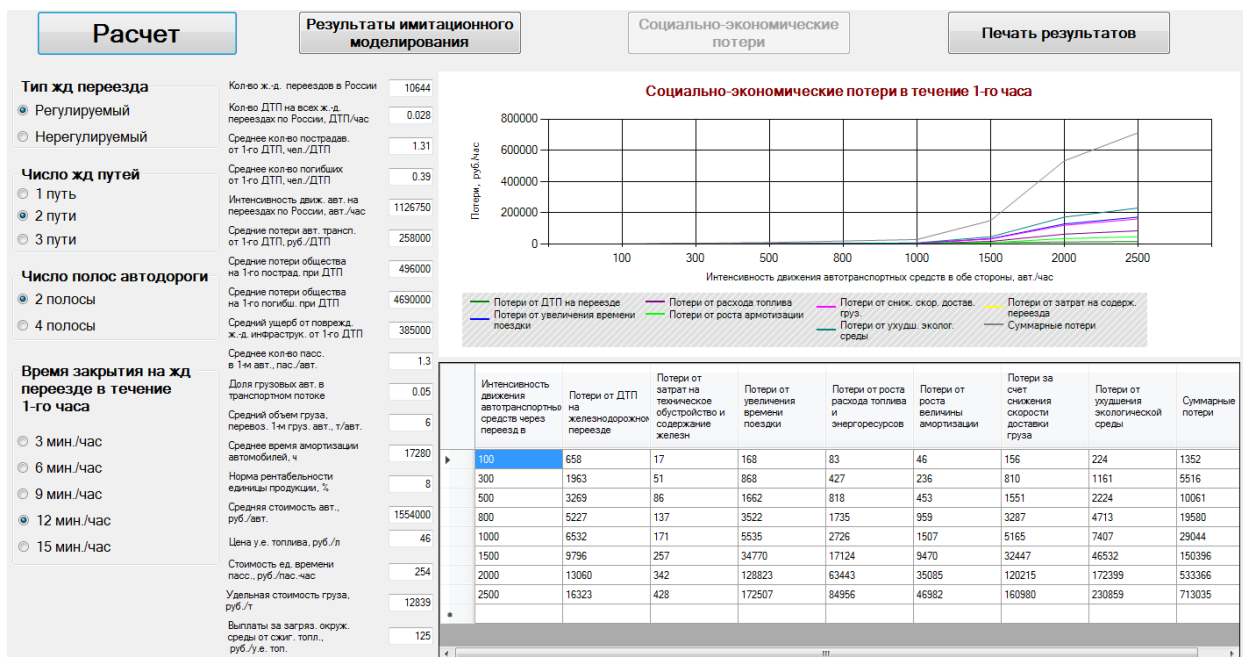


Рисунок 3.13 – Результаты аналитического моделирования

- 1 Потери от ДТП на железнодорожном переезде.
- 2 Потери от затрат на техническое обустройство и содержание железнодорожного переезда.
- 3 Потери от увеличения времени поездки.
- 4 Потери от роста расхода топлива и энергоресурсов.
- 5 Потери от роста величины амортизации.
- 6 Потери от снижения скорости доставки груза.
- 7 Потери от ухудшения экологической среды.

Как видно, графики зависимости имитационного и аналитического моделирования (см. рисунки 3.12 и 3.13) начинают резко возрастать при достижении интенсивностью движения автотранспортных средств максимальной пропускной способности железнодорожного переезда.

Большинство параметров, использованных для расчета экономических потерь, взято из официальных данных статистики и отчетов статистических органов разных уровней за 2019 год. Некоторые параметры были получены экспертным способом либо натурными исследованиями. В программе присутствует возможность изменять показатели параметров по мере необходимости и производить автоматический перерасчет экономических потерь.

Таким образом, программа предназначена для автоматизированного расчета социально-экономических потерь на ЖАПТС с помощью комбинированного (имитационно-аналитического) моделирования.

### **Выводы по третьей главе**

Решения по инфраструктурному и организационно-технологическому развитию ЖАПТС должны базироваться на снижении совокупных социально-экономических потерь. При этом информационный базис методики оценки потерь включает как расчетные, так и статистические показатели функционирования ЖАПТС. В результате исследования получены результаты со следующими выводами:

1 Предлагается решение транспортных проблем на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях с использованием аппарата математического моделирования транспортных систем. Разработка адекватных математических моделей процессов взаимодействия участников дорожного движения предусматривает адекватную формализацию элементов транспортной инфраструктуры, системы организации дорожного движения, системы управления движением и других элементов. Использование объектной декомпозиции предметной области позволяет сократить время моделирования и получения результатов, отвечающих поставленным целям для решения транспортных проблем.

2 Аналитическим методом моделирования получены зависимости для определения потерь времени пассажиров на железнодорожно-автомобильном пересечении, обусловленных интенсивностью движения автомобильного и железнодорожного транспорта. Полученные аналитические решения носят усредненный характер за определенный период времени и не учитывают все особенности ЖАПТС. При этом следует отметить и достоинства аналитического моделирования, которыми являются универсальность, т. е. возможность



применения модели и на других ЖАПТС, простота и оперативность проведения расчетов.

3 Достоверность оценки состояния – определения скорости движения автотранспортных средств в зоне железнодорожного переезда, достигается применением имитационных моделей. Для апробации транспортной модели был взят один из железнодорожных переездов в г. Ростове-на-Дону. С помощью программного обеспечения PTV Vissim была создана имитационная модель данного участка транспортной сети. Для повышения безопасности дорожного движения и уменьшения задержек транспортных средств на данном участке дороги предложено создание разноуровневого железнодорожно-автомобильного пересечения, целесообразность которого подтверждена численными расчетами (экспериментом) на базе имитационно-аналитического моделирования.

4 По результатам проведенного анализа железнодорожных переездов Северо-Кавказской железной дороги, подлежащих замене на автодорожный путепровод, были выявлены основные параметры железнодорожного переезда, влияющие на технические показатели дорожного движения:

- интенсивность движения транспортных средств;
- время закрытия железнодорожного переезда;
- число полос автомобильной дороги;
- число железнодорожных путей.

Эти параметры легли в основу построенных имитационных моделей железнодорожных переездов.

5 По результатам имитационного моделирования построены графики и функции изменения максимальной пропускной способности железнодорожного переезда в зависимости от характеристики переезда. Аналогично построены графики зависимостей суммарных задержек транспортных средств от параметров переезда.

6 Построены графики и определены функции эмпирической зависимости для использования в аналитических методах оценки задержек. Полученные функциональные зависимости, построенные между параметрами

функционирования железнодорожного переезда, дают возможность проводить оценку потерь без привлечения аппарата имитационного моделирования, что значительно сокращает время для расчета потерь.

7 В рамках реализации методики разработана программа расчета потерь на железнодорожном переезде, которая рассчитывает технические и социально-экономические потери, возникающие на железнодорожном переезде.

## **ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ**

### **4.1 Оценка интегральных социально-экономических потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях**

Одним из основных направлений интегрированного развития железнодорожного транспорта является сохранение комфортной среды для жизни в городе за счет безбарьерных схем движения в городской среде. Ее реализация требует объединения различных компаний и предприятий, а именно компании ОАО «Российские железные дороги» и ее структурные подразделения, компании организации пассажирских перевозок в дальнем сообщении (АО «Федеральная пассажирская компания»), пригородные пассажирские компании (ППК), предприятия общественного пассажирского транспорта, департаменты транспорта муниципального образования, региональные Министерства транспорта. Оценка эффективности организации железнодорожно-автомобильных пересечений должна проводиться с учетом экономических и социальных потерь для всех участников дорожного движения.

Развитие путей сообщения в транспортной системе сегодня находится в зоне ответственности государства, Министерства транспорта Российской Федерации, поскольку эксплуатируемые железнодорожные линии и автомобильные дороги остаются в разном подчинении и интересы по строительству многоуровневых развязок оказываются в противоречии с экономической целесообразностью для транспортных предприятий и ожидаемым социально-экономическим эффектом от их функционирования и повышения качества жизни для населения.

Вследствие роста числа легковых автотранспортных средств в России и интенсивности движения поездов железнодорожные переезды стали участками движения, приносящими значительную потерю экономике страны. Экономические потери распределяются на всех членов общества и кажутся невысокими. В

действительности, если произвести расчет суммарных потерь (экономические, социальные, пространственные, технологические), связанных с наличием железнодорожного переезда, то они представляют собой существенные издержки (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Классификация социально-экономических потерь на одноуровневых ЖАПТС

Категории потерь	Виды потерь	Обозначения
Социальные потери	Потери пассажиров от увеличения времени поездки	$P_{\text{пас}}$
	Ущерб, наносимый жизни и здоровью людей, а также материальные потери от ДТП	$P_{\text{ПС}}$
	Ущерб от гибели людей в результате ДТП	$P_{\text{ГБ}}$
Технологические потери	Рост амортизации и износа транспортных средств	$P_{\text{амор}}$
Экономические потери	Потери железнодорожного транспорта, обусловленные ДТП	$P_{\text{ЖТ}}$
	Потери автотранспортных средств вследствие ДТП	$P_{\text{АТ}}$
	Рост расхода топлива и энергоресурсов	$P_{\text{топ}}$
	Потери за счет снижения скорости доставки груза	$P_{\text{гр}}$
	Затраты на техническое обустройство и содержание железнодорожного переезда	$P_{\text{сод}}$
Экологические потери	Потери от ухудшения экологической среды	$P_{\text{эк}}$

Основным решением проблемы безопасности движения и увеличения пропускной способности на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях является строительство разноуровневых транспортных развязок, строительство которых оправдано при высоких интенсивностях движения транспортных средств. Существенного повышения безопасности движения транспорта и пешеходов, снижения износа автомобилей, сокращения порчи грузов и ускорения их доставки, улучшения условий труда водителей автотранспортных средств и машинистов поездов, повышения эстетического качества автомобильной дороги и железных дорог можно достичь посредством замены железнодорожных переездов транспортными развязками в разных уровнях.

Целесообразность подобной замены определяется путем проведения технико-экономических расчетов и сравнением социально-экономических затрат

существующего железнодорожно-автомобильного пересечения в одном уровне со строительством предлагаемого многоуровневого пересечения. С экономической точки зрения выгодным будет считаться вариант с меньшими приведенными затратами.

Определение социально-экономической эффективности замены железнодорожных переездов транспортными развязками в разных уровнях производится путем сравнения общественных (народно-хозяйственных) затрат и результатов, которые будут иметь место на транспорте и в нетранспортных отраслях народного хозяйства в случае осуществления этого проекта (проектный вариант), с теми затратами и результатами, которые будут иметь место при отказе от его реализации (базовый вариант).

Оценка социально-экономической эффективности реализации мероприятий учитывает социально-экономические эффекты от улучшения транспортно-эксплуатационных качеств в ЖАПТС и показателей работы транспортной системы в целом.

Социально-экономические потери на железнодорожных переездах складываются из следующих слагаемых:

1 Затраты на техническое обустройство и содержание железнодорожного переезда ( $P_{\text{сод}}$ ).

2 Потери, связанные с изменением времени передвижения транспортных средств и пешеходов в зоне железнодорожного переезда. Потерей считается та часть издержек, которой могло не быть при разноуровневом автомобильно-железнодорожном пересечении. К таким потерям можно отнести:

– потери времени пассажиров ( $P_{\text{пас}}$ ) из-за снижения скоростей движения в зонах железнодорожного переезда и задержек автотранспортных средств при закрытии переезда;

– потери от снижения скорости доставки груза в результате задержки в зоне железнодорожного переезда;

- потери от роста величины амортизации вследствие износа автомобильного транспорта;

- потери от роста расхода топлива и энергоресурсов в результате задержки в зоне железнодорожного переезда;

- потери за счет снижения скорости железнодорожного транспорта.

3 Потери от ухудшения экологии окружающей среды, связанные с дополнительными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу при простое автотранспортных средств в зоне железнодорожного переезда. Экологические потери характеризуются тем, что их действие отложено во времени и не ведется отдельного учета ущерба от работы транспорта на определенных участках дорожной сети [6, 8, 14].

4 Потери от дорожно-транспортных происшествий на железнодорожном переезде складываются из следующих компонентов:

- ущерб от повреждения железнодорожного транспорта, железной дороги и дорожных сооружений;

- ущерб от повреждения автотранспортных средств;

- ущерб, наносимый жизни и здоровью людей;

- материальные потери для автомобильного транспорта;

- потери от гибели людей.

Аварийность на железнодорожных переездах в России имеет высокие показатели и является одной из острейших социально-экономических проблем. В среднем за год на 100 железнодорожных переездов насчитывается 2–3 дорожно-транспортных происшествия с весьма тяжкими последствиями. Во многих странах, в том числе и в России, развитие железнодорожных переездов за счет строительства путепровода (тоннеля) происходит не тогда, когда становится экономически и социально целесообразным, а когда переезд не обеспечивает пропуск объемов транспортного потока.

При проведении оценки потерь от снижения скорости транспортных средств особую значимость играет критерий снижения производительности автотранспортных средств, который состоит из следующих факторов:

- уменьшение объемов перевозимого грузовыми автотранспортными средствами груза;
- уменьшение объемов перевозимых легковыми автомобилями и автобусами пассажиров;
- увеличение затрат времени в пути пассажиров легковых автомобилей и автобусов.

#### ***4.1.1 Оценка затрат на техническое обустройство и содержание железнодорожного переезда***

Эксплуатационные расходы для железнодорожного транспорта на переезде складываются из затрат на:

- заработную плату дежурных по переезду;
- содержание и ремонт переездов;
- электроосвещение и электроснабжение;
- амортизационные отчисления;
- прочие затраты.

Величина затрат имеет значительные колебания в зависимости от категории и технических параметров железнодорожного переезда. При вычислении затрат необходимо учитывать изменения величины эксплуатационных расходов железнодорожного переезда в зависимости от его категории и технических параметров.

#### ***4.1.2 Оценка потерь пассажиров от увеличения времени поездки***

Потери времени пассажиров от увеличения времени поездки учитывается в нескольких аспектах:

- увеличение временных затрат, связанных с перевозкой пассажиров на общественном и индивидуальном транспорте в городской системе;

– увеличение среднесуточных потерь времени пассажиров в зонах железнодорожного переезда;

– уменьшение средней скорости движения транспортного потока.

На потерю времени автомобильного транспорта при прохождении железнодорожного переезда влияют взаимосвязанные между собой факторы: интенсивность автомобильного и железнодорожного движения, состав транспортного потока, геометрические параметры железнодорожного переезда, величина снижения скоростей движения автомобилей на переезде. Взаимосвязанность этих факторов была подтверждена наблюдениями на железнодорожных переездах [7].

Потери пассажиров от увеличения времени поездки определяется по формуле

$$P_{\text{пас}} = \sum_{i=1}^k (T_{\text{скор}} + T_{\text{ост}}) \cdot N_{\text{пас}}^i \cdot \Delta C_{\text{пас}}, \text{ руб/ч}, \quad (4.1)$$

где  $T_{\text{скор}}$  – потери времени автотранспортных средств из-за снижения скоростей движения в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения, ч;

$T_{\text{ост}}$  – потери времени автотранспортных средств из-за задержек при закрытии железнодорожного переезда, ч [101];

$N_{\text{пас}}^i$  – среднее количество пассажиров в одном автотранспортном средстве  $i$ -го вида, пас.;

$\Delta C_{\text{пас}}$  – стоимостная оценка времени (на основе валового регионального продукта на душу населения в расчете на один астрономический час, руб/пас-ч.

Средняя величина потерь народного хозяйства на 1 чел/ч пребывания в пути пассажиров  $\Delta C_{\text{пас}}$  рассчитывалась по формуле 4.2:

$$\Delta C_{\text{пас}} = \frac{\text{ВВП}}{365 \cdot 24 \cdot N}, \quad (4.2)$$

где ВВП – показатель годового валового регионального продукта на период расчетов;



$N$  – численность экономически активного населения рассматриваемого региона, чел.

#### **4.1.3 Оценка потерь от снижения скорости доставки груза**

Потери за счет снижения скорости доставки груза ( $P_{гр}$ ) в результате задержки в зоне железнодорожного переезда (4.3):

$$P_{гр} = (T_{скор} \cdot \Delta q(v_{ср}) \cdot T_{загр} \cdot \Delta q(v_0)) \cdot \omega_{гр} \cdot G_{гр} \cdot \Delta c_{гр} \cdot \frac{\Delta c}{100}, \text{ руб/ч}, \quad (4.3)$$

где  $\omega_{гр}$  – доля грузовых автомобилей от количества автотранспортных средств, проезжающих через рассматриваемый переезд;

$G_{гр}$  – средний объем груза, перевозимый одним грузовым автомобилем, т;

$\Delta c_{гр}$  – удельная стоимость груза, руб/т;

$\Delta c$  – норма рентабельности единицы продукции, %.

#### **4.1.4 Оценка потерь от дорожно-транспортных происшествий на железнодорожном переезде**

Потери от ДТП на железнодорожном переезде складываются из следующих компонентов:

1 Потери железнодорожного транспорта, обусловленные ДТП ( $P_{ЖТ}$ ):

$$P_{ЖТ} = \frac{n_{общ,ДТП}}{n_{общ,ЖД}} \cdot N_{ЖТ} \cdot C_{ДТП}^{ЖТ}, \text{ руб/ч}, \quad (4.4)$$

где  $n_{общ,ДТП}$  – количество ДТП на всех железнодорожных переездах РФ, ДТП/сут;

$n_{\text{общ}}^{\text{ЖД}}$  – количество железнодорожных переездов в РФ;

$N_{\text{ЖТ}}$  – размеры движения железнодорожного транспорта по рассматриваемой железнодорожной линии, поездов/сут;

$C_{\text{ДТП}}^{\text{ЖТ}}$  – потери железнодорожного транспорта от одного ДТП, руб.

2 Потери автотранспортных средств, причиняемые при ДТП ( $P_{\text{АТ}}$ ):

$$P_{\text{АТ}} = \frac{n_{\text{общ,ДТП}}}{n_{\text{общ}}^{\text{АТ}}} \cdot N_{\text{АТ}} \cdot N_{\text{ДТП}}^{\text{АТ}} \cdot C_{\text{ДТП}}^{\text{АТ}}, \text{ руб/ч}, \quad (4.5)$$

где  $N_{\text{АТ}}$  – размеры движения автотранспортных средств по рассматриваемому железнодорожному переезду, авт/ч;

$n_{\text{общ}}^{\text{АТ}}$  – общая интенсивность движения автотранспортных средств на переездах по России, авт/ч;

$N_{\text{ДТП}}^{\text{АТ}}$  – количество поврежденных автотранспортных средств от одного ДТП, авт/ДТП;

$C_{\text{ДТП}}^{\text{АТ}}$  – потери автотранспортных средств от одного ДТП на переезде, руб.

3 Ущерб, наносимый жизни и здоровью людей, а также материальные потери от ДТП ( $P_{\text{ПС}}$ ):

$$P_{\text{ПС}} = \frac{n_{\text{общ,ДТП}}}{n_{\text{общ}}^{\text{АТ}}} \cdot N_{\text{АТ}} \cdot N_{\text{ДТП}}^{\text{ПС}} \cdot C_{\text{ДТП}}^{\text{ПС}}, \text{ руб/ч}, \quad (4.6)$$

где  $N_{\text{ДТП}}^{\text{ПС}}$  – количество раненых людей от одного ДТП на переездах, чел/ДТП;

$C_{\text{ДТП}}^{\text{ПС}}$  – потери общества на одного раненого человека при ДТП, руб.

4 Ущерб от гибели людей в результате ДТП ( $P_{\text{ГБ}}$ ):

$$P_{\text{ГБ}} = \frac{n_{\text{общ,ДТП}}}{n_{\text{общ}}^{\text{АТ}}} \cdot N_{\text{АТ}} \cdot N_{\text{ДТП}}^{\text{ГБ}} \cdot C_{\text{ДТП}}^{\text{ГБ}}, \text{ руб/ч}, \quad (4.7)$$

где  $N_{\text{ДТП}}^{\text{ГБ}}$  – количество погибших людей от одного ДТП на переездах, чел.;  
 $C_{\text{ДТП}}^{\text{ГБ}}$  – потери общества на одного погибшего человека при ДТП, руб.

#### **4.1.5 Оценка потерь от роста расхода топлива и энергоресурсов**

Потери от роста расхода топлива и энергоресурсов в результате задержки в зоне железнодорожного переезда ( $P_{\text{топл}}$ ):

$$P_{\text{топл}} = \Delta q(v_{\text{ср}}) \cdot \Delta c_{\text{топл}} \cdot (T_{\text{скор}} + T_{\text{закр}}), \text{ руб/ч}, \quad (4.8)$$

где  $\Delta q(v_{\text{ср}})$  – удельный вес изменения расхода топлива, зависящий от скорости движения автотранспортных средств ((15 км/ч → 60 км/ч)), у.е. топл. на ч;  
 $\Delta c_{\text{топл}}$  – средняя цена одного литра топлива, руб/ л топл.

#### **4.1.6 Оценка потерь от роста величины амортизации**

Потери от роста величины амортизации от износа автомобильного транспорта ( $P_{\text{аморт}}$ ):

$$P_{\text{аморт}} = (T_{\text{скор}} + T_{\text{закр}}) \cdot \frac{\Delta c_{\text{АТ}}}{T_{\text{аморт}}}, \text{ руб/ч}, \quad (4.9)$$

где  $\Delta c_{\text{АТ}}$  – средняя стоимость автомобильного транспорта, руб.;  
 $T_{\text{аморт}}$  – среднее время амортизации автотранспортных средств  
(5 лет · 12 мес. · 24 раб. дн. · 12 ср. ч), ч.

#### **4.1.7 Оценка потерь от ухудшения экологической среды**

Потери от ухудшения экологической среды ( $P_{\text{эК}}$ ), связанные с выбросом загрязняющих веществ в атмосферу при простое автотранспортных средств в зоне железнодорожного переезда:

$$P_{\text{эк}} = \Delta q(v_{\text{ср}}) \cdot \Delta c_{\text{экол}} \cdot (T_{\text{скор}} + T_{\text{закр}}), \text{ руб/ч}, \quad (4.10)$$

где  $\Delta c_{\text{экол}}$  – выплаты за загрязнение окружающей природной среды от сжигания топлива, руб/у.е. топл.

#### 4.2 Расчет социально-экономических потерь на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях

В совокупности все затраты, связанные с наличием железнодорожно-автомобильного пересечения, можно представить суммой компонент:

$$P = (P_{\text{сод}} + P_{\text{ЖТ}} + P_{\text{АТ}} + P_{\text{ПС}} + P_{\text{ГБ}} + P_{\text{пас}} + P_{\text{топл}} + P_{\text{аморт}} + P_{\text{гр}} + P_{\text{эк}}), \text{ руб/ч}. \quad (4.11)$$

В таблице 4.2 приведены значения входных параметров для расчета основных социально-экономических потерь на железнодорожных переездах. Большая часть параметров взяты из официальных отчетов статистических органов разных уровней, а некоторые параметры были получены экспертным способом либо натурными исследованиями.

Таблица 4.2 – Значения и источники параметров для расчета основных социально-экономических потерь на железнодорожных переездах

Обозначение и наименование показателя	Единица измерения	Значение
1	2	3
$P_{\text{сод}}$ – средние затраты на техническое обустройство и содержание одного охраняемого железнодорожного переезда*	руб/год	4 494 256
$n_{\text{общ}}^{\text{АТ}}$ – интенсивность движения автотранспорта на переездах по России [13]	тыс. авт. в сутки	27 042
$C_{\text{ДТП}}^{\text{ЖТ}}$ – средний ущерб от повреждения ж.-д. транспорта, железной дороги и дорожных сооружений в результате одного ДТП*	тыс. руб.	385,35
$C_{\text{ДТП}}^{\text{ГБ}}$ – потери общества на одного погибшего человека при ДТП [39]	тыс. руб.	46 900
$N_{\text{ДТП}}^{\text{ПС}}$ – среднее количество погибших от 1 ДТП на переезде [87]	чел/ДТП	0,39

\* Информация получена экспертным способом либо натурными исследованиями.

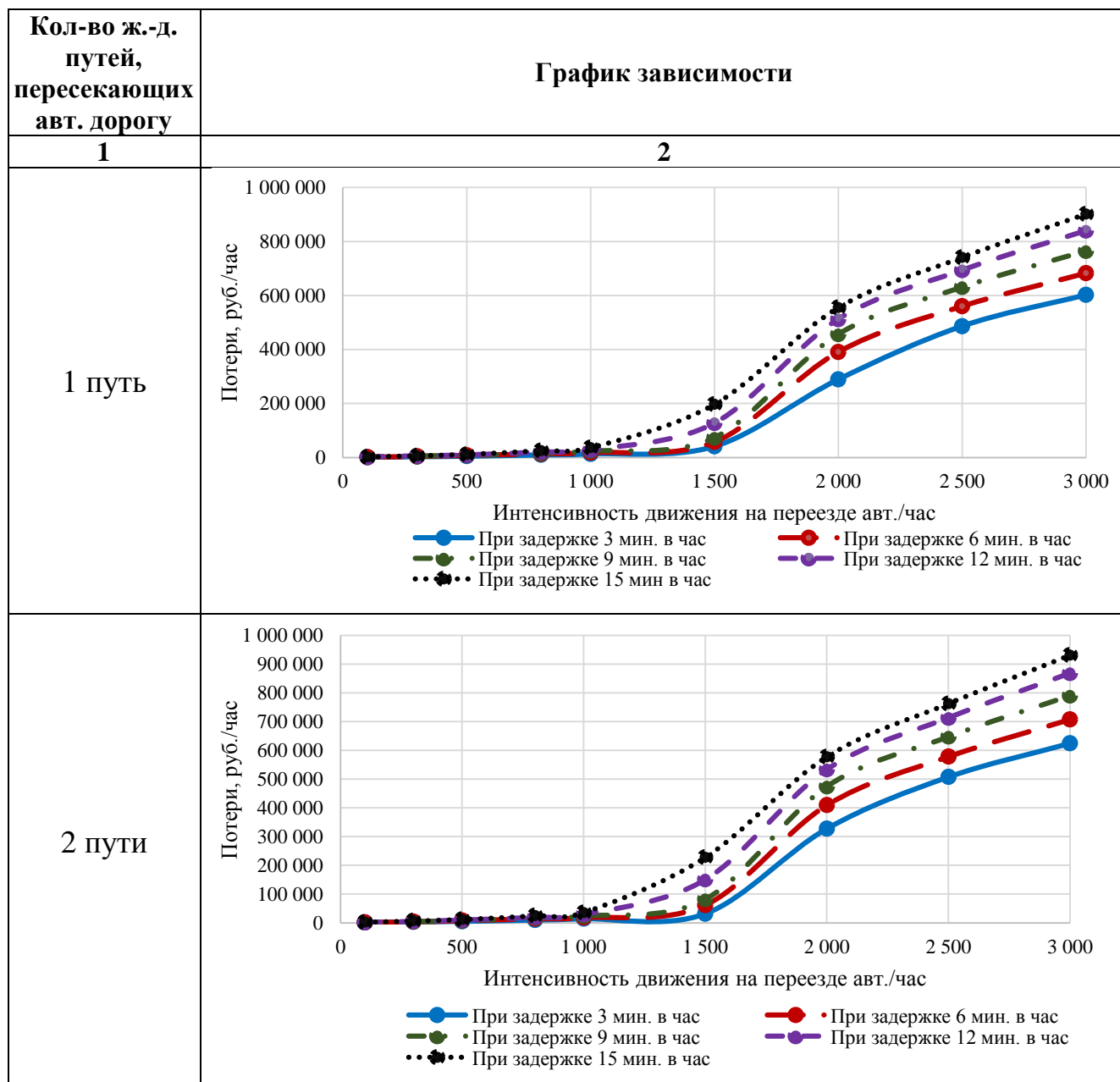
1	2	3
$C_{ДТП}^{ПС}$ – потери общества на одного пострадавшего при ДТП [73]	тыс. руб.	496
$N_{ДТП}^{ПС}$ – среднее количество пострадавших от одного ДТП на переездах [87]	чел/ДТП	1,31
$C_{ДТП}^{АТ}$ – средние потери автомобильного транспорта от одного ДТП на переезде [73]	тыс. руб.	258
$N_{ДТП}^{АТ}$ – среднее количество поврежденных автомобилей от одного ДТП*	авт/ДТП	1,05
$n_{общ,ДТП}$ – количество ДТП на всех железнодорожных переездах по РФ за 2017 г. [87]	ДТП в сутки	0,663
$n_{общ}^{ЖД}$ – количество железнодорожных переездов в РФ [13]	переездов	10 664
$N_{пас}$ – среднее количество пассажиров в одном автомобильном транспорте*	пас.	1,3
$\Delta C_{пас}$ – стоимость единицы времени пассажира [112, 83]	руб/пас.-ч	254
$V_0$ – средняя скорость движения автомобильного транспорта в зоне железнодорожного переезда*	км/ч	15
$V_1$ – средняя скорость движения автомобильного транспорта по путепроводу*	км/ч	60
$t_{закр}$ – среднее время одного закрытия железнодорожного переезда*	ч	0,07
$\Delta q(v_{cp})$ – удельный вес изменения расхода топлива, зависящий от скорости движения автомобильного транспорта (15 км/ч → 60 км/ч)	у.е. топ. на ч.	3,535
$\Delta c_{топл}$ – средняя цена топлива [112]	руб/л	46
$\Delta c_{АТ}$ – средняя стоимость автомобильного транспорта [112]	руб.	1 554 000
$T_{аморт}$ – среднее время амортизации автомобиля (5 лет × 12 мес. × 24 раб. дней × 12 ср. ч)*	ч	17 280
$\omega_{гр}$ – доля грузовых автомобилей от количества автомобильного транспорта, проезжающих через рассматриваемый переезд*	доля	0,1
$G_{гр}$ – средний объем груза, перевозимый одним грузовым автомобилем*	т	6
$\Delta c_{гр}$ – удельная стоимость груза [112]	руб/т	12 839
$\Delta c$ – норма рентабельности единицы продукции [63]	%	8
$\Delta c_{экол}$ – выплаты за загрязнение окружающей среды от сжигания топлива [63]	руб/у.е. топ.	125

С помощью полученных результатов имитационного моделирования был произведен расчет. Графическое представление интегральных социально-

экономических потерь в зависимости от интенсивности движения транспортных средств на переезде и параметров переезда выведено в таблицах 4.3 и 4.4.

Как видно из данных таблиц 4.3 и 4.4, график зависимостей социально-экономических потерь от интенсивности движения транспортных средств имеет экспоненциальный вид. Превышение интенсивностью потока транспортных средств пропускной способности железнодорожного переезда ( $N_{авт} > N_{макс}$ ) влечет за собой резкий рост социально-экономических потерь.

Таблица 4.3 – Зависимость социально-экономических потерь на железнодорожных переездах при 2 полосах автомобильной дороги



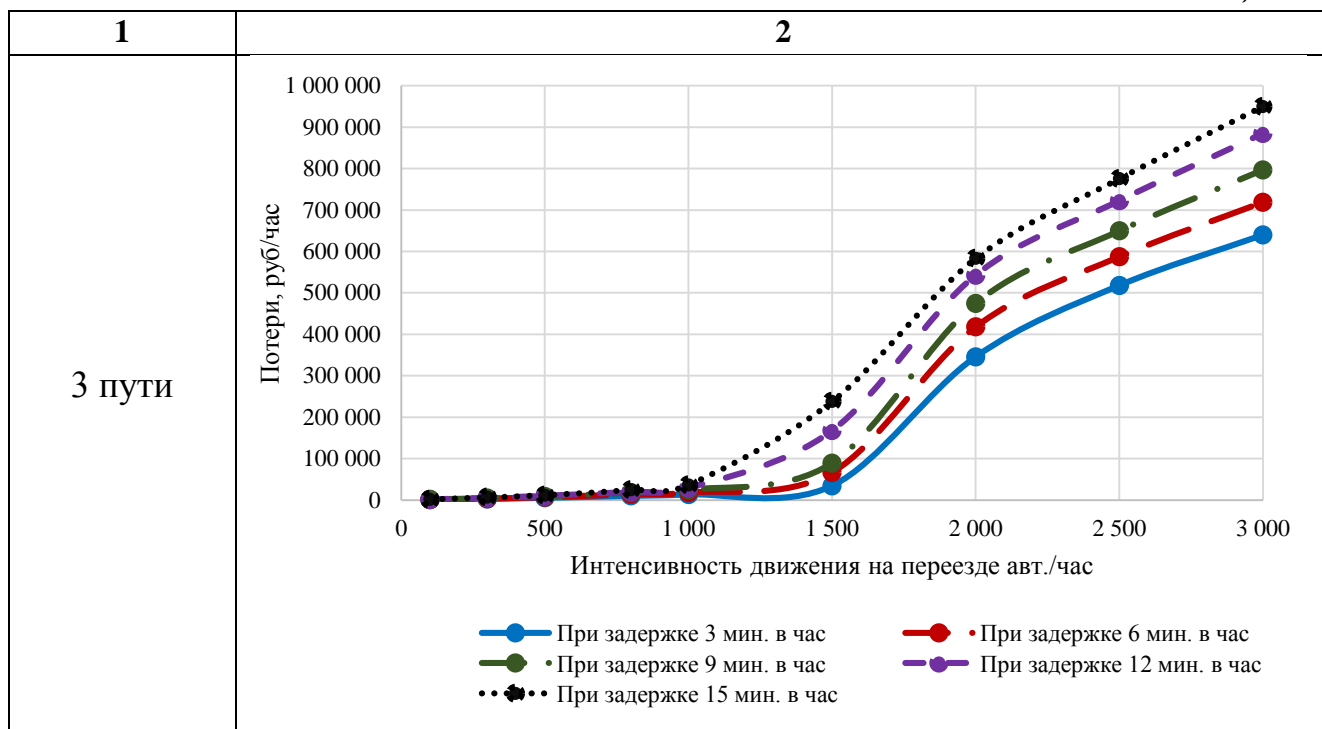
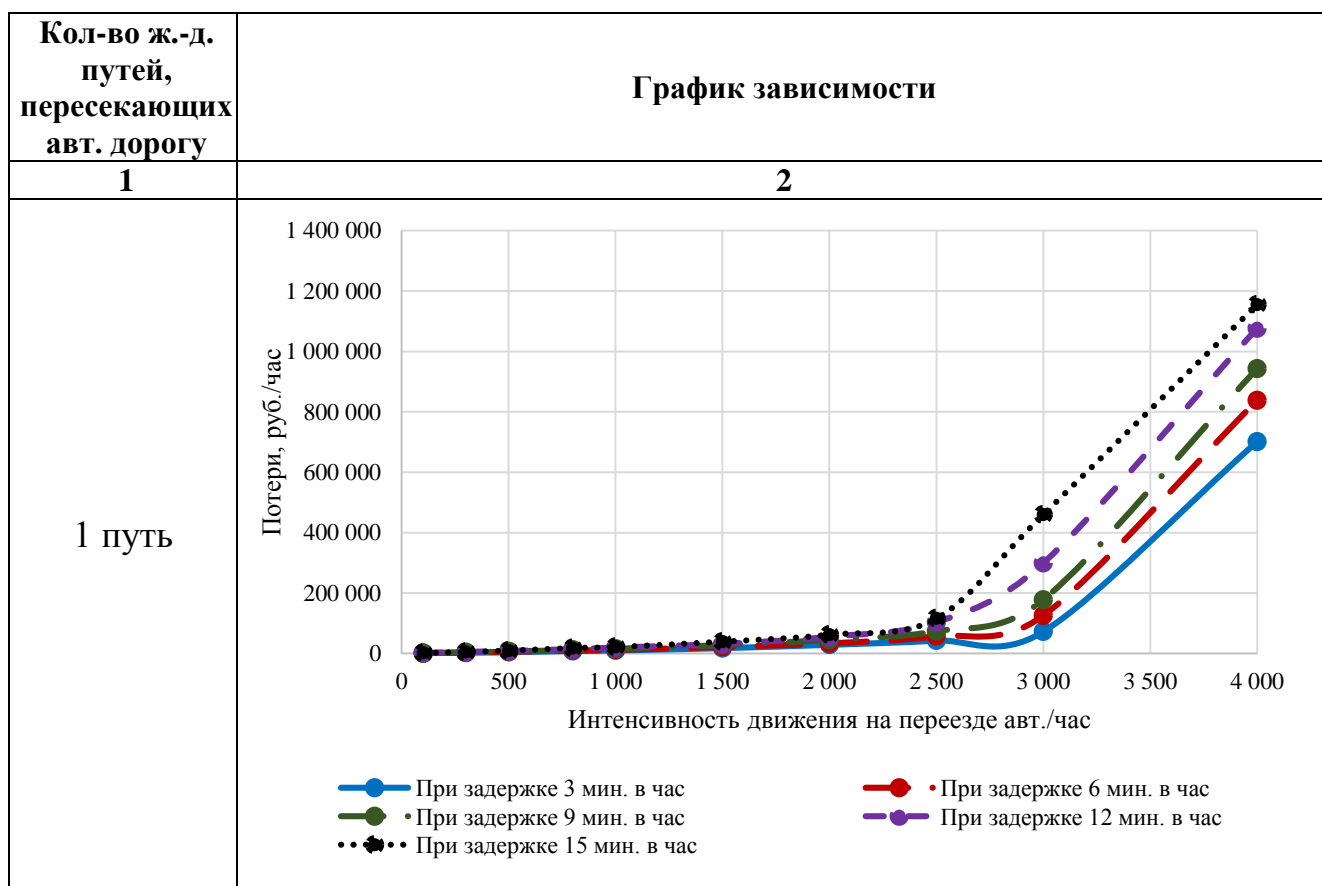
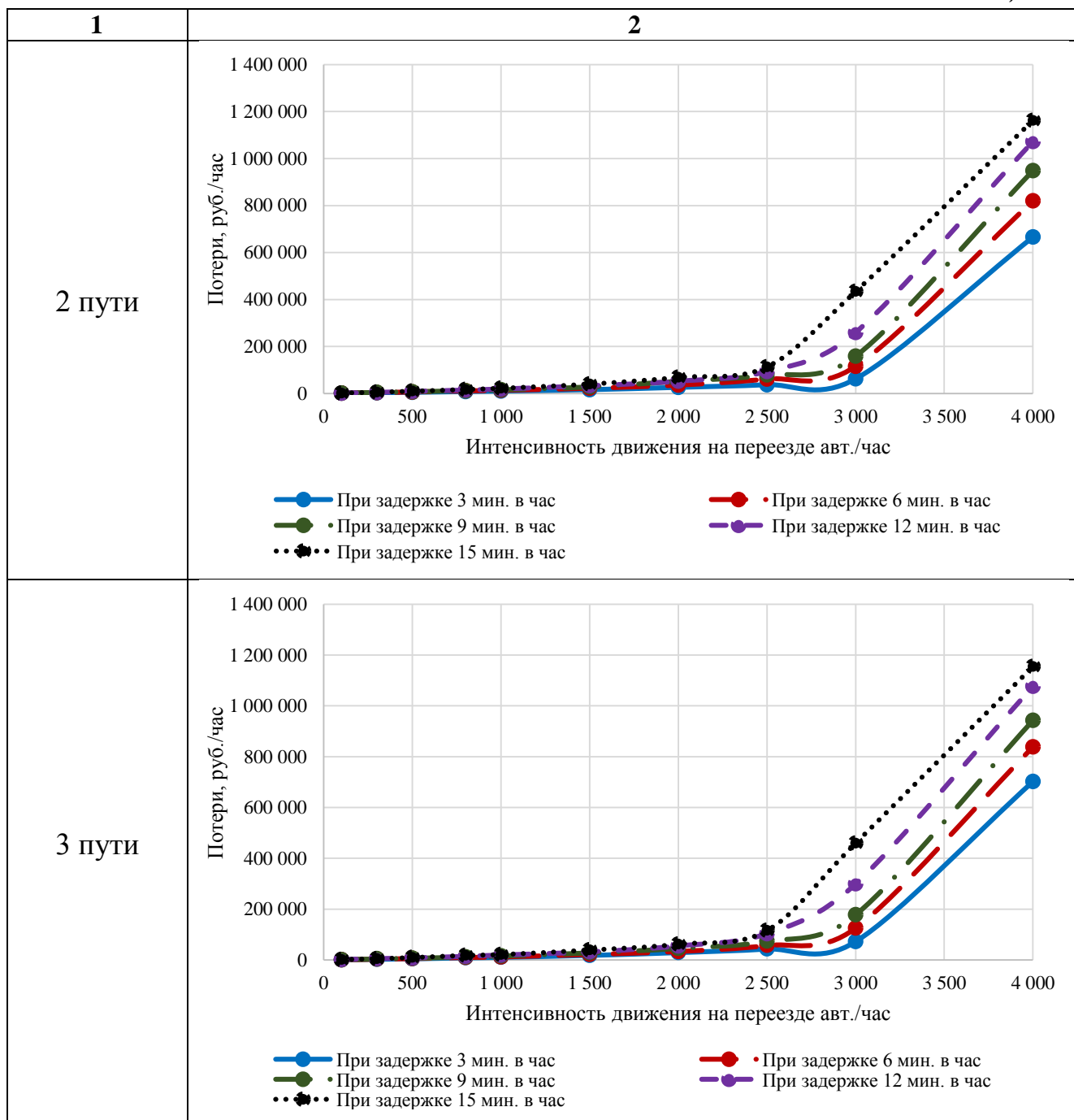


Таблица 4.4 – Зависимость социально-экономических потерь на железнодорожных переездах при 4 полосах автомобильной дороги





Разработанная математическая модель позволяет произвести экспресс-расчет влияния задержки автотранспортных средств на перегоне в зависимости от выбранных доминантных факторов. Представленная методика оценки социально-экономических потерь на перегоне может быть использован в различных ЖАПТС.



## **Выводы по четвертой главе**

Оценки совокупных социально-экономических потерь, возникающих на железнодорожно-автомобильных пересечениях транспортной сети, по субъектам рынка, населению общества в целом, позволяющие распределить ответственность за их развитие и эффективное функционирование, позволили сделать выводы:

1 Экономические потери на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях распределяются на многих субъектов общества. Определены виды социально-экономических потерь, возникающих на одноуровневых пересечениях автомобильного и железнодорожного транспорта.

2 Разработана математическая модель оценки социально-экономических потерь, возникающих на железнодорожном переезде, позволяющая произвести экспресс-расчет влияния задержки автотранспортных средств на переезде в зависимости от выбранных доминантных факторов.

3 Представлена методика расчета интегральных потерь с указанием эмпирической базы для расчетов (федеральные и региональные данные статистики, данные предприятий и организаций по регулированию дорожного движения на улично-дорожной сети и перевозочного процесса на железнодорожном транспорте.

4 Результаты имитационного моделирования позволили произвести расчет социально-экономических потерь в зависимости от интенсивности движения на переезде и технологических параметров переезда. Предложенная методика оценки социально-экономических потерь на переезде может быть использован на различных ЖАПТС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поиск решения проблем развития инфраструктуры транспортной сети с целью достижения параметров качества транспортного обеспечения экономики и населения страны является перманентной задачей всех агентов рынка транспортных услуг, администрации регионов и городов РФ.

В первой главе настоящего исследования рассмотрены теоретико-методологические основы развития транспортной системы городов и регионов, выделены транспортные проблемы организации работы, возникающие в ЖАПТС, и предложены методы и мероприятия по их устранению. Рассмотрены подсистемы и структурные элементы городской транспортной системы, формирующие узлы транспортной сети, их организация и взаимодействие в обеспечении перевозок грузов и пассажиров, формировании параметров мобильности населения, доступности городской среды. Проанализировано современное состояние одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечений и выделены основные проблемы функционирования автомобильного и железнодорожного транспорта на одноуровневых пересечениях. Проведен анализ зарубежного и отечественного опыта в исследовании взаимодействия ЖАПТС. Показана необходимость использования транспортного моделирования при разработке мероприятий по решению транспортных проблем в ЖАПТС и принятии научно обоснованных решений по их реализации. Сформулированы основные задачи диссертационного исследования.

Вторая глава настоящего исследования посвящена системе обеспечения безопасности движения на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях. Выявлены основные причины возникновения дорожно-транспортных происшествий на ЖАПТС и определены виды социально-экономических потерь общества и государства. Проведен регрессионный анализ статистики ДТП на одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечениях. Исследованы методы контроля управления движением на

железнодорожных переездах. Рассмотрены современные цифровые технологии, используемые для обеспечения безопасности движения в ЖАПТС.

В третьей главе проведен вариантный анализ представления объектных моделей с разной целевой установкой в задачах оптимального управления городской транспортной системой. Построена декомпозиция предметной области, которая позволяет сократить сроки создания новых имитационных моделей для решения транспортных проблем. Проведен анализ железнодорожных переездов Северо-Кавказской железной дороги, подлежащих замене на автодорожный путепровод. По результатам анализа выявлены основные параметры железнодорожного переезда, влияющие на технические показатели дорожного движения. С помощью имитационного моделирования в программе PTV Vissim рассчитаны модели железнодорожных переездов с различными параметрами. По результатам имитационного моделирования выведены эмпирические зависимости потерь времени автомобильного транспорта, построены графики и найдены функции изменения пропускной способности железнодорожного переезда в зависимости от параметров переезда. Проведен анализ по комбинированной имитационно-аналитической методике расчетов характеристик движения в зоне железнодорожно-автомобильного пересечения.

В четвертой главе предложены методы оценки основных социально-экономических потерь в зависимости от интенсивности движения транспортных средств на железнодорожных переездах. Определены виды социально-экономических потерь, возникающих на одноуровневых пересечениях автомобильного и железнодорожного транспорта. Разработана математическая модель оценки социально-экономических потерь, возникающих на железнодорожном переезде, позволяющая произвести экспресс-расчет влияния задержки автотранспортных средств на переезде в зависимости от выбранных доминантных факторов. Представлена методика расчета потерь с указанием эмпирической базы для расчетов, включающей федеральные и региональные данные статистики, данные предприятий, и организаций по регулированию дорожного движения на УДС и перевозочного процесса на железнодорожном

транспорте. Результаты имитационного моделирования позволили произвести расчет социально-экономических потерь в зависимости от интенсивности движения на переезде и технологических параметров переезда. Предложенная методика оценки социально-экономических потерь на переезде может быть использована и на различных ЖАПТС.

**Рекомендации и перспективы дальнейших исследований по теме:**

Выполненные в диссертационной работе теоретические и методические исследования могут послужить научной основой для разработки вопросов организации и развития узлов транспортной сети с разными видами транспорта, с локализацией проблем по типизированным видам узлов транспортной сети в транспортной системе Российской Федерации. Практическое применение полученных эмпирических зависимостей может послужить методической базой в расчетах комплексных систем организации дорожного движения населенных пунктов в ЖАПТС.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 **Алиев, А. С.** Структура комплексной модели транспортной системы г. Москвы / А. С. Алиев, Д. С. Мазурин, Д. А. Максимова [и др.] // Сборник трудов ИСА РАН «Прикладные проблемы управления макросистемами». – 2015. – № 2. – С. 34–38.

2 **Ананьев, Е. И.** Организация одностороннего движения как метод увеличения пропускной способности улично-дорожной сети города / Е. И. Ананьев, Н. Ю. Залукаева, В. С. Горюшинский // Транспортное дело России. – 2017. – № 5. – С. 136–139.

3 **Андреев, К. П.** Совершенствование городской маршрутной сети / К. П. Андреев // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 3(19). – С. 102–106.

4 **Андронов, Р. В.** Моделирование очередей на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети крупного города в условиях плотных транспортных потоков : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Андронов Роман Валерьевич ; Тюменский государственный архитектурно-строительный университет. – Тюмень, 2007. – 184 с.

5 **Андронов, Р. В.** Расчет методом Монте-Карло задержек транспортных средств на изолированном регулируемом пересечении при его работе на высоких уровнях загрузки / Р. В. Андронов, Е. Э. Леверенц // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 1 (60). – С. 221–226.

6 **Апатцев, В. И.** Нормативно-правовое обеспечение снижения социально-экономических последствий для работников от загрязнения атмосферы / В. И. Апатцев, А. В. Матешева // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 3. – С. 51–54. – ISSN: 2074-9325.

7 **Бальзамова, И. Ю.** Эффективность сооружения и размещения внутригородских железнодорожно-автомобильных пересечений в разных уровнях : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук /

Бальзамова Ирина Юрьевна ; Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИС). – Москва, 1984. – 144 с.

8 **Бекмагамбетов, М. М.** Анализ современных программных средств транспортного моделирования / М. М. Бекмагамбетов, А. В. Кочетков // Исследования, конструкции, технологии. – 2012. – № 6 (77). – С. 25–34.

9 **Ботвинов, В. Ф.** Порты и транспортные терминалы. Курс лекций : учебное пособие / В. Ф. Ботвинов. – Москва : Альтаир-МГАВТ, 2013. – 150 с.

10 **Буйленко, В. Я.** Экспертный анализ дорожных условий : учебное пособие / В. Я. Буйленко, Ю. А. Короткова, А. А. Пахомова ; под общей редакцией доцента В. Я. Буйленко. – Москва : МАДИ 2019. – 108 с.

11 **Бурдин, И. О.** Имитационное компьютерное моделирование критических перекрестков на примере развязки улицы Цимлянской и Восточного обхода в городе Перми / И. О. Бурдин, А. А. Минзуренко // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2016. – № 3. – С. 32–49.

12 **Васьков, Т. И.** К вопросу об обеспечении безопасности на железнодорожных переездах посредством использования системы GPS/ГЛОНАСС / Т. И. Васьков, А. А. Воробьев // Материалы IV Всероссийской межвузовской конференции «Магистратура – автотранспортной отрасли». – 2020. – С. 234–239.

13 **Верховых, Г. В.** Необходим комплексный подход при активном участии всех причастных сторон / Г. В. Верховых // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 10. – С. 19–22. – ISSN 0044-4448.

14 **Гатауллин, С. Т.** Экономическая оценка и пути снижения потерь на железнодорожных переездах : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Гатауллин Сергей Тимурович ; ФАО ГОУ ВПО Государственный университет управления. – Москва, 2009. – 110 с.

15 **Герус, В. Л.** Повышение безопасности на железнодорожных переездах на основе совершенствования управления автоматической переездной сигнализацией : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.22.08 / Герус Владимир Леонидович ; Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС). – Самара, 2018. – 201 с.

16 Глава СНиП Н-40-80. Метрополитены / Госстрой СССР, – Москва : Стройиздат, 1981. – 64 с.

17 **Головнин, О. К.** Атрибутно-ориентированное моделирование транспортных систем / О. К. Головнин // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса. – 2020. – С. 53–57.

18 **Горев, А. Э.** Основы теории транспортных систем : учебное пособие / А. Э. Горев. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2010. – 214 с. – ISBN 978-5-9227-0266.

19 ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования / ГОСТ Р от 22 ноября 2005 г. № 52398-2005.

20 **Гузенко, А. В.** Система городского пассажирского транспорта : логистика и регулирование : монография / А. В. Гузенко, Н. А. Вихрева. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2011. – 212 с. – ISBN 978-5-88814-302-5.

21 **Гусев, С. А.** Экономические методы обеспечения безопасности железнодорожных перевозок / С. А. Гусев // VII Международная научно-практическая конференция «Развитие экономической науки на транспорте: экономическая основа будущего транспортных систем». – Санкт-Петербург, 2019. – С. 243–250. – ISBN 978-5-6043799-3-6.

22 **Данилина, Н. В.** Городское стратегическое планирование системы перехватывающих стоянок / Н. В. Данилина // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – Вып. 2 (113). – С. 190–195. – DOI 10.22227/1997-0935.2018.2.190-195.

23 **Даньков, В. В.** Моделирование процессов и систем : учебное пособие / В. В. Даньков, М. М. Скрипниченко, С. Ф. Логинова [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 318 с.

24 **Демьянов, В. В.** Состояние проблемы и методы обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах / В. В. Демьянов, О. Б. Имарова, М. Э. Скоробогатов // Вестник ИрГТУ. – 2018. – Т. 22. – № 4. – С. 215–230.

25 **Дубинина, Т. И.** Логистизация управления пассажирской транспортной системой мегаполиса : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Дубинина Татьяна Игоревна ; Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-на-Дону, 2010. – 190 с.

26 **Евдокимов, А. О.** Имитационная модель перекрестка с системой интеллектуального управления / А. О. Евдокимов, А. В. Горохов, Д. Я. Лугов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 5–2 (36). – С. 55–60.

27 **Епифанцев, Е. Н.** Обеспечение безопасности на железнодорожных переездах / Е. Н. Епифанцев, В. Н. Супрун // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 9. – С. 26–31. – ISSN 0044-4448.

28 **Ефанов, Д. В.** Комплексный учет параметров объектов инфраструктуры железной дороги, железнодорожного подвижного состава и автомобильного транспорта для обеспечения безопасности движения на переездах / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, Д. Г. Плотников [и др.] // Автоматика на транспорте. – 2018. – Т. 4, № 2. – С. 167–194. – ISSN 2412-9186.

29 **Жанказиев, С. В.** Анализ состояния дорожного движения методом экспертных оценок / С. В. Жанказиев, С. Х. Нгуен // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2019. – № 1(87). – С. 7–10. – ISSN: 1993-8543.

30 **Живоглядов, В. Г.** Методология повышения эффективности управления дорожным движением : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Живоглядов Владимир Георгиевич; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2008. – 350 с.

31 **Зырянов, В. В.** Анализ подходов к гибкому ограничению скорости на автомагистралях / В. В. Зырянов, В. В. Левандовский // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 4(63). – С. 49–54.

32 **Зырянов, В. В.** Моделирование и анализ спроса на объекты совершенствования транспортной сети / В. В. Зырянов, О. Ю. Криволапова // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4–1 (22). – С. 117.

33 **Иваненко, А. А.** Острота проблемы не снижается / А. А. Иваненко // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 10. – С. 23–26. – ISSN 0044-4448.

34 **Ивашевский, М. Р.** Системы видеонаблюдения на железнодорожном транспорте / М. Р. Ивашевский // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17, № 5 (84).



– С. 298–314. – DOI 10.30932/1992-3252-2019-17-5-298-314. – ISSN 1992-3252.

35 **Игнатов, А.В.** Совершенствование управления перевозками с учетом риска возникновения транспортного затора на улично-дорожной сети города : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.22.10. / Игнатов Антон Валерьевич ; Саратовский государственный технический университет им. Ю. А. Гагарина. – Саратов, 2015. – 149 с.

36 Инвестиционный паспорт города Ростова-на-Дону 2018 года // Инвестиции и Инновации. Ростов-на-Дону. – URL: [http://investrostov.ru/public/uploads/mediastore/news/InvestPasport\\_v2-compressed.pdf](http://investrostov.ru/public/uploads/mediastore/news/InvestPasport_v2-compressed.pdf) (дата обращения 28.11.2019).

37 Инновационные процессы логистического менеджмента в интеллектуальных транспортных системах : монография : в 4 т. / под общей редакцией профессора Б. А. Лёвина и профессора Л. Б. Миротина. – Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – Т. 1 : Инновационные процессы в рамках транспортного менеджмента. – 336 с. – ISBN 978-5-89035-866-0 ; ISBN 978-5-89035-867-7 (т. 1).

38 **Исаева, Е. И.** Повышение эффективности использования автомобилей с учетом вероятности возникновения транспортных заторов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Исаева Екатерина Игоревна ; Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева. – Орел, 2017. – 174 с.

39 Исследование, посвященное «стоимости» человеческой жизни: «Стоимость» человеческой жизни в России с учетом морального ущерба в начале 2018 года поднялась до 46,9 млн рублей // Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. – URL: [http://www.fa.ru/org/div/cos/press/Documents/58\\_Life\\_Value\\_2018.pdf](http://www.fa.ru/org/div/cos/press/Documents/58_Life_Value_2018.pdf).

40 **Карасевич, С. Н.** Компьютерное моделирование поведения потоков автомобилей в зоне железнодорожного переезда / С. Н. Карасевич, С. А. Аземша // Материалы XI Международной научно-практической конференции: «Организация и безопасность дорожного движения». – Тюмень, 2018. – С. 72–77.

41 **Карасевич, С. Н.** Исследование характеристик транспортных потоков при разгрузке очереди автомобилей у железнодорожных переездов / С. Н. Карасевич // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. – 2008. – № 1(16). – С. 112–116.

42 **Карасевич, С. Н.** Оптимизация проектных решений по организации движения в зоне железнодорожных переездов методами имитационного моделирования / С.Н. Карасевич // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2007. – № 4(31). – С. 11–19.

43 **Карасевич, С. Н.** Снижение автотранспортных потерь на железнодорожных переездах техническими средствами организации дорожного движения : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Карасевич Сергей Николаевич; Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2014. – 24 с.

44 **Карпущенко, Н. И.** Проблема обеспечения безопасности движения на железнодорожном переезде / Н. И. Карпущенко, Д. В. Величко, Т. В. Колмогорова // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – № 4 (35). – С. 47–50. – ISSN 1994-831X.

45 **Кирсанов, С. В.** Роль моделирования транспортных потоков в современном мире / С. В. Кирсанов // Сборник материалов (тезисов) 44-й Международной конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом. – 2019. – С. 53–55.

46 **Ковалева (Вихрева) Н. А.** Системно-инфраструктурное проблемы развития транспорта города Ростова-на-Дону / Н. А. Ковалева (Вихрева), А. В. Гузенко // Инфраструктура рынка : проблемы и перспективы : ученые записки. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), 2011. – Вып. 17. – С. 20–26.

47 **Ковалева, Н. А.** Пространственно-технологическое развитие городских пассажирских транспортных систем : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ковалева Наталья Александровна ; Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2015. – 140 с.

48 **Ковалева, Н. А.** Формирование скоростных маршрутов в городской транспортной системе / Н. А. Ковалева, Э. А. Мамаев // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3225>.

49 **Коновалова, Т. В.** Анализ ущерба от дорожно-транспортных происшествий / Т. В. Коновалова, С. Л. Надирян, И. С. Сенин // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2019. – № 3. – С. 147–150. – ISSN 2220-2404.

50 **Кузьмич, С.И.** Транспортные проблемы современных городов и моделирование загрузки улично-дорожной сети / С. И. Кузьмич, Т. О. Федина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2008. – № 3. – С. 159–166. – ISSN 2071-6168.

51 **Куприяшкин, А. Г.** Основы моделирования систем : учебное пособие / А. Г. Куприяшкин ; Норильский индустриальный институт. – Норильск : НИИ, 2015. – 135 с. – ISBN 978-5-89009-628-9.

52 **Кущенко, Л. Е.** Повышение эффективности организации движения в городе на основе минимизации заторов : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кущенко Лилия Евгеньевна ; Приокский государственный университет. – Орел, 2016. – 124 с.

53 **Лавриков, И. Н.** Мероприятия по уменьшению социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах / И. Н. Лавриков, А. С. Добросоцкая // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее : сборник статей XVI Международной научно-практической конференции : в 2 ч. – Пенза, 2018. – С. 75–78.

54 **Ларин О. Н.** Вопросы эффективности применения систем контроля параметров движения автомобилей на дорогах федерального значения / О. Н. Ларин, А. Шойко // Логистика. – 2020. – № 1(158). – С. 42–44. – ISSN: 2219-7222.

55 **Ларин, О. Н.** О перспективах развития транспортных систем крупных городов / О. Н. Ларин, Д. Э. Тарасов // Искусственный интеллект.

Интеллектуальные транспортные системы: материалы Международной научно-технической конференции. – Брест: БрГТУ. – 2016. – С. 154–157.

56 **Ларин, О. Н.** Теоретические и методологические основы развития транзитного потенциала автотранспортных систем регионов (на примере Челябинской области) : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Ларин Олег Николаевич ; Московский автомобильно-дорожного института (государственный технический университет). – Москва, 2009. – 429 с.

57 **Левашев, А. Г.** Проектирование регулируемых пересечений : учебное пособие / А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2007. – 208 с. – ISBN 978-5-8038-0458-1.

58 **Лихачев, Д. В.** Повышение эффективности левоповоротного движения в зоне регулируемого перекрестка: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук / Лихачев Дмитрий Валерьевич; Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. – Воронеж, 2020. – 146 с.

59 **Лобанов, Е. М.** Транспортные проблемы современных больших городов / Е. М. Лобанов // Транспорт Российской Федерации. – 2005. – № 1. – С. 29–31. – ISSN 1994-831X.

60 **Майоров, В. И.** К вопросу о правовом регулировании организации дорожного движения в России и зарубежных странах / В. И. Майоров, М. Ф. Юсупов // Law and State: the Theory and Practice. – 2019. – № 11(179). – С. 241–244.

61 **Макаров, В. Л.** Автомобильные пробки Москвы: анализ и пути решения / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин // Журнал Бюджет. – Февраль 2011. – С. 16–20.

62 **Максимей, И. В.** Разработка имитационных моделей сложных технических систем / И. В. Максимей, В. С. Смородин, О. М. Демиденко ; М-во образования РБ, Гом. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. – 298 с. – ISBN 978-985-439-951-5.

63 **Мамаев, Э. А.** К оценке потерь экономики от неэффективности организации движения в транспортной сети / Э. А. Мамаев, Н. А. Ковалева // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014.

– № 2(54). – С. 64–69. – ISSN 0201-727X.

64 **Мамаев, Э. А.** Комбинированные методы имитационно-аналитического моделирования узлов транспортной сети / Э. А. Мамаев, А. И. Хашев // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2019 : материалы Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: ИПТ РАН, 2019. – С. 59–64.

65 **Мамаев, Э. А.** Моделирование потоковых процессов в региональной транспортной системе: концептуальный подход / Э. А. Мамаев, Б. И. Алибеков // Телекоммуникационные, информационные и логистические технологии на транспорте «Телеком Транс – 2011» : сборник докладов Восьмой Международной научно-практической конференции, г. Ростов-на-Дону, 19–21 апреля 2011 г. Ростов на Дону : РГУПС, 2011. – С. 162–165.

66 **Мамаев, Э. А.** Моделирование транспортных систем: выбор системы поддержки принятия решений / Э. А. Мамаев, А. И. Хашев // Международная научно-практическая конференция «Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей». – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2017. – С. 172–176.

67 **Мамаев, Э. А.** Об информационном моделировании прогнозирования региональных транспортных систем / Э. А. Мамаев, В. В. Багинова // Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта: материалы II Международной научно-технической конференции. – Вологда, 2003. – С. 172–178.

68 **Мамаев, Э. А.** Объектная модель городской транспортной системы в оптимальном управлении / Э. А. Мамаев, А. И. Хашев // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 2. – URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_97\\_Mamaev\\_Khashev.pdf\\_e5fbc75ee5.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_97_Mamaev_Khashev.pdf_e5fbc75ee5.pdf).

69 **Мамаев, Э. А.** Особенности транспортных систем и специфика их моделирования / Э. А. Мамаев // Системное моделирование социально-экономических процессов : тезисы докладов и сообщений XXV Международной научной школы-семинара им. акад. С. Шаталина / ЦЭМИ РАН. – Москва, 2002. – С. 28–29.

70 **Мамаев, Э. А.** Экономические и технологические основы роста скоростей движения на железнодорожном транспорте / Э. А. Мамаев // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 5. – С. 34–35. – ISSN 0044-4448.

71 **Меренков, А. О.** Организационно-экономические аспекты формирования интеллектуальных транспортных систем в сфере городского пассажирского транспорта: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук : 08.00.05 / Меренков Артем Олегович ; Государственный университет управления. – Москва, 2016. – 175 с.

72 Методика технико-экономического обоснования выбора типа пересечений автомобильных дорог с железными дорогами / Ю. С. Крылов, В. С. Скирута, В. П. Фомичева, В. Г. Чураря, Н. А. Шуринова, Л. Б. Брызгалова, И.И. Прошина // ВСН 21-83 Минавтодор РСФСР. – Москва : Транспорт, 1985.

73 Методические рекомендации по выбору эффективных некапиталоемких мероприятий по снижению аварийности в местах концентрации ДТП на автомобильных дорогах общего пользования / Отраслевой дорожный методический документ ФДА РОСАВТОДОР. – Москва, 2017. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293742/4293742968.pdf> (дата обращения 22.01.2019).

74 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2-я редакция) / Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ, ГК по строительству, архитектуре и жилищной политике. Руководители авторского коллектива: В. В. Коссов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров. – Москва : Экономика, 2000.

75 Методические рекомендации по совместному использованию парковочных мест для объектов капитального строительства различного функционального назначения / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2017. – 107 с.

76 **Миненко, Е. Ю.** Зависимость уровня безопасности на переездах от численности парка автотранспортных средств. / Е. Ю. Миненко, Ю. А. Кусморова // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2014. – № 9-10. – С. 130–132.

77 **Миротин, Л. Б.** Логистика организации городских пассажирских перевозок / Л. Б. Миротин, Е.А. Лебедев, А. Князев [и др.] // Логистика. – 2016. – № 10(119). – С. 30–33. – ISSN: 2219-7222.

78 **Михеева, Т. И.** Использование принципов объектно ориентированного проектирования интеллектуальной транспортной системы / Т. И. Михеева // Вестник Самарского государственного технического университета. – 2005. – Вып. 34. – С. 141–148.

79 **Мишин, А. С.** Специфика адаптивного управления дорожным движением на улично-дорожной сети г. Ростова-на-Дону / А. С. Мишин, А. В. Воротынцева // Молодой исследователь Дона. – 2017. – № 3(6). – С. 52–61.

80 **Муковнин, А. С.** Применение реверсивного движения на УДС г. Волгограда / А. С. Муковнин, С. Г. Артемова, К. В. Сомова // Материалы национальной научно-практической конференции «Образование. Транспорт. Инновации. Строительство. – Омск, 2018. – С. 309–311.

81 **Наумова, Н. А.** Автоматизированное управление транспортными потоками средствами мезоскопического моделирования : монография / Н. А. Наумова, В. В. Зырянов, Р. А. Наумов. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2018. – 266 с. – ISBN: 978-5-8333-0803-5.

82 ОДМ 218.6.003-2011 Методические рекомендации по проектированию светофорных объектов на автомобильных дорогах. – Москва : Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2013. – 69 с.

83 Оценка социально-экономического эффекта публикации открытых данных на примере данных общественного транспорта Москвы / Р. Е. Артамонов, С. Б. Датиев, А. Б. Жулин [и др.] ; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Центр анализа деятельности органов исполнительной власти. – Москва: Издательский дом Высшей школы экономики, 2015. – 92 с.

84 **Паринова, О. В.** Актуальность применения систем фото- и видеофиксации для оборудования железнодорожных переездов / О. В. Паринова, А. С. Яковлева // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР

в XXI веке. – 2020. – Т. 1. – С. 128–131.

85 **Петров, С. В.** Организация велодорожек на улично-дорожной сети Санкт-Петербурга / С. В. Петров, И. Р. Магомадов // *Alfabuild*. – 2019. – № 2(9). – С. 7–16.

86 **Платов, А. А.** Анализ аварийности и причин возникновения транспортных происшествий на железнодорожных переездах / А. А. Платов // *Современные проблемы транспортного комплекса России*. – 2014. – Т. 1, № 1. – С. 38–42. – ISSN 2222-9396.

87 Показатели состояния безопасности дорожного движения // *Официальный сайт Госавтоинспекции*. – URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения 22.01.2019).

88 **Поляков, А. А.** Городское движение и планировка улиц / А. А. Поляков. – Москва : Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953. – 257 с.

89 **Попов, А. Н.** Безопасность движения при остановке автотранспорта на железнодорожных переездах перед приближающимся поездом / А. Н. Попов, С. Ю. Гришаев // *Транспорт Урала*. – 2020. – № 1(64). – С. 39–42. – DOI 10.20291/1815-9400-2020-1-39-42. – ISSN: 1815-9400.

90 Постановление Правительства Российской Федерации от 20 декабря 2017 г. № 1596 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» // *Информационно-правовой портал «ГАРАНТ»*. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71743998>.

91 **Потапова, И. А.** Методы моделирования транспортного потока / И. А. Потапова, И. Н. Бояршинова, Т. Р. Исмагилов // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 10. – Ч. 2. – С. 338–342. – ISSN 1812-7339.

92 Приказ Минтранса России от 31.07.2015 № 237 «Об утверждении Условий эксплуатации железнодорожных переездов» (Зарегистрировано в Минюсте России 04.09.2015 № 38792) // *ГАРАНТ*. Информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/71178536>.



93 **Пугачев, И. Н.** Комплексный подход к развитию и повышению эффективности функционирования транспортных систем городов / И. Н. Пугачев // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния. – Екатеринбург : Издательство Уральского государственного экономического университета, 2011. – 327 с.

94 **Пугачев, И. Н.** Организация и безопасность движения : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильный транспорт)» направления подготовки «Организация перевозок и управление на транспорте» / И. Н. Пугачев, А. Э. Горев, Е. М. Олещенко. – Москва : Академия, 2009. – 269 с. – ISBN 978-5-7695-4662-4 (в пер.).

95 **Пуртов, А. М.** Разработка и анализ имитационной модели перекрестка для системы GISAUTO / А. М. Пуртов // Омский научный вестник. – 2013. – № 1(117). – С. 225–229. – ISSN 1813-8225.

96 Распоряжение Правительства РФ от 17.06.2008 № 877-р «О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» // Официальный сайт ОАО «РЖД». – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=155>.

97 **Рахмангулов, А. Н.** Выбор направления совершенствования систем светофорного регулирования транспортных потоков в городах / А. Н. Рахмангулов, М. Г. Ломакина М.Г. // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2017. – Т. 7. – № 1. – С. 27–34.

98 **Рахмангулов, А. Н.** Математическое моделирование транспортных систем и процессов : учебное пособие / А. Н. Рахмангулов, А. В. Цыганов, В. А. Пикалов [и др]. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2021. – 190 с. – ISBN: 978-5-9967-2253-2.

99 **Рожанский, Д. В.** Моделирование управления транспортным средством в плотном потоке / Д. В. Рожанский // Bulletin of Belarusian State University of Transport: Science and transport. – 2008. – № 1(16). – С. 117–120.

100 **Рубцов, Б. Н.** Безопасность жизнедеятельности : учебник. В 2 ч. Ч. 1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте / Б. Н. Рубцов. – Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. – 336 с.

101 **Свинцов, Е. С.** Учет потерь от простоя автотранспорта при пересечении автомобильных и железнодорожных дорог в одном уровне / Е. С. Свинцов, Н. С. Бушуев, Ю. А. Милюшкан // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2006. – № 2. – С. 91–95.

102 Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений // Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – Москва, 2013, – 212 с.

103 **Семченко, Н. А.** Оценка адекватности экспериментально-аналитического метода определения параметров транспортных потоков на сети / Н. А. Семченко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – Вып. 61–62. – С. 53–59. – URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad\\_2013\\_61-62\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2013_61-62_10).

104 **Сильянов, В. В.** О совершенствовании сетевого управления транспортными потоками в интеллектуальных транспортных системах / В. В. Сильянов, В.Т. Капитанов, О.Ю. Моница // Информационные технологии и инновации на транспорте : Материалы 5-ой Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 108–113.

105 СНиП 2.07.01–89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений (редакция 2000 г.). – Москва : Издательство стандартов, 2000. – 59 с.

106 **Соболев, С. А.** О безопасности движения на железнодорожных переездах / С. А. Соболев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2005. – № 2. – С. 100–104. – ISSN 0201-727X.

107 СП 98.13330.2018 Трамвайные и троллейбусные линии. СНиП 2.05.09-90. Дата введения: 21.01.2019 г.

108 **Степанов, Н. В.** Дискретное моделирование транспортной системы города : автореферат диссертации на соискание степени магистра технических наук : 1–45 80 02 / Степанов Никита Владиславович. – Минск : БГУИР, 2018. – 6 с.

109 **Тарасов, Е. М.** Оценка уровня безопасности на железнодорожных переездах / Е. М. Тарасов, А. Е. Тарасов // Вестник транспорта Поволжья. – 2019. – № 2(74). – С. 68–77. – ISSN 1997-0722.

110 **Тарасова, А. Е.** Организационно-технические способы повышения пропускной способности железнодорожных переездов / А. Е. Тарасова // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 347–349.

111 **Ткаченко, С. Н.** Оптимизация сетей общественного транспорта городов / С. Н. Ткаченко, А. В. Паршков, А. А. Кураксин [и др.] // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 2(69). – С. 59–62. – ISSN 1994-831X.

112 Транспорт в России. 2020: Стат. сб./Росстат. – Т 65. – М., 2020. – 108 с. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/UbzIvBZj/Transport\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/UbzIvBZj/Transport_2020.pdf) (дата обращения 22.08.2021). – ISBN 978-5-89476-489-4

113 **Трунаев, А. М.** Синтез математической модели управления процессом функционирования железнодорожных переездов на основе новых способов формирования извещений / А. М. Трунаев, М. Н. Чепцов, С. А. Радковский // Информатика и кибернетика. – 2019. – № 4(18). – С. 22–28.

114 Федеральная служба государственной статистики // Официальный сайт Росстата. – URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 22.01.2021).

115 Федеральный проект «Мосты и путепроводы». – URL: <https://rosavtodor.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-regionalnogo-razvitiya-i-realizacii-nacionalnogo-proekta/regionalnoe-razvitie/bezopasnye-i-kachestvennye-avtomobilnye-dorogi/federalnyj-proekt-mosty-i-puteprovody/> 307291(дата обращения 03.02.2020).

116 **Федченко, Ю. И.** Обеспечение безопасности движения поездов на железнодорожных переездах / Ю. И. Федченко / Путь и путевое хозяйство. – 2020. – № 4. – С. 23–25.

117 **Фишельсон, М. С.** Городские пути сообщения : учебное пособие для вузов / М. С. Фишельсон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1980. – 296 с.

118 **Хашев, А. И.** Анализ и пути решения транспортных заторов на улично-дорожной сети г. Ростова-на-Дону / А. И. Хашев, Н. С. Хадукаев // 2-я Международная научно-практическая конференция «Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей». – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2018. – С. 122–125. – ISBN 978-5-88814-772-6.

119 **Хашев, А. И.** Взаимодействие функциональных подсистем городских транспортных систем / А. И. Хашев // Международная научно-практическая конференция «Транспорт: наука, образование, производство» («Транспорт-2018»). – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2018. – Т. 1. – С. 88–91. – ISBN 978-5-88814-810-5.

120 **Хашев, А. И.** А. с. 2020617524 Российская Федерация. Программа оценки социально-экономических потерь на железнодорожных переездах / А. И. Хашев, Э. А. Мамаев. – № 2020616420 ; заявл. 22.06.2020, опубл. 08.07.2020.

121 **Хашев, А. И.** Имитационное моделирование в исследовании транспортных систем / А. И. Хашев // Международная научная конференция «Механика и трибология транспортных систем» (МехТрибоТранс-2016). – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2016. – Т. 1. – С. 65–69. – ISBN 978-5-88814-458-9.

122 **Хашев, А. И.** Имитационное моделирование в логистике с использованием ANYLOGIC / А. И. Хашев // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения, Научно-технический журнал. – 2015. – № 4(33). – С. 125–129. – ISSN 1818-5509.

123 **Хашев, А. И.** Интермодальные транспортные технологии перевозок пассажиров в г. Ростове-на-Дону / А. И. Хашев, Н. К. Бартновский // Всероссийская национальная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России» («ТрансПромЭк-2018»). – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2018. – С. 288–291.

124 **Хашев, А. И.** Использование имитационного моделирования в логистических системах / А. И. Хашев // Международная научно-практическая конференция «Транспорт-2016». – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2016. – С. 283–287. – ISBN 978-5-88814-458-9.

125 **Хашев, А. И.** Использование цифровых технологий для обеспечения безопасности и управления движением в узлах транспортной сети / А. И. Хашев // Вторая Международная научно-практическая конференция «Цифровая трансформация в экономике транспортного комплекса. Развитие цифровых экосистем: наука, практика, образование». – Москва: РУТ (МИИТ), 2019. – С. 352–355. – ISBN 978-5-7876-0290-6.

126 **Хашев, А. И.** Мультиmodalная городская пассажирская транспортная система / А. И. Хашев, Н. А. Ковалева // Международная научно-практическая конференция «Транспорт: наука, образование, производство» («Транспорт-2017»). – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2017. – Т. 4. – С. 228–231. – ISBN 978-5-88814-533-3.

127 **Хашев, А. И.** Одноуровневые железнодорожно-автомобильные пересечения: технологический и экономический аспект / А. И. Хашев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1. – С. 93–99. – ISSN 0201-727X.

5 **Хашев, А. И.** Оценка потерь времени транспортных средств на железнодорожном переезде / А. И. Хашев // Международная научно-практическая конференция «Транспорт: наука, образование, производство» («Транспорт-2019»). – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2019. – С. 269–272. – ISBN 978-5-88814-987-4.

128 **Хашев, А. И.** Программа расчета потерь на железнодорожном переезде / А. И. Хашев // 4-я Международная научно-практическая конференция «Транспорт и логистика». – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2020. – С. 325–328.

129 **Хашев, А. И.** Социально-экономические потери от дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах / А. И. Хашев // Третья международная научно-практическая конференция «Транспорт и

логистика: стратегические приоритеты, технологические платформы и решения в глобализованной цифровой экономике». – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2019. – С. 443–447. – ISBN 978-5-88814-817-4.

130 **Хашев, А. И.** Технологические проблемы моделирования разноуровневых железнодорожно-автомобильных переездов в логистике / А. И. Хашев, Д. А. Зорин // Международная научно-практическая конференция «Транспорт: наука, образование, производство» («Транспорт-2017»). – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2017. – Т. 4. – С. 234–237. – ISBN 978-5-88814-533.

131 **Хашев, А. И.** Технология расчета потерь на железнодорожных переездах / А. И. Хашев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1 (77). – С. 137–144. – ISSN 0201-727X.

132 **Хашев, А. И.** Экономика безопасности на железнодорожных переездах / А. И. Хашев / Третья Всероссийская национальная научно-практическая конференция «Экономико-правовые механизмы обеспечения национальной безопасности». – Ростов-на-Дону: ФГБОУ ВО РГУПС, 2019. – С. 159–162. – ISBN 978-5-88814-997-3.

133 **Холодов, П. Н.** Открытие железнодорожного переезда общего пользования на существующих путях в условиях городской застройки / П. Н. Холодов, В. А. Подвербный, Е. В. Филатов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – Т. 66, № 2. – С. 77–83. – DOI 10.26731/1813-9108.2020.2(66).77-83. – ISSN 1813-9108.

134 **Хубулов, Г. С.** Проблемы транспортного планирования в условиях развития современного градостроительства города Владикавказа / Г. С. Хубулов, А. А. Абаев // Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов, магистрантов и студентов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». – 2018. – С. 242–243.

135 **Чеблаков, В. А.** Новые системы переездной сигнализации / В. А. Чеблаков, М. Н. Катаев // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 2. – С. 5–7. – DOI 10.34649/AT.2020.2.2.002. – ISSN 0005-2329.

136 **Числов, О. Н.** Актуальные вопросы совершенствования нормативной

документации по безопасной эксплуатации железнодорожных поездов / О. Н. Числов, О. И. Вережкина // Четырнадцатая научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов». – 2013. – С. 31–32.

137 **Эльберг, М. С.** Имитационное моделирование : учебное пособие / М. С. Эльберг, Н. С. Цыганков. – Красноярск : СФУ, 2017. – 128 с. – ISBN 978-5-7638-3648-6.

138 **Эльдарханов, Х. Ю.** Логистика: управление городским грузодвижением / Х. Ю. Эльдарханов. – Тамбов : Грамота, 2008. – 143 с. – ISBN 978-5-9900942-6-0.

139 A+S. Руководство пользователя PTV VISSIM 7, 2016. – 999 с.

140 **Batishcheva, O.** Creative approaches to traffic safety organization issues / O. Batishcheva, A. Ganichev // Transportation Research Procedia 20. – 2017. – P. 36–40.

141 **Chubukov, A.** Calculation of traffic capacity of signaled intersections / A. Chubukov, V. Kapitanov, O. Monina, V. Silyanov, U. Brannolte // Transportation Research Procedia 20. – 2017. – P. 125–131.

142 **Forgach, V.** How to Improve Effectively the Use of Public Transportation / V. Forgach. – URL: <http://www.ectri.org/YRS07/Papiers/Session-10/Forgach.pdf> (дата обращения 11.09.2020).

143 **Gorbachev, R.** Architecting Automated Control System of Above Ground Transport System of H-BAHN Type / R. Gorbachev // Proceedings of the IV-th International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT). – 2017. – P. 124–126.

144 **Konovalova, T.** The assessment model for economic efficiency of traffic safety improvements / T. Konovalova, L. Zarovnaya // Transportation Research Procedia 20. – 2017. – P. 311–315.

145 **Larin, O.** Simulation modeling for the evaluation of conflicts at stops of the urban route network / O Larin, V. Mavrin, Z. Almetova // Transportation research procedia. – 2018. – P. 411–417.

146 **Makarova, I.** City transport system improvement through the use of simulation modeling system / I. Makarova, E. Belyaev, V. Mavrin, I. Suleimanov //

International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – No. 22(9). – P. 15649–15655.

147 **Makarova, I.** Ensuring Sustainability of Public Transport System through Rational Management // I. Makarova, A. Pashkevich, K. Shubenkova // Proceedings of the 16th International Scientific Conference Reliability and Statistics in Transportation and Communication. – 2016. – P. 137–146.

148 **Mamaev, E. A.** Imitation and analytical approaches to assessment of condition and modeling of city transport system nodes / E. A. Mamaev, N. A. Kovaleva, A. I. Khashev, O. V. Mulenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 786, International Scientific Conference Interstroyemeh. – 2019. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/786/1/012086>.

149 **Mehbub, A.** Paradox between Public Transport and Private Car As a Modal Choice in Policy Formulation. – URL: <http://www.banglajol.info/index.php/JBIP/article/view/9568/7091> (дата обращения 11.09.2020).

150 **Mikhaylyk, M.** Empirical markers in the concept of digital logistics of multichannel supply chains / M. Mikhaylyk, V. Baginova, E. Mamaev // Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics (TPACEE 2018). E3S Web Conf. Volume 91, – 2019. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199108056>.

151 **Novikov A.** Dynamic traffic re-routing as a method of reducing the congestion level of road network elements / A. Novikov, V. Zyryanov, A. Feofilova // Journal of applied engineering science. – 2018. – № 1. – P. 70–74. – DOI: 10.5937/jaes16-15289. – ISSN: 1451-4117.

152 **Rakhmangulov, A.** Design of an ITS for Industrial Enterprises / A. Rakhmangulov, A. Śladkowski, N. Osintsev // Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives: Studies in Systems, Decision and Control]. – 2016. – Vol. 32, Cham: Springer International Publishing, – P. 161–215.

153 **Safiullin, R.** A model for justification of the number of traffic enforcement facilities in the region / R. Safiullin, M. Kerimov, A. Afanasyev, A. Marusin // Transportation Research Procedia 36. – 2018. – P. 493–499.



154 **Semchugova, E.** Models of estimation of application of passenger service quality parameters / E. Semchugova, V. Zyryanov, N. Negrov, A. Nikitina // Transportation Research Procedia 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities», Spbotsic 2016. – 2017. – P. 584–590. – DOI: 10.1016/j.trpro.2017.01.094.

155 **Sharov, M.** Urban Transport System Reliability Indicators / M. Sharov, A. Mikhailov // Proceedings of the 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities». Transportation research Procedia. – 2016. – P. 591–595.

156 **Steg, L.** Can Public Transport Compete with the Private Car? / L. Steg. – URL: <http://www.rug.nl/staff/e.m.steg/stegcanpublictransport.pdf> (дата обращения 11.09.2020).

157 **Webster, F. V.** Traffic Signal Settings / F. V. Webster // Road Research Laboratory Technical Paper. – London HMSO, 1958. – No. 39.

158 **Yakimov, M.** Developing an urban public passenger transport route network with account for natural resource limitations / M. Yakimov, Y. Trofimenko // Transportation Research Procedia 36. – 2018. – P. 801–809.


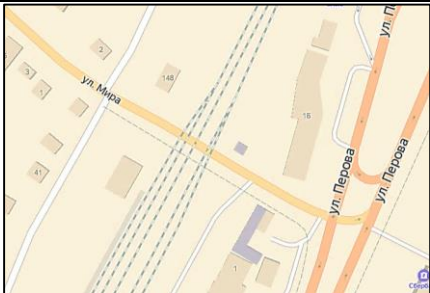

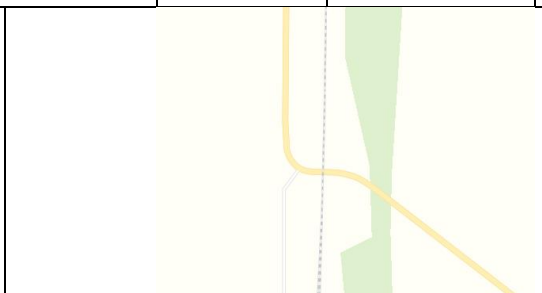


159 **Yakimov, M.** Optimal models used to provide urban transport systems efficiency and safety / M. Yakimov // Transportation Research Procedia 20. – 2017. – P. 702–708.




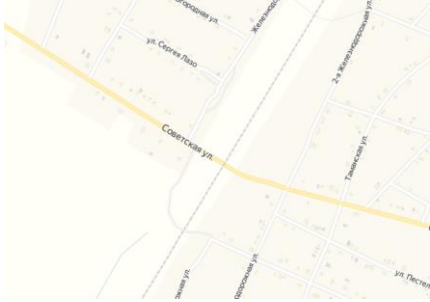

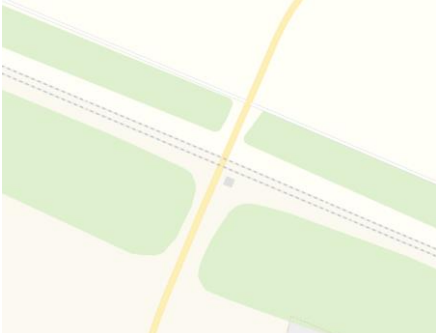


160 **Zulfadly, A.** Improving the quality of public transportation system: application of simulation model for passenger movement / A. Zulfadly, B. Syahriah, M. Mariana // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 153. – P. 542–552.


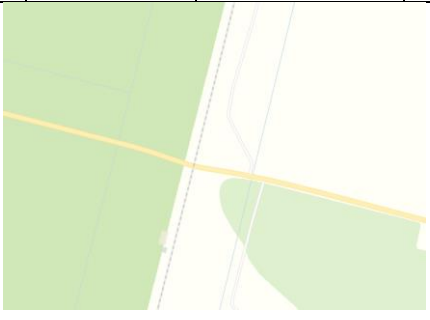






161 **Zyryanov, V.** Simulation for development of urban traffic: the Rostov-on-Don approach of traffic management / V. Zyryanov, V. Kocherga // 13th World Congress on Intelligent Transport Systems and Services. 13, ITS: Delivering Transport Excellence. – 2015. – 8 p.


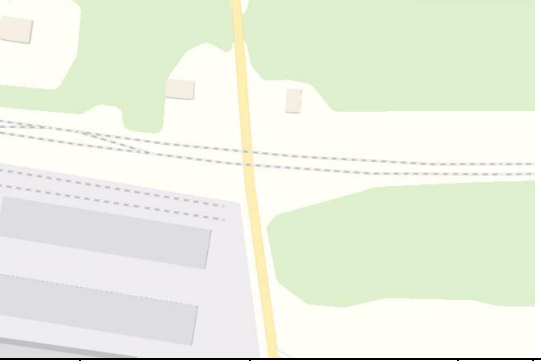




## ПРИЛОЖЕНИЕ А


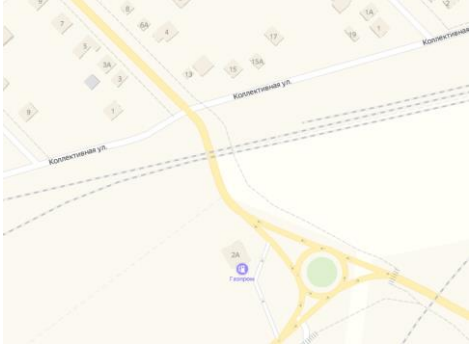



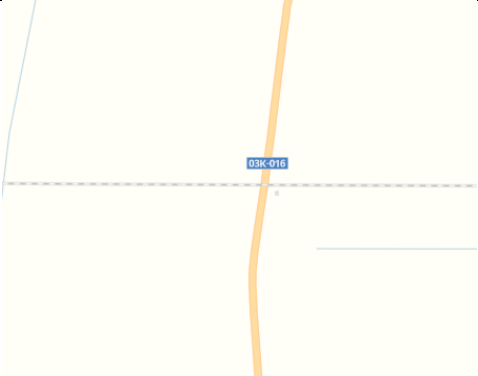
### Анализ железнодорожных переездов северокавказской железной дороги, подлежащих замене на путепровод

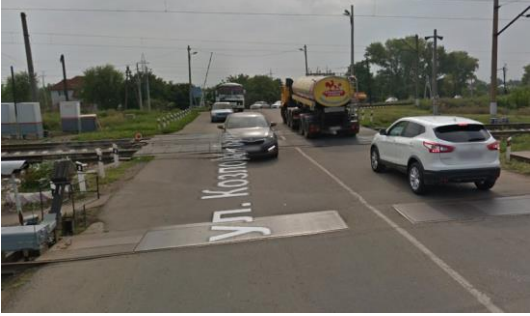






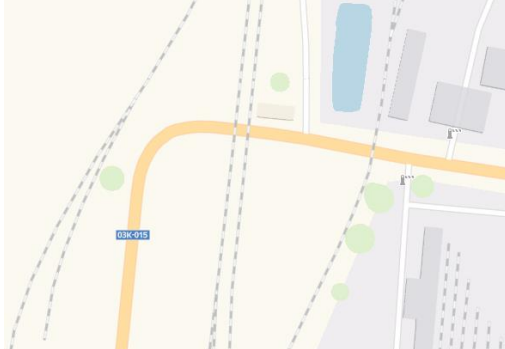
№	Наименование объекта	Стоимость объекта, млн руб.	Категории дороги	Интенсивность авт. движения, авт./сут.	Максимальное время закрытия переездов, час/сут.	Вид регулирования	Устройства регулирования	Число полос авт. дороги	Число ж/д путей
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Республика Адыгея</b>									
1	ул. Мира 1, адм. пос. Энем (Ст. Энем 1)	700	2	12436	19 час 40 мин	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт.) 2) Переездная сигн. 3) Заград. устройство	2	5
									
<b>Краснодарский край</b>									
2	Путепроводная развязка на пересечении участка железной дороги Выселки - Козырьки 5987+60,00 и автомобильной дороги г. Кореновск - х. Казаче-Малеваный - ст-ца Журавская 10+970 <i>(планируется строительство второго жд пути)</i>	680,35	3	1000	4 час 25 мин	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	1
									
3	Путепроводная развязка на пересечении участка железной дороги Варениковская - Юровский 569+79,59 и автомобильной дороги г. Крымск - с. Джигинка 57+340	1017,19	2	19780	4 часа	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт.) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									






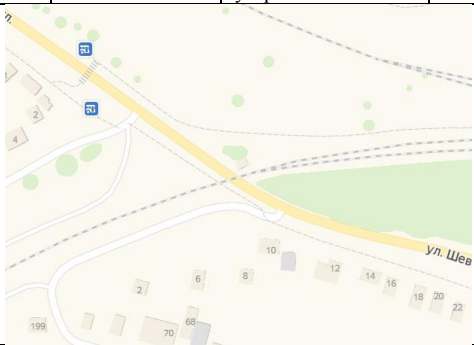

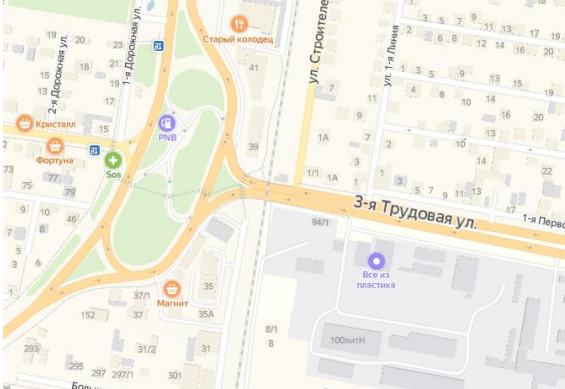
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	<p>Путепроводная развязка на пересечении участка железной дороги Варениковская - Юровский 355+78,11 и автомобильной дороги г. Крымск - с. Джигинка 39+012</p>  	3711,75	3	17970	3 часа 30 мин	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (руч) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
5	<p>Путепроводная развязка на пересечении участка железной дороги Протока - Себедахово 278+85 и автомобильной дороги ст-ца Троицкая - ст-ца Федоровская 0+985 (планируется строительство второго жд пути)</p>  	276,15	4	5740 авт/сут	7 часов	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	1
6	<p>Путепроводная развязка на пересечении участка железной дороги Песчанокоская - Белоглинская ПК 4650+00,00 и автомобильной дороги с. Белая Глина - п. Центральный - п. Магистральный км 4+574</p>  	422,77	3	5542 авт/сут	6 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
7	<p>Путепроводная развязка на пересечении автомобильной дороги п.Бейсуг - ст-ца Новомалороссийская - ст-ца Новогражданская (км1+320, п.Бейсуг, ул.Кочубея) и железной дороги Бурсак - Выселки (км 566+623) (планируется строительство второго жд пути)</p>  	1210,99	4	6150 авт/сут	6 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (руч) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	<p>Путепроводная развязка на пересечении автомобильной дороги х.Новотроицкий - х. Евсеевский - ст-ца Троицкая (км 3+528) и железной дороги Себедахово - Разъезд 9 км (км 17+516) (планируется строительство второго жд пути)</p>	1154,66	4	521 авт/сут	7 часов	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	1
									
9	<p>Путепроводная развязка на пересечении автомобильной дороги ст-ца Новопокровская - ст-ца Плоская (км 0+066) и железной дороги Ея - Ровное (км 489+78) (планируется строительство второго жд пути)</p>	1248,720	3	2885ав т/сут	30 мин	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	2
									
10	<p>Путепроводная развязка на пересечении автомобильной дороги п. Кубанский - ст-ца Калниболотская - п.Первомайский, км 0+215 и железной дороги Ея - Ровное (км 497+51) (планируется строительство второго жд пути)</p>	1343,64	3	4765 авт/сут	6 часов	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	3
									
11	<p>Путепроводная развязка на пересечении автомобильной дороги п. Стрелка - ст-ца Старотитаровская - п. Прогресс (км 18+360) и железной дороги Старотитаровка – Вышестеблиевская (км 92+592)</p>	1011,51	3	–	–	Регулируемый Неохраняемый	1) Переездная сигнализация	2	2
									


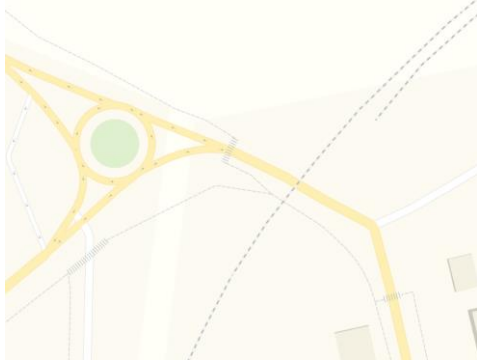





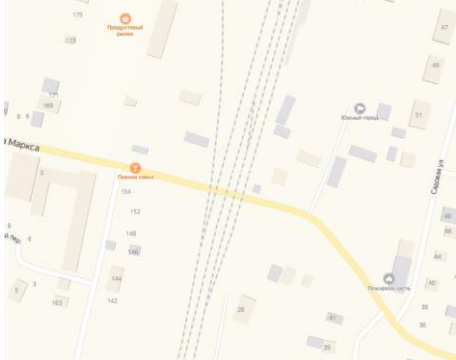
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	<p>Путепроводная развязка на пересечении автомобильной дороги Подъезд к ст-це Новоромановская (км 0+245) и железной дороги Ровное – Порошинская (км 515+55) (планируется строительство второго жд пути)</p>	1158,04	4	2765 авт/сут	8 часов	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	2
	 								
13	<p>Путепроводная развязка на пересечении автомобильной дороги п. Газырь – п. Советский (км 0+160) и железной дороги Тихорецкая – Газырь (км 556+30) (планируется строительство второго жд пути)</p>	2253,50	4	450 авт/сут	8 часов	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	1
	 								
14	<p>Автодорожный путепровод по Садовому пер. в станице Новопокровская</p>	280,66	Улица местного значения в зоне жилой застройки	–	–	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
	 								




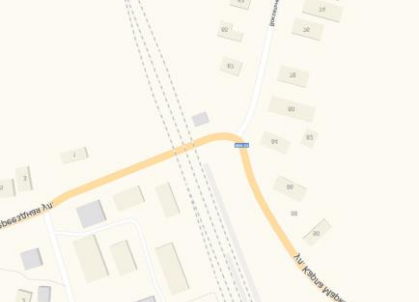

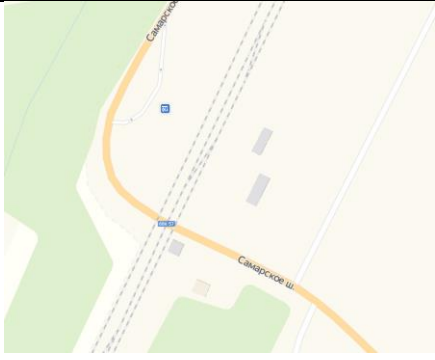

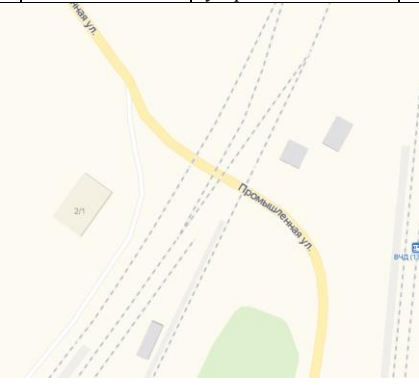
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	<p>Путепроводная развязка в г. Тихорецк в створе ул. Сенная и ул. Профильная через железнодорожные пути станции Тихорецкая (планируется строительство второго жд пути)</p>	1274,08	Магистральные улицы общегородского значения, 3-го класса - регулируемого	20200 авт/сут	12 часов	Регулируемый Неохраняемый	1) Переездная сигнализация	2	2
									
16	<p>Транспортно-пешеходный тоннель в г. Славянск - на-Кубани, в створе ул. Садовая и ул. Зеленского под путями железной дороги Полтавская - Протока (планируется строительство второго жд пути)</p>	457,33	Улица местного значения в зоне жилой застройки	20830 авт/сут	7 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									
17	<p>Путепровод через железную дорогу на км 27+925 автомобильной дороги регионального значения г. Славянск-на-Кубани - г. Крымск в Крымском районе</p>	1025,00	2	20560 авт/сут	3 час 30 мин	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									


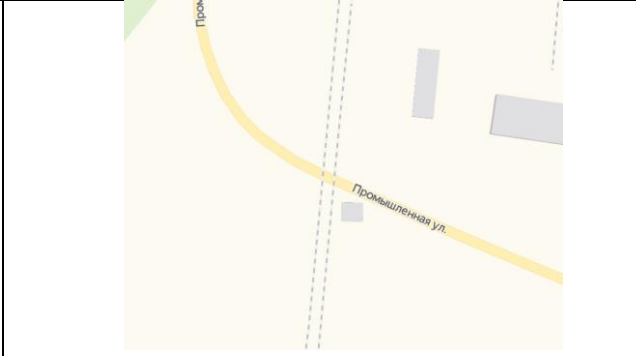


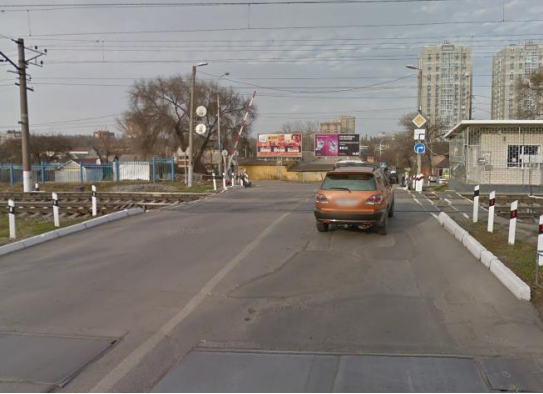
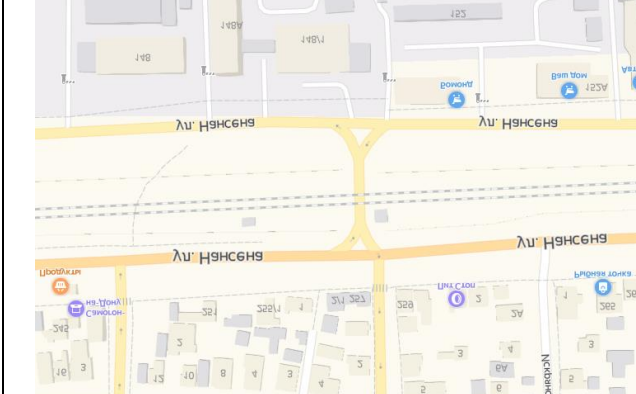

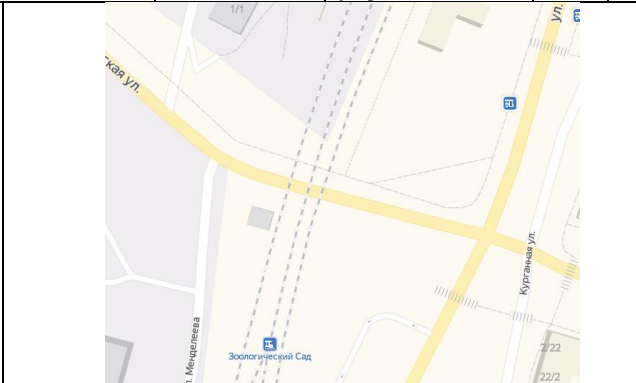
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	ул.Профильная - ул.Козловая балка, администрация Тихорецкого городского поселения (Тихорецкая - Шохры)	425,00	-	16800 авт/сут	14 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3
									
19	Новоджерелиевская-Брюховецкая-Батуриная, адм. ст. Брюховецкой (Придорожная - Брюховецкая)	340,00	-	7110 авт/сут	8,5 часов	Регулируемый Неохраняемый	1) Переездная сигнализация	2	2
									
20	станция Брюховецкая, улица Димитрова, ГКУ КК "Краснодаравтодор" (Брюховецкая - Тимашевская) км 26+308	340,00	-	11642 авт/сут	8,5 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									
21	город Тимашевск -станция Полтавская, ГКУ КК "Краснодаравтодор"(Брюховецкая - Тимашевская) км 0+500	340,00	-	32482 авт/сут	11 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3
									








1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	станция Каневская, улица Ленина, адм. ст. Каневская(Каневская - Придорожная)	425,00	-	9000 авт/сут	8,5 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3
									
23	Калининская - Новотитаровская. ГКУ КК "Краснодаравтодор"(Величковка - Гришковский) км 1-+119	500,00	-	8125 авт/сут	8 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									
24	город Тимашевск, улица Шевченко, адм. г.Тимашевска (Кирпильский - Тимашевская)	140,00		2547 авт/сут	6 часов	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	1
									
25	ул.3-Трудовая, ГКУ КК "Краснодаравтодор" (Витаминный - Краснодар2)	140,00		32124 авт/сут	7 час 42 мин	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	4	1
									


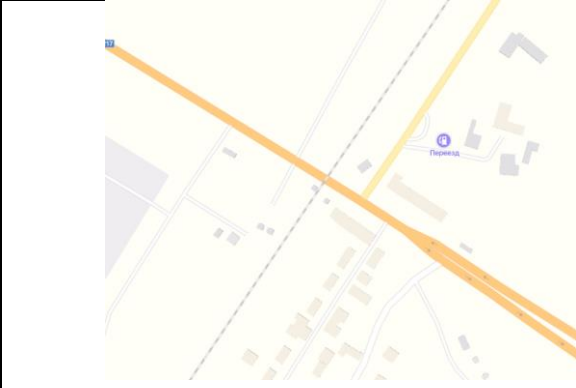



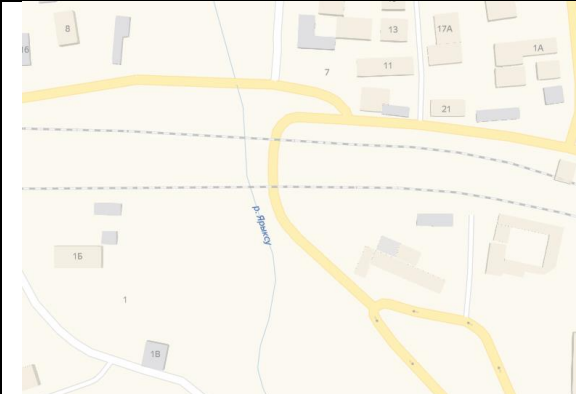











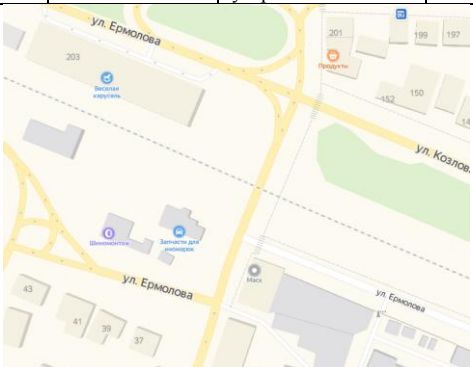
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
26	ул.Профильная - ул.Гагарина, адм. Тихорецкого гор. Поселения( Тихорецкая - Шохры)	425,00		14350 авт/сут	2 часа	Регулируемый Неохраняемый	1) Переездная сигнализация	2	1
									
27	Новопокровская - Грузская Балка, адм. Новопокровского р-на (Белоглинская-Ея)	340,00		3720 авт/сут	6 часов	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	2
									
28	Путепроводная развязка на пересечении автомобильной дороги к п. Октябрьский и железной дороги Тихорецкая - Газырь (км 550+500) в границах Краснодарского края	600,00		700 авт/сут	4,5 часа	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	1
									
<b>Ростовская область</b>									
29	переулок Переездный, администрация Каменского района (Глубокая - Погорелово)	700,00	-	11052 авт/сут	14 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	5
									


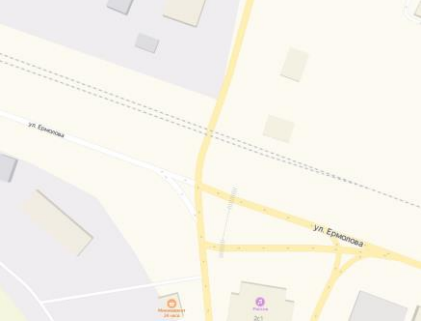

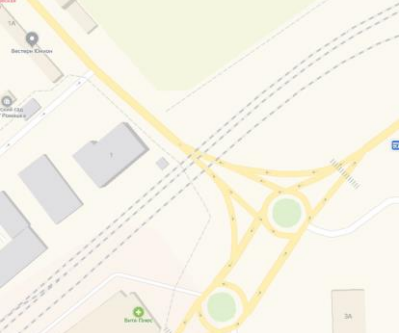

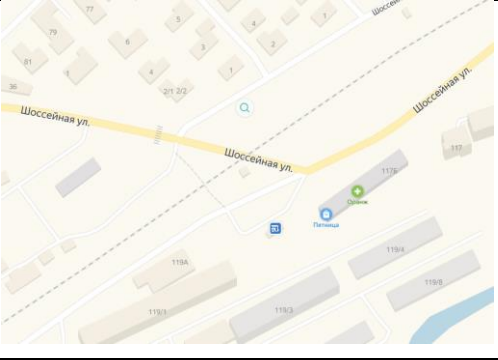

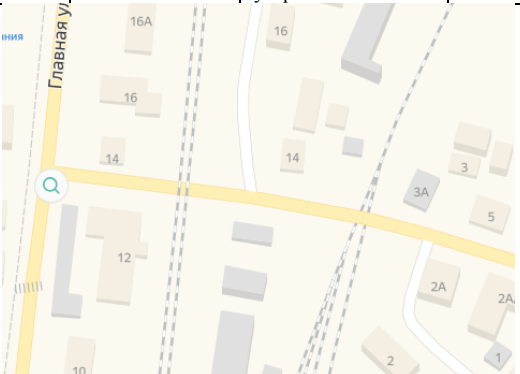
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	улица Кирова, администрация г.Каменск-Шахтинский (Погорелово - Каменская)	425,00	-	10848 авт/сут	14 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3
									
31	Самарское-Азов-Вас.Петровское; адм. Азовского район (ст. Каяла)	425,00	-	17121 авт/сут	8 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3
									
32	Самарское шоссе; адм. г.Батайска (Батайск - Койсуг)	425,00	-	12460 авт/сут	8 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3
									
33	ул.Промышленная; адм. г.Батайска (Батайск - Койсуг)	600,00	-	20760 авт/сут	8 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	4
									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
34	ул.Промышленная; адм. г.Батайска (Батайск - Койсуг)	340,00	-	20760 авт/сут	8 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3
									
35	ул.Промышленная; адм. г.Батайска (Батайск)	140,00	-	20760 авт/сут	8 час	Регулируемый Неохраняемый	1) Переездная сигнализация	2	1
									
36	ул. Нансена, 257, адм. Ростова-на-Дону (Ростов Тов. - Ростов Гл.)	340,00	-	15450 авт/сут	12 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									
37	ул. Мечникова, адм. Ростова-на-Дону (Ростов Тов. - Ростов Гл.)	425,00	-	17420 авт/сут	15 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3
									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Республика Дагестан</b>									
38	Строительство путепровода на 35 км автомобильной дороги Махачкала - Буйнакск - Леваши - В.Гуниб	144,481	3	–	–	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	2
									
39	Строительство путепровода на км 45+000 автомобильной дороги Хасавюрт - Бабаюрт	836,00	2	–	10 мин	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	1
									
40	Строительство путепровода на 3км автомобильной дороги Бабаюрт – Гребенская	358,00	3	–	10 мин	Регулируемый Неохраняемый	1) Переездная сигнализация	2	1
									
41	Строительство путепровода на 2км автомобильной дороги Манас - Зеленоморск - Аэропорт	382,00	3	–	10 мин	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	4
									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
42	Строительство путепровода на 7км автомобильной дороги ФАД "Кавказ" - Шамхал - Красноармейское	406,00	3	-	10 мин	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	1
									
43	Строительство путепровода на 4км автомобильной дороги Хасавюрт - Гребенская	358,00	3	-	10 мин	Регулируемый Неохраняемый	1) Переездная сигнализация	2	2
									
44	Строительство путепровода на улице Завокзальная в г. Хасавюрт	360,00	3	-	10 мин	-	-	2	2
									
45	Строительство путепровода на улице Грозненская в г. Кизляр	360,00	3	-	10 мин	Регулируемый Неохраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	1
									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
46	Строительство путепровода на улице Шеболдаева с выходом на М-29 "Кавказ" в г. Дербент	1003,80	3	-	-	Регулируемый Неохраняемый (со знаком СТОП)	1) Переездная сигнализация	2	2
									
<b>Ставропольский край</b>									
47	Строительство путепровода через железную дорогу в г. Невинномысске Ставропольского, с участками автодорожных подходов от ул. Степная и ул. Партизанская	1819,11	-	Закрѳт переезд	-	-	-	-	-
									
48	ул.Гагарина, адм. с.Кочубеевско (Богословская - Зеленчук)	340,00	-	20685	6 час 30 мин	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									
49	ул.Ессентукская, УГКХ г.Пятигорска (Пятигорск - Скачки)	340,00	-	36383	6 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	ул.Ипподромная. УГКХ г.Пятигорска (Пятигорск - Скачки)	340,00	-	24290	6 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									
51	ул.Энгельса. УГКХ г.Ессентуки (Ессентуки - Подкумок)	425,00	-	29000	6 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	4	3
									
52	ул.Шосейная. УГКХ г.Ессентуки (Ессентуки - Подкумок)	340,00	-	22300	6 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									
53	ул.Дводненко УГКХ г.Кисловодска (Подкумок - Кисловодск)	340,00	-	31400	6 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	2
									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
54	Строительство путепровода в г. Ставрополь, ул. Народная, ул. Вавилова (туннель под железной дорогой)	600,00	–	20487	2 час	Регулируемый Охраняемый	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация	2	1
									
55	Строительство путепровода в г. Михайловск на пересечении улицы Гагарина - пер. Восточный	500,00	–	29000	2 час	Регулируемый Охраняемый (2 переезда)	1) Шлагбаум (авт) 2) Переездная сигнализация 3) Заградительное устройство	2	3+3
									



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Программа оценки социально-экономических потерь на железнодорожном переезде

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020617524

Программа оценки социально-экономических потерь на  
железнодорожных переездах

Правообладатели: *Хашев Аскер Измуудинович (RU), Мамаев Энвер  
Агапашевич (RU)*

Авторы: *Хашев Аскер Измуудинович (RU),  
Мамаев Энвер Агапашевич (RU)*

Заявка № 2020616420

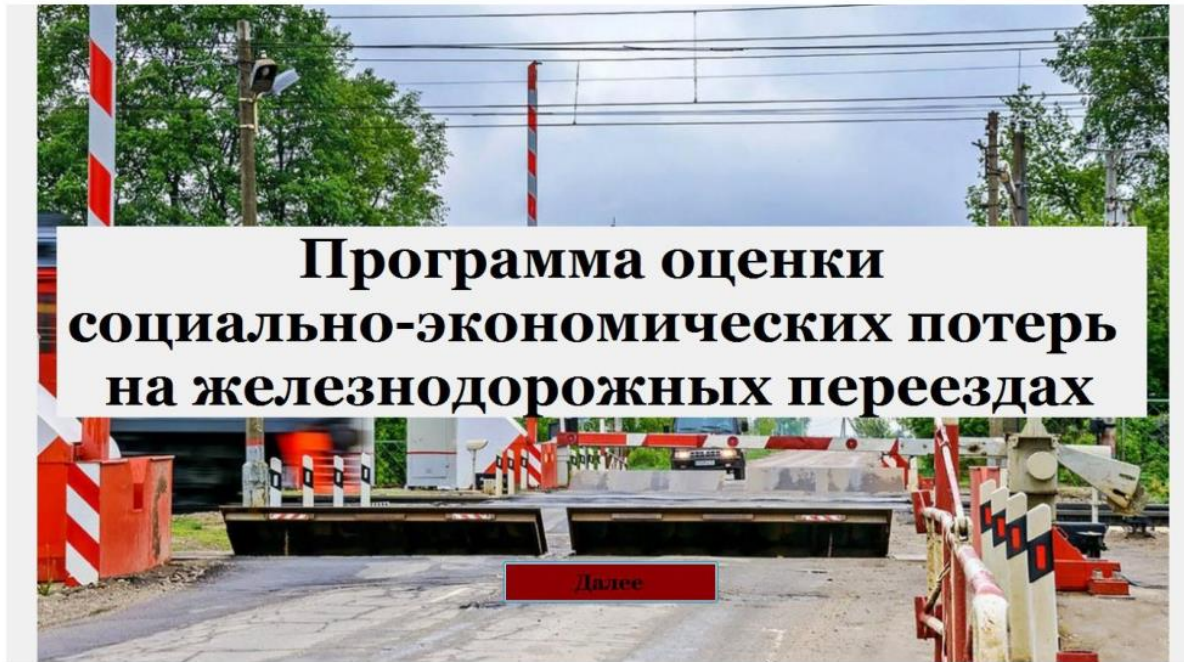
Дата поступления 22 июня 2020 г.

Дата государственной регистрации  
в Реестре программ для ЭВМ 08 июля 2020 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Налиев





Расчет
Результаты имитационного моделирования
Социально-экономические потери
Печать результатов

**Тип жд переезда**

Регулируемый

Нерегулируемый

**Число жд путей**

1 путь

2 пути

3 пути

**Число полос автодороги**

2 полосы

4 полосы

**Среднее время задержки 1-го автомобиля**

**Среднее время простоя 1-го автомобиля**

**Максимальная пропускная способность**

**Среднее количество остановок 1-го автомобиля**

Скорость: 80 км/ч

00:25

154

### Вывод результатов

Тип железнодорожного переезда:	Регулируемый		
Число железнодорожных путей:	2		
Число полос автомобильной дороги:	2		

#### Среднее время задержки автомобильного транспорта в течение 1-го часа, сек./авт.

Интенсивность движения автотранспортных средств в обе стороны, авт./час	Время закрытия железнодорожного переезда в течение 1-го часа				
	3 мин./час	6 мин./час	9 мин./час	12 мин./час	15 мин./час
100 авт./час	8,2	11,2	18,4	18,3	30,2
300 авт./час	7,8	15,9	22,0	31,5	37,5
500 авт./час	8,7	22,5	26,1	36,2	43,5
800 авт./час	14,8	30,3	41,1	48,0	63,5
3000 авт./час	19,1	31,0	46,3	60,3	76,7
1500 авт./час	38,0	92,8	129,6	252,7	390,4
2000 авт./час	423,3	534,2	622,7	702,2	761,1
2500 авт./час	529,4	605,9	681,4	752,3	805,1

#### Среднее время простоя автомобильного транспорта в течение 1-го часа, сек./авт.

Интенсивность движения автотранспортных средств в обе стороны, авт./час	Время закрытия железнодорожного переезда в течение 1-го часа				
	3 мин./час	6 мин./час	9 мин./час	12 мин./час	15 мин./час
100 авт./час	6,5	9,3	15,6	15,8	26,7
300 авт./час	4,6	11,7	16,9	25,8	30,6
500 авт./час	4,0	15,4	18,1	27,2	33,5
800 авт./час	5,9	17,5	25,8	31,6	43,7
3000 авт./час	7,6	15,8	26,4	35,5	49,4
1500 авт./час	8,8	36,6	54,5	124,5	225,6
2000 авт./час	178,4	279,0	355,7	435,4	486,7
2500 авт./час	244,5	317,4	396,3	465,3	521,7

#### Среднее количество остановок автомобильного транспорта в течение 1-го часа, ост./авт.

Интенсивность движения автотранспортных средств в обе стороны, авт./час	Время закрытия железнодорожного переезда в течение 1-го часа				
	3 мин./час	6 мин./час	9 мин./час	12 мин./час	15 мин./час
100 авт./час	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
300 авт./час	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3
500 авт./час	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
800 авт./час	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
3000 авт./час	0,1	0,2	0,3	0,3	0,5
1500 авт./час	0,2	1,1	2,1	5,9	9,6
2000 авт./час	18,1	20,1	21,1	21,4	22,7
2500 авт./час	23,1	23,8	23,9	23,9	24,6

Максимальная пропускная способность железнодорожного переезда в течение 1-го часа, авт./час				
Время закрытия железнодорожного переезда в течение 1-го часа				
3 мин./час	6 мин./час	9 мин./час	12 мин./час	15 мин./час
1818	1672	1577	1532	1367
Функциональная зависимость суммарной задержки автотранспортных средств от интенсивности движения на переезде в течение 1-го часа, час				
Время закрытия железнодорожного переезда в течение 1-го часа	Расчетная формула			
3 мин./час	При N < 1818	При N > 1818		
	$T(\text{зад}) = 0,00005 \times N^2 - 0,0103 \times N + 3,29$	$T(\text{зад}) = - 0,0001 \times N^2 + 0,89 \times N - 1019$		
	$R^2 = 0,999$	$R^2 = 0,999$		
6 мин./час	При N < 1672	При N > 1672		
	$T(\text{зад}) = 0,00004 \times N^2 - 0,053 \times N + 18,99$	$T(\text{зад}) = - 0,0002 \times N^2 + 1,05 \times N - 1158$		
	$R^2 = 0,993$	$R^2 = 0,996$		
9 мин./час	При N < 1577	При N > 1577		
	$T(\text{зад}) = 0,00006 \times N^2 - 0,065 \times N + 22,5$	$T(\text{зад}) = - 0,0002 \times N^2 + 1,19 \times N - 1291$		
	$R^2 = 0,995$	$R^2 = 0,993$		
12 мин./час	При N < 1532	При N > 1532		
	$T(\text{зад}) = 0,0001 \times N^2 - 0,18 \times N + 62,29$	$T(\text{зад}) = - 0,0002 \times N^2 + 1,12 \times N - 1176$		
	$R^2 = 0,995$	$R^2 = 0,994$		
15 мин./час	При N < 1367	При N > 1367		
	$T(\text{зад}) = 0,0002 \times N^2 - 0,3 \times N + 102,83$	$T(\text{зад}) = - 0,0001 \times N^2 + 0,954 \times N - 955$		
	$R^2 = 0,993$	$R^2 = 0,996$		
<p>где</p> <p>N – интенсивность движения автотранспортных средств через железнодорожный переезд в обе стороны</p> <p>T(зад) – суммарная задержка автотранспортных средств в течение 1 часа</p> <p>R<sup>2</sup> – коэффициент достоверности функции</p>				
Функциональная зависимость максимальной пропускной способности переезда от времени закрытия переезда в течение 1-го часа, авт./час				
Расчетная формула			Коэффициент достоверности	
$N(\text{макс}) = 0,794 \times T^{\wedge}2 - 50,95 \times T + 1960$			$R^{\wedge}2 = 0,998$	
<p>где N(макс) – максимальная пропускная способность железнодорожного переезда</p> <p>T – время закрытия железнодорожного переезда в течение 1-го часа</p> <p>R<sup>2</sup> – коэффициент достоверности функции</p>				

Расчет
Результаты имитационного моделирования
Социально-экономические потери
Печать результатов

**Тип жд переезда**

Регулируемый

Нерегулируемый

**Число жд путей**

1 путь

2 пути

3 пути

**Число полос авт.одорож.и**

2 полосы

4 полосы

**Время закрытия на жд переезде в течение 1 го часа**

3 мин./час

6 мин./час

9 мин./час

12 мин./час

15 мин./час

Колея ж.д. переезда в России: 10644

Колея ДПП на всех ж.д. переездах в России, Д (1 час): 0,008

Среднее число поездов авт. на ДПП, чел./ДПП: 1,3

Среднее число поездов авт. на ДПП, чел./ДПП: 0,30

Интенсивность движения авт. на переезде в России, авт./час: 1126750

Среднее число авт. на ДПП, чел./ДПП: 250000

Среднее число авт. на ДПП, чел./ДПП: 490000

Среднее число авт. на ДПП, чел./ДПП: 4230000

Среднее число авт. на ДПП, чел./ДПП: 392000

Среднее число авт. на ДПП, чел./ДПП: 1,3

Длина дорожки авт. на жд переезде в России: 0,05

Средний размер груза, т: 6

Среднее время задержки авт. на ДПП, мин.: 1,280

Нормативная длина авт. на жд переезде, м: 8

Среднее количество авт. на жд переезде: 1554000

Цена авт. на жд переезде, руб./авт.: 46

Среднее время задержки авт. на жд переезде, мин.: 254

Удельная стоимость авт. на жд переезде, руб./авт.: 12839

Величина авт. на жд переезде, чел./авт. на жд переезде: 125

**Социально-экономические потери в течение 1-го часа**

Интенсивность движения автотранспортных средств в обе стороны, авт./час	Потери от ДПП на переезде, руб./час	Потери от расхода топлива, руб./час	Потери от роста аварийности, руб./час	Потери от роста стоимости авт., руб./час	Потери от задержки авт., руб./час	Потери от снижения скорости движения, руб./час	Социальные потери, руб./час
100	688	7	158	83	48	156	1287
300	1963	51	558	427	235	810	5516
500	3269	86	1562	818	453	1551	10061
800	5227	137	3322	1735	593	3287	19580
1000	6932	177	5035	2728	747	5165	29011
1500	9196	257	8770	4721	1070	8247	46032
2000	11960	342	12823	6915	1385	12021	72339
2500	16320	428	17267	9365	1692	16080	113029

## Вывод результатов

Тип железнодорожного поезда:	Регулируемый										
Число железнодорожных путей:	2										
Число полос автомобильной дороги:	2										
Закрытие железнодорожного поезда в течение 1-го часа, мин./час	12 мин./час										

### Социально-экономические потери в течение 1-го часа, руб./час

Интенсивность движения автотранспортных средств через жд поезда в обе стороны в течение 1-го часа, авт./час	Потери от ДТП на железнодорожном поезде	Потери от затрат на техническое обустройство и содержание поездов	Потери от увеличения времени поездки	Потери от расхода топлива и энергоресурсов	Потери от роста величины амортизации	Потери за счет снижения скорости доставки груза	Потери от ухудшения экологической среды	Суммарные потери
100	658	17	168	83	46	156	224	1352
300	1963	51	868	427	236	810	1161	5516
500	3269	86	1662	818	453	1551	2224	10061
800	5227	137	3522	1735	959	3287	4713	19580
1000	6532	171	5535	2726	1507	5165	7407	29044
1500	9796	257	34770	17124	9470	32447	46532	150396
2000	13060	342	128823	63443	35085	120215	172399	533366
2500	16323	428	172507	84956	46982	160980	230859	713035

# Диплом | Diploma

## II степени | 2nd degree

НАГРАЖДАЕТСЯ | THIS IS TO CERTIFY THAT

**Хашев Аскер Измудинович**

Аспирант 4-го года обучения, факультет "Управление процессами перевозок" ФГБОУ ВО "Ростовский государственный университет путей сообщения", научный руководитель Д.Т.Н., профессор, заведующий кафедрой "Логистика и управление транспортными системами" Мамаев Энвер Агапашаевич

победитель конкурса "Международный конкурс исследовательских работ для студентов и учащихся образовательных учреждений в области экономических наук", проводимого 2 августа 2020 года по инициативе проекта Interlover.ru, г. Нижний Новгород

**Название проекта** Технология расчёта социально-экономических потерь на железнодорожно-автомобильных пересечениях с использованием имитационно-аналитического моделирования

**Номинация:** научная разработка

**Научное направление:** Экономические науки

**Подкатегория научного направления:** Экономика организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами

**Вид проекта:** научная статья

**Ступень достижений:** студенты образовательных учреждений ВО (аспирантура)

**КРАСНОВА Н.А.  
KRASNOVA N.**

председатель жюри  
Ph.D., chairman of the jury



**КАНАЕВА Ю.О.  
KANAEVA YU.**

бакалавр экономики, секретарь жюри  
Bachelor of Economics, Jury Secretary

# Диплом | Diploma

## II степени | 2nd degree

НАГРАЖДАЕТСЯ | THIS IS TO CERTIFY THAT

**Хашев Аскер Измудишович**

аспирант 4-го года обучения, факультет "Управление процессами перевозок" ФГБОУ ВО РГУПС, научный руководитель Д.Т.Н., профессор, заведующий каф. Логистика и управление транспортными системами" Мамаев Э.А.

победитель конкурса "Международный конкурс исследовательских работ для студентов и учащихся образовательных учреждений в области экономических наук", проводимого 2 августа 2020 года по инициативе проекта Interglover.ru, г. Нижний Новгород

**Название проекта** Технология расчёта социально-экономических потерь на железнодорожно-автомобильных пересечениях с использованием имитационно-аналитического моделирования

**Номинация:** научная разработка

**Научное направление:** Экономические науки

**Подкатегория научного направления:** Математические и инструментальные методы экономики

**Вид проекта:** научная статья

**Ступень достижений:** студенты образовательных учреждений ВО (аспирантура)

**КРАСНОВА Н.А.**  
**KRASNOVA N.**

председатель жюри  
Ph.D., chairman of the jury



**КАНАЕВА Ю.О.**  
**KANAeva YU.**

бакалавр экономики, секретарь жюри  
Bachelor of Economics, Jury Secretary





# ДИПЛОМ I СТЕПЕНИ

*НАТРАЖДАЕТСЯ*

*Хашев Аскер Измуудинович*

*ассистент федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»*

*победитель Городского конкурса*

*«Практико-ориентированных научно-исследовательских работ студентов,  
аспирантов и молодых ученых в 2021 году»*

*в номинации*

*«Формирование инновационной, конкурентоспособной, привлекательной  
для инвестиций экономики города Ростова-на-Дону»*

*Глава Администрации  
города Ростова-на-Дону*

*02 сентября 2021 года  
Постановление № 777*



*А.В. Логвиненко*







**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, г. Ростов-на-Дону, 344038  
Тел. (863) 245-06-13, Факс (863) 255-32-83, 245-06-13, E-mail: up\_del@dep.rgups.ru  
ОКПО 01116006, ОГРН 1026103709499, ИНН/КПП 6165009334/616501001

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе –  
начальник учебно-методического  
управления ФГБОУ ВО РГУПС,  
к.ф.н., доц. М.А. Кравченко



«    »    2021 г.

**АКТ**

о внедрении результатов диссертационного исследования  
Хашева Аскера Измудиновича в учебный процесс

Комиссия в составе директора научно-исследовательской части, к.т.н. доц. В.Н. Носкова; декана факультета «Управление процессами перевозок», к.т.н., доц. И.А. Колобова, начальника отдела докторантуры и аспирантуры, к.т.н., доц. А.В. Костюкова составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук Аскера Измудиновича Хашева используются в учебном процессе при подготовке специалистов в ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», а также при разработке учебно-методического комплекса дисциплин «Информационное обеспечение транспортного бизнеса», «Корпоративные информационно-аналитические технологии в менеджменте», «Экономико-математическое моделирование в логистике», «Информационно-аналитические технологии в профессиональной деятельности» для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.

Председатель комиссии,  
директор НИЧ, к.т.н., доц.

В.Н. Носков

Члены комиссии:  
Декан факультета УПП  
к.т.н., доц.

И.А. Колобов

Начальник отдела «ДиА»  
к.т.н., доц.

А.В. Костюков

АДМИНИСТРАЦИЯ  
г. Ростова-на-Дону

Департамент транспорта  
города Ростова-на-Дону

ул. Б. Садовая, 47, Ростов-на-Дону, 344002  
тел. 251-95-01, факс 251-96-47  
E-mail: trans@rostov-gorod.ru

20.04.2021 № 59.36/1846-С

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**Справка**

об использовании результатов диссертационного исследования Хашева А.И.  
по теме «Развитие железнодорожно-автомобильных пересечений в транспортной системе на базе  
технологии транспортного моделирования» в Департаменте транспорта города Ростова-на-Дону

Справка свидетельствует о том, что ключевые научно-практические положения диссертационного исследования Хашева Аскера Измуудиновича приняты для использования в работе «Департамента транспорта г. Ростова-на-Дону».

В крупных городах железная дорога преимущественно проходит через центральные районы, что приводит к зонированию территории и созданию барьеров для мобильности населения. Наличие большого числа пересечений железнодорожных путей с автомобильными дорогами в одном уровне (железнодорожные переезды) на улично-дорожной сети приводит к негативным последствиям, выражающимся в виде экономических и временных потерь от простоя транспорта на переездах, а также потерь, связанных с загрязнением окружающей среды.

Заслуживает внимания, произведенный автором, расчет интегрированных потерь общества от функционирования одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечений с использованием комбинации имитационного и аналитического моделирования. Методом имитационного моделирования описывается поведение участников транспортного потока в зоне тяготения переезда и проводится расчет технических параметров движения: скорость движения, задержки транспортных средств, длина и динамика образования заторов и т.д. Экономические потери определены аналитическим методом с использованием параметров, полученных в результате имитационного моделирования.

Предложенные к использованию методические подходы аналитической оценки состояния и потерь в организации дорожного движения на улично-дорожной сети могут использоваться при технико-экономическом обосновании проектов развития элементов городской транспортной инфраструктуры. Представляют научно-методический интерес натурные исследования и аналитические зависимости социально-экономических потерь в организации дорожного движения в городской черте.

Разработанное программное обеспечение рекомендуется использовать для оценки «узких» мест дорожной сети – одноуровневые железнодорожно-автомобильные пересечения (переезды). Практическое использование программного продукта позволит ранжировать по значимости переезды для их дальнейшего развития путем строительства транспортных развязок в разных уровнях в городе Ростове-на-Дону.

Директор,  
к.э.н., доцент



Х.Ю. Ермапов

## АКТ

об использовании результатов диссертационного исследования

Хашева Аскера Измуудиновича

Настоящий акт свидетельствует о том, что основные научно-практические положения диссертационного исследования Хашева Аскера Измуудиновича приняты для использования на Северо-Кавказской железной дороге – филиале ОАО «РЖД».

Разработанная в диссертационном исследовании методика базируется на основе имитационно-аналитического моделирования, что дает возможность с достаточно высокой точностью проводить экспресс-расчет технических и социально-экономических потерь, возникающих на железнодорожных переездах, в том числе и на переездах на полигоне Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД».

Результаты диссертационного исследования Хашева А.И. представляют практический интерес и значимость для оценки потерь при проведении технико-экономического обоснования развития железнодорожных переездов, экономической оценки реконструкции существующих железнодорожных переездов со строительством разноуровневых развязок. Расчеты опираются на доступные официальные статистические данные, которые определяют в конечном счете динамику изменения потерь на текущий момент. Особая значимость результатов исследований Хашева А.И. заключается в возможности оценки и определения очередности ликвидации одноуровневых железнодорожно-автомобильных пересечений в городской среде путем строительства разноуровневых развязок.

Следует также отметить социальную значимость результатов исследования, направленную на развитие транспортной сети агломераций и снижение транспортной усталости населения в черте города за счет устранения железнодорожных барьеров в виде одноуровневых переездов.

Заместитель главного инженера  
Северо-Кавказской железной дороги



В.П.Королев