Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

На правах рукописи

Моргунова Ирина Викторовна

МЕТОДИКА МИНИМИЗАЦИИ РИСКОВ ОПОЗДАНИЙ ПАССАЖИРОВ ПРИ ГОРОДСКИХ РЕГУЛЯРНЫХ АВТОБУСНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
д-р техн. наук, профессор
Якунин Николай Николаевич

Оренбург – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОТРАСЛИ ПАССАЖИРСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК И РИСКОВ ОПОЗДАНИЯ ПАССАЖИРОВ 10

1.1 Современное состояние отрасли пассажирских автомобильных перевозок . 10

1.2 Научные исследования в сфере организации, технологии и управлении перевозками пассажиров автомобильным транспортом 15

1.3 Анализ возможностей применения положений теории рисков к перевозкам пассажиров автомобильным транспортом 24

1.4 Выводы 29

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКОВ ОПОЗДАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ НАЗНАЧЕНИЯ ПО РЕГУЛЯРНЫМ ГОРОДСКИМ МАРШРУТАМ 31

2.1. Структура исследования 31

2.2 Модель рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения с учётом процессов подготовки и осуществления перевозок 33

2.3 Теоретическое обоснование совершенствования организации городских регулярных пассажирских автомобильных перевозок с учётом риска опоздания пассажира в пункт назначения 40

2.4 Математическая модель времени опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения на основе метода «галстук-бабочка» 47

2.5 Выводы 59

3 МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ ОПОЗДАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ГОРОДСКИХ РЕГУЛЯРНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ 61

3.1 Методика определения влияния процессов перевозки, влияющих на опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения 61

3.2 Методика экспериментальных исследований факторов, влияющих на опоздание пассажира на остановочный пункт назначения 64

3.2.1 Определение факторов, влияющих на опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения 64

3.2 Методика минимизации рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения (метод «галстук-бабочка») 69

3.3 Методика определения начального и конечного остановочных пунктов укороченных рейсов маршрута 77

3.4 Алгоритм выбора оптимального варианта сочетания укороченных и основных рейсов маршрута 79

3.5 Выводы 81

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РИСКОВ ОПОЗДАНИЯПАССАЖИРОВ НА ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ НАЗНАЧЕНИЯ83

4.1 Результаты оценки влияния процессов подготовки к транспортному процессу и его осуществления на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения 83

4.2 Математическая модель опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных перевозках 89

4.3 Результаты исследования обоснованности введения укороченных маршрутов с определением их начального и конечного остановочных пунктов (на примере города Оренбурга) 113

4.4. Определение вариантов комбинирования основных и укороченных рейсов маршрута (на примере города Оренбурга) 120

4.5. Оценка эффективности внедрения комбинации с укороченными рейсами 134

4.6 Реализация предложенных мероприятий с помощью программного обеспечения 137

4.7 Выводы 139

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 142

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 145

ПРИЛОЖЕНИЕ А 159

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 167

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Перевозки пассажиров автомобильным транспортом общего пользования в городах оказывают существенное влияние на социальное и экономическое благополучие населения. Требования к качеству таких перевозок относятся к числу приоритетных: от степени их удовлетворения зависят привлекательность общественного транспорта и его конкурентоспособность по сравнению с индивидуальными транспортными средствами.

Развитие системы городских пассажирских автомобильных перевозок должно соответствовать темпам и характеру развития городов. Однако обеспечить такое соответствие удаётся не всегда, что зачастую приводит к невыполнению требований, в том числе закреплённых в нормативных документах. Одним из характерных проявлений этой ситуации являются случаи, когда потенциальные пассажиры не могут сесть в транспорт на остановочном пункте отправления из-за его заполненности. Это в значительной степени обусловливает несвоевременное прибытие пассажиров на остановочный пункт (ОП) назначения и вызывает негативную реакцию населения.

Несмотря на важность данной проблемы, пути её решения изучены недостаточно. В связи с этим тема диссертационного исследования, посвящённого разработке методики минимизации рисков опозданий пассажиров при городских регулярных автобусных перевозках, является актуальной.

Степень разработанности темы. Технология, организация и управление перевозками пассажиров автомобильным транспортом в городах исследованы в трудах многих отечественных и зарубежных учёных. В частности, следует отметить работы В.М. Власова, М.В. Грязнова, В.А. Гудкова, Д.А. Дрючина, Е.А. Ефремова, А.А. Иванова, О.Н. Ларина, Д.Х. Нестеренко, А.И. Петрова, И.Н. Пугачёва, В.И. Рассохи, С.А. Регирера, А.В. Спирина, Л.С. Трофимовой,

А.И. Фадеева, Н.Н. Якунина, Н.В. Якуниной, С.А. Яркова, Lili Chen, Zhijun Yi, L. Eboli, G. Mazzula, J. Pucher и других авторов.

Работы этих учёных посвящены оптимизации развития структурных элементов пассажирских автотранспортных систем в городах, обеспечению производительности и безопасности транспортного процесса, готовности транспортной инфраструктуры и перевозчиков к осуществлению перевозок, управлению качеством, взаимодействию субъектов пассажирского автомобильного транспорта и ряду других вопросов. Тем не менее исследования, непосредственно посвящённые теме настоящего исследования, представлены недостаточно, что затрудняет решение обозначенной проблемы без дополнительного изучения.

Объектом исследования является процесс перевозок пассажиров автомобильным транспортом по городским регулярным маршрутам.

Предметом исследования являются риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения.

Область исследований соответствует требованиям паспорта научной специальности 2.9.5 — Эксплуатация автомобильного транспорта: **п. 2** «Совершенствование планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов, технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей с использованием программно-целевых и логистических принципов, методов оптимизации».

Научную новизну исследования составляют следующие теоретические и методические положения, выносимые на защиту:

1. Риск-ориентированная модель связи процессов оценки транспортного спроса, проектирования перевозок и их осуществления, отличающаяся учётом влияния этих процессов на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения.

2. Методика минимизации рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения, впервые объединяющая в единой модели факторы, ранее учитываемые раздельно: продолжительность ожидания посадки в транспортные

средства на остановочных пунктах отправления, время суток, соответствие количества транспортных средств на маршруте проектному значению, загруженность маршрутной улично-дорожной сети, погодные и дорожные условия.

3. Алгоритм совершенствования организации городских регулярных пассажирских автомобильных перевозок, учитывающий модели поведения пассажиров на остановочном пункте отправления и предусматривающий в составе мероприятий применение укороченных маршрутов.

4. Методика определения начального и конечного остановочных пунктов укороченного маршрута, которая, в отличие от традиционного эвристического подхода, использует формальный критерий, одновременно учитывающий количество потенциальных пассажиров с неудовлетворённым транспортным спросом на участке маршрутной улично-дорожной сети, номинальную вместимость транспортных средств и коэффициент использования вместимости.

5. Методика ввода укороченных маршрутов, которая, в отличие от применяемых на практике эмпирических правил чередования основных и укороченных рейсов, содержит алгоритм оптимизации их сочетания по критерию обеспечения провозной способности с учётом неудовлетворённого спроса, минимума среднего интервала движения на всём протяжении маршрута и минимального пробега по маршруту.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии теории пассажирских автомобильных перевозок в части новых положений повышения качества перевозок по городским регулярным маршрутам: предложен риск-ориентированный подход к оценке влияния процессов формирования транспортного спроса, проектирования перевозок и их осуществления на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения; разработаны математические модели опоздания пассажиров, а также критерий ввода укороченного маршрута и определения его характеристик.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных методик для минимизации числа потенциальных

пассажиров, не сумевших осуществить посадку в транспортные средства на остановочных пунктах отправления, а также для определения начального и конечного остановочных пунктов укороченного маршрута. Практическая значимость подтверждена использованием методик при совершенствовании технологии и организации пассажирских перевозок в городах, в учебном процессе при подготовке специалистов автомобильного транспорта.

Методы исследования. Использованы общенаучные методы: анализ, синтез, математическая статистика, методы экспертного оценивания, метод анализа иерархий (МАИ), метод анализа рисков «галстук-бабочка», положения теории пассажирских автомобильных перевозок, натурные обследования. Привлечены данные открытых информационных систем — официальных сайтов администрации города Оренбурга. Расчёты выполнены с применением программ «StatSoft Statistica» и «MS Excel».

Личный вклад автора состоит в выявлении проблемы рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения, формулировании цели и задач исследования, выполнении комплекса теоретических и экспериментальных исследований, интерпретации их результатов и подготовке публикаций.

Достоверность результатов и выводов работы обеспечивается методологией исследования, включающей апробированные научные методы, современный математический аппарат, оценку адекватности моделей, применение достоверной исходной информации и достаточный объём экспериментальных данных.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 10-и работах, в числе которых 3 статьи в журналах, входящих в Единый государственный перечень научных изданий (ЕГПНИ), и одно свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Апробация работы. Результаты работы обсуждались и получили одобрение на: XX-ой международной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (г. Оренбург, 2025); международной научно-практической конференции «Формирование и эволюция

новой парадигмы инновационной науки в условиях современного общества» (г. Уфа, 2024); IX-ом Международном Арктическом саммите (Москва — С.-Петербург, 2025); международной научно-практической конференции «Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований» (г. Новосибирск, 2026); всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и тенденции научных преобразований в условиях трансформации общества» (г. Воронеж, 2026).

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Основной текст изложен на 171 страницах, включает 68 таблиц и 30 рисунков. В приложениях на 11-и страницах приведены дополнительные материалы к разделам диссертации. Список использованных источников включает 113 наименований, в том числе 9 — на иностранных языках.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОТРАСЛИ ПАССАЖИРСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК И РИСКОВ ОПОЗДАНИЯ ПАССАЖИРОВ

1.1 Современное состояние отрасли пассажирских автомобильных перевозок

Перевозки пассажиров автомобильным транспортом во многом определяют экономическое, социальное благополучие и развитие страны. Этот вид пассажирских перевозок, совместно с другими видами транспорта, объединяет территорию страны в единое целое. Особенностью пассажирского автомобильного транспорта является то, что им выполняются перевозки в международном, междугородном, пригородном и городском сообщениях. Однако перевозки в пределах «последней мили» в городском и пригородном сообщениях, а также в переделах агломераций автомобильным транспортом выполняются с многократным превышением количества перевезённых пассажиров по сравнению с количеством перевезённых пассажиров другими видами транспорта.

Пассажирские перевозки в годы после распада СССР претерпели значительные изменения. Отрасль в начале отмеченного периода подверглась интенсивной приватизации, при которой целью хозяйствующих субъектов стало извлечение прибыли. Это определило появление модели взаимодействия субъектов пассажирского автомобильного транспорта, именуемой в различных источниках «Модель 90-х годов». Такая модель вызвала высокую аварийность на транспорте, массовое пренебрежение качеством оказываемых услуг.

Отказ от отношения к перевозкам пассажиров как к бизнесу вызвал появление новой модели взаимодействия субъектов пассажирского автомобильного транспорта, основанной на отношении к этому виду деятельности как социально значимой услуге. Такую модель называют «брутто – модель». В

такой модели перевозчики экономически мотивированы к выполнению перевозок в соответствии с расписаниями, к безусловному выполнению требований к их качеству. Оказывать качественные услуги стало ещё и экономически выгодно [37,93, 94].

В настоящее время пассажирские автомобильные перевозки осуществляют свою деятельность в соответствии с алгоритмами и ограничениями, содержащимися в существующем нормативно-правовом законодательстве федерального, регионального и муниципального уровней [3,16, 86,99]. Наиболее значимыми Федеральными законами являются:

- Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ "О безопасности дорожного движения"[58];

- Федеральный закон от 08.11.2007 № 259-ФЗ "Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта" [85];

- Федеральный закон от 13.07.2015 № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [56];

- Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ "О лицензировании отдельных видов деятельности" [60];

- Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ "О техническом регулировании";

- Федеральный закон от 09.02.2007 № 16-ФЗ "О транспортной безопасности";

- другие федеральные законы и нормативные акты [57, 59].

Каждый из этих федеральных законов имеет отдельный предмет ведения, содержит принципы такого регулирования. В совокупности федеральные законы создают своеобразный каркас, в рамках которого организуются, подготавливаются, осуществляются и контролируются пассажирские перевозки.

Интегральной характеристикой пассажирских автомобильных перевозок является количество перевезённых пассажиров. Валовые значения этого показателя для РФ за время с 2000 по 2025 годы приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Валовые показатели количества перевезённых пассажиров автомобильным транспортом для РФ, млн. чел.[103]

Год	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
Пасс.	23 001	22 462	21 920	20 912	21 018	16 373	14 733	14 794	14 717
Год	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
Пасс.	13 704	13 433	13 304	12 766	11 586	11 554	11 522	11 295	11 184
Год	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	
Пасс.	10 912	10 637	7 695	8 031	8 455	8 973	9 182	9 336	

Графическая интерпретация изменения объёма перевозок пассажиров автомобильным транспортом в Российской Федерации за 2000 – 2025 годы представлена на рис. 1.1.

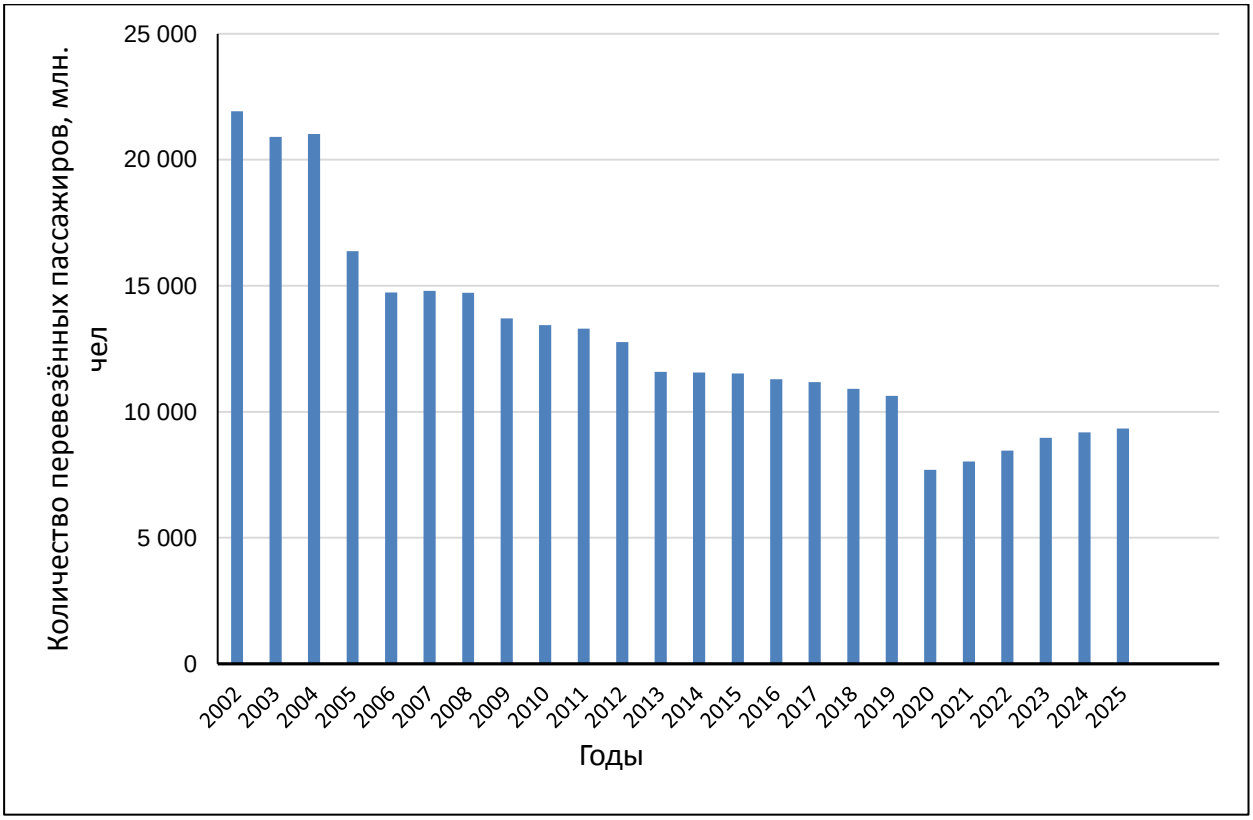

Рисунок 1.1 – Изменения объёма перевозок пассажиров автомобильным транспортом в Российской Федерации за 2000 – 2025 годы

Анализ приведённых данных указывает на постоянное уменьшение количества перевезённых пассажиров автомобильным транспортом – с 23001 млн. пассажиров в 2000 году до 9336 млн. пассажиров в 2025 году. Уменьшение составило около 2,5 раз. При этом наименьшее количество перевезённых пассажиров отмечено в период пандемии в 2020 году - 7 695 млн. пассажиров, после чего отмечается увеличение значения этого показателя, однако предшествующий пандемии 2019 год по этому показателю не достигнут.

Объективно существующий транспортный спрос населения на перемещения для выполнения трудовых, образовательных, культурно-просветительских, досуговых и других функций в исследуемое время претерпел значительные структурные изменения (рисунок 1.2).

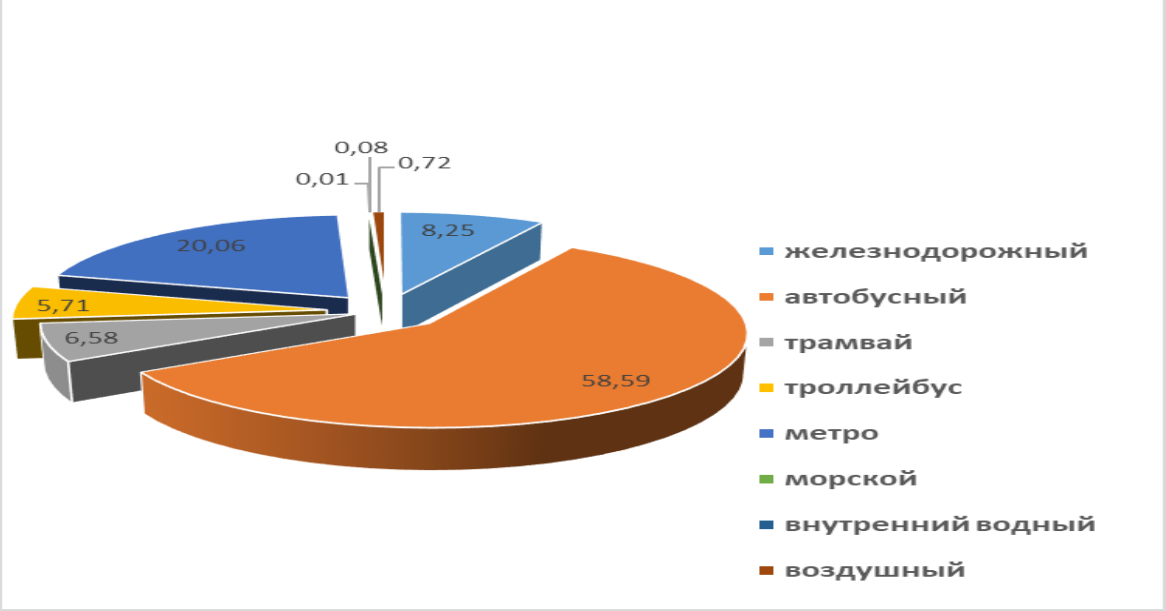

Рисунок 1.2 -Структура перевозок пассажиров транспортом общего пользования в РФ в 2025 году

Наряду с транспортном общего пользования, транспортный спрос население в возрастающем объёме удовлетворяет с использованием других средств транспорта: личные автомобили, средства индивидуальной мобильности, велосипеды и другие. Такие структурные изменения ужесточают конкурентную среду, которая негативно отражается на транспорте общего пользования

[108,111]. Так, по данным МВД количество легковых автомобилей, зарегистрированных в РФ в 2000 году, составляло около 25,4 млн. единиц, в 2025 году – 52,8 млн. единиц - увеличение более чем в два раза. При этом требуют отдельного исследования причины увеличения парка индивидуальных транспортных средств. Этот процесс может быть обусловлен существовавшим ранее низким качеством перевозок транспортом общего пользования.

Стратегия развития автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта Российской Федерации до 2030 года (утверждена Минтрансом) определяет общие направления развития отрасли [84, 104].

В ней формулируется постулат опережающего развития пассажирских автомобильных перевозок в качестве одного из основных условий для социально-экономического развития страны. В качестве ограничений такого развития указаны выполнение требований, связанных с безопасностью и качеством транспортного процесса, с минимальным воздействием на окружающую среду. Основной источник увеличения конкурентных преимуществ пассажирского автомобильного транспорта стратегия связывает с повышением привлекательности для населения [112, 113].

Этот документ содержит принципы развития перевозок. «Развитие пассажирских перевозок осуществляется в соответствии со следующими принципами, учитывающими направления цифровой трансформации транспортной отрасли: повышение уровня физической и финансовой доступности объектов жизнедеятельности; повышение качества осуществления пассажирских перевозок; повышение уровня безопасности пассажирских перевозок; обеспечение доступности транспортной инфраструктуры и адаптация транспортных услуг для маломобильных групп населения» [104]. Отдельным пунктом указана необходимость обновления парка транспортных средств.

Сформулированная тема диссертационного исследования соответствует принципам развития пассажирских автомобильных перевозок и направлена на создание конкурентных преимуществ в направлении обеспечения качества транспортных услуг.

1.2 Научные исследования в сфере организации, технологии и управлении перевозками пассажиров автомобильным транспортом

Уровень состояния организации, технологии и управления в сфере пассажирских автомобильных перевозок определяет существование неблагоприятных событий, в том числе несвоевременное прибытие пассажиров на остановочный пункт назначения. Уровень состояния упомянутых процессов определяется достигнутыми знаниями, приданием этим знаниям нормативного статуса, последующим исполнением их требований субъектами автотранспортной деятельности, контролем со стороны различных органов и своевременной, адекватной реакцией на случаи появления неблагоприятных событий. Краткое перечисление составных частей системы, направленной на минимизацию рисков, свидетельствует о её сложности. Наличие большого количества процедур является одним из условий невысокой надёжности любой, в том числе, изучаемой системы. Во многом такое состояние определено полным или частичным отсутствием преемственности отдельных её частей практическими работниками. В настоящем параграфе приведены результаты современного состояния научных исследований в направлении организации, технологии и управления пассажирскими автомобильными перевозками.

Исследование [71] посвящено изучению состояния транспортной инфраструктуры для осуществления перевозок пассажиров по городским регулярным маршрутам по состоянию на 2010 год. Отмечается нарастающая диспропорция между высокими темпами прироста количества транспортных средств для индивидуального использования и низкими темпами прироста улично-дорожной сети. В результате, как отмечает автор, увеличивается загруженность транспортной сети, затрудняются условия движения маршрутных транспортных средств. В качестве меры, направленной на уменьшение отмеченного негативного явления, О.А. Пыталева предлагает замену пассажирских автотранспортных средств небольшой номинальной вместимости

на автотранспортные средства большой и средней вместимости с соблюдением ограничений по качеству перевозок.

К настоящему времени в крупных городах расширяется использование подвижного состава большого и среднего классов в зависимости от транспортного спроса. Вместе с тем, задача создания условий для приоритетного движения транспортных средств продолжает оставаться актуальной.

В исследованиях А.И Фадеева [87] содержится широкий круг теоретических и методических решений обеспечения эффективности перевозок пассажиров на основе применения современных информационных технологий. Такие технологии, включая данные о валидации, использованы для автоматизированного учёта пассажиров с более высокой точностью по сравнению с традиционными методами для последующего определения большого количества параметров транспортного процесса, которые полезно использовать в системе управления: определение транспортных корреспонденций, проектирование маршрутной транспортной сети и маршрутов регулярных перевозок в её составе, устранение избыточной дублированности маршрутов или их частей, проектирование парка подвижного состава для удовлетворения транспортного спрос и других. Второе направление использования информационных технологий вовлечено в совершенствование диспетчерского управления перевозками. Совместное использование этих направлений позволило создать методологический базис для построения оптимальной транспортной системы по экономическим показателям с соблюдением регламентируемого качества перевозок. В результате применения разработанной методологии, производительность транспортной системы в городе Красноярске увеличилась на 10%, в том числе за счёт привлечения к перевозкам пассажиров возросшей доли автобусов большого и среднего класса.

Развитием направления совершенствования использования транспортной инфраструктуры для пассажирских регулярных перевозок является работа [31]. Основным методом в этом направлении является введение выделенных полос для движения маршрутных транспортных средств. Необходимо отметить, что

выделенные полосы нашли широкое распространение в практике пассажирских автомобильных перевозок, наличие таких полос для движения и их протяжённость в городах закреплена в нормативных документах в качестве критерия оценки городских автотранспортных систем. Это вызвало зачастую необоснованное выделение таких полос и явилось следствием недостаточных теоретических оснований для применения такого метода. В данном исследовании разработаны теоретические и методические положения для введения выделенных полос. Критерием для их введения является увеличение средней скорости перемещения пассажиров всех транспортных средств, обусловленной организацией выделенной полосы.

Эффективность использования маршрутной улично-дорожной сети изучена в работах [51, 52, 53]. Основным фактором повышения эффективности использования улично-дорожной сети по мнению автора является соотношение количества пассажирского транспорта определённой номинальной вместимости и индивидуальных транспортных средств. Автор убедительно доказывает необходимость увеличения доли маршрутных транспортных средств в транспортном потоке для увеличения пропускной способности участков городских дорог и улиц. Это является условием увеличения скорости сообщения и, в итоге, повышения привлекательности пассажирских автомобильных перевозок. Для применения научных положений разработана методическая база.

Исследования [22] направлены на системное изучение городских пассажирских автотранспортных систем и разработку скоординированного развития отдельных частей, способных обеспечить эффективное развитие пассажирского автомобильного транспорта. Отмечается, что в настоящее время имеется несоответствие целеполагания и методологии его достижения. Автотранспортные системы городов в настоящее время имеют приоритетом развития решения оперативных, иногда тактических, но не стратегических решений. Такой подход неизбежно приводит к результатам с низкой эффективностью и со слабо прогнозируемым качеством.

Для преодоления структурного дисбаланса автором разработана «концепция устойчивого развития системы городского пассажирского наземного транспорта, реализующая условие согласованного формирования структурных параметров подсистем, исходя из значений комплексного показателя эффективности, включающего технико-эксплуатационные и экологические характеристики».

В качестве примера реализации концепции согласованного развития автором изучены несколько подсистем. С точки зрения настоящей работы наибольший интерес представляет подсистема парка автотранспортных средств для городских регулярных перевозок. В ней приведена многопараметрическая модель такого парка, включающая количество подвижного состава определённой номинальной вместимости, типа силовой установки, транспортный спрос на регулярных маршрутах и другие факторы. Для определения структуры парка разработан критерий его оценки не только по экономическим, но и по экологическим показателям. При этом делается акцент на комплексной оценке загрязнения окружающей среды независимо от места выбросов загрязнения, в котором генерируется впоследствии потребляемая энергия, и места потребления этой энергии. При подходе, реализованном в работе Д.А. Дрючина, рекомендуется больше внимания уделять выбору парка транспортных средств. С учётом комплексного эколого-экономического критерия разработаны методики определения парка транспортных средств на маршруте [23]. Получены соответствия таких транспортных средств с учётом номинальной вместимости, типа силовой установки пассажиропотокам на маршруте. Расчётами доказана эффективность использования троллейбусов с годовым пассажиропотоком на маршруте от 2,5 млн. пассажиров и более.

В работе Р.А. Халтурина [88] получила продолжение методология согласованного развития подсистем городских пассажирских автомобильных перевозок. В ней отдельно изучена методология инвестирования ресурсов в их развитие. Автор отмечает сложность выбора объекта или субъекта инвестирования. Разработанная методология в своей основе имеет развитую информационную базу, анализирующую около 120 показателей. Решение задачи

выбора направления инвестирования осложняет значительная неопределённость некоторых параметров на входе в систему. В первую очередь автор отмечает неопределённость транспортного спроса, вызывающего непредсказуемость пассажиропотоков на маршрутах. Рассматриваемая методология может быть применена к системам различных уровней: федерального, регионального, муниципального. В этой связи имеется необходимый набор условий и процедур для адаптации методологии. Методология учитывает состояние подсистем и их способность воспринимать инвестиции и преобразовывать их в материальные и нематериальные активы.

Исследование [79] направлено на изучение проблемы низкой точности оценки транспортного спроса и его непредсказуемости в неизменных условиях. Автором предложена методика повышения оценки транспортного спроса на основе применения автоматизированных методов. Рассмотрены два основных метода – на основе датчиков входа и выхода пассажиров в транспортное средство и с использованием валидаторов в нём. Отмечено, что использование валидаторов позволяет установить матрицу корреспонденций, параметры использования подвижного состава, пассажиропотоков на маршрутах, их распределение по времени, трассе маршрута, другие параметры.

Работы [97, 98] посвящены изучению современного состояния качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом и разработке методологии его повышения. Главным приоритетом транспортного процесса, сформулированным в исследовании, является не только обеспечение качества перевозок в соответствии с существующими нормативами, но и его постоянное улучшение. Использование в исследованиях программно-целевого метода позволило установить влияния показателей технологии, организации и управления на достижение требуемого качества перевозок. Разработанная методология повышения качества основана на использовании современных информационных технологий и позволяет осуществлять контроль параметров перевозок на протяжении действия контракта между транспортными властями и перевозчиком с последующим формированием рейтинга перевозчиков. Методология позволяет

фиксировать следующие основные показатели транспортного процесса: соблюдение расписания движения; соблюдение скоростного режима движения, соответствие количества подвижного состава на маршруте проектным значениям, отклонения транспортных средств от маршрутов. Возможен контроль других показателей. Разработанные методические решения содержат многоконтурную обратную связь для реагирования транспортных властей на случаи отклонения перевозчиком от условий контракта в оперативном порядке или в накопительном ежеквартальном порядке для формирования репутации перевозчика, включенной в конкурсную документацию для заключения контракта на новый срок в качестве одного из основных условий. Применение методологии способно значительно повысить качество перевозок, осуществляемых по нерегулируемым тарифам в часы суток с небольшим пассажиропотоком.

Труды [93–96] содержат результаты исследования организации взаимодействия субъектов автомобильного транспорта. направленного на обеспечение качества перевозок. Показано, что обеспечение качества перевозок и экономические результаты находятся в противоречии - выполнение требований к качеству перевозок является затратным, а потому уменьшает размер прибыли перевозчика, которая является целью хозяйственной деятельности. В этих работах на теоретическом уровне решена задача устранения сложившегося противоречия на основе применения модели «брутто-контракта». Основные процедуры такого взаимодействия состоят в следующем: пассажиры оплачивают проезд в безналичной форме на счёт транспортных властей, заключивших контракт; транспортные власти, в свою очередь, оплачивают перевозчику за пробег транспортных средств по маршруту в соответствии с установленным расписанием и стоимостью единицы пробега, а также с учётом качества перевозок. Такие перевозки имеют статус перевозок по регулируемым тарифам, а потому предполагают дополнительные выплаты из бюджета к выручке, поступившей от пассажиров. Величина дополнительных выплат из бюджета зависит от многих факторов и может достигать нескольких десятков процентов от понесённых перевозчиком затрат.

Работы И.Н. Пугачёва [68, 69] содержат анализ опыта реформирования пассажирского автомобильного транспорта на примере города Хабаровска. Отмечены важные характеристики транспортных систем городов подобного размера, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации таких систем. Отмечены такие особенности, как отставание темпов роста транспортной инфраструктуры по отношению к темпам роста автомобилизации, мощное жилищное строительство, кластерное развитие промышленных предприятий. Эти особенности развития вызывают необходимость пересмотра существующей транспортной системы, которая сформировалась в 90–е годы прошлого века. Названные особенности повышают требования к точности решений, которые должны быть положены в основу её развития, способного обеспечить оптимальное сочетание зачастую разнонаправленных интересов субъектов автотранспортной деятельности: транспортных властей, перевозчиков, пассажиров. Для оптимального построения такой системы применён метод математического моделирования. В результате удалось разработать новую маршрутную улично-дорожную сеть, с учётом установленных транспортных связей определить маршруты в её составе, устранить ранее существовавшее необоснованное дублирование маршрутов, определить соответствующее прогнозируемым пассажиропотокам на маршрутах структуру парка транспортных средств при одновременном улучшении качества перевозок.

В работе [70] разработаны теоретические положения, содержащие математическую модель транспортно-технологических процессов пассажирских автомобильных перевозок (ПАП), учитывающую региональные условия финансирования системы ПАП, качественное состояние подвижного состава, протяженность маршрутов перевозок; предложена методика обоснования структуры параметров многоуровневой системы организации ПАП, учитывающая иерархию системы перевозок, разнообразие целей этой системы и ее структурных элементов, задачи повышения параметров качества достижения целей, позволяющая синтезировать обобщенный показатель эффективности,

обеспечивающий возможность выбора наилучшего варианта организации ПАП с учетом региональных условий.

В статьях С.А. Регирера и его соавторов построена математическая модель, которая связывает движение автобусов и поведение пассажиров. Показано, как задержки накапливаются и распространяются по маршруту: например, из-за большого количества пассажиров автобус дольше стоит на остановке — и это сбивает график следующих рейсов. Выведено уравнения для отклонений от расписания и в линейном приближении проверено, при каких условиях система остаётся устойчивой (т.е., сбои не нарастают) [73, 74, 75,109]. При этом учтены разные стратегии водителя: просто «гнаться» за расписанием или учитывать, насколько удалось сократить опоздание на предыдущем участке.

На практике такие модели помогают планировать расписание, подбирать число автобусов на маршруте и заранее предугадывать, где и как могут произойти сбои, для того чтобы диспетчеры могли их устранять или минимизировать [73, 74, 75, 101].

В исследованиях, проводимых Решетовой М.В. [76] разработаны теоретические и методические положения функционирования и развития механизма управления рисками, а также создание комплексной системы оценки рисков на предприятиях автотранспортной отрасли, сформулированы принципы эффективных систем выявления риска, с учетом отраслевой специфики автомобильного транспорта, разработана методика исследования рисков на макроуровне и их влияние на автотранспортное предприятие, предложена модель деления рисков в соответствии с их коэффициентами весомости [76].

В исследованиях С.А. Яркова [99] изучено влияние низких температур на снижение надёжности автобусов и, в соответствии с этим, отмена рейсов, ведущая к снижению регулярности, что напрямую влияет на неудовлетворённость пассажиров. В ходе исследования выявлены закономерности и проанализированы модели автобусов, которые наилучшим образом адаптированы к суровым условиям. Установлена закономерность влияния сложности маршрутов на изменение регулярности движения автобусов в зимний период. В работе [100]

автор анализирует пассажирские перевозки с социально-поведенческой стороны, то есть рассматриваются факторы, влияющие на выбор вида транспорта: автобус, личный автомобиль, велосипед, другой вид общественного транспорта — что выберет пассажир в различных ситуациях.

Проблему опоздания пассажиров автор статьи [40] рассматривает в контексте того, как несогласованность графика движения автобуса с реальными условиями у остановки (например, с пассажиропотоком, дорожными условиями) порождает риски, а также анализирует, как такие расхождения влияют на качество услуги, и предлагает подходы к повышению устойчивости системы, чтобы минимизировать сбои.

Эболи и Маццулла [106, 107] изучали влияние пассажиропотока на выбор способа передвижения с помощью рейтингов и вариантов выбора; однако они рассматривали только два уровня переполненности автобусов: переполненный и не переполненный.

Приведённый в настоящем параграфе анализ современного состояния научных исследований в сфере организации, технологии и управлении перевозками пассажиров автомобильным транспортом не является исчерпывающим, существует большое количество исследований в этой сфере [81, 83, 111, 112]. Однако, общая характеристика состояния этого вопроса, с нашей точки зрения, отражена. Отражены также и основные направления научного обеспечения пассажирских автомобильных перевозок.

Выявлены ключевые причины опозданий: научные работы, в том числе методические рекомендации Минтранса РФ от 09.07.2003 № АК-9-Р, выделяют следующие основные причины опозданий: дорожные заторы и ДТП - наиболее частая причина сдвигов графика на 30 минут и более из-за 10-минутных пробок на крупных перекрёстках; технические неисправности ТС (отказ двигателя, проблемы с электрооборудованием, повреждение шин и т. д.); задержки на конечных остановках (техобслуживание, смена водителей, др.); проблемы с персоналом (болезнь водителя, опоздание сменщика, др.); железнодорожные переезды (ожидание открытия шлагбаума, манёвры на станциях, др.);

перегруженность на пересадочных узлах (толпы пассажиров, хаотичная парковка, др.); непредвиденные события (массовые мероприятия, ЧС, утечка газа, пожары; инциденты с пассажирами (конфликты, помощь маломобильным, ухудшение здоровья.

Изученные труды в большей или меньшей степени направлены на обеспечение и улучшение качества перевозок пассажиров. Они являются основой для дальнейшей работы в направлении совершенствования методологии управления качеством деятельности автотранспортных систем, в том числе в направлении обеспечения минимизации рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения. Необходимо отметить ещё и то, что решения, которые следует разработать в настоящей диссертации, должны быть основаны не только на прогрессивных решениях на уровнях технологии, организации и управления, но обеспечивать координированное взаимодействие процедур и взаимное проникновение результатов, полученных на каждом уровне.

1.3 Анализ возможностей применения положений теории рисков к перевозкам пассажиров автомобильным транспортом

Тема настоящего диссертационного исследования в качестве одного из ключевых положений рассматривает такую категорию как риски. В этой связи, в настоящем параграфе приведён краткий анализ положений теории рисков с изучением возможности его применения к пассажирским автомобильным перевозкам.

Положения теории рисков в концентрированном виде изложены в отечественной нормативно-технической документации. Рассмотрим некоторые из них.

Существует несколько определений термина риска. Однако нормативный документ [8] определяет, что «Риски — это неопределённые события или условия, которые могут произойти и повлечь негативные последствия». Из этого определения следует, что риски характеризуют события, которые ещё не наступили, то есть с их использованием пытаются оценить неблагоприятные события в будущем. Важно, что произошедшие события называть риском нельзя. Поэтому определение несёт прогностический смысл. Важно ещё и то, что риски являются следствием неопределённости протекания процесса. Неопределённость же вызвана недостаточной изученностью условий, в которых протекает процесс, и/или факторов, оказывающих влияние на конечный результат. Следовательно, изучение процессов и создание на новых знаниях методов предупреждения является базисом для уменьшения наступления неблагоприятных результатов, в том числе в сфере пассажирских автомобильных перевозок [10, 17, 30].

Стандарт содержит формулировку менеджмента рисков как «скоординированные действия по руководству, контролю и управлению организацией с учетом риска». Из этого следует, что уменьшение риска может быть достигнуто в результате последовательного, согласованного, систематического и своевременного взаимодействия нескольких процессов, которые должны быть объединены контуром обратной связи, содержащей методики уменьшения негативных последствий.

ГОСТР 56275 — 2014 «МЕНЕДЖМЕНТ РИСКОВ. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проектов» содержит изложение основных положений методологии минимизации рисков. Сформулированные в этом документе основные принципы управления совпадают с положениями вышеприведённого документа.

На основе анализа ГОСТ Р 56275-2014 приведены основные процедуры (рисунок 1.2) управления рисками.

Основными этапами управления рисками являются:

- постановка целей управления рисками;

- оценка риска;

- выбор методов управления рисками;

- применение выбранного метода управления рисками;

- мониторинг результатов и совершенствование системы управления рисками.

В результате использования указанных этапов формируется эффективная система управления рисками, использующая управление с отрицательной обратной связью.



Рисунок 1.2 - Основные процедуры управления рисками
(по результатам анализа ГОСТР 56275-2014)

ГОСТ Р ИСО 31000— 2019 «Менеджмент риска. ПРИНЦИПЫ И РУКОВОДСТВО» во многих положениях отражает содержание рассмотренных выше документов, в нём более конкретно рассмотрены некоторые процедуры, не имеющие непосредственного отношения к изучаемому в настоящей работе объекту. Приведена классификация и характеристика видов риска, перечень

наименований рисков: человеческий; технический; экологический; социальный; экономический.

К перевозкам пассажиров автомобильным транспортом в различной степени могут быть применены все перечисленные виды рисков, однако, на наш взгляд, преимущественное значение имеет риск технический. Этот вид риска носит интегральный характер и является следствием эффективного использования организации, технологии и управления перевозками применительно к различным субъектам автотранспортной деятельности. При этом необходимо отметить то, что функционирование пассажирского транспорта осуществляется в условиях значительной неопределённости транспортного спроса населения, как бы тщательно он не был определён ранее [34, 64, 66, 90, 91, 92, 101].

Достаточного полного знания о причинах риска при перевозках пассажиров автомобильным транспортом, способного предотвратить эти риски, не существует [2, 28, 29, 38, 62]. Именно восполнению некоторой части существующего пробела в знаниях посвящена настоящая работа.

Источниками и факторами технического риска применительно к рассматриваемому объекту являются: низкий уровень оценки транспортного спроса за счёт некорректного выбора стандартной методики; недостаточный уровень использования инновационных, научно обоснованных методов оценки транспортного спроса; низкий уровень проектных решений на основе ошибочно установленного транспортного спроса; осуществление перевозок на основе недостаточно точных проектных решений; ошибки персонала перевозчиков и муниципальных транспортных властей, вызывающие неспособность оценки текущего состояния процесса, прогнозирования тенденций развития рисков транспортного процесса в ближайшем или отдалённом будущем.

Риск носит вероятностный характер. Предложены следующие уровни характеристики риска, которые могут быть использованы применительно к пассажирским автомобильным перевозкам:

- низкий риск - *вероятность* менее 0,2;

- умеренный риск - *вероятность* от 0,2 - 0,4;

- повышенный риск - *вероятность* от 0,4 - 0,7;

- критический риск - *вероятность* более 0,7.

В отечественной литературе проблема методологии рисков, обучении персонала отражена на достаточном уровне. Например, в работе [72] изучена методология разработки технологии риск-менеджмента промышленного предприятия. В результате стала возможной модернизация системы управления предприятием за счёт включения в контур управления дополнительной связи, направленной на предотвращение рисков.

Оценку рисков изучают применительно к различным видам транспорта. В работе [26] изучены риски в логистических цепях поставок. Отличительной особенностью характеристики риска, приведённой в этом труде, является то, что риски несут в себе стимулирующую функцию для развития имеющихся и разработки новых технологий и методов организации и управления производством.

Риски на автомобильном транспорте , в основном, изучены в отношении безопасности дорожного движения [1]. В этой работе автор приводит в качестве причин рисков при движении автотранспортных средств по дорогам общего пользования состояние транспортной инфраструктуры, погодные условия, уровень и вид ответственности за нарушение правил дорожного движения и много других причин.

Выполненный анализ указывает на актуальность, возможность и необходимость практического использования менеджмента рисков на пассажирском автомобильном транспорте.

1.4 Выводы

Выполненный анализ современного состояния отрасли пассажирских автомобильных перевозок, существующей методологии управления рисками наступления неблагоприятных событий в этой сфере позволил сделать следующее заключение.

1. Пассажирские автомобильные перевозки в городах являются важной составляющей жизнеобеспечения населения. При этом качество услуг оказывает влияние не только на безопасность, но и на привлекательность перевозок, определяет позитивное или негативное отношение населения к этому виду деятельности, формирует конкурентные преимущества по отношению к другим видам транспорта. В настоящее время отмечаются многочисленные случаи недостаточного качества оказываемых услуг, что представляет собой одну из ключевых проблем отрасли.

2. Уровень качества услуг может измеряться различными показателями, однако рискам опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения должного внимания в научной и технической литературе не уделено. Необходимо отметить, что это свойство пассажирских автотранспортных систем является одним из наиболее важных.

3. Существующие методы управления пассажирскими автотранспортными системами затрагивают различные направления деятельности: оптимизацию развития структурных частей; обеспечение производительности и безопасности транспортного процесса; совершенствование подготовленности транспортной инфраструктуры и перевозчиков к осуществлению перевозок; управление качеством; взаимодействие субъектов пассажирского автомобильного транспорта и другие. Однако исследования, направленные на разработку методов минимизации рисков опоздания пассажиров на остановочные пункты назначения,

к настоящему времени представлены недостаточно, что делает затруднительным решение обозначенной проблемы без дополнительного изучения.

На основании выполненного анализа сформулирована цель и задачи исследования.

Цель исследования — минимизация рисков опозданий пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных автобусных перевозках на основе совершенствования организационно-технологических мероприятий транспортного процесса, в том числе с использованием укороченных маршрутов.

Задачи исследования

1. Проанализировать проблему опозданий пассажиров на остановочный пункт назначения; оценить влияние процессов маркетинга, проектирования и реализации перевозок на риски опозданий пассажиров при городских регулярных автобусных перевозках.

2. Определить факторы, влияющие на опоздание пассажиров на остановочный пункт назначения.

3. Разработать методику совершенствования организации и технологии городских регулярных пассажирских автомобильных перевозок, направленную на минимизацию рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения.

4. Теоретически исследовать и экспериментально подтвердить условия ввода укороченных маршрутов при городских регулярных пассажирских автомобильных перевозках.

5. Дать технико-экономическую оценку ввода укороченных маршрутов.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКОВ ОПОЗДАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ НАЗНАЧЕНИЯ ПО РЕГУЛЯРНЫМ ГОРОДСКИМ МАРШРУТАМ

2.1. Структура исследования

Решение проблемы минимизации рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт (ОП) назначения носит системный и многостадийный характер. Для такого решения в настоящей работе (Рисунок 2.1) предусмотрены теоретические, экспериментальные исследования для подтверждения и конкретизации результатов теоретических исследований, а также комплекс методик для создания обоснованной уверенности в достоверности результатов экспериментальных исследований, промежуточных и заключительных выводов диссертации. Все части работы связаны между собой и в совокупности образуют систему, отвечающую условиям необходимости и достаточности.

Теоретические исследования содержат:

- анализ проблемы опоздания пассажиров на ОП назначения;

- исследование процессов, влияющих на опоздание пассажиров на ОП назначения;

- исследование факторов, влияющих на опоздание пассажиров на ОП назначения;



Рисунок 2.1 – Структура диссертационного исследования рисков опоздания пассажиров на ОП назначения по регулярным городским автобусным маршрутам (разработано автором)

- разработка организационно-технологических мероприятий, уменьшающих риск опоздания пассажиров на ОП назначения;

- разработка алгоритма определения организационно-технологических мероприятий, снижающих риск опоздания пассажиров;

- разработка критерия ввода укороченных маршрутов;

- разработка выбора оптимального сочетания укороченных и основных рейсов.

Методическое обеспечение экспериментальных исследований включают:

- методику определения влияния процессов, влияющих на опоздание пассажиров на ОП назначения (метод анализа иерархий - МАИ);

- методику определения факторов, влияющих на риск опоздания пассажиров на ОП назначения (метод «галстук-бабочка»);

- методику оценки показателей критерия ввода укороченных маршрутов;

- алгоритм выбора оптимального сочетания укороченных и основных рейсов на маршруте.

Экспериментальные исследования направлены на:

- получение данных для определения структурной модели влияния процессов на риски опоздания пассажира на ОП назначения;

- получение данных для определения модели опоздания пассажиров на ОП назначения в «пиковые» и внепиковые периоды;

- получение данных для определения начального и конечного ОП укороченного рейса маршрута на примере города Оренбурга;

- апробацию оптимального сочетания укороченных и основных рейсов маршрута на примере маршрута в городе Оренбурге.

2.2 Модель рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения с учётом процессов подготовки и осуществления перевозок

Прибытие пассажиров на ОП назначения является результатом действия не только процесса осуществления перевозок, но и предшествующих ему процессов.

В этой связи необходимо установить структуру и влияние этих процессов на риски наступления изучаемых событий.

Основой для определения таких процессов стали труды Э. Деминга [27, 67], а также положения международных стандартов серии ИСО 9000 [14], в частности стандарт ИСО 9004 [13], в котором изложены процедуры и требования в сфере управления качеством услуг. Важным свойством процедур, содержащихся в упомянутых стандартах, является их цикличность и взаимосвязанность. Эти процедуры применимы для использования при управлении качеством услуг различного назначения.

Якунина Н.В. в своей работе [97] адаптировала эти процедуры для управления качеством пассажирских автомобильных перевозок. Рисунок 2.2 графически отражает систему повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом.

Отмечены три основные процесса: процесс маркетинга перевозок, который, с учётом специфики изучаемого объекта, будем в дальнейшем именовать как «процесс изучения транспортного спроса», процесс проектирования перевозок и процесс предоставления перевозок (процесс реализации).

Процесс изучения транспортного спроса является первым и устанавливает потребность в перемещениях населения с использованием маршрутных транспортных средств.

В результате устанавливается потребность в перевозках в целом по муниципальному образованию, транспортные корреспонденции населения с учётом мест генерации и поглощения пассажирских потоков, потребность в перевозках по каждому маршруту с учётом времени суток и дней недели, другие параметры. Важно отметить, что значения транспортного спроса носят вероятностный характер [88, 91, 92], и обладают признаками неопределённости. Поэтому значения транспортного спроса могут иметь непредсказуемые значения вопреки ожиданиям при, казалось бы, одинаковых условиях.

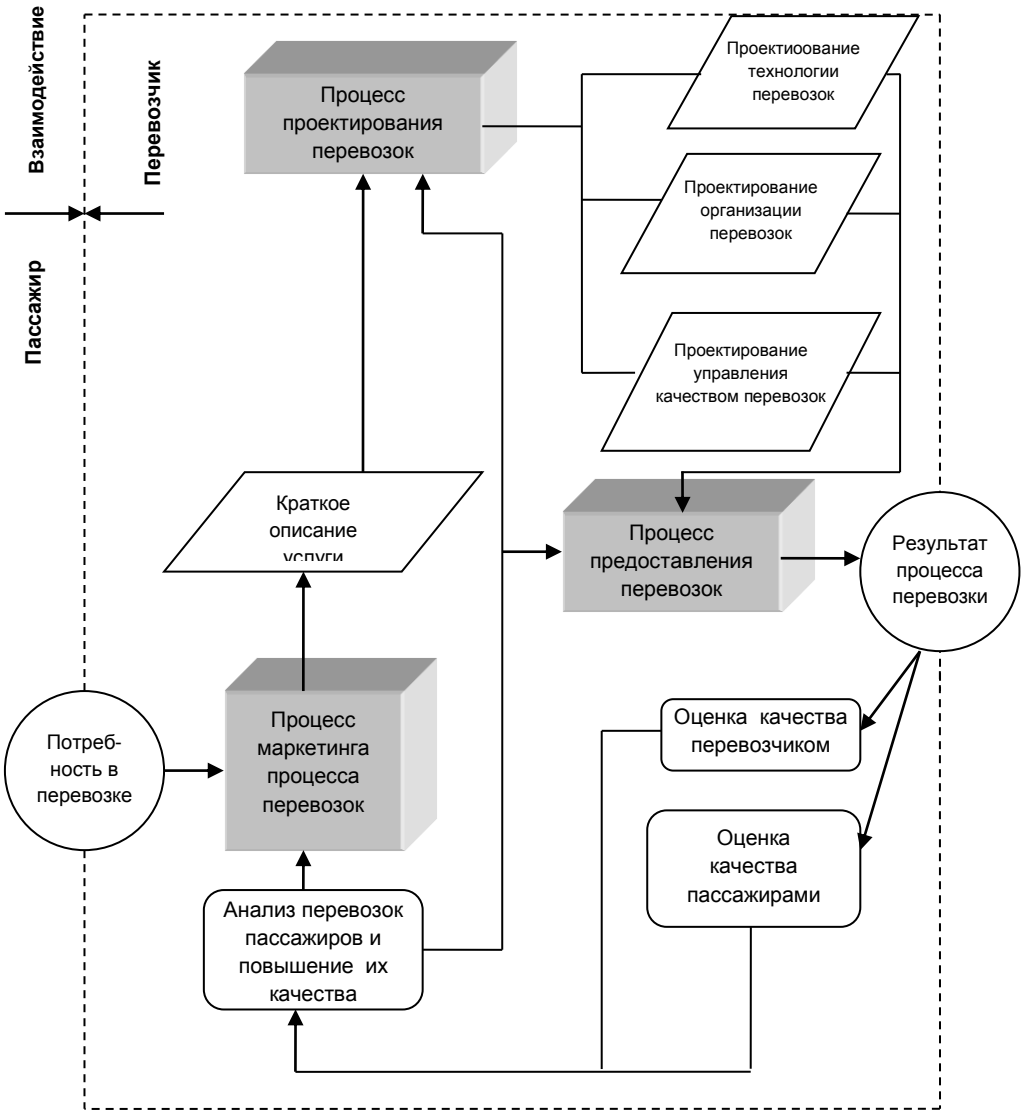

Рисунок 2.2 – Адаптация теории управления качеством к услугам перевозок пассажиров автомобильным транспортом в виде петли качества [95]

Процесс проектирования перевозок предназначен для преобразования результатов первого процесса в технологические, организационные и управленческие решения. Этот процесс является сложным, на него накладываются дополнительные ограничения, вызванные материальными, финансовыми, технологическими и другими обстоятельствами, специфичными для каждого муниципального образования. С учётом таких ограничений результаты проектирования процесса перевозок могут значительно различаться даже при одинаковых результатах, полученных в процессе изучения транспортного спроса.

Необходимо отметить ещё и то, что существенная неопределённость оценки транспортного спроса также отражается на результатах проектирования.

Процесс предоставления перевозок основан на результатах двух предыдущих процессов, содержит свою систему ограничений и по его результатам потребители транспортных услуг оценивают качество перевозок, в том числе с позиции рисков опоздания на ОП назначения. Такими ограничениями, зачастую, являются дорожные и погодные условия, загруженность маршрутной улично-дорожной сети и другие. От этого, аналогично характеристике предыдущих процессов, результаты перевозок могут быть разными.

Приведённый анализ свидетельствует о сложности изучаемого процесса.

Дальнейшая конкретизация изучаемого объекта может быть осуществлена с использованием процессного подхода, основное внимание которого сосредоточено на сквозном сочетании процессов, создающих привлекательность для пользователей услуг, и создающих продукт, удовлетворяющий клиента. На рисунке 2.3 приведена структурная модель влияния процессов изучения транспортного спроса, проектирования и предоставления перевозок на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения.

Приведённая структурная модель преобразована в виде иерархии (Рисунок 2.4) влияния процессов подготовки и осуществления перевозок на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения.

Процесс изучения транспортного спроса содержит:

А1 - процесс обследования пассажиропотоков;

А2 - процесс обследования остановочных пунктов на предмет учёта количества пассажиров, которые не смогли совершить посадку в 1-ый автобус интересующего маршрута по причине его заполненности (неудовлетворённый транспортный спрос);

А3 - процесс обследования загруженности маршрутной улично-дорожной сети и условий движения автобусов по ней;

А4 - процесс определения скоростей движения автобусов с учётом загруженности улично-дорожной сети и условий движения (по сезонам года,

климатическим условиям, дням недели, времени суток, направлениям движения и т.д.).

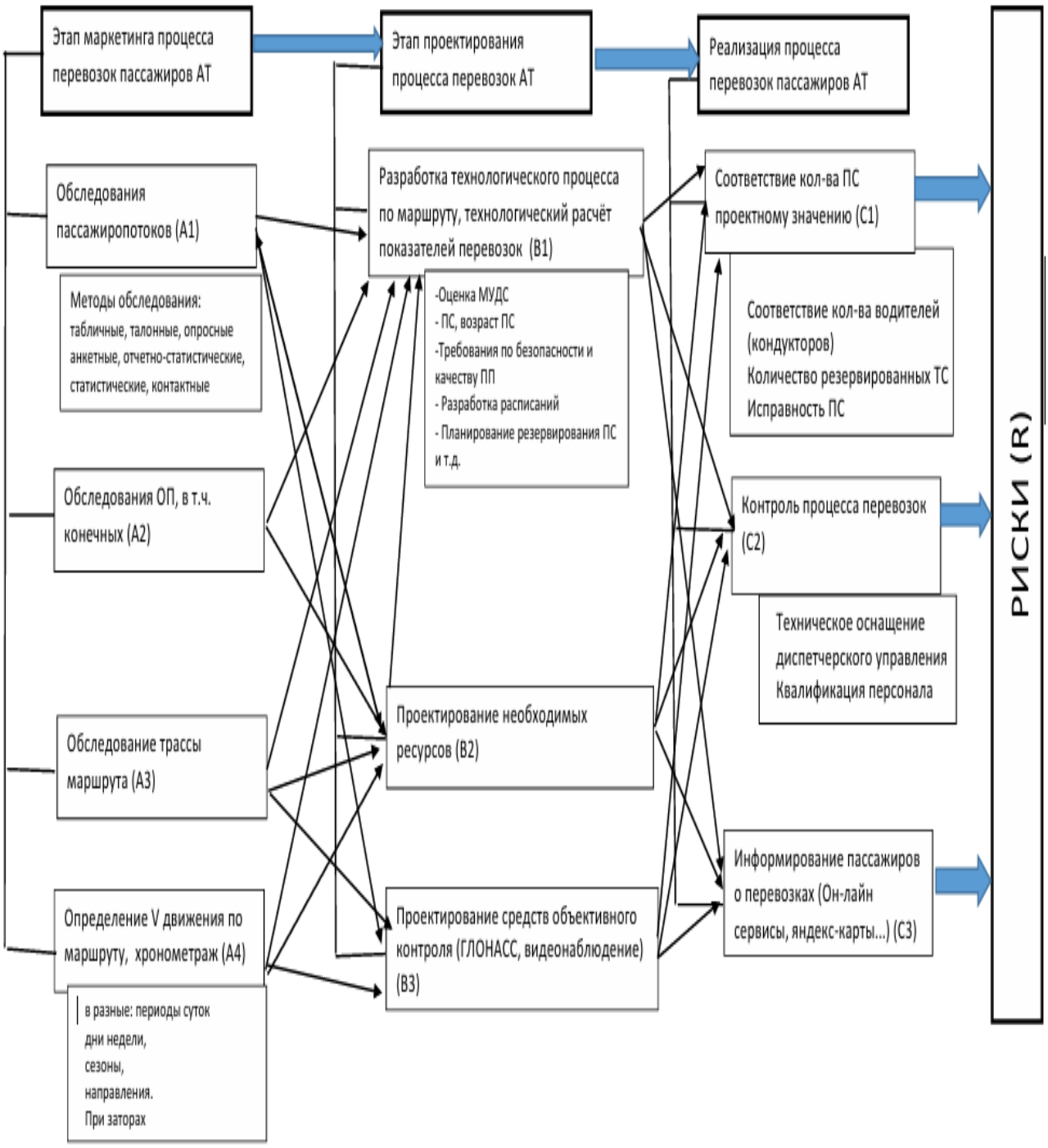

Рисунок 2.3 - Риск-ориентированная модель влияния процессов изучения транспортного спроса, проектирования и реализация процесса перевозок на опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения
(разработано автором)

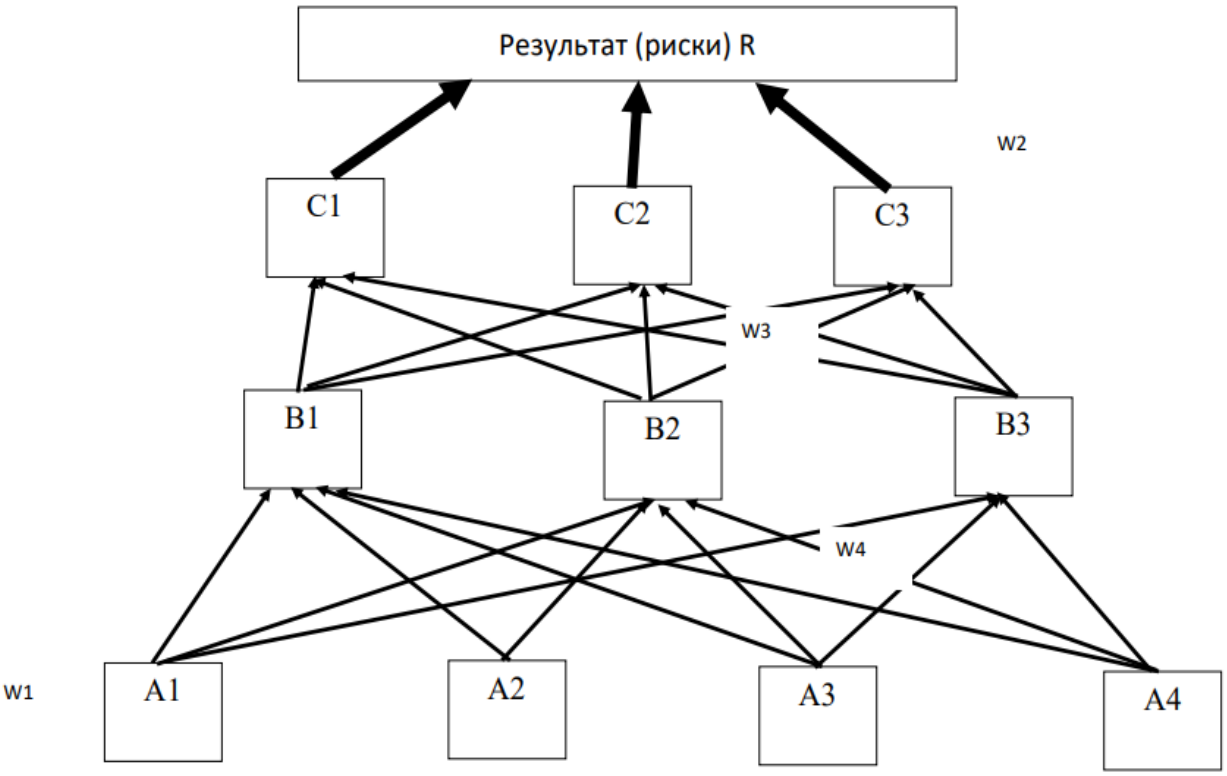

Рисунок 2.4 – Иерархия влияния процессов подготовки и осуществления перевозок на риски опоздания пассажиров на ОП назначения (разработано автором)

Процесс проектирования перевозок содержит:

B1- разработка технологического процесса перевозок с учётом оценки маршрутной улично-дорожной сети, количества подвижного состава, его вместимости; определения интервалов движения по часам суток, дням недели, разработка расписаний движения транспортных средств;

B2 - определение необходимого количества ресурсов для осуществления перевозок, включающих персонал и его квалификацию, материальные ресурсы (топливо, расходные материалы, запасные части и т. д.);

B3 - проектирование средств и методов объективного контроля процесса перевозок (ГЛОНАСС, видеонаблюдение).

Процесс предоставления перевозок содержит:

C1 - осуществление процесса перевозок в соответствии с проектными показателями в части: подвижного состава, персонала, материальных ресурсов;

С2 - осуществление контроля процесса перевозок;

С3 - информационное обеспечение процесса перевозок о движении транспортных средств по маршруту.

Символами w1…w4 обозначены вектора, определяющие влияние приведённых процессов на риски.

Использование процессного подхода, при котором имеется вложенность этапов жизненного цикла процесса перевозок пассажиров, позволил сформировать трёхуровневую структуру системы зависимых или наслаиваемых уровней (уровни А, В, С), каждый из которых состоит из названных процессов. Влияние их на результат и другие уровни оценивают векторами w1 – R(A) , w2 – R(C), w3 – C(B), w4 - B(A).

Определение приоритетов процессов низшего уровня относительно цели может быть сведено к последовательности задач определения приоритетов для каждого уровня, а каждая такая задача - к последовательности попарных сравнений. Как отмечено в работах [78, 110], сравнения остаются основными составляющими, даже если исходная задача осложнена условиями обратной связи между различными уровнями или факторами.

Эту задачу можно решить с помощью метода анализа иерархий, разработанного Т. Саати. Более подробно методика отражена в п.3.1 диссертации.

Влияние на результат (риски) оказывают все процессы. Применение процедуры нормирования позволяет определить значение весовых коэффициентов влияния каждого из процессов на риск опоздания пассажиров на ОП назначения.

В математическом виде структура влияния процессов подготовки и осуществления перевозок на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения можно представить выражением:

$$R= R(A) + R(B)+ R(C) \qquad (2.1)$$

2.3 Теоретическое обоснование совершенствования организации городских регулярных пассажирских автомобильных перевозок с учётом риска опоздания пассажира в пункт назначения

Организация укороченных рейсов маршрута является эффективным способом повышения качества работы городского пассажирского транспорта при неравномерном распределении пассажиропотоков по длине маршрута, часам суток, дням недели и т.д. Однако внедрение таких маршрутов требует обоснованной методики определения критериев их целесообразности.

Проведённый обзор научных и практических работ показал, что большинство учёных склоняются к доминирующему техническому критерию [46]. Все источники единодушно указывают на коэффициент неравномерности пассажиропотока по участкам маршрута [50]. В данной работе это рассматривается как основной сигнал для рассмотрения укороченных маршрутов (рейсов). Его определение является необходимым первым шагом.

Наряду с этим, многими авторами предлагается переход от узких критериев к комплексным [24, 32, 54, 63, 64].

Наиболее современные и эффективные подходы отказываются от чисто экономических критериев (минимизация себестоимости перевозок) [55, 77, 82].

К организации укороченных рейсов маршрута, который должен взять на себя часть пассажиропотока, прибегают, если на одном участке пассажиропоток больше, чем на другом. При этом на укороченных маршрутах может использоваться подвижной состав меньшей номинальной вместимости, так как он обслуживает пассажиров, следующих на короткое расстояние, тогда как основным маршрутом пассажиры пользуются при поездках как на большое, так и на короткое расстояния. Поэтому в начале маршрута при равномерных интервалах движения подвижного состава основного и укороченного маршрутов лишь некоторая часть пассажиров остаётся на остановках после прохода короткого маршрута для ожидания подхода автобусов основного маршрута. По

мере движения на укороченном маршруте количество пассажиров постепенно уменьшается, а нагрузка на подвижной состав основного маршрута становится больше расчётной и эффективность короткого маршрута резко уменьшается [48].

При решении вопроса о введении укороченных рейсов необходимо рассмотреть модели поведения потенциальных пассажиров на остановочном пункте. Основным параметром, на который можно воздействовать при организации движения на маршруте, является время ожидания транспортного средства [104].

Наибольшая неудовлетворённость услугами транспорта общего пользования возникает у пассажиров в часы «пик». Максимальные значения пассажиропотоков наблюдаются в утренние часы «пик» (как правило 7.00-9.00). Вечерний час «пик» более растянут по времени. Чрезмерное наполнение транспортных средств в эти часы отражается на состоянии и настроении пассажиров, снижает уровень и качество обслуживания, затрудняет сбор проездной платы, способствует преждевременному выходу из строя подвижного состава [48].

Время передвижения пассажира T от пункта отправления до пункта назначения состоит из следующих частей:

$$T = t_{\text{под}} + t_{\text{ож}} + t_{\text{дв}} + t_{\text{отх}} \quad (2.2)$$

где $t_{под}$, $t_{ож}$,$t_{дв}$,$t_{отх}$ - соответственно, время, затрачиваемое пассажиром на подход к остановочному пункту, время ожидания посадки в транспортное средство, время движения по маршруту, время отхода от остановочного пункта к месту назначения, мин.

Если передвижение сложное, т.е. имеются пересадки, тогда время перемещения пассажира составит

$$T = t_{\text{под}} + (t_{\text{ож1}} + t_{\text{дв1}} + t_{\text{ож2}} + t_{\text{дв2}} \ldots t_{\text{ож}i} + t_{\text{дв}i}) + t_{\text{отх}} \quad (2.3)$$

где i – количество пересадок пассажира.

Наибольшие непредвиденные потери времени пассажир имеет, в основном, при ожидании транспортного средства.

Время ожидания пассажиром транспортного средства $t_{ож}$ есть функция от интервала движения *INT*

$$t_{ож} = f(INT) \quad (2.4)$$

При соблюдении расписания движения (при регулярности 100%) возможны следующие варианты:

1. Пассажир подходит к остановочному пункту и сразу совершает посадку в автобус, тогда

$t_{ож} = t_{min} = 0;$

где t_{min} – минимальное время ожидания маршрутного транспортного средства, мин.

2. Пассажир подходит к остановочному пункту, когда автобус только отошёл, тогда

$t_{ож} = t_{max} = INT.$

Среднее время ожидание пассажиром ТС равно

$$t_{\text{ср.ож}} = \frac{t_{min}+t_{max}}{2} = 0{,}5 \cdot INT \quad (2.5)$$

Известны следующие выражения для различных перевозочных ситуаций.

В общем случае интервал является вероятностной величиной, зависящей от множества факторов, и распределяется по нормальному закону:

$$f(INT) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp\left[-\frac{(INT-INT_{\text{ср}})}{2\sigma^2}\right]^2 \quad (2.6)$$

где *f (INT)* – плотность распределения вероятности отклонения случайной величины от среднего интервала движения;

σ – среднее квадратичное отклонение интервала движения от его среднего значения $INT_{ср}$.

Для регулярных рейсов справедливо соотношение

$$\Delta INT = \pm\frac{0{,}2\sigma}{t_{\text{ож}}} \qquad \Delta\, INT = INT_i - INT_{i-1} \quad (2.7)$$

В случае, при котором происходят задержки транспортного средства при движении по маршруту по причине непредвиденных обстоятельств, например, вследствие заторов на улично-дорожной сети, ДТП и др., время $t_{\text{ож}}$ ожидания

посадки в автобус превышает плановый интервал движения [48]. В этом случае время $t_{ож}$ определяют по зависимости[1]:

$$t_{ож} = \frac{INT+3\sigma}{2} + 0{,}5 \cdot INT \left[1 + \frac{3\sigma}{INT}\right] \quad (2.8)$$

В случае, при котором переполненный автобус подъехал к остановке и не смог предоставить возможность посадки потенциальному пассажиру по причине полной заполненности, время $t_{ож}$ ожидания посадки определяют по зависимости:

$$t_{ож} = 0{,}5 \cdot INT \cdot \varepsilon_p = 0{,}5 \cdot INT \left[1 + \frac{3\sigma}{INT^2} + 2 \cdot \mathrm{P}_{отк}\right] \quad (2.9)$$

где ε_p– коэффициент, учитывающий случайные отклонения фактического интервала движения от расчётного и возможность отказа пассажиру в посадке при переполнении транспортного средства.

$P_{отк}$– вероятность отказа пассажирам в посадке в ТС из-за отсутствия свободных мест[1].

На этом основании для пассажира, находящегося на остановочном пункте и желающего совершить поездку, возможны четыре варианта поведения:

1. В случае, при котором время ожидания ТС меньше или равно интервалу движения, пассажир совершает посадку в первый подъехавший автобус и продолжает движение.

2. В случае, при котором время ожидания ТС больше интервала движения, пассажиру приходится более длительное время ожидать транспортное средство, но он всё-таки совершает посадку в первый подъехавший автобус с задержкой и продолжает движение.

3. В случае, при котором время ожидания ТС больше интервала движения, пассажир не имеет возможность совершить посадку в первый, а возможно и в следующий, подъехавший автобус из-за их перегруженности.

4. В случае, при котором время ожидания ТС меньше или равно интервалу движения, но пассажир не имеет возможность совершить посадку в первый, а возможно и в следующий, подъехавший автобус из-за их перегруженности [48].

Аналитически эти 4 варианта можно представить выражением:

1. $t_{ож\,i} \leq INT,\ A=0$

2. $t_{ож\,i} > INT,\ A=0$

3. $t_{ожі} > INT,\ A>0$

4. $t_{ожі} \leq INT,\ A>0$ (2.10)

где A – количество пропущенных пассажиром автобусов маршрута из-за их заполненности и невозможности совершить потенциальным пассажиром в него посадку, ед.

В зависимости от вариантов поведения потенциальных пассажиров на остановочных пунктах возможно совершенствование организации городских регулярных пассажирских автомобильных перевозок с учётом загруженности ОП. На рисунке 2.5 приведён алгоритм такого совершенствования.

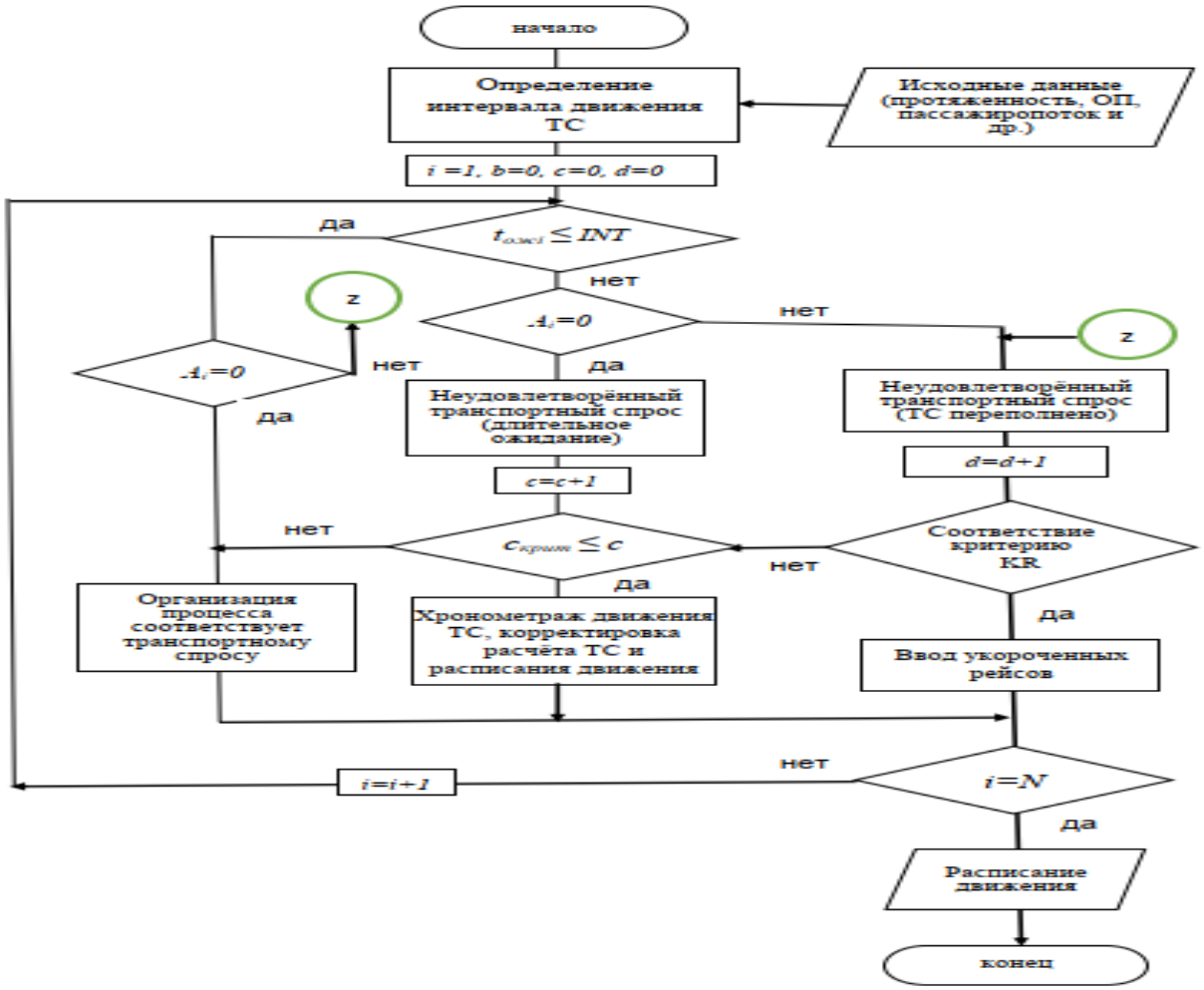

Рисунок 2.5 - Алгоритм совершенствования организации городских регулярных пассажирских автомобильных перевозок с учётом риска опоздания пассажира в пункт назначения (разработано автором)

i- потенциальный пассажир, находящийся на остановочном пункте, ед;
I- множество потенциальных пассажиров на ОП, чел;
критерий KR – критерий ввода коротких рейсов;
c, d – количество потенциальных пассажиров в соответствии с вариантам 1, 2, 3, $\{ c, d \} \in I$.

Исходными данными являются параметры маршрута (протяжённость в прямом и обратном направлениях, количество остановочных пунктов, пассажиропоток по маршруту, наличие маршрутных ТС и другие). На основании этих данных рассчитывают интервал движения для каждого периода суток и дня недели.

В соответствии с условиями вариантов (2.10) время ожидания пассажира сравнивается с расчётным интервалом, где $INT = INT \pm \Delta INT$.

Если пассажир совершил посадку при времени ожидания транспортного средства менее или равного *INT,* то корректировка организации процесса перевозок по маршруту не требуется (вариант 1). Если время ожидания пассажиром ТС больше интервала движения, пассажиру приходится долго ожидать транспортное средство, но он всё-таки совершает посадку в первый подъехавший автобус и продолжает движение. В этом случае причиной такого отрицательного момента может являться либо недостаток транспортных средств на маршруте, либо их задержка в пути из-за заторов или ДТП и других причин. Устранить такой недостаток возможно дальнейшей корректировкой количества ТС на маршруте и составления скорректированного расписания движения (вариант 2). Если время ожидания пассажиром ТС больше интервала движения и пассажир не может совершить посадку в первый подъехавший автобус из-за его перегруженности – это соответствует неудовлетворённому транспортному спросу (вариант 3). В данном случае необходимо осуществить проверку вариантов ожидания ТС по критерию KR ввода коротких рейсов. Этот критерий оценивает количество потенциальных пассажиров, вынужденных пропускать посадку в первый, а возможно и в последующие ТС, вследствие их полной загруженности. В случае, если фактическое количество потенциальных пассажиров меньше, чем определено критерием KR, выполняются действия по варианту 2. В случае, если фактическое количество потенциальных пассажиров d равно или больше значения критерия KR, выполняются действия по 3-ему варианту, т.е. $d \geq KR$. В этом случае вводятся укороченные рейсы с учётом перегруженных остановочных пунктов. Приведённые доводы позволяют заключить о том, что сформулированы

направления совершенствования организации транспортного процесса, основанные на возможности потенциальных пассажиров удовлетворить потребность в перемещениях с использованием первого или последующих маршрутных транспортных средств, подъехавших к остановке. Условием для совершенствования является соотношение времени ожидания потенциальным пассажиром поездки и интервала движения транспортных средств по маршруту, обуславливающее количество пропущенных пассажиром автобусов маршрута из-за невозможности посадки по причине полной загруженности транспортных средств. Разработан алгоритм совершенствования организации регулярных пассажирских автомобильных перевозок с учётом загруженности остановочных пунктов [48].

Разработан критерий *KR* ввода укороченных рейсов, который использован в алгоритме (рисунок 2.5). Исходными данными являются параметры маршрута: протяжённость в прямом и обратном направлениях, количество остановочных пунктов, пассажиропоток по маршруту, наличие маршрутных транспортных средств и другие. На основании этих данных рассчитывают интервал движения для каждого периода суток и дня недели, сезона [41].

Критерием *KR* ввода таких рейсов служит количество неудовлетворённых пассажиров из-за наполненности транспортных средств (*QNP*) и значение величины $d_{крит}$, полученное при анкетировании специалистов.

$$\sum_{i=1}^{n} QNHP \geq d_{крит} \ , \tag{2.11}$$

$$QNP = QNP_1 + QNP_2 + QNP_3 + ... + QNP_n = \sum_{i=1}^{n} QNP_i \ , \tag{2.12}$$

где n - количество остановочных пунктов, на которых имеются неудовлетворённый транспортный спрос пассажиров, ед.

Начальный и конечный остановочные пункты определяют, исходя из условия наличия неудовлетворённого транспортного спроса. Определение

начального и конечного остановочных пунктов укороченного маршрута осуществляется согласно выражениям

$$QNP_i \geq g_{крит}$$
$$Qi \leq \gamma_{min} \cdot q \quad (2.13)$$

где $g_{крит}$ - количество пассажиров с неудовлетворённым транспортным спросом из-за невозможности совершить посадку в транспортное средство хотя бы на одном остановочном пункте, пасс.;

Q_i – количество пассажиров, находящихся в салоне транспортного средства на остановочном пункте, пасс.;

γ_{min} – минимальный коэффициент использования вместимости автобуса для определения конечного остановочного пункта укороченного маршрута, ед.;

q – номинальная вместимость автобуса, пасс.

$$\sum_{i=1}^{n} QNHP = d \quad (2.14)$$

Критерий KR ввода укороченных рейсов:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} QNPi \geq d_{\text{крит}} \\ QNPi \geq g_{\text{крит}} \\ Q_i \leq \gamma_{min} \cdot q \end{cases} \quad (2.15)$$

Необходимые данные ($d_{крит}$, $g_{крит}$, γ_{min}) используемые в критерии KR, определяют экспертным методом.

2.4 Математическая модель времени опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения на основе метода «галстук-бабочка»

В рамках реализации процесса перевозок, структуры влияния изученных процессов на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения для дальнейшей конкретизации необходимо преобразовать в параметрическую форму с дальнейшей разработкой соответствующей модели.

Оценка качества перевозок пассажиров автомобильным и наземным городским электрическим транспортом, в первую очередь, основывается на показателе времени *T*, затрачиваемом пассажиром на перемещения и поездку [5, 6, 18, 19, 20, 25, 35,65].

Этот показатель состоит из составляющих (формулы 2.2-2.3): $t_{под}$, $t_{ож}$, $t_{дв}$, $t_{отх}$ – время перемещения пассажира к ОП отправления, время ожидания посадки в транспортное средство, время движения в транспортном средстве по маршруту, время перемещения пассажира от ОП назначения к месту назначения соответственно.

Сокращение времени $t_{под}$ перемещения пассажиров к ОП и от остановочного пункта $t_{отх}$ возможно при изменении маршрутов транспорта общего пользования и более близком расположении остановочного пункта.

Сокращение времени $t_{дв}$ движения транспортного средства возможно за счёт организации и оптимизации дорожного движения, например, внедрения интеллектуальной транспортной системы, применения выделенных полос для транспорта общего пользования, «умных» светофоров, и других факторов [4, 31].

Анализ проведённых исследований показал, что наибольшее сокращение времени, затрачиваемое пассажиром на перемещение, возможно при сокращении времени $t_{ож}$ ожидания посадки в транспортное средство.

Анализ рисков осуществлён с использованием метода «галстук – бабочка». [9, 12]. Этот метод является наглядным инструментом визуализации возможных угроз и последствий рисков. Факторы риска опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения и последствия их действия приведены на рисунке 2.6. Форма диаграммы похожа на бабочку: слева располагаются причины возникновения риска, справа – последствия их реализации, в центре располагается сам риск.

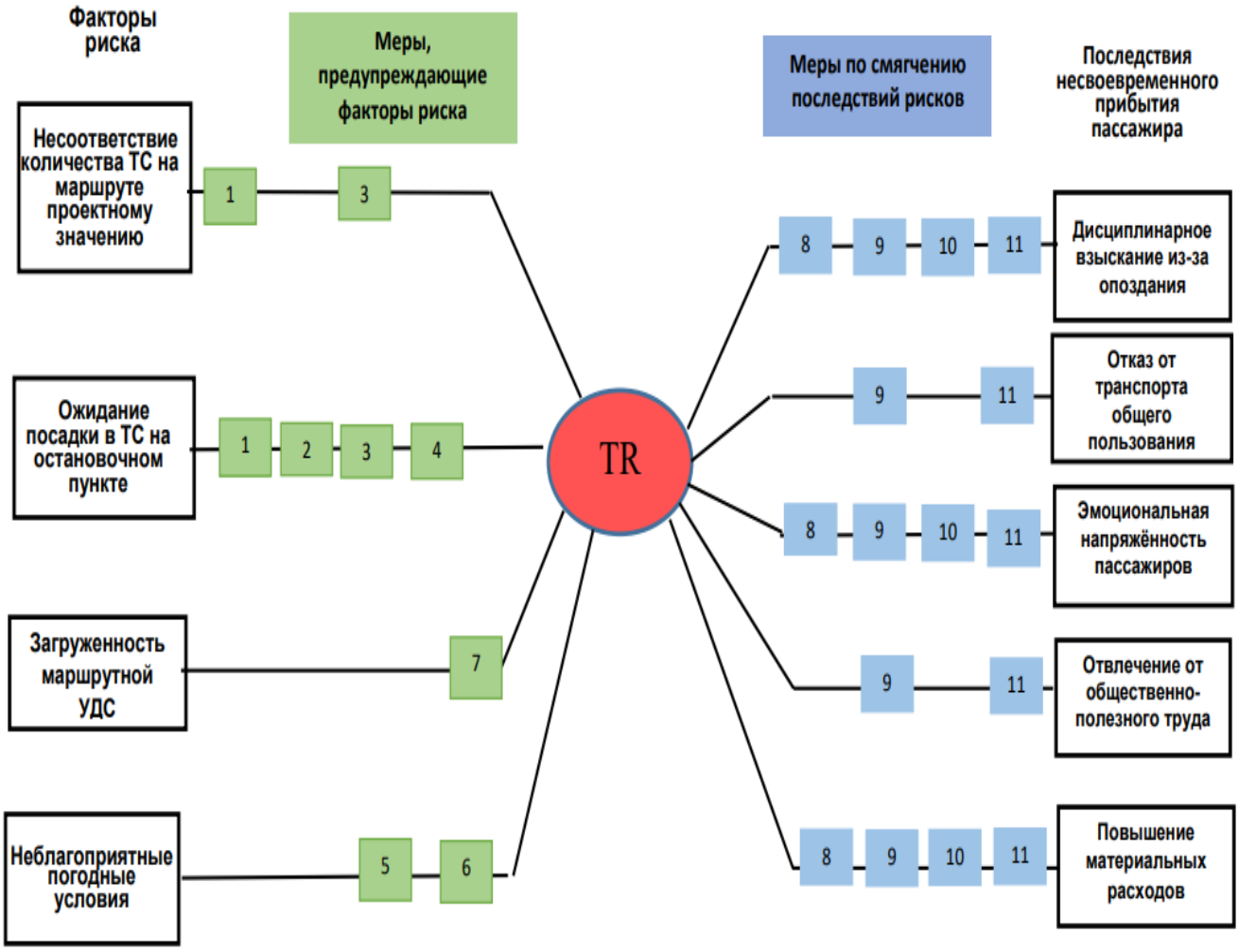

Рисунок 2.6 – Факторы, влияющие на несвоевременное прибытие пассажира на остановочный пункт назначения и последствия их действия (по методу «галстук-бабочка») [разработано автором]

Меры, предупреждающие факторы риска: 1- корректировка маршрутного расписания для удовлетворения уточнённых пассажиропотоков, неудовлетворённого транспортного спроса на остановочных пунктах отправления, с учётом загруженности маршрутной улично-дорожной сети; 2 – дополнительные обследования пассажиропотоков с учётом временных характеристик; 3- приведение в соответствие количества транспортных средств на маршруте проектным значениям; 4 – установление неудовлетворённого транспортного спроса на остановочных пунктах отправления; 5 – информирование водителей и пассажиров о неблагоприятных погодных условиях; 6– мероприятия по предотвращению последствий неблагоприятных погодных условий (своевременная уборка снега, устранения снежных накатов, гололёда, устройство ливневой канализации, ветрозащитные сооружения, насаждения и т.д.), а также нормативного содержания УДС; 7 – мероприятия по повышению пропускной способности улично-дорожной сети (интеллектуальные транспортные системы, выделенные полосы для транспорта общего пользования и другие).

Меры по смягчению последствий рисков: 8 – информирование пассажиров об отклонениях от расписания прибытия маршрутных транспортных средств на остановочный пункт отправления (например, через мобильное приложение и др.); 9 – создание альтернативных маршрутов, включая ввод укороченных маршрутов; 10 - информирование пассажиров о возможности использования другого транспорта; 11 - привлечение резервных единиц подвижного состава при экстренных ситуациях.

Метод анализа рисков «галстук-бабочка» служит инструментом изучения рисков, особенно в случаях потенциально опасных последствий. Применение метода охватывает: оценку потенциальных событий; ретроспективный анализ реализованных рисков; ситуации, при которых причинно-следственные связи сложные, но не требуют развёрнутого анализа «деревьев отказов/событий». Входные данные включают сведения о причинах и последствиях целевого события, а также о мерах управления, способных повлиять на него.

Результат анализа представляется в виде диаграммы, отражающей: ключевые пути роста риска; существующие элементы контроля; потенциальные факторы сбоя системы управления; последствия события и последующие меры реагирования. Ключевые преимущества метода «галстук–бабочка»: наглядность и доступность интерпретации; акцент на оценке эффективности средств контроля; универсальность (применим к положительным и отрицательным исходам) [9 ,12].

Построение модели методом «галстук-бабочка» начинается с выделения центрального риска – задержка прибытия пассажиров на остановочный пункт назначения, приводящего к его опозданию.

В результате анализа проведённых первопричин, способных привести к возникновению рисков с помощью экспертного метода (п.3.2.1 диссертации) в результате согласованных экспертных оценок (коэффициент конкордации W= 0,8) и диаграммы Парето определены следующие четыре фактора риска:

- несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению (в том числе, вероятность отказа транспортного средства из-за неисправностей);

- время ожидания посадки пассажиром в транспортное средство на остановочном пункте;

- загруженность маршрутной улично-дорожной сети;

- неблагоприятные погодные и дорожные условия.

Факторы риска расположены в левой части схемы. Для каждой из причин возможны меры предупреждающего воздействия [45, 46, 47, 48].

Для предупреждения негативной реализации фактора «*Несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению*» возможны следующие мероприятия: корректировка маршрутного расписания для удовлетворения уточнённых пассажиропотоков, неудовлетворённого транспортного спроса на остановочных пунктах, с учётом загруженности маршрутной УДС; приведение в соответствие количества ТС на маршруте проектным значениям, в том числе регулярная проверка технического состояния транспортных средств для 100%-ого выхода подвижного состава на маршрут.

Для предупреждения негативной реализации фактора *«Ожидания посадки пассажиром в транспортное средство на остановочном пункте отправления»* возможны следующие мероприятия: корректировка маршрутного расписания для удовлетворения уточнённых пассажиропотоков, неудовлетворённого транспортного спроса на остановочных пунктах, с учётом загруженности маршрутной УДС; дополнительные обследования пассажиропотоков с учётом временных характеристик; приведение в соответствие количества ТС на маршруте проектным значениям; установление неудовлетворённого транспортного спроса на остановочном пункте.

Для предупреждения негативной реализации фактора *«Загруженность маршрутной улично-дорожной сети»* необходимы мероприятия по повышению пропускной способности улично-дорожной сети (интеллектуальные транспортные системы, выделенные полосы для транспорта общего пользования и т.д).

Для предупреждения негативной реализации фактора «Неблагоприятные погодные и дорожные условия» необходимы следующие мероприятия: информирование водителей и пассажиров о неблагоприятных погодных условиях; мероприятия по предотвращению последствий неблагоприятных погодных условий (своевременная уборка снега, устранения снежных накатов, гололёда, устройство ливневой канализации, ветрозащитные сооружения, насаждения и т.д.), а также нормативного содержания УДС.

Последствия при несвоевременном прибытии пассажира в пункт назначения могут быть следующими:

- дисциплинарное взыскание из-за опоздания;

- отказ от транспорта общего пользования;

- эмоциональная напряжённость пассажиров;

- отвлечение от общественно-полезного труда;

- повышение материальных расходов.

При возникновении рисков предлагаются меры реагирования, минимизирующие негативные последствия:

- информирование пассажиров об отклонениях от расписания прибытия маршрутных транспортных средств на остановочный пункт (например, через мобильное приложение и др.);

– создание альтернативных маршрутов, включая ввод укороченных маршрутов;

- информирование пассажиров о возможности использования другого транспорта;

- привлечение резервных единиц подвижного состава при экстренных ситуациях.

Опоздание пассажира на ОП назначения определяют, как превышение фактического времени прибытия на остановочный пункт назначения по отношению к времени прибытия по расчётным значениям.

Время $\mathrm{T}R$ опоздания пассажиров на ОП назначения в зависимости от факторов можно представить в виде множественной регрессии:

$$\mathrm{T}R = \beta_0 + \sum_1^n \beta_i \cdot X_i + \varepsilon = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon \qquad (2.16)$$

где: β_o – свободный член уравнения регрессии;

β_i – коэффициенты регрессии;

X_1 – численное значение фактора риска «Несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению», ед.;

X_2 – численное значение фактора риска «Ожидание посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления», мин.;

X_3 – численное значение фактора риска «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети», ед;

X_4 – численное значение фактора риска «Неблагоприятные погодные и дорожные условия», ед;

ε - случайные возмущения (ошибка).

Значение фактического состояния фактора X_1. риска «Несоответствие (соответствие) количества ТС на маршруте проектному значению».

Значения по данному фактору определяем, как отношение фактического количества работающих на маршруте транспортных средств $A_{факт}$ к количеству транспортных средств, рассчитанных по проектным значениям $A_{проект}$:

$$h_i = \frac{\text{А}_{\text{факт}}}{\text{А}_{\text{проект}}} \tag{2.17}$$

Выразим количество автобусов через интервал движения. Значение показателя h_i определяется в результате наблюдений за интервалами движения автобусов по маршруту

$$h_i = \frac{A_{факт}}{\text{А}_{\text{проект}}} = \frac{\frac{t_{\text{об}}}{I_{\text{ факт}}}}{\frac{t_{\text{об}}}{I_{\text{проект}}}} = \frac{I_{\text{проект}}}{I_{\text{факт}}} \tag{2.18}$$

Фактические значения интервалов движения определяют натурным наблюдением за движением автобусов по маршруту на исследуемом участке улично-дорожной сети. Учётчики фиксируют время подхода транспортных средств к остановочным пунктам и определяют фактический интервал движения на маршруте $I_{факт}$. Проектные значения интервалов движения $I_{проект}$ определяют, исходя из расчётных значений интервалов. Наблюдения осуществляют для часов «пик», а также для периодов спада пассажиропотоков по предложенной форме.

Значения X_{1i} будут равны 1 при благоприятных условиях, т.е. при работе всех запроектированных транспортных средств на маршруте и влияние на риск опоздания на остановочный пункт назначения будет минимальным.

X_{1i} будет равен 0 при неблагоприятных условиях, при которых на маршруте отсутствует подвижной состав и риск опоздания на остановочный пункт назначения максимален из-за данного фактора.

Значение фактического состояния фактора X_2 риска «Ожидание посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления» определяется экспериментально путём опроса пассажиров и наблюдения за процессом перевозки.

Значение фактического состояния фактора X_3 риска «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети». Загруженность маршрутной улично-дорожной сети оценена с помощью коэффициента загрузки дороги движением (далее – коэффициент загрузки z). Известно, что коэффициент загрузки равен отношению интенсивности движения к пропускной способности участка дороги. Характеристика этого фактора приведена в таблице 3.10 [61].

Так как уровни обслуживания по-разному влияют на риск опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения, необходимо оценить это влияние. По характеру потока автомобилей можно определить, к какому уровню обслуживания относится наблюдаемый поток автомобилей.

Учётчику необходимо оценить транспортный поток и отметить соответствующий коэффициент загрузки.

Таким образом, при уровнях обслуживания A (автомобили двигаются в свободных условиях, взаимодействия между автомобилями отсутствует) и B (автомобили двигаются группами, совершается много обгонов) создаются наилучшие условия для движения и риск опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения минимальный по фактору «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети». При уровне обслуживания F (заторы, полная остановка движения) наблюдаются наихудшие условия для движения и риск опоздания пассажира на остановочный пункт назначения максимальный по фактору «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети», т.е. X_3=1. При остальных уровнях обслуживания значение фактора X_3 принимает промежуточные значения.

Значение фактического состояния фактора X_4 риска «Неблагоприятные погодные и дорожные условия». Состояние погоды, при котором под действием метеорологических факторов состояние поверхности автомобильной дороги, условия взаимодействия участников дорожного движения с автомобильной

дорогой и её восприятие водителями изменяется настолько, что движение становиться затрудненным, несёт прямую угрозу безопасности участников дорожного движения и без специальных мер по защите дорог от воздействия метеорологических факторов может быть прервано.

К особо неблагоприятным погодным условиям относят: осадки в виде дождя и/или снегопада интенсивностью более 0,1 мм/мин, ветер со скоростью более 20 м/с, метель со скоростью ветра более 9 м/с, туман с метеорологической дальностью видимости менее 200 м, температура воздуха в тени летом - более 40°С, зимой - менее минус 40°С [7, 11].

В соответствии с условиями состояния погоды и основных неблагоприятных погодных условиях экспертами выделены следующие варианты для ранжирования:

Ясно, хорошая видимость; Снег; Ливень; Дождь; Штормовой, шквалистый ветер; Гололёд; Метель-выпадение снежных осадков (скорость ветра более 9 м/с); Туман (видимость менее 200 м), Необеспеченный водоотвод (застой воды).

Неблагоприятные погодные условия определённым образом влияют на скорость движения автомобилей, снижая сцепление с дорогой, ухудшая видимость и повышая риски аварий. Рассмотрим основные из них.

Дождь и мокрый асфальт. Вода на дороге уменьшает сцепление шин с покрытием. Даже небольшой дождь может увеличить тормозной путь примерно на 70%. При сильном дожде или глубокой луже возникает риск аквапланирования –потери контакта шин с дорогой, когда протектор не успевает отводить воду. В таких условиях скорость следует снижать при проезде глубоких луж до 30–40 км/ч [102].

Гололёд, ледяной дождь и скользкое покрытие, *стекловидный лед*: Лед на дорожном покрытии в виде гладкой стекловидной пленки толщиной от 1,0 до 3,0 мм или матовой белой шероховатой корки толщиной до 10,0 мм. Ледяная корка на дороге резко снижает сцепление, что затрудняет управление, разгон и торможение. В гололёд средняя скорость езды обычно снижается на 10–15 км/ч, а тормозной путь может увеличиться почти в два раза. Особенно опасны участки с

перепадом температур, где под правыми колёсами может быть лёд, а под левыми — сухой асфальт.

Туман, *дым от лесных пожаров*. Ограничивает видимость, искажает расстояния и создаёт иллюзию, что объекты находятся дальше, чем есть на самом деле. В тумане скорость должна быть такой, чтобы при появлении препятствия можно было успеть остановиться до столкновения. Например, если видимость не превышает 20 м, скорость не должна быть более 10 км/ч. При очень густом тумане (видимость менее 2 м) рекомендуется прекратить движение и остановиться, выбрав место вне проезжей части.

Шквалистый ветер. Боковые порывы ветра могут существенно влиять на устойчивость автомобиля, особенно на мостах, многополосных шоссе и незащищённых лесополосой участках трасс. При сильном боковом ветре и скользкой дороге есть риск потери управления. Рекомендуется уменьшать скорость, чтобы лучше контролировать автомобиль.

Снег и снегопад. Снег увеличивает сопротивление движению, особенно в снежно-водяной каше. Тормозной путь при снежном покрытии увеличивается в 2–3 раза по сравнению с сухим асфальтом. Движение по снежной колее также значительно повышает сопротивление, при попытке покинуть колею автомобиль может потерять управление, что часто приводит к ДТП. Снижается видимость, особенно при сильном снегопаде или метели. Могут образовывать снежные заносы и перемёты, которые затрудняют движение [102].

Метель – атмосферное явление, представляющее собой перенос снега ветром над землей. Виды метели: позёмок (позёмка) – перенос снега ограничивается слоем в несколько сантиметров над снежным покровом. Возникает при малой скорости ветра, не приводит к ухудшению видимости. При низовой метели ветер поднимает сухой снег с поверхности земли на высоту 2 и более метра. Возникает, когда снег не идёт (переносится уже выпавший снег). Видимость значительно ухудшается. *Общая метель* — сочетание сильного ветра (10 м/с) и выпадения снега. Видимость очень плохая [102].

Ливень – это кратковременные атмосферные осадки большой интенсивности (до 100 мм осадков в час) в виде дождя. Образуются в неустойчивых воздушных массах, формируются из кучево-дождевых облаков. Ливень опасен тем, что может провоцировать сели, паводки, затопления, повреждения гидротехнических сооружений и коммунального хозяйства, а также нанести ущерб сельскохозяйственным культурам [102].

Необеспеченный водоотвод (застой воды), подтопление возникает в основном из-за скопления воды в пониженных местах (колеи, выбоины, обочины), отсутствия видимого стока даже после прекращения осадков и приводит к подтоплению как проезжей части, так и тротуаров, пешеходных переходов, съездов. Такая ситуация влияет на снижение сцепления колес автомобиля с дорожным покрытием, возрастает риск заносов и потери управляемости, особенно на поворотах и при торможении. Эффект аквапланирования может привести к ДТП - при определённой скорости и потере контакта колеса с покрытием, когда автомобиль перестаёт реагировать на действие водителя. Ухудшается видимость из-за брызг от впереди идущих автомобилей, запотевания стёкол и фар из-за постоянной влажности. Застой воды ускоряет повреждение дорожного покрытия, в холодное время замерзание воды в трещинах приводит к разрушению земляного полотна, появляются колеи и неровности, повышающие риск ДТП. Водители вынуждены смещаться в сторону от луж, иногда на встречную полосу или обочину, затрудняется объезд препятствий, обгон, на узких дорогах возможна полная блокировка движения. При такой ситуации существует риск попадания воды в двигатель, электрооборудование, тормозные механизмы. Эта ситуация может повысить риск числа ДТП из-за скольжения, аквапланирования, потери видимости, увеличении тормозного пути, сложность с оценкой глубины луж и скрытых под водой дефектов дороги. Все эти моменты снижают скорость перемещения транспортных средств и влияют на время поездки пассажира [102].

В любых неблагоприятных условиях важно учитывать не только текущие условия, но и особенности конкретного автомобиля, опыт водителя и другие факторы.

Общие последствия неблагоприятных погодных условий: увеличение тормозного пути; снижение управляемости автомобилем; ухудшение видимости; риск повреждения шин и других элементов автомобиля (например, при наезде на скрытые в лужах предметы); возможное ухудшение состояния здоровья водителя (усталость, переохлаждение и т. д.).

Для минимизации рисков в таких условиях важно соблюдать скоростной режим, увеличивать дистанцию до впереди идущего автомобиля, избегать резких манёвров, использовать противотуманные фары при необходимости и следить за состоянием шин и тормозной системы.

Из всех перечисленных выше неблагоприятных погодных условий выделены те, которые влияют на скорость и движение автомобилей и, тем самым, воздействуют на риски опоздания пассажира на остановочный пункт назначения.

Значения этих факторов определяют экспертным методом [36].

Значения величины *TR* определяем по формуле

$$TR = T_{факт} - T_{проект} \quad (2.19),$$

где $T_{факт}$ - фактическое время движения автобуса по участку маршрута, мин. Получено по формуле $T_{факт} = T_2 - T_1$;

T_1 - время начала движения автобуса от остановочного пункта отправления (№1), мин;

T_2 - время подъезда автобуса к остановочному пункту назначения (№2), мин;

$T_{проект}$ - время, необходимое для движения по исследуемому участку улично-дорожной сети *L* с эксплуатационной скоростью $V_{эксп}$ и соблюдением Правил дорожного движения, мин.

$$T_{проект} = \frac{L}{V_{эксп}} \quad (2.20)$$

Чтобы определить вероятность задержки при движении из начального в конечный пункт с определённым пороговым значением используем формулы

$$P = 1 - \Phi(z); \qquad z = \frac{T_{порог} - TR_{макс}}{\sigma}, \quad (2.21)$$

где P – вероятность опоздания на конечный пункт на величину $T_{порог}$, доля/ %;

Ф(z) – функция стандартного нормального распределения;
$T_{порог}$ – пороговое время запаздывания на конечный пункт, мин;
TR пик – фактическое время запаздывания при различных сочетаниях X_1, X_2, X_3, мин;
σ – стандартная ошибка оценки, σ =5,75 мин.

Таким образом, разработана теоретическая база для проведения экспериментальных исследований определения численных значений изучаемых факторов и построения регрессионных уравнений с учётом периодов пиковых значений пассажиропотока и его спада.

2.5 Выводы

Выполненные теоретические исследования раскрывают представление о содержании предмета исследования и являются основой для последующего экспериментального исследования. По результатам второго раздела можно сделать следующее заключение.

1. Теоретическими исследованиями установлено, что величина рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения определяется точностью процессов оценки транспортного спроса, проектирования перевозок и их осуществления.

2. Значение показателя риска опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения определяется соответствием количества транспортных средств на маршруте проектному значению, продолжительностью ожидания посадки потенциальными пассажирами в транспортные средства на остановочном пункте отправления, загруженностью маршрутной улично-дорожной сети, неблагоприятными погодными и дорожными условиями.

3. Методика минимизации количества потенциальных пассажиров, которые не смогли осуществить посадку в транспортные средства на остановочных пунктах отправления, расположенных на участке регулярного маршрута, должна предусматривать не только корректировку расчёта технологических показателей перевозок, но и, при выполнения критерия KR, включать ввод укороченных рейсов маршрута, совпадающего с частью регулярного маршрута.

4. Условием ввода укороченных рейсов является равенство или превышение количества потенциальных пассажиров, которые не смогли осуществить посадку в маршрутные транспортные средства по причине их заполненности в остановочных пунктах, расположенных на части регулярного маршрута, с пороговым значением потенциальных пассажиров.

5. Начальным пунктом укороченного маршрута считают первый остановочный пункт, расположенный на регулярном маршруте, на котором отмечены случаи невозможности посадки в ТС потенциальных пассажиров, количество которых превышает пороговое значение. Конечный остановочный пункт выбирают из условия значения коэффициента использования вместимости, определяемого методом экспертных оценок.

3 МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ ОПОЗДАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ГОРОДСКИХ РЕГУЛЯРНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

3.1 Методика определения влияния процессов перевозки, влияющих на опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения

Минимизация рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения напрямую связана с процессами изучения транспортного спроса населения, процесса проектирования, процесса предоставления услуги (реализация). Для определения весомости входящих в эти этапы составляющих воспользуемся методом анализа иерархий (МАИ). Он основан на составлении квадратной матрицы и попарном сравнении элементов уровня. Численные значения элементов главной диагонали матрицы равны единицам. Остальные элементы сравниваются друг с другом.

Сила влияния в соответствии со шкалой Т. Саати имеет следующие значения: 1- равная важность, 3 – слабое превосходство, 5 - существенное превосходство, 7 – значительное или очевидное превосходство, 9 – абсолютное превосходство. 2, 4, 6, 8 – промежуточные значения между соседними значениями шкалы. Таким образом, заполняется верхняя правая часть матрицы. Симметричную (левую нижнюю) ей часть следует заполнять обратными значениями [78].

Правильность расставления приоритетов проверяется на основании отклонения от согласованности (ИС), которая равна

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{max-n}}{n} \tag{3.1}$$

где λmax – максимальное собственное значение вектора;
n – порядок матрицы.

Индекс согласованности, сгенерированной случайным образом, по шкале от 1 до 9 называют случайным индексом (СИ) и определяют в соответствии с порядком матрицы (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Индекс согласованности СИ в зависимости от порядка матрицы [78]

Порядок матрицы (n)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
СИ	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56

Отношение согласованности (ОС) равно

$$\text{ОС} = \frac{\text{ИС}}{\text{СИ}} \tag{3.2}$$

Значение ОС, меньшее или равное 0,10, считают приемлемым, а матрица согласованной.

Для каждого из названных выше процессов составляется матрица влияния в соответствии с условиями её заполнения, например, как влияет элемент процесса B1 на процессы уровня A (таблица 3.2):

Таблица 3.2 – Пример заполнения матрицы влияния элементов A1…A4 на B1.

B1	A1	A2	A3	A4	Весомость элементов
A1	1,00	a_{12}	a_{13}	a_{14}	w_{A1B1}
A2	$1/ a_{12}$	1,00	a_{23}	a_{24}	w_{A2B1}
A3	$1/ a_{13}$	$1/ a_{23}$	1,00	a_{34}	w_{A3B1}
A4	$1/ a_{14}$	$1/ a_{24}$	$1/ a_{34}$	1,00	w_{A4B1}

Затем определяют сумму значений по столбцам, среднегеометрические значения по строкам, весомость каждого процесса, в соответствии с таблицей 3.1, формулами 3.1, 3.2 определяют λmax, ИС, ОС.

Достоверность подтверждают на основании отношения согласованности (ОС), которое должно быть меньше или равно 0,1.

На основании весомости элементов составляются матрицы для векторов W_2; W_3; W_4, заполняя значениями полученных весовых коэффициентов соответствующих процессов (таблицы 3.3 а, б, с).

Таблицы 3.3 – Формы заполнения таблиц для определения собственных векторов

а)

W4	B1	B2	B3
A1	w_{A1B1}	w_{A1B2}	w_{A1B3}
A2	w_{A2B1}	w_{A2B2}	w_{A2B3}
A3	w_{A3B1}	w_{A3B2}	w_{A3B3}
A4	w_{A4B1}	w_{A4B2}	w_{A4B3}

б)

W3	C1	C2	C3
B1	w_{C1B1}	w_{C2B1}	w_{C3B1}
B2	w_{C1B2}	w_{C2B2}	w_{C3B2}
B3	w_{C1B3}	w_{C2B3}	w_{C3B3}

с)

w2	R
C1	w_{C1R}
C2	w_{C2R}
C3	w_{C3R}

После этого определяется значение вектора W_1 по формуле 3.3:

$$W_1 = W_4 \cdot W_3 \cdot W_2. \quad (3.3)$$

При этом риски от процессов каждого уровня соответствуют:

$$R(A)=W_1 \quad (3.4)$$

$$R(B)=W_2 \cdot W_3 \quad (3.5)$$

$$R(C) = W_2 \quad (3.6)$$

В математическом виде влияния процессов подготовки и осуществления перевозок на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения можно представить выражением:

$$R= R(A) + R(B)+ R(C) \quad (3.7)$$

3.2 Методика экспериментальных исследований факторов, влияющих на опоздание пассажира на остановочный пункт назначения

3.2.1 Определение факторов, влияющих на опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения

В результате анализа проведённых исследований, первопричин, способных привести к возникновению риска опоздания на остановочный пункт назначения, приводящего к опозданию пассажира [42, 45] определены следующие факторы:

- несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению (в том числе, вероятность отказа транспортного средства из-за неисправностей, снижающий данный показатель) (h1);

- неудовлетворительная точность оценки пассажиропотока (h2);

- удалённость остановочного пункта (h3);

- время ожидания посадки пассажиром в транспортное средство на остановочном пункте (h4);

- загруженность маршрутной улично-дорожной сети (h5);

- неблагоприятные погодные и дорожные условия (h6);

- недостаточность городских маршрутов (h7).

С помощью экспертного метода определим факторы, влияющие на риск опоздания на остановочный пункт назначения, приводящего к опозданию пассажира.

Составляется анкета, предложенная экспертам в сфере пассажирских перевозок.

Экспертам предложено ответить на вопрос:

«*Какая важность факторов, влияющих на риск опоздания на остановочный пункт назначения, приводящего к опозданию пассажира?»*

Наиболее значимому фактору присваивается значение 7, наименее значимому – 1.

Ответы экспертов представляются в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты оценки экспертами факторов, влияющих на риск опоздания пассажира на ОП назначения

Эксперт	Ранг фактора по оценке эксперта						
	h1	*h2*	*h3*	*h4*	*h5*	*h6*	*h7*
1	7	2	6	6	5	5	1
2	6	3	2	7	5	4	1
3	6	4	3	5	7	1	2
4	6	1	3	6	6	4	2
5	5	2	1	7	5	4	3
6	6	2	3	5	6	4	1
7	7	2	3	6	5	4	1

Пронормируем ранги с учётом повторяемости рангов (таблица 3.5) и определим промежуточные данные для расчёта согласованности экспертов (таблица 3.6):

Таблица 3.5 – Нормирование рангов с учётом повторяемости

№ эксперта	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	Сумма
1	7	2	5,5	5,5	3,5	3,5	1	28
2	6	3	2	7	5	4	1	28
3	6	4	3	5	7	1	2	28
4	6	1	3	6	6	4	2	28
5	5,5	2	1	7	5,5	4	3	28
6	6,5	2	3	5	6,5	4	1	28
7	7	2	3	6	5	4	1	28

Оцениваем согласованность экспертов с помощью коэффициента конкордации Кендалла, по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^{m} T_j} \qquad (3.8)$$

где $T_j = \sum_{k=1}^{l} (n_k^3 - n_k)$,

l- число связок;

n_k – количество элементов в k – ой связке j- того эксперта.

Таблица 3.6 – Определение данных для определения коэффициента конкордации

Эксперты	*h1*	*h2*	*h3*	*h4*	*h5*	*h6*	*h7*	$\sum_{i=1}^{n} \Delta R_{ij}$
1	7	2	5,5	5,5	3,5	3,5	1	
2	6	3	2	7	5	4	1	
3	6	4	3	5	7	1	2	
4	6	1	3	6	6	4	2	
5	5,5	2	1	7	5,5	4	3	
6	6,5	2	3	5	6,5	4	1	
7	7	2	3	6	5	4	1	196
$Q_{ср}$	28							
$\sum_{i=1}^{m} Q_{ij}$	16,00	-12,00	-7,50	13,50	10,50	-3,50	-17,00	
$\left(\sum_{j}^{m} Q_{ij} - Q_{cp}\right)^2$	256,00	144,00	56,25	182,25	110,25	12,25	289,00	1050,00
W	0,7979							

$$W = \frac{12 \cdot 1050}{49 \cdot 7(49-1) - 672} = 0{,}7979 \approx 0{,}8$$

Проверяем согласно критерию χ^2:

$\chi^2_{факт} = W \cdot m \cdot (n\text{-}1) = 0{,}7979 \cdot 7 \cdot (7\text{-}1) = 33{,}512$

при количестве степеней свободы: $n^* = n - 1 = 7 - 1 = 6$, уровне значимости $\alpha = 0{,}05$ с вероятностью $P = 0{,}95 \rightarrow \chi^2_{табл} = 12{,}59$.

Так как $\chi^2_{факт} > \chi^2_{крит}$: 33,512 > 12,59 - мнения экспертов считаются согласованными.

Используя метод попарного сравнения определим весовые коэффициенты факторов (таблица 3.7)

Таблица 3.7 – Весовые коэффициенты факторов

Эксперт	Весовые коэффициенты факторов						
	h1	*h2*	*h3*	*h4*	*h5*	*h6*	*h7*
1	0,25	0,07	0,20	0,20	0,13	0,13	0,04
2	0,21	0,11	0,07	0,25	0,18	0,14	0,04
3	0,21	0,14	0,11	0,18	0,25	0,04	0,07
4	0,21	0,04	0,11	0,21	0,21	0,14	0,07
5	0,20	0,07	0,04	0,25	0,20	0,14	0,11
6	0,23	0,07	0,11	0,18	0,23	0,14	0,04
7	0,25	0,07	0,11	0,21	0,18	0,14	0,04
Итого	0,22	0,08	0,10	0,21	0,20	0,13	0,06

Наибольшие значения имеют факторы h1, h4 (рисунок 3.1):

- несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению (в том числе, вероятность отказа транспортного средства из-за неисправностей, снижающий данный показатель) (h1);

- время ожидания посадки пассажиром в транспортное средство на остановочном пункте (h4).

Воспользуемся диаграммой Парето и определим факторы, наиболее сильно влияющие на результат. Она основана на известном принципе Парето: «20% усилий дают 80% результата» (рисунок 3.1).

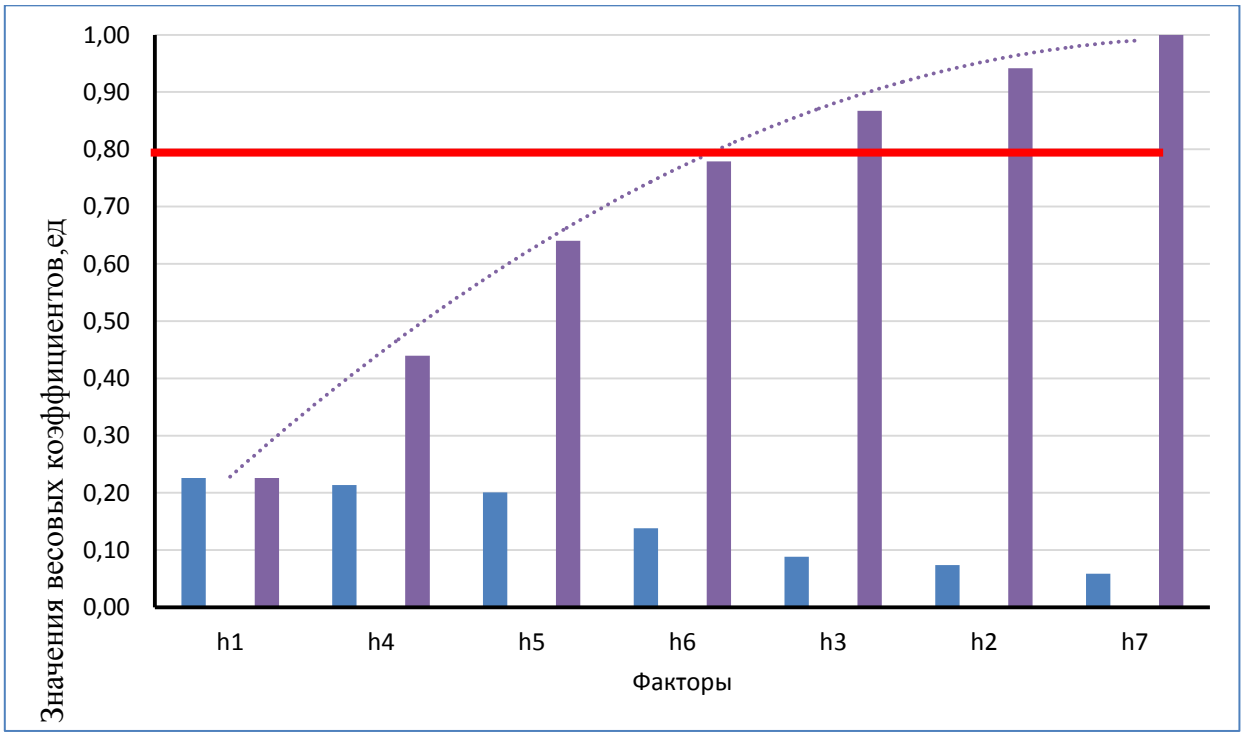

Рисунок 3.1 – Диаграмма Парето для значений весовых коэффициентов факторов, влияющих на риск опоздания на остановочный пункт назначения

На основе данной диаграммы выделяем факторы, которые вошли в область, лежащую ниже красной линии:

- несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению (в том числе, вероятность отказа транспортного средства из-за неисправностей, снижающий данный показатель) (h1);

- время ожидания посадки пассажиром в транспортное средство на остановочном пункте (h4);

- загруженность маршрутной улично-дорожной сети (h5);

- неблагоприятные погодные и дорожные условия (h6).

Таким образом, рассмотрению подлежат факторы h1, h4, h5, h6.

3.2 Методика минимизации рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения (метод «галстук-бабочка»)

Неравномерность пассажиропотоков по часам суток характеризуется, как правило, пиковыми нагрузками (утренние и вечерние часы «пик») и спадом пассажиропотока в вечерние часы (после 21.00 и далее). Поэтому необходимо рассмотреть указанные выше факторы в данные периоды, так как их характеристики их существенно различаются.

Согласно форме для заполнения информации о численных значениях факторов, влияющих на время опоздания пассажиров в пункт назначения во время пиковых нагрузок, а также внепиковое время (вечерние часы спада пассажиропотока) необходимо определить численные значения $X_1...X_4$. (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Форма для заполнения информации о численных значениях факторов, влияющих на время опоздания пассажира

№ п.п.	X1	X2	X3	X4	TR
1	h1	μ1	z1	s1	t1
2	h2	μ2	z1	s2	t2
…	…	…	…	…	…
i	hi	μi	zi	si	ti

Для удобства обозначим их $X_1...X_4$.

- несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению (в том числе, вероятность отказа транспортного средства из-за неисправностей) h1 → X_1;

- время ожидания посадки пассажиром в транспортное средство на остановочном пункте (h4) ; → X_2

- загруженность маршрутной улично-дорожной сети (h5) → X_3;

- неблагоприятные погодные и дорожные условия (h6) → X_4.

Необходимый объём выборки при неизвестном объёме генеральной совокупности определяется по формуле:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2} \quad (3.9)$$

где t^2 – критическое значение критерия Стьюдента при соответствующем уровне значимости (при уровне значимости равном 0,05, t = 1,96

σ – стандартное отклонение изучаемого признака

Δ– предельно допустимая ошибка, Δ=0,05.

Необходимый объём выборки равен и более 38 наблюдений:

$$n = \frac{1{,}96^2 \cdot 0{,}22^2}{0{,}05^2} = 37{,}99 \approx 38$$

Далее представлены формы и методики для заполнения таблицы 3.8.

Значение фактического состояния фактора X_1. риска «Несоответствие (соответствие) количества ТС на маршруте проектному значению» определяем по формулам 2.17 - 2.18 и таблицы рисунка 3.2.

Фактические значения интервалов определяются натурным наблюдением за движением автобусов по маршруту на исследуемом участке улично-дорожной сети. Учётчики фиксируют время подхода транспортных средств и определяют фактический интервал движения на маршруте $I_{факт}$. Проектные значения интервала движения $I_{проект}$ определяются исходя из расчётных значений интервала. Наблюдения осуществляются для часов «пик», а также для периодов спада пассажиропотоков по форме протокола.

Значения X_{1i} принимается равными 1 при благоприятных условиях, т.е. при работе всех запроектированных транспортных средств на маршруте, и влияние на риск опоздания на остановочный пункт назначения будет минимальным.

X_{1i} равно нулю при самых неблагоприятных условиях, т.е. когда на маршруте отсутствует подвижной состав и риск опоздания на остановочный пункт назначения максимальный из-за данного фактора.

Протокол наблюдения
на остановочном пункте об интервалах движения городского транспорта общего пользования

Наименование остановочного пункта (ОП)_____
(в центр, из центра) -нужное подчеркнуть.

Маршруты, проходящие через данный ОП
_____

Дата _____Время опроса _____. Опрос проводил _____

Маршрут №	Время подъезда к ОП	Фактический интервал движения, мин	Маршрут №	Время подъезда к ОП	Фактический интервал движения, мин

Рисунок 3.2 – Форма протокола наблюдения на ОП пункте об интервалах движения городского транспорта общего пользования

Значение фактического состояния фактора X_2 риска «Ожидание посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления» определяется экспериментально путём опроса пассажиров и наблюдения за процессом перевозки. Форма анкеты приведена на рисунке 3.3. Результаты заносятся в таблицы 3.8, 3.9.

Значение фактического состояния фактора риска «Загруженность маршрутной УДС», $X_{3.}$ оценивают с помощью коэффициента загрузки дороги движением ***z*** согласно таблице 3.10.

Учётчики, в соответствии с таблицей 3.10, оценивают транспортный поток и отмечают соответствующий коэффициент загрузки. При уровнях обслуживания А (автомобили двигаются в свободных условиях, взаимодействия между автомобилями отсутствует) и В (автомобили двигаются группами, совершается

много обгонов) создаются наилучшие условия для движения и риск опоздания пассажира на остановочный пункт назначения минимальный по фактору «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети».

Анкета опроса на остановочном пункте об удовлетворённости городским транспортным обслуживанием населения

Наименование остановочного пункта (ОП)_____
(в центр, из центра) -нужное подчеркнуть.

Маршруты, проходящие через данный ОП _____
Дата _____Время опроса _____. Опрос проводил _____

1. Цель поездки (работа, учёба, и т.д.) _ _____
2. До какого остановочного пункта следуете, № маршрута _____
3. Возраст - до 16 лет, 16-25 лет, 25-40 лет, 40-60 лет, более 60 лет (нужное подчеркнуть)
4. Сколько времени (в среднем) ожидаете посадки в автобус _____ мин.
5. В какой, как правило, по счёту пришедший автобус удаётся Вам совершить посадку -_____ (1, 2, …)
6. Часто ли Вы **не можете** совершить посадку в первый пришедший автобус по требуемому маршруту: - очень редко; - редко; - часто; - постоянно. (нужное подчеркнуть).
7. Часто ли превышается интервал движения автобуса (более чем на 2 минуты обозначенного интервала) по требуемому маршруту: - очень редко; - редко; - часто; - постоянно. (нужное подчеркнуть).

Рисунок 3.3 – Форма анкеты опроса на остановочном пункте об удовлетворённости городским транспортным обслуживанием населения

Таблица 3.9 – Форма таблицы результатов обследования пассажиропотока на остановочных пунктах по вопросу удовлетворения транспортного спроса

Название ОП/ маршруты	Общ. кол-во человек на ОП/2 часа	Кол-во опрошенных, чел		Кол-во человек совершивших посадку в 1-ый автобус		Кол-во человек не сумевших совершить посадку в 1-ый автобус из-за его переполнения	
		чел	%	чел.	%	чел.	%
АААААА.	u1	t11	t11/100	t21	t21/100	t31	t31/100
ББББББББББ	u2	t12	t12/100	t22	t22/100	t32	t32/100
….	…	…	…	…	…	….	….

При уровне обслуживания F (заторы, полная остановка движения) наблюдаются наихудшие условия для движения и риск опоздания пассажира на

остановочный пункт назначения максимальный по фактору «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети», т.е. X_3=1.

Таблица 3.10 – Характеристика уровней обслуживания движения [61]

Уровень обслуживания движения	Коэффициент загрузки z	Коэффициент скорости движения c	Коэффициент насыщения движения ρ	Характеристика потока автомобилей	Состояние потока
A	< 0,2	> 0,9	< 0,1	Автомобили движутся в свободных условиях, взаимодействие между автомобилями отсутствует	Свободное движение одиночных автомобилей с большой скоростью
B	0,2-0,45	0,7-0,9	0,1-0,3	Автомобили движутся группами, совершается много обгонов	Движение автомобилей малыми группами (2-5 шт.). Обгоны возможны.
C	0,45-0,7	0,55-0,7	0,3-0,7	В потоке ещё существуют большие интервалы между автомобилями, обгоны затруднены	Движение автомобилей большими группами (5-14 шт.). Обгоны затруднены.
D	0,7-0,9	0,4-0,55	0,7-1,0	Сплошной поток автомобилей, движущихся с малыми скоростями	Колонное движение автомобилей с малой скоростью. Обгоны невозможны
E	0,9-1	< 0,4	1,0	Поток движется с остановками, возникают заторы, режим пропускной способности	Плотное движение
F	> 1	0,3	1,0	Полная остановка движения, заторы	Сверхплотное движение

При остальных уровнях обслуживания значения фактора X_3 принимают промежуточные значения.

Таблица 3.11– Форма для заполнения значений фактического состояния фактора риска «Загруженность маршрутной УДС», X_3

№ наблюдения	Уровень загрузки дороги движением	№ наблюдения	Уровень загрузки дороги движением
1	z1	3	z3
2	z2	….	zi

Значение фактического состояния фактора риска «Неблагоприятные погодные и дорожные условия», X_4 определяется в соответствии со следующими процедурами.

В соответствии с условиями состояния погоды и основных неблагоприятных погодных условиях экспертами выделены следующие варианты для ранжирования. Рассмотрим основные из них.

Ясно, хорошая видимость; Снег; Ливень; Дождь; Штормовой, шквалистый ветер; Гололёд; Метель-выпадение снежных осадков (скорость ветра более 9 м/с); Туман (видимость менее 200 м), Необеспеченный водоотвод (застой воды).

Определим численные величины значений этих факторов, влияющих на риски опоздания пассажира на остановочный пункт назначения с помощью экспертного метода. Значения фактора X_{4i} необходимы для заполнения таблицы 3.8 данных для построения уравнения регрессии. Учётчик фиксирует состояние погодных условий для каждого наблюдения.

Вопрос экспертам: Расположите в порядке возрастания погодные условия, негативно влияющие на движение транспортных средств:

Ясно, хорошая видимость (A);

Снег (C);

Ливень (L);

Дождь (D);

Штормовой, шквалистый ветер (V);

Гололёд (G);

Метель-выпадение снежных осадков (скорость ветра более 9 м/с) (M);

Туман (T),

Необеспеченный водоотвод (застой воды)(H) .

Воспользуемся правилом Борда для ранжирования погодных условий на основе экспертных оценок. Каждый эксперт ранжирует варианты от лучшего к худшему; затем по местам начисляются баллы, итоговый рейтинг определяется по сумме баллов [36], например:

Эксперт 1: *A > D> C > L>V> G> M> T>H*

……

Эксперт n: A >V >C>L> D>H>T> M>G

Преимущества данного правила в том, что число экспертов может быть любым, оно учитывает не только первое предпочтение, но и всю ранжированную матрицу, а также снижается влияние выбросов.

Начисление баллов осуществляется следующим образом: за 1-е место —8 баллов (n-1 ,балл), за 2-е — 7,за 3-е —6,за 4-е —5, за 5-ое – 4, за 6-ое – 3, за 7-ое – 2, за 8-ое – 1, за 9-ое -0) .

Экспертам необходимо заполнить следующую таблицу (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Форма таблицы для ответов экспертов о влиянии погодных условий на риск опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения

Неблагоприятные погодные и дорожные условия	Оценка экспертов о влиянии неблагоприятных погодных условий (0– не влияет, 1 – сильное влияние)							Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	
Ясно(A)	s11	…	…	…	…	….	s17	$\sum s_{1j}/7$
Снег(C)	s21	…	…	…	…	….	s27	$\sum s_{2j}/7$
Ливень(L)	s31	…	…	…	…	….	S37	$\sum s_{3j}/7$
Дождь, град(D)	S41	…	…	…	…	….	S47	$\sum s_{4j}/7$
Шквалистый ветер(V)	S51	…	…	…	…	….	S57	$\sum s_{5j}/7$
Гололёд(G)	S61	…	…	…	…	….	S67	$\sum s_{6j}/7$
Метель(M)	S71	…	…	…	…	….	S77	$\sum s_{7j}/7$
Застой воды(H)	S81	…	…	…	…	….	S87	$\sum s_{8j}/7$
Туман(T)	S91	…	…	…	…	….	S97	$\sum s_{9j}/7$

Условия с одинаковыми значениями делят соседние ранги по формуле

$$r_i = \sum r_j \ / j$$

и им присваивается одинаковый ранг r_i.

Значения фактора равное 0 соответствует наилучшему состоянию погоды, близкое к 1 -наихудшим условиям.

Таблица 3.13 – Форма таблицы для ранжирования фактора «Погодные условия»

Неблагоприятные погодные условия	Значения X_{4i}	Ранг
Ясно(A)	$\sum s_{1j}/7$	r_1
Снег(C)	$\sum s_{2j}/7$	r_2
Ливень(L)	$\sum s_{3j}/7$	r_3
Дождь, град(D)	$\sum s_{4j}/7$	r_4
Шквалистый ветер(V)	$\sum s_{5j}/7$	r_5
Гололёд(G)	$\sum s_{6j}/7$	r_6
Метель(M)	$\sum s_{7j}/7$	r_7
Застой воды(H)	$\sum s_{8j}/7$	r_8
Туман(T)	$\sum s_{9j}/7$	r_9

Также необходимо оценить согласованность экспертов по коэффициенту конкордации Кендалла (формула 3.8).

Таким образом, заполняются таблицы 3.8, 3.14 для *пиковых нагрузок и для спада пассажиропотока* (вечернее время).

Таблица 3.14 – Форма таблицы для определения значений фактора «Неблагоприятные погодные условия»

№ наблюдения	Значения фактора «Неблагоприятные погодные условия»	№ наблюдения	Значения фактора «Неблагоприятные погодные условия»

Значения риска опоздания определяют по формуле 2.16 с учётом таблицы 3.15 разными учётчиками при наблюдениях за определёнными автобусами маршрута:

Таблица 3.15 – Фрагмент данных обследования движения транспортных средств от № ОП ААА до № ОП БББББ

№ п.п.	Маршрут №	Время подъезда к ОП	Фактический интервал движения, мин	Время движения автобусов между ОП
1	xx	xx.xx	I1	t1
2	xx	xx.xx	I2	t2
…				

Таким образом заполняются таблица 3.8 для пиковых нагрузок, а также для внепикового периода (вечернее время)

Используя программу Stat Soft Statistica получим уравнения множественной регрессии для пиковых нагрузок и для вечернего времени (при наименьшем пассажиропотоке), которые необходимо оценить с позиций адекватности, значимости и других статистических оценок [89]. Числовые значения при коэффициентах X будут характеризовать влияние на задержку пассажира. В результате статистического анализа в регрессионном уравнении могут отсутствовать те или иные факторы при их незначимости.

3.3 Методика определения начального и конечного остановочных пунктов укороченных рейсов маршрута

Для обоснования ввода укороченных маршрутов составляется анкета, и предлагается экспертам в сфере пассажирских перевозок (рисунок 3.4). Результаты опроса экспертов вносятся в таблицу 3.20.

После обработки таблицы необходимо проверить ответы экспертов на согласованность [36].

Согласованность мнений экспертов оценивается с помощью коэффициента конкордации Кендалла.

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^{m} T_j}; \qquad (3.10)$$

где $T_j = \sum_{1}^{m} (t_j^{\ 3} - t_j)$; t_j - число одинаковых рангов в j-ом ряду.

Анкета
для определения исходных данных по совершенствованию организации пассажирских перевозок на городском маршруте

1. Какое должно быть количество неудовлетворённых пассажиров из-за задержек транспортных средств (фактический интервал больше расчётного), чтобы организаторы перевозок скорректировали необходимые эксплуатационные ресурсы, пасс: $c_{крит}$ =…;

2. При каком количестве пассажиров, которые не смогли совершить посадку в автобус из-за его переполнения, следует проводить необходимые мероприятия, пасс $d_{крит}$ = ….

3. При каком количестве неудовлетворённых пассажиров из-за переполнения транспортных средств на остановочном пункте следует назначать начальный остановочный пункт укороченного маршрута, $g_{крит}$ =….

4. Какой должен быть минимальный коэффициент использования вместимости для определения окончания укороченного маршрута, γ_{min} =… ***(0…1).***

Рисунок 3.4 – Форма анкеты для определения данных по совершенствованию организации пассажирских перевозок и возможности ввода укороченных маршрутов

Таблица 3.20– Форма таблицы для оценки экспертами предложенных показателей

Эксперты	Значение величины $c_{крит}$	Значение величины $d_{крит}$	Значение величины $g_{крит}$	К-т использования вместимости γ_{min}
1				
..				
n				
Среднее значение				

Значение величины S определяется по таблице 3.21

Таблица 3.21 – Форма таблицы для определения нормального ранжирования оценочных показателей и расчет коэффициента конкордации Кендалла

	Показатели						
Эксперты	$c_{крит}$	$d_{крит}$	$g_{крит}$	$\gamma_{мин}$	$\sum_{i=1}^{n} x_i$	$\Delta_i = \sum_{i=1}^{m} X_j - X_{ср}$	$S=\Delta_j^2$
1							
2							
…							
n							
$\sum_{j=1}^{m} x_j$							
$x_{ср} = \frac{\sum_{j=1}^{m} x_j}{m}$							
$S=\sum \Delta j^2$							

где n - число показателей (объектов экспертизы, $i = 1, 2…n$);

m - число экспертов, $j = 1, 2….m$;

$x_{ср}$ - средний по всем экспертам ранг i-го показателя;

$\sum_{j=1}^{m} x_j$ - сумма оценок x_j;

Δ - разность мнений экспертов;

W-коэффициент конкордации (согласованности мнений экспертов).

Проводится проверка по критерию χ^2 путём сравнения с табличным значением. Если $\chi^2_{факт} > \chi^2_{крит}$, то мнения экспертов считаются согласованными и им можно доверять.

3.4 Алгоритм выбора оптимального варианта сочетания укороченных и основных рейсов маршрута

Алгоритм выбора оптимального варианта сочетания укороченных и основных рейсов представлен на рисунке 3.5.

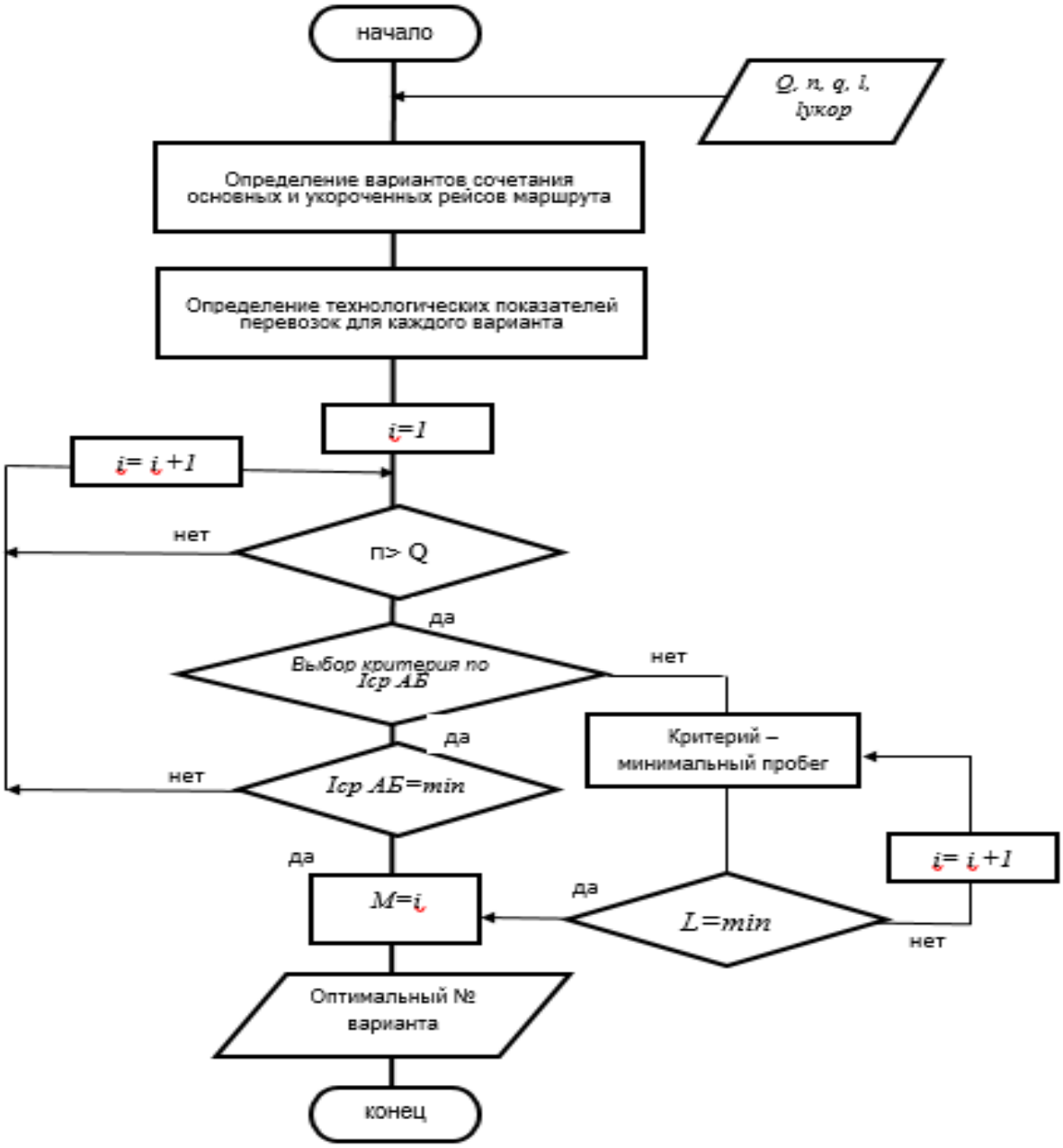

Рисунок 3.5 - Алгоритм выбора оптимального варианта сочетания укороченных и основных рейсов

Входной информацией является пассажиропоток по основному и укороченному маршрутам, а также технические и технологические показатели, приведённые ранее.

С учётом имеющегося парка транспортных средств на маршруте определяем возможные варианты сочетания количества транспортных средств, осуществляющих перевозки по основному и укороченному маршрутам.

Рассчитываем технологические показатели для каждого такого сочетания, а также составляем расписания движения подвижного состава для определения

интервалов на укороченном маршруте *IсрБ*, также находим значение среднего интервала с учётом основного и укороченного маршрутов *IсрАБ* [45, 47].

Математически представить такой подход можно используя выражение [44]

$$\begin{cases} \text{П} > Q \\ I\text{срАБ} \rightarrow min \\ L \rightarrow min \end{cases} \quad (3.\ 11)$$

где П – провозная способность парка транспортных средств на маршруте в часы «пик», пасс/ч;

Q - пассажиропоток на маршруте, включая неудовлетворённый транспортный спрос, пасс/ч;

IсрАБ – среднее значение интервалов движения транспортных средств по основным (А) и укороченным (Б) рейсам, мин;

L - суммарный пробег транспортных средств по основным (А) и укороченным (Б) рейсам, км.

На первом этапе сравнение происходит по величине провозной способности *П* и имеющегося пассажиропотока *Q*. Если провозная способность больше пассажиропотока – переходим ко 2-ому этапу сравнения. Если провозная способность меньше пассажиропотока – рассматривается следующий вариант.

На втором этапе из оставшихся вариантов выбираем критерий, по которому проводится сравнение: наименьший интервал и наименьший пробег транспортных средств. Находим вариант с наименьшим средним интервалом движения на всём маршруте и вариант с наименьшим пробегом. Такой вариант и будет оптимальным.

3.5 Выводы

Приведённое в настоящем разделе методическое обеспечение позволяет создать обоснованную уверенность в достоверности результатов экспериментальных исследований, которые будут приведены в следующем

разделе диссертации. Методическое обеспечение использует экспертные оценки, их обработку в соответствии с правилами математической статистики.

В результате разработаны условия:

- для корректного определения влияния процессов перевозки на несвоевременное прибытие пассажиров на остановочный пункт назначения;

-для исследования факторов, влияющих на несвоевременное прибытие пассажиров на остановочный пункт назначения, приводящих к его опозданию;

-для обоснования ввода укороченных маршрутов.

Разработан алгоритм выбора оптимального сочетания укороченных и основных рейсов.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РИСКОВ ОПОЗДАНИЯПАССАЖИРОВ НА ОСТАНОВОЧНЫЙ ПУНКТ НАЗНАЧЕНИЯ

4.1 Результаты оценки влияния процессов подготовки к транспортному процессу и его осуществления на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения

Результаты проведённых теоретических исследований свидетельствуют о том, что риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения определены не только процессом перевозок, но и предшествующими ему процессами. В настоящем параграфе приведены результаты исследования влияния этих процессов на риски таких событий.

Для оценки таких влияний использованы известные правила метода анализа иерархий (МАИ), которые приведены в предыдущих разделах.

Иерархия уровней изучаемых процессов (Рисунки 2.2 и 2.3) представлена следующим образом:

Первый уровень – R уровень рисков, второй уровень – реализация перевозочного процесса С1, С2, С3. Третий уровень – проектирование процесса перевозок пассажиров – В1, В2, В3. Четвёртый уровень – процессы определения транспортного спроса (маркетинга) - А1, А2, А3, А4.

В таблице 4.1 приведена матрица влияния элементов уровня А на элемент В1.

Таблица 4.1 – Матрица влияния элементов B1(A1-A4)

B1	A1	A2	A3	A4	Среднее геометрическое	Весомость элемента
A1	1,00	7,00	3,00	4,00	3,027	0,57
A2	0,14	1,00	0,50	0,33	0,393	0,07
A3	0,33	2,00	1,00	0,33	0,687	0,13
A4	0,25	3,00	3,00	1,00	1,225	0,23
сумма	1,73	13,00	7,50	5,67	5,332	1,00
λmax =	4,2056					
ИС=	0,0685					
ОС=	0,0761					

Правильность расставления приоритетов проверяется на основании отклонения от согласованности (ИС) по формуле 3.1. Значение индекса согласованности (СИ) определяют по таблице 2.1. Отношение согласованности определяется по формуле 3.2, *λmax* вычисляется как максимальное собственное значение вектора.

Вычисленное отношение согласованности составило ОС=0,0761, меньше 0,1, следовательно, данная матрица согласована и значения её достоверны.

Аналогичным образом определены весомость элементов третьего, второго и первого уровней, а также максимальные собственные значения вектора *λmax*, отклонения от согласованности (ИС) и отношения согласованности (ОС) (таблицы 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7).

Таблица 4.2 – Матрица влияния элементов B2(A1-A4)

B2	A1	A2	A3	A4	Среднее геометрическое	Весомость элемента
A1	1,00	5,00	4,00	3,00	2,783	0,53
A2	0,20	1,00	0,33	0,25	0,359	0,07
A3	0,25	3,00	1,00	0,50	0,783	0,15
A4	0,33	4,00	2,00	1,00	1,278	0,25
сумма	1,78	13,00	7,33	4,75	5,203	1,00
λmax =	4,121					
ИС=	0,040					
ОС=	0,045					

Таблица 4.3 – Матрица влияния элементов B3(A1-A4)

B3	A1	A3	A4	Среднее геометрическое	Весомость элемента
A1	1,00	5,00	4,00	2,714418	0,68
A3	0,20	1,00	0,50	0,464159	0,12
A4	0,25	2,00	1,00	0,793701	0,20
сумма	1,45	8,00	5,50	3,97	1,00
λmax =	3,024595				
ИС=	0,0123				
ОС=	0,0211				

Таблица 4.4 – Матрица влияния элементов C1(B1-B3)

C1	B1	B2	B3	Среднее геометрическое	Весомость элемента
B1	1,00	3,00	7,00	2,758924	0,67
B2	0,33	1,00	3,00	1	0,24
B3	0,14	0,33	1,00	0,36246	0,09
сумма	1,48	4,33	11,00	4,12	1,00
λmax =	3,01				
ИС=	0,003511				
ОС=	0,006032				

Таблица 4.5 – Матрица влияния элементов C2(B1-B3)

C2	B1	B2	B3	Среднее геометрическое	Весомость элемента
B1	1,00	2,00	3,00	1,82	0,540
B2	0,50	1,00	2,00	1,00	0,297
B3	0,33	0,50	1,00	0,55	0,163
сумма	1,83	3,50	6,00	3,37	1
λmax =	3,009203				
ИС=	0,004601				

СИ	0,582
ОС=	0,0079

Таблица 4.6 – Матрица влияния элементов С3(В1-В3)

С3	В1	В2	В3	Среднее геометрическое	Весомость элемента
В1	1,00	3,00	4,00	2,29	0,625
В2	0,33	1,00	2,00	0,87	0,238
В3	0,25	0,50	1,00	0,50	0,136
сумма	1,58	4,50	7,00	3,66	1
λmax =	3,018				
ИС=	0,0091				
ОС=	0,015717				

Таблица 4.7 – Матрица влияния элементов R(С1-С3)

R	С1	С2	С3	Среднее геометрическое	Весомость элемента
С1	1,00	3,00	4,00	2,29	0,65
С2	0,33	1,00	3,00	1,00	0,25
С3	0,25	0,33	1,00	0,38	0,10
сумм	1,58	4,33	8,00	3,73,00	1,00
λmax =	3,073				
ИС=	0,582				
ОС=	0,063				

Результаты расчётов векторов W_3 , W_2 , W_4 приведены в таблицах 4.8- 4.10.

Таблица 4.8 – Результаты расчётов вектора W_4

W4	В1	В2	В3
А1	0,57	0,53	0,67
А2	0,07	0,07	0
А3	0,13	0,15	0,11
А4	0,23	0,25	0,22

Таблица 4.9 – Результаты расчётов вектора W_3

W_3	C1	C2	C3
B1	0,67	0,540	0,625
B2	0,24	0,297	0,238
B3	0,09	0,163	0,136

Таблица 4.10 – Результаты расчётов вектора W_2

W_2	R
C1	0,65
c2	0,250
C3	0,10

В соответствии с формулой 2.3 определим значение вектора W_1

$$W1 = \begin{pmatrix} 0,67 & 0,54 & 0,625 \\ 0,24 & 0,297 & 0,238 \\ 0,09 & 0,163 & 0,136 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,57 & 0,53 & 0,67 \\ 0,07 & 0,07 & 0,00 \\ 0,13 & 0,15 & 0,11 \\ 0,23 & 0,25 & 0,22 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,65 \\ 0,25 \\ 0,1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,571 \\ 0,064 \\ 0,133 \\ 0,232 \end{pmatrix}.$$

Влияние уровня B на результат R, равный $R(B)=W_2 \cdot W_3$ составляет:

$$W2 \cdot W3 = \begin{pmatrix} 0,67 & 0,54 & 0,625 \\ 0,24 & 0,297 & 0,238 \\ 0,09 & 0,163 & 0,136 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,65 \\ 0,25 \\ 0,1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,63 \\ 0,26 \\ 0,11 \end{pmatrix}$$

Из этого следует, что

$$R(A) = 0,571A1+0,064A2+0,133A3+0,232A4$$

$$R(B) = 0,63B1 + 0,26B2 + 0,11B3$$

$$R(C) =0,65C1 + 0,25C2 + 0,1C3$$

После нормирования получено выражение:

$$R = 0,1903A1 + 0,0213A2 + 0,0443A3+0,0773A4 +$$
$$+0,21B1+ 0,0867B2+0,0367B3+$$
$$+ 0,2098C1 + 0,0856C2+0,038C3 \qquad (4.1)$$

Весомость влияний составляющих частей исследуемых процессов согласно установленной зависимости 4.1 иллюстрирует рисунок 4.1.



Рисунок 4.1 – Весомость влияний составляющих частей исследуемых процессов на риск опоздания на остановочный пункт назначения

Для определения наиболее значимых составляющих частей исследуемых процессов применена диаграмма Парето (Рисунок 4.2).

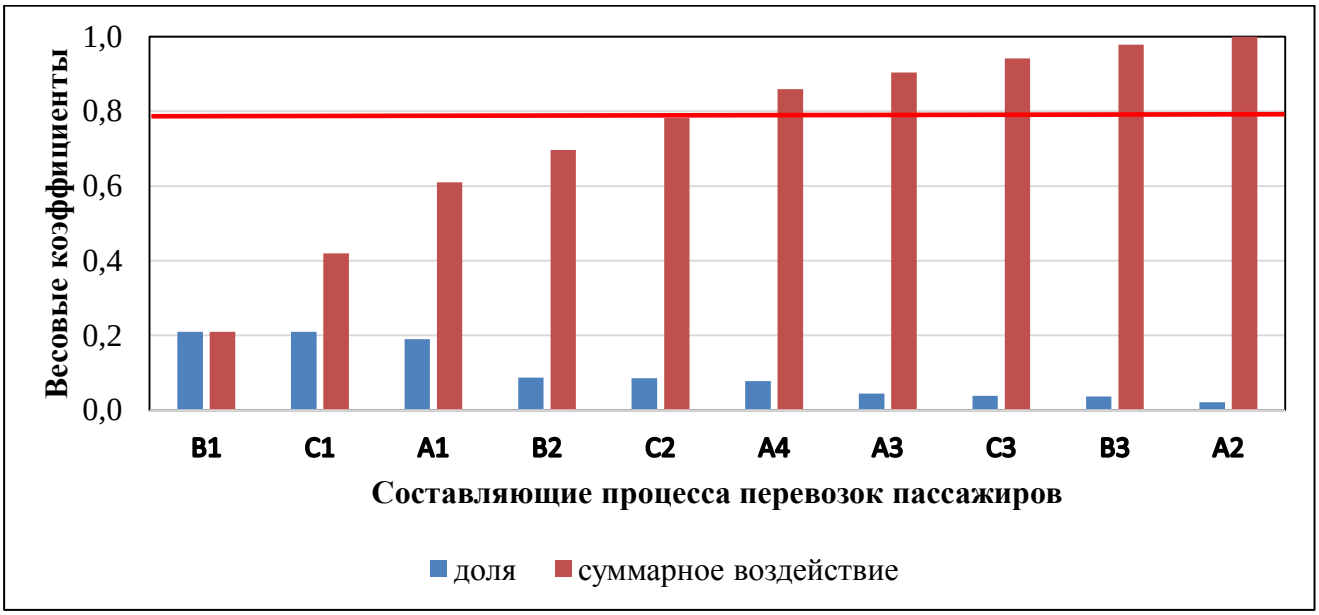

Рисунок 4.2 – Диаграмма Парето для определения наиболее значимых составляющих частей исследуемого процесса

Наиболее значимыми составляющими частями исследуемого процесса являются *B1, C1, A1, B2, C2,* достигающие в совокупности 80% влияния на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения. А именно в порядке убывания: разработка технологического процесса перевозок; выпуск на линию требуемого количества подвижного состава, водителей на маршрут согласно проектным значениям; процесс определения транспортного спроса и другие [49].

4.2 Математическая модель опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных перевозках

В результате теоретических исследований (формула 2.9) в общем виде разработана регрессионная модель опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных перевозках, характеризуемая временем запаздывания. Основное содержание настоящего параграфа состоит в конкретизации математической модели на основе экспериментальных данных, полученных и обработанных по приведённым методикам для определённого участка УДС (в нашем случае- для укороченного рейса маршрута).

Факторами, влияющими на исследуемую модель, являются:

- X_1 – несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению, ед.;

- X_2 – ожидание потенциальными пассажирами посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления, мин.;

- X_3 – загруженность маршрутной улично-дорожной сети, ед;

- X_4 – неблагоприятные погодные и дорожные условия, ед.

Экспериментальными исследованиями установлены следующие исходные данные.

З**начение фактического состояния фактора риска** «Несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению», X_1.

Фактические значения интервалов движения маршрутных транспортных средств определены натурным наблюдением за движением автобусов на исследуемом участке улично-дорожной сети. Учётчики фиксировали время подхода транспортных средств к остановочному пункту и определяли фактический интервал движения на маршруте $I_{факт}$. Проектные значения интервалов движения $I_{проект}$ определяли, исходя из расчётных значений. Наблюдения осуществлены для часов «пик», а также для периодов спада пассажиропотоков. Фрагмент обследования пассажиропотоков для определения интервалов движения на остановочном пункте приведён в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Фрагмент обследования пассажиропотоков для определения интервалов движения на остановочном пункте

Маршрут №	Время подъезда к ОП	Фактический интервал движения, мин
1	2	3
66н	7:00	-
65н	7:03	-
66н	7:05	0:05
60н	7:10	-
66н	7:11	0:06
66н	7:14	0:03
66н	7:14	0:00
60н	7:15	0:01
60н	7:19	0:04
66н	7:21	0:07
66н	7:25	0:04
60н	7:26	0:07
66н	7:33	0:08
60н	7:33	0:07
66н	7:34	0:01
65н	7:40	0:37
66н	7:45	0:09

Продолжение таблицы 4.11

1	2	3
60н	7:50	0:17
66н	7:50	0:05
65н	7:51	0:11
65н	8:03	0:12
60н	8:04	0:14
66н	8:05	0:15
65н	8:07	0:04
60н	8:08	0:04
65н	8:19	0:12
66н	8:20	0:15
60н	8:20	0:12
65н	8:23	0:04
66н	8:29	0:09
65н	8:32	0:09
66н	8:33	0:04
60н	8:35	0:15
65н	8:44	0:12
65н	8:45	0:01
66н	8:45	0:07

Значения X_{1i} принимали равными 1 при работе всех запроектированных транспортных средств на маршруте, и X_{1i} принимали равными нулю при полном отсутствии подвижного состава.

Значение фактического состояния фактора риска «Ожидание потенциальными пассажирами посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления», X_2 (мин) определяли экспериментально путём опроса пассажиров и наблюдения за процессом перевозки. Фрагмент результатов обследования пассажиропотоков на остановочных пунктах отправления приведён в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - Фрагмент результатов обследования пассажиропотоков на остановочных пунктах отправления

Название ОП/ маршруты	Общ. кол-во человек на ОП/2 часа	Кол-во опрошенных, чел		Кол-во человек совершивших посадку в 1-ый автобус		Кол-во человек не сумевших совершить посадку в 1-ый автобус из-за его переполнения	
		чел	%	чел.	%	чел.	%
Липовая/ 63н, 36, 20, 68н, 60н, 65н, 78н, 80н, 28	88	56	63%	20	35%	36	65%
Северная/ 78н, 12, 60н, 65н, 56н	72	40	57%	9	23%	31	77%
ЖК Времена года/ 60н, 65н, 66н, 58н, 82н, 20, 79н, 178	76	55	72%	6	11%	49	89%
Завод Инвертор/ 58н, 60н, 65н, 66н, 79н, 178, 36, 78н, 12	64	46	71%	13	28%	33	72%
…..							
……							
Театр Пьеро/ 36, 54н, 60н, 65н, 66н, 78н, 12	55	37	67%	11	30%	26	70%

Значение фактического состояния фактора риска «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети**»,** $\boldsymbol{X_3}$.

Загруженность маршрутной улично-дорожной сети оценивали с помощью коэффициента загрузки дороги движением *Z* согласно таблице 2.3.

Учётчики оценивали транспортный поток и отмечали соответствующий коэффициент загрузки. При уровнях обслуживания А (автомобили двигаются в свободных условиях, взаимодействия между автомобилями отсутствует) и В (автомобили двигаются группами, совершается много обгонов) создаются наилучшие условия для движения и риск опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения минимальный по фактору «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети». В этом случае X_3=0. И наоборот, при уровне обслуживания F (заторы, полная остановка движения) наблюдаются наихудшие условия для движения и риск опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения

максимальный по фактору «Загруженность маршрутной улично-дорожной сети», X_3=1. При остальных уровнях обслуживания значения фактора X_3 принимают промежуточные значения. В таблице 4.13 приведён фрагмент результатов наблюдения за движением транспортного потока с последующим определением уровня загрузки дороги движением на исследуемом участке УДС.

Таблица 4.13 - Фрагмент результатов наблюдения за движением транспортного потока с последующим определением уровня загрузки дороги движением

№ наблюдения	Уровень загрузки дороги движением, ед.	№ наблюдения	Уровень загрузки дороги движением, ед.
1	0,2	21	0,8
2	0,7	22	0,3
3	0,4	23	0,6
4	0,6	24	0,5
5	0,3	25	0,7
6	0,8	26	0,4
7	0,2	27	0,6
8	0,5	28	0,5
9	0,7	29	0,7
10	0,4	30	0,3
…	…	..	..
17	0,2	37	0,6
18	0,6	38	0,7
19	0,4	39	0,2
20	0,5	40	0,69
среднее	0,5		

Значение фактического состояния фактора риска «Неблагоприятные погодные и дорожные условия» X_4.

Определены величины значений факторов, влияющих на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения с помощью экспертного метода.

Вопрос экспертам: Расположите в порядке возрастания погодные и дорожные условия, негативно влияющие на движение транспортных средств:

Ясно, хорошая видимость (A);
Снег (C);
Ливень (L);
Дождь (D);
Штормовой, шквалистый ветер (V);
Гололёд (G);
Метель-выпадение снежных осадков (скорость ветра более 9 м/с) (M);
Туман (T),
Необеспеченный водоотвод (застой воды) (H).

Для ранжирования погодных и дорожных условий на основе экспертных оценок применено правило Борда. Каждый эксперт ранжирует варианты от лучшего к худшему, затем по местам начисляет баллы, итоговый рейтинг определяют по сумме баллов:

Эксперт 1: *A > D> C > L>V> G> M> T>H*
Эксперт 2: A > V > L> D>C>H> G>T>M
Эксперт 3: A > L> D> C>V>H>T> M >G
Эксперт 4: A > D> C> L>V>T>G> H> M
Эксперт 5: A >V >C>L> D>H>T> M>G
Эксперт 6: A > D>C>L> V>H>M> G>T
Эксперт 7: A >C >L>V> D>T>H> G> M

Преимущества данного правила в том, что число экспертов может быть любым, оно учитывает не только первое предпочтение, но и всю ранжированную матрицу, а также уменьшает влияние выбросов.

Начисление баллов осуществляют следующим образом: за 1-е место —8 баллов (n-1 ,балл), за 2-е — 7,за 3-е —6,за 4-е —5, за 5-ое – 4, за 6-ое – 3, за 7-ое – 2, за 8-ое – 1, за 9-ое -0).

Таблица 4.14 содержит ответы экспертов о влиянии погодных и дорожных условий на движение транспортных средств.

Таблица 4.14 - Ответы экспертов о влиянии погодных и дорожных условий на движение транспортных средств

Погодные условия		Ответы экспертов						
	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Сумма
Ясно(А)	8	8	8	8	8	8	8	56
Снег(С)	6	4	5	6	6	6	7	40

Ливень(L)	5	6	7	5	5	5	6	39
Дождь, град(D)	7	5	6	7	4	7	4	40
Шквалистый ветер(V)	4	7	4	4	7	4	5	35
Гололёд(G)	3	2	0	2	0	1	1	9
Метель(M)	2	0	1	0	1	2	0	6
Застой воды(H)	0	3	3	1	3	3	2	15
Туман(T)	1	1	2	3	2	0	3	12

Итоговый рейтинг вариантов погодных и дорожных условий, влияющих на движение автомобилей, приведён в таблице 4.15.

Таблица 4.15 - Итоговый рейтинг вариантов погодных и дорожных условий, влияющих на движение автомобилей

Погодные условия	Сумма баллов	Ранжирование
Ясно(A)	56	1
Снег(C)	40	2,5
Ливень(L)	39	4
Дождь, град(D)	40	2,5
Шквалистый ветер(V)	35	5
Гололёд(G)	9	8
Метель(M)	6	9
Застой воды(H)	15	6
Туман(T)	12	7

Согласованность мнений экспертов оценена с использованием коэффициента конкордации. Результаты ранжирования оценок экспертов о влиянии неблагоприятных погодных и дорожных условий на риск опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения приведён в таблице 4.16.

Таблица 4.16 - Результаты ранжирования оценок экспертов о влиянии неблагоприятных погодных и дорожных условий на риск опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения

Эксперты	(A)	(C)	(L)	(D)	(V)	(G)	(M)	(H)	(T)
Э1	9	7	6	8	5	4	3	1	2
Э2	9	5	7	6	8	3	1	4	2
Э3	9	6	8	7	5	1	2	4	3
Э4	9	7	6	8	5	3	1	2	3
Э5	9	7	6	5	8	1	2	4	3
Э6	9	7	8	6	5	2	3	4	1
Э7	9	8	7	5	6	2	1	3	4

сумма	63	47	48	45	42	16	13	22	18
Ср. сумма рангов	$\frac{m \cdot (n+1)}{2} = 35$								
$x_i - x_{ср}$	28	12	13	10	7	-19	-22	-13	-17
$(x_i - x_{ср})^2$	784	144	169	100	49	361	484	169	289
S	2549								

Коэффициент конкордации определён с использованием известной зависимости (формул 3.8):

Его значения составили:

$$W = \frac{12 \cdot 2549}{7^2 \cdot (9^3 - 9)} = 0{,}867$$

Проедена проверка по критерию χ^2:

$\chi^2_{факт} = W \cdot m \cdot (n\text{-}1) = 0{,}867 \cdot 7 \cdot (9\text{-}1) = 48{,}552$

при количестве степеней свободы: $n^* = n - 1 = 9 - 1 = 8$, уровне значимости $\alpha = 0{,}05$ с вероятностью $P = 0{,}95 \rightarrow \chi^2_{табл} = 15{,}5$.

Так как $\chi^2_{факт} > \chi^2_{крит}$: 48,552 > 15,5 - мнения экспертов считаются согласованными и им можно доверять.

Кроме того, необходимо оценить в численной форме, в какой степени влияют эти погодные и дорожные условия на задержки в пути.

Вопрос экспертам: *В какой степени оказывает влияние на несвоевременное прибытие пассажиров на остановочный пункт назначения следующие неблагоприятные погодные и дорожные условия*?

Эксперты ответили следующим образом (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Ответы экспертов о влиянии погодных и дорожных условий на риск опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения

Неблагоприятные погодные и дорожные условия	Оценка экспертов о влиянии неблагоприятных погодных условий (0– не влияет, 1 – сильное влияние)							Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	
Ясно(A)	0	0	0	0	0	0	0	0,00≈0
Снег(C)	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,14≈0,1
Ливень(L)	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,23≈0,2
Дождь, град(D)	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,14≈0,1

Шквалистый ветер(V)	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,34≈0,3
Гололёд(G)	0,8	0,8	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	0,74≈0,7
Метель(M)	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8	0,9	0,83≈0,8
Застой воды(H)	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,51≈0,5
Туман(T)	0,7	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,63≈0,6

Следовательно, для уровней удобства фактическое значение фактора «Неблагоприятные погодные и дорожные условия» принимаем, согласно данным таблицы 4.18.

Таблица 4.18 – Значения фактора «Неблагоприятные погодные и дорожные условия»

Неблагоприятные погодные и дорожные условия	Значения X_{4i}	Ранг
Ясно(A)	0	1
Снег(C)	0,10	2,5
Ливень(L)	0,20	4
Дождь, град(D)	0,10	2,5
Шквалистый ветер(V)	0,30	5
Гололёд(G)	0,70	8
Метель(M)	0,80	9
Застой воды(H)	0,50	6
Туман(T)	0,60	7

Значения фактора X_{4i} необходимы для заполнения таблицы 4.19 данными для построения уравнения регрессии. Учётчик фиксирует состояние погодных и дорожных условий для каждого наблюдения.

Таблица 4.19 – Результаты определения значений фактора «Неблагоприятные погодные и дорожные условия» (фрагмент)

№ наблюдения	Значения фактора «Неблагоприятные погодные и дорожные условия»	№ наблюдения	Значения фактора «Неблагоприятные погодные и дорожные условия»
1	0,2	21	0,4
2	0,3	22	0,2
3	0,3	23	0,3
4	0,3	24	0,3
5	0,2	25	0,3
6	0,4	26	0,2
7	0,2	27	0,3

8	0,3	28	0,3
…	…	…	…
..		…	
14	0,3	34	0,3
15	0,3	35	0,3
16	0,4	36	0,3
17	0,2	37	0,3
18	0,3	38	0,4
19	0,3	39	0,2
20	0,3	40	0,3
среднее	0,3		

Значения времени T*R* опоздания пассажиров к остановочному пункту назначения (запаздывания) получены с использованием зависимости

$$TR = T_{факт} - T_{проект} \quad (4.3)$$

где $T_{факт}$ - фактическое время движения маршрутного транспортного средства по участку маршрута. Получено по формуле $T_{факт} = T_2 - T_1$;

T_1 – время отхода маршрутного транспортного средства от исследуемого остановочного пункта оправления, мин.;

T_2 - время подхода маршрутного транспортного средства к исследуемому остановочному пункту прибытия, мин.

В таблице 4.20 приведён фрагмент данных обследования движения транспортных средств от остановочного пункта оправления маршрутных транспортных средств «Времена года» до остановочного пункта прибытия «Театр музыкальной комедии» в городе Оренбурге.

Таблица 4.20 - Фрагмент данных обследования движения транспортных средств от ОП оправления маршрутных транспортных средств «Времена года» до ОП прибытия «Театр музыкальной комедии» в городе Оренбурге

№ п.п.	Маршрут №	Время подъезда к остановочному пункту, час. и мин.	Фактический интервал движения, мин	Время движения автобусов между остановочными пунктами, мин.
1	66н	7:16	-	16
2	60н	7:21	-	17
3	65н	7:24	-	20
4	66н	7:28	12	22
5	60н	7:38	17	23
6	60н	7:42	4	25
7	66н	7:43	19	26
8	65н	7:47	4	24

9	66н	7:55	27	22
10	65н	8:03	16	22
11	60н	8:05	23	23
12	65н	8:06	3	22
13	66н	8:06	11	21
…				
…				
38	65н	8:59	9	37
39	60н	8:59	13	37
40	66н	9:00	4	34

Время $T_{проект}$, необходимое для движения по исследуемому участку маршрутной улично-дорожной сети L с эксплуатационной скоростью $V_{эксп}$ и соблюдением правил дорожного движения, мин.:

$$T_{проект} = \frac{L}{V_{эксп}} \quad (4.4)$$

На основании проведённых наблюдений получены следующие данные в период пиковых нагрузок (таблица 4.21) о значениях фактического времени TR опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения.

Таблица 4.21 – Значения фактического времени TR опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения

№ наблюдения	TR, ?мин	№ наблюдения	TR, ? мин
1	0	21	17
2	0	22	18
3	9	23	16
4	13	24	17
5	17	25	15
6	13	26	18
7	18	27	16
8	14	28	17
9	10	29	15
10	16	30	19
11	17	31	14
12	11	32	2
13	19	33	16
14	14	34	17
15	15	35	19

16	20	36	18
17	18	37	16
18	14	38	15
19	16	39	19
20	15	40	9
	Среднее =14,6		

Полученные данные из таблицы 4.21 помещены в таблицу 4.22, в которой приведены данные о численных значениях факторов, влияющих на время *TRмакс* опоздания пассажиров в период пиковых нагрузок (при максимальном пассажиропотоке).

Таблица 4.22 – Данные о численных значениях факторов, влияющих на время *TRмакс* опозданияпассажиров в период пиковых нагрузок

№ п.п.	*X1*	*X2*	*X3*	*X4*	*TRмакс*
1	0,1	5	0,2	0,2	11
2	0,8	18	0,7	0,3	15
3	0,4	12	0,4	0,3	15
4	0,6	15	0,6	0,3	13
5	0,2	8	0,3	0,2	17
6	0,9	17	0,8	0,4	13
7	0,1	4	0,2	0,2	18
8	0,5	14	0,5	0,3	14
9	0,7	17	0,7	0,3	14
10	0,3	10	0,4	0,2	16
11	0,2	7	0,3	0,2	17
12	0,9	15	0,9	0,4	11
13	0,1	3	0,1	0,2	19
14	0,6	16	0,6	0,3	14
15	0,4	13	0,5	0,3	15
…					
33	0,5	15	0,6	0,3	14
34	0,4	13	0,5	0,3	15
35	0,7	17	0,7	0,3	14
36	0,3	11	0,4	0,3	16
37	0,6	17	0,6	0,3	14
38	0,8	16	0,7	0,4	13
39	0,2	6	0,2	0,2	17
40	0,7	6	0,69	0,3	5
среднее	0,5	12,6	0,5	0,3	14,6

С использованием программы STATISTIKA получено уравнение множественной регрессии в виде:

$$TRмакс = 9.724 - 9.983 * X1 + 0{,}798 * X2 + 6.001 * X3 + 0{,}031 * X4 \quad (4.5)$$

Проверена адекватность модели, оценены следующие её характеристики (Таблица 4.23) [36, 89].

Таблица 4.23 - Статистические характеристики модели

Коэффициент	Значение	Стандартная ошибка	t-статистика	p-value	Значимость
β_0 (Константа)	9.724	0,698	13.93	< 0,001	значим
β_1 (X1)	-9.983	0,576	-17.33	< 0,001	значим
β_2 (X2)	0,798	0,057	14.00	< 0,001	значим
β_3 (X3)	6.001	0,589	10,19	< 0,001	значим
β_4 (X4)	0,031	0,275	0,113	0,911	незначим

Коэффициент детерминации модели R^2 = 0,812. F-статистика = 45.23 (p < 0,001), стандартная ошибка оценки = 1.134. Анализ дисперсии представлен в таблице 4.24.

Таблица 4.24 – Анализ дисперсии

Источник	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F	p-value
Регрессия	232.85	4	58.21	45.23	< 0,001
Остатки	54.15	35	1.55		
Итого	287.00	39			

Проверка адекватности модели осуществлена с помощью теста Шапиро-Уилка W на нормальность остатков. Нулевая гипотеза (H_0) предполагает, что данные имеют нормальное распределение. Тест Шапиро-Уилка применяется для небольших выборок, при n < 50.

$$W = 0{,}967.$$

Значение W близко к 1, что указывает на хорошее соответствие нормальному распределению; p-value = 0,312, что значительно больше 0,05, поэтому нулевая гипотеза не отвергается. Исходные данные имеют нормальное распределение ($p > 0{,}05$).

Результат теста Шапиро-Уилка (p = 0,312) свидетельствует о том, что остатки регрессии нормально распределены, все предположения классической линейной регрессии выполнены, статистические выводы надёжны и достоверны, модель можно использовать для прогнозирования и анализа. Модель соответствует ключевым статистическим требованиям, что делает её результаты научно обоснованными и достоверными. Тест на гетероскедастичность Бройша-Пагана. Гетероскедастичность - это ситуация, при которой дисперсия ошибок (остатков) непостоянна и зависит от значений независимых переменных или прогнозных значений. Нулевая гипотеза (*H*) о гомоскедастичности, т.е дисперсия остатков постоянна, не отвергается [36, 89].

$\chi^2 = 3.05$; p-value = 0,549

Сравнение *p-value* с уровнем значимости ($\alpha = 0,05$)

p-value = 0,549 > 0,05

Критическое значение $\chi^2_{крит}$ с 3 степенями свободы при $\alpha = 0,05 = 7.815$.

Так как 3.05 < 7.815, следовательно, статистика не превышает критическое значение, отсутствуют статистически значимые доказательства гетероскедастичности. Дисперсия остатков постоянна (гомоскедастичность).

Таким образом, гомоскедастичность не отвергается (p > 0,05). Это важно потому, что при гетероскедастичности (p-value < 0,05) присутствуют такие проблемы, как некорректность стандартных ошибок коэффициентов, ненадежность t-статистик и др.

Для оценки зависимости параметров определена корреляционная матрица (таблица 4.25).

Таблица 4.25 – Корреляционная матрица параметров модели

	X1	X2	X3	X4	TR
X1	1	-0,15	-0,8	-0,12	-0,84
X2	-0,15	1	0,12	0,15	0,79
X3	-0,8	0,12	1	0,48	0,68
X4	-0,12	0,15	0,48	1	0,14
R	-0,84	0,79	0,68	0,14	1

В результате анализа выявлены следующие корреляции:

X1 ↔ *TR*: -0,84 (очень сильная отрицательная)

X2 ↔ *TR*: 0,79 (сильная положительная)

X3 ↔ *TR*: 0,68 (сильная положительная, близко к 0,7)

X4 ↔ *X3*: 0,48 (умеренная положительная)

X1 ↔ *X2*: - 0,15 (очень слабая отрицательная). Значение -0,15 свидетельствует об очень слабой отрицательной корреляции. Оценим статистическую значимость. Критическое значение *r* при α=0,05 равно 0,31;

-0,15 < 0,31, т.е корреляция статистически не значима. Таким образом, нет значимой зависимости между *X1* и *X2*.

X1 ↔ *X3*: -0,08 (очень слабая отрицательная)

X1 ↔ *X4*: -0,12 (очень слабая отрицательная)

X2 ↔ *X3*: 0,12 (очень слабая положительная)

X2 ↔ *X4*: 0,15 (очень слабая положительная)

X4 ↔ *TR*: 0,14 (очень слабая положительная)

В результате теста на мультиколлинеарность (VIF) получены следующие результаты:

VIF(X1) = 1.10;

VIF(X2) = 1.15;

VIF(X3) = 1.08;

VIF(X4) = 1.06.

Все VIF < 5, следовательно, мультиколлинеарность отсутствует.

Таким образом, нет значимой зависимости между *X1* и *X3, X1* и *X4, X2* и *X3, X2* и *X4*. Так как переменная *X4* незначима, тогда уравнение (4.5) примет вид:

$$TRмакс = 9.739 - 9.981 \cdot X1 + 0{,}797 \cdot X2 + 5.999 \cdot X3 \quad (4.6)$$

Коэффициент детерминации R^2 = 0,812, все коэффициенты значимы (p < 0,001), F-статистика = 60,31 (p < 0,001).

В результате анализа регрессионного уравнения (4.6) можно отметить, что каждое увеличение *X1* (соответствие количества транспортных средств на маршруте проектному значению) на 0,1 уменьшает риск опоздания пассажиров

TRмакс приблизительно на 1 минуту, *X1* имеет наибольшее отрицательное влияние на *TRмакс*. Каждое увеличение *X2* (ожидание потенциальным пассажиром на остановочном пункте отправления маршрутных транспортных средств) на 1 увеличивает риск опоздания пассажира *TRмакс* около 0,8 минут (β_2 = 0,797). Каждое увеличение *X3* (загрузка УДС) на 0,1 увеличивает риск опоздания *TRмакс* на ≈ 0,6 минут (β_3 = 5.999) [36, 89].

Таким образом, модель адекватна, все диагностические тесты пройдены, переменная *X4* незначима (p = 0,911) и исключена из модели.

Наилучшие результаты *TRмакс* будут получены при максимальном значении *X1*=1, минимальных значениях *X2*=0, *X3*=min=0,1. В таком случае риск *TRмакс* приближается к нулю (0,35 мин). При моделировании по средним значениям *X1…X3* получим риск *TRмакс* =17,9 мин.

На основании проведённых наблюдений получены следующие данные в период спада пассажиропотоков о численных значениях факторов, влияющих на время *TRмин* опоздания пассажира на ОП назначения.

Для этого периода времени выполнены действия, аналогичные действиям при определении времени *TRмакс*. Таблица 4.26 содержит данные о численных значениях факторов, влияющих на время *TRмин* опоздания пассажиров в периоды спада пассажиропотоков.

Таблица 4.26 – Данные о численных значениях факторов, влияющих на время *TRмин* опоздания пассажиров в периоды спада пассажиропотоков

№	*X*	*X*	*X*	*X*	*TRмин*
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	0,2	38	0,1	0,1	36
2	0,9	14	0,3	0,3	6
3	0,5	29	0,2	0,2	22
4	0,2	45	0,1	0,1	42
5	0,8	18	0,3	0,4	10
6	0,3	35	0,1	0,1	28
7	0,6	24	0,3	0,2	17
8	0,1	50	0,1	0,1	47

Продолжение таблицы 4.26

1	2	3	4	5	6
9	0,5	27	0,2	0,2	19
10	0,8	16	0,3	0,3	9
11	0,2	42	0,1	0,1	39
12	0,9	12	0,4	0,4	5
13	0,4	32	0,2	0,1	25
14	0,1	48	0,1	0,1	44
….					
36	0,5	29	0,2	0,2	20
37	1	6	0,4	0,4	3
38	0,3	39	0,1	0,1	33
39	0,7	23	0,3	0,3	16
40	0,1	43	0,1	0,1	49

Получены следующие оценки коэффициентов регрессии (таблица 4.27).

Таблица 4.27 - Статистические характеристики модели

Коэффициент	Значение	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение	Значимость
β0	15,24	1,38	11,04	< 0,001	Значим
β1	–12,08	1,15	–10,51	< 0,001	Значим
β2	0,65	0,04	16,00	< 0,001	Значим
β3	0,04	0,18	0,17	0,867	Незначим
β4	0,02	0,16	–0,13	0,899	Незначим

С учётом полученных данных уравнение модели в периоды спада пассажиропотоков будет иметь следующий вид:

$$TRмин = 15,2 - 12,1 \cdot X1 + 0,65 \cdot X2 + 0,04 \cdot X3 + 0,02 \cdot X4 \quad (4.7)$$

Коэффициент детерминации R^2 равен 0,837 (83,7%),

F-статистика = 48,3 (p < 0,001), что позволяет утверждать о статистической значимости модели. Стандартная ошибка оценки = 2,18, средняя абсолютная ошибка =1,72, т.е. в среднем предсказание *TRмин*. отклоняется от факта на 1,72 минуты. Стандартная ошибка регрессии равна 1,79.

В результате анализа значимости коэффициентов регрессии установлено, что коэффициенты регрессионной модели *b*0, *b*1, *b*2— значимы (p<0,05); *b*3, *b*4— незначимы (p > 0,05).

Проверка адекватности модели осуществлена с помощью теста Шапиро-Уилка на нормальность остатков. Нулевая гипотеза (H_0) предполагает, что данные имеют нормальное распределение

$$W = 0{,}978.$$

Значение *W* близко к 1, что указывает на хорошее соответствие нормальному распределению; p-value = 0,18, что значительно больше 0,05, поэтому нулевая гипотеза не отвергается. Исходные данные имеют нормальное распределение (p > 0,05). Результат теста Шапиро-Уилка (p = 0,18) свидетельствует о том, что остатки регрессии нормально распределены, все предположения классической линейной регрессии выполнены, статистические выводы надёжны и достоверны, модель можно использовать для прогнозирования и анализа. Модель соответствует всем ключевым статистическим требованиям, что делает её результаты научно обоснованными и достоверными [36, 89].

Автокорреляция остатков по тесту Дурбина–Уотсона: *DW*=1,92, т.е. автокорреляции нет.

В таблице 4.28 приведена матрица парных коэффициентов корреляции (*r*) между переменными.

В результате анализа выявлено:

сильная отрицательная связь: *TRмин и X1* (*r* =−0,785), это свидетельствует о том, что увеличение *X1* вызывает уменьшение *TRмин ;*

сильная положительная связь: *TRмин* и *X2* (*r*=0,912) это свидетельствует, что увеличение *X2* обуславливает увеличение *TRмин*;

почти нет связи: *TRмин* и *X3* (*r*=0,068) →*X3* слабо влияет на *TRмин*;

почти нет связи: *TRмин* и *X4* (*r*=0,042) → *X4* слабо влияет на *TRмин;*

высокая корреляция: *X3* и *X4* (*r*=0,876) → потенциальная мультиколлинеарность.

Таблица 4.28 – Матрица парных коэффициентов корреляции между переменными

	X_1	X_2	X_3	X_4	*TRмин*
X_1	1,000	0,182	0,094	0,113	–0,785
X_2	0,182	1,000	0,215	0,198	0,912
X_3	0,094	0,215	1,000	0,876	0,068
X_4	0,113	0,198	0,876	1,000	0,042
TR	–0,785	0,912	0,068	0,042	1,000

Незначимость b_3 , b_4 подтверждается слабыми корреляциями *X3* и *TRмин*, *X4* и *TRмин*, которая является зависимой переменной, параметры *X3, X4* являются незначимыми и их следует исключить из модели.

Переменные *X1* и *X2* имеют коэффициент корреляции, равный «- 0,182». Проверка мультиколлинеарности осуществлена определением VIF. Результаты проверки на мультиколлениарность приведены в таблице 4.29.

Таблица 4.29 – Результаты проверки на мультиколлинеарность

Переменная	VIF
X1	1,12
X2	1,08
X3	1,05
X4	1,05

Из приведённых данных следует, что мультиколлинеарности между переменными нет (все VIF < 5).

X1 и *X2* — зависимые параметры, оказывающие существенное влияние на *TRмин*.

С учётом этого, модель будет иметь вид:

$$TRмин = 15,2 - 12,1 \cdot X1 + 0,65 \cdot X2 \quad (4.8)$$

R^2=0,842(84,2%), F-тест=58,7, p-значение<0,001, из чего следует статистическая значимость модели.

В таблице 4.30 приведены результаты значимости коэффициентов регрессионной модели.

Таблица 4.30 – Значимость коэффициентов регрессионной модели (после исключения *X3, X4*)

Параметр	Оценка	Стандартная ошибка	t-статистика	p-значение	Значимость
β0	15,2	1,10	13,82	<0,001	Значим
β1	–12,1	0,95	–12,74	<0,001	Значим
β2	0,65	0,05	13,00	<0,001	Значим

Анализ данных таблицы 4.30 свидетельствует о статистической значимости всех коэффициентов.

Переменные *X1* и *X2* имеют коэффициент корреляции, равный 0,12. Проверка мультиколлинеарности осуществлена определением VIF (фактор инфляции дисперсии)

VIF(*X*1)=1,02

VIF(*X*2)=1,02, т.е. корреляция между *X*1 и *X*2 слабая (*r*=0,12).

VIF<5→ мультиколлинеарности нет.

Следовательно, модель (4.8) адекватна, статистически значима, и её можно использовать для дальнейших исследований.

Наилучшие результаты *TRмин* (для вечернего времени) будут получены при максимальном значении X_1=1, минимальных значениях X_2=0. В данном случае время опоздания(задержки) составит

TRмин=15,2-12,1·1+0,65·0=3,1 мин.

При моделировании по средним значениям *X1…X2* это значение составит *TRмин* = 25,7≈ 26 мин.

На рисунках 4.3 – 4.9 в графическом виде представлены модели *TRмакс* и *TRмин* при различных коэффициентах z загрузки дороги движением.

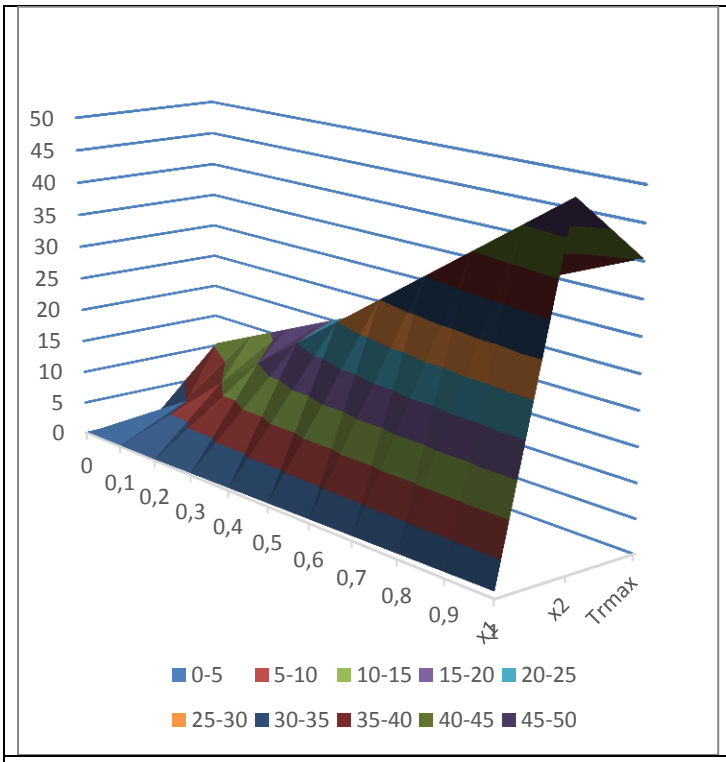

Рисунок 4.3 - Графическое представление зависимости *TRмакс* при z=0,1

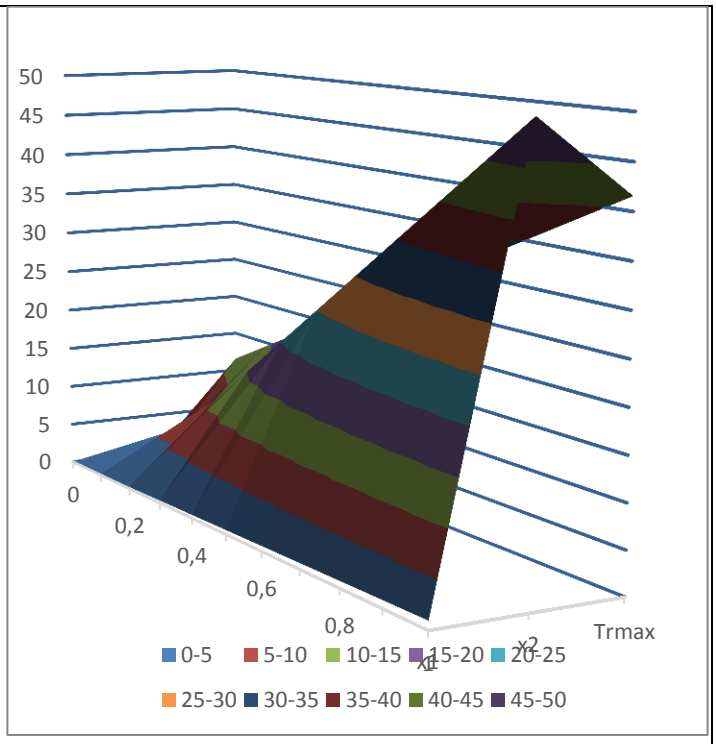

Рисунок 4.4 - Графическое представление зависимости *TRмакс* при z=0,3

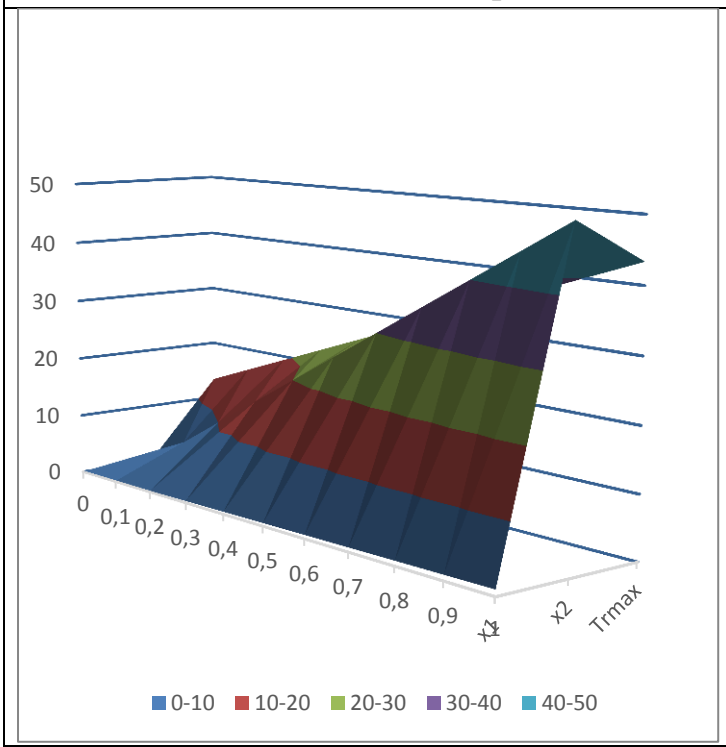

Рисунок 4.5 - Графическое представление зависимости *TRмакс* при z=0,6

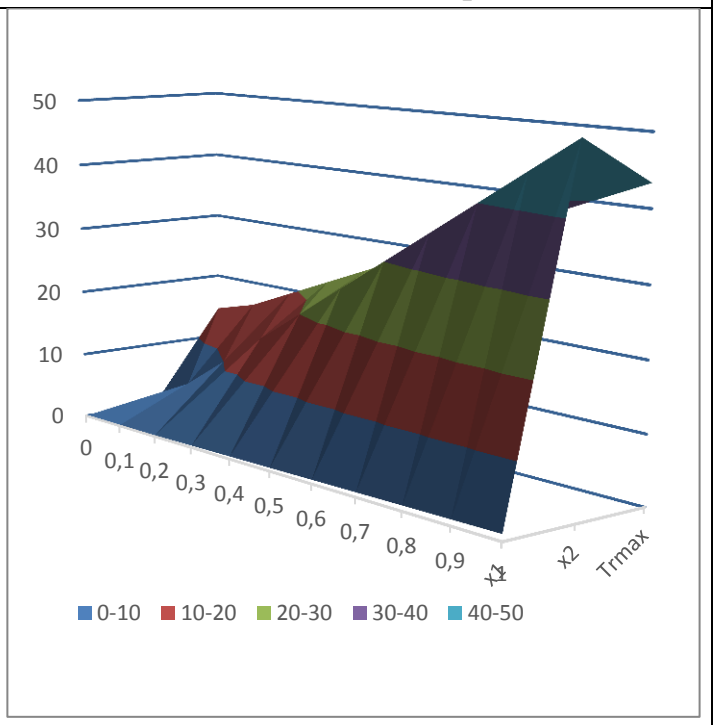

Рисунок 4.6 - Графическое представление зависимости *TRмакс* при z=0,8

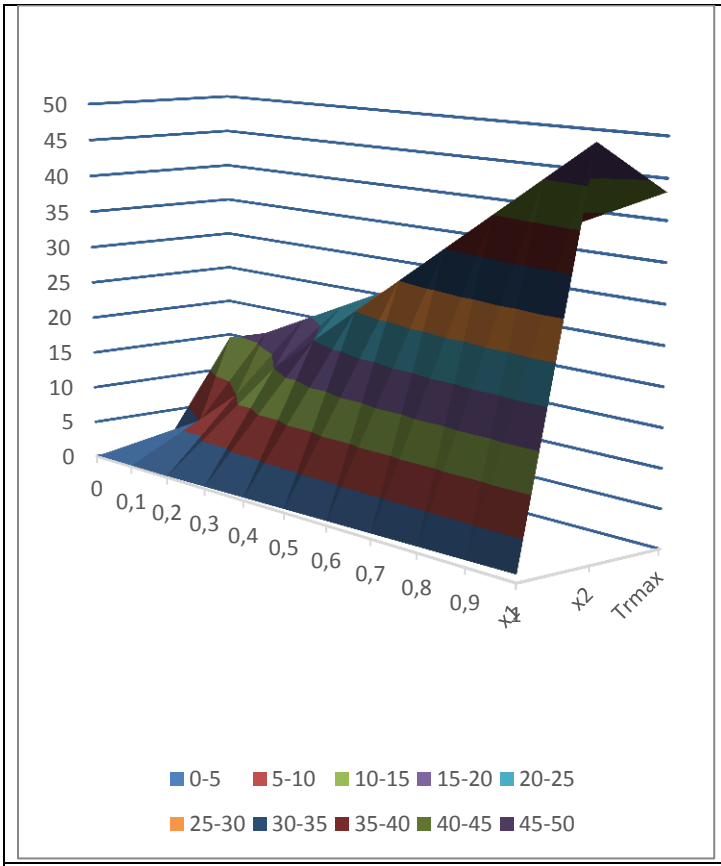

Рисунок 4.7 - Графическое представление зависимости *TRмакс* при z=0,95

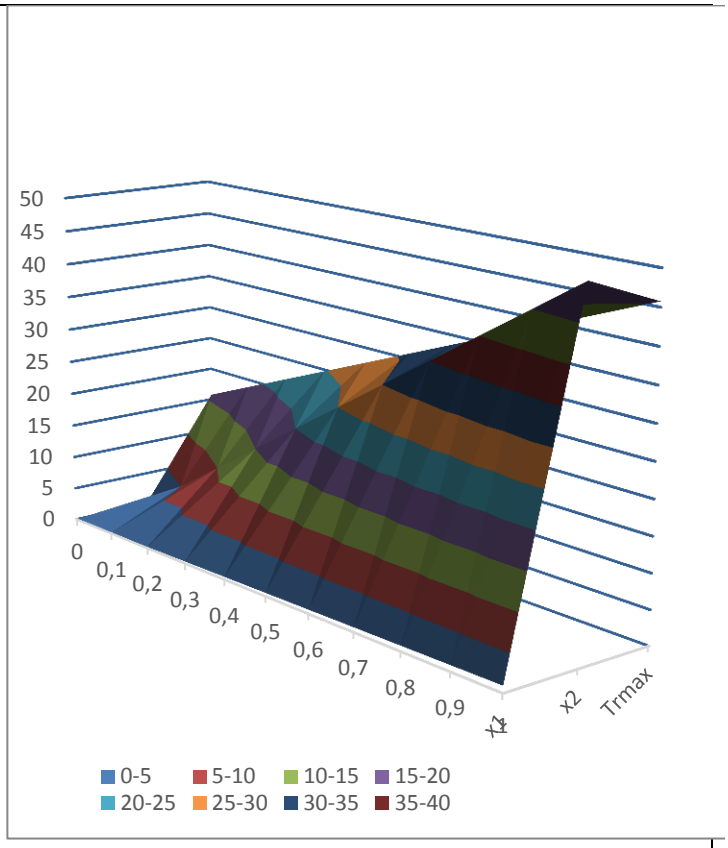

Рисунок 4.8 - Графическое представление зависимости *TRмакс* при z=1

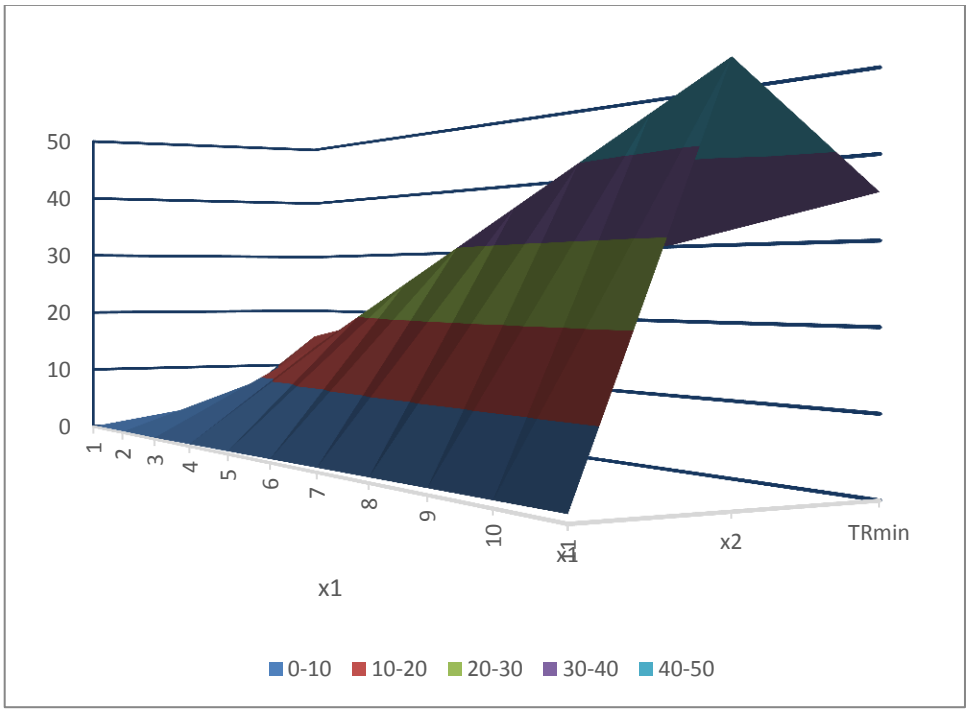

Рисунок 4.9 - Графическое представление зависимости *TRмин* при фактическом уровне загрузки

Определение вероятности задержек на маршруте.

Чтобы определить вероятность задержки при движении из начального в конечный пункт с определённым пороговым значением используем формулы 2.14. Тогда для наблюдений в пиковые периоды вероятность запаздывания на конечный пункт составит (таблица 4.31):

В соответствии с теорией рисков все вероятности можно разделить на 4 градации:

Уровень риска	Вероятность, ед.	Обозначение цветом в таблице 4.31
Низкий	Менее 0,2	Зелёный
Умеренный	0,2 … 0,4	Голубой
Повышенный	0,4 … 0,7	Жёлтый
Критический	более 0,7	Красный

Таким образом, наиболее вероятны задержки 5-10 минут практически для всех комбинаций $X_1..X_3$; заметный риск (повышенный), который необходимо учитывать при планировании при запаздывании, равный 20 мин (сочетания факторов для наблюдений №№ 2…6, 8, 9, 12, 14, 15).

Таблица 4.31 – Вероятность запаздывания на конечный пункт в зависимости от пороговых значений в часы пик (фрагмент)

№ наблю-дения	X_1	X_2	X_3	$TR_{макс\ факт}$	$TR_{макс\ прогноз}$	Вероятность P запаздывания (в ед.), при котором $T_{порог}$ равно … мин.				
						5	10	15	20	25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0,1	5	0,2	11	13,93	0,973	0,719	0,378	0,179	0,041
2	0,8	18	0,7	15	20,3	0,996	0,954	0,788	0,500	0,212
3	0,4	12	0,4	15	17,61	0,998	0,919	0,675	0,385	0,148
4	0,6	15	0,6	13	19,29	0,999	0,963	0,839	0,603	0,283
5	0,2	8	0,3	17	15,82	0,994	0,866	0,589	0,331	0,122
6	0,9	17	0,8	13	19,09	0,999	0,959	0,827	0,588	0,270
7	0,1	4	0,2	18	13,13	0,964	0,668	0,329	0,148	0,031

Продолжение таблицы 4.31

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	0,5	14	0,5	14	18,91	0,999	0,955	0,818	0,574	0,257
9	0,7	17	0,7	14	20,49	0,997	0,958	0,799	0,514	0,223
10	0,3	10	0,4	16	17,11	0,997	0,904	0,644	0,360	0,134
11	0,2	7	0,3	17	15,12	0,992	0,840	0,552	0,305	0,110
12	0,9	15	0,9	11	18,11	0,999	0,937	0,722	0,439	0,185
13	0,1	3	0,1	19	11,73	0,949	0,598	0,274	0,116	0,023
14	0,6	16	0,6	14	20,10	0,999	0,960	0,831	0,593	0,274
15	0,4	13	0,5	15	19,11	0,999	0,956	0,821	0,578	0,260
…					…	…	…	…	…	…

Полученные результаты экспериментальных исследований, приведённые в настоящей параграфе, позволили сформулировать в окончательном виде математические модели опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения для участка УДС (укороченного рейса маршрута). Модели, совпадая с общим подходом, имеют особенности при перевозках пассажиров в периоды пиковых (высоких) и внепиковых (невысоких) пассажиропотоков.

Тогда, математическая модель для пиковых пассажиропотоков с учётом проведённого статистического анализа содержит три статистически значимых фактора:

– несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению;

– время ожидания потенциальными пассажирами посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления;

– загруженность маршрутной улично-дорожной сети.

Математическая модель для внепиковых пассажиропотоков содержит два статистически значимых фактора:

– несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению;

– время ожидания потенциальными пассажирами посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления.

При этом на несвоевременное прибытие пассажиров на остановочный пункт назначения неблагоприятные погодные и дорожные условия существенного влияния не оказывают.

4.3 Результаты исследования обоснованности введения укороченных маршрутов с определением их начального и конечного остановочных пунктов (на примере города Оренбурга)

В параграфе 2.4 приведены теоретические исследования, обосновывающие применение укороченных рейсов маршрута в составе основного в качестве одного из эффективных методов преодоления проблемы невозможности посадки потенциальными пассажирами в маршрутные транспортные средства по причине их заполненности. В настоящем параграфе приведены результаты экспериментальных исследований, направленные на подтверждение теоретических положений, и конкретизирующие значения факторов разработанных методик.

Практическое применение разработанной методики ввода укороченных рейсов маршрутов изучено на примере маршрутной улично-дорожной сети города Оренбурга.

Критерием KR ввода таких маршрутов (рейсов) служит количество неудовлетворённых пассажиров из-за переполненных транспортных средств (QNP) и значение величины $d_{крит}$, полученное при анкетировании специалистов.

Начальный и конечный остановочный пункты определен, исходя из неудовлетворённого пассажиропотока с учётом возможностей маршрутной улично-дорожной сети и правил дорожного движения. Определение границ

данного укороченного маршрута (начального и конечного пунктов соответственно) производится согласно выражению 2.11, где g - количество пассажиров с неудовлетворённым транспортным спросом из-за невозможности совершить посадку в транспортное средство хотя бы на одном остановочном пункте, пасс.;

Q_i – количество пассажиров, находящихся в салоне транспортного средства на остановочном пункте, пасс.; γ_{min} – коэффициент использования вместимости автобуса для определения конечного остановочного пункта укороченного маршрута, ед.; q – номинальная вместимость автобуса, пасс; $c_{крит,}$ - количество неудовлетворённых пассажиров процессом перевозки на маршруте, пасс.

Необходимые данные $d_{крит}$,, g, γ_{min}, $c_{крит,}$, используемые в алгоритме (рисунок 2.6) , получены экспертным методом, в котором в качестве экспертов привлечены специалисты автотранспортной отрасли. Опрос проведён с использованием анкеты, форма которой приведена в третьем разделе диссертации. Результаты опроса экспертов представлены в таблице 4.32.

Согласованность мнений экспертов оценена коэффициентом конкордации Кендалла (формула 3.8)

Таблица 4.32 – Результаты опроса экспертов

Эксперты	Значение величины $c_{крит,}$, пасс	Значение величины $d_{крит}$, пасс.	Количество потенциальных пассажиров $g_{крит}$, пасс.	Коэффициент использования вместимости транспортного средства γ_{min}
1	200	20	5	0,1
2	60	95	7	0,4
3	80	25	6	0,2
4	45	40	10	0,3
5	40	50	7	0,3
6	100	55	10	0,1
7	40	80	5	0,2
Ср. значение	81	52	7	0,2

В таблице 4.33 приведены результаты ранжирования оценочных показателей и расчётов коэффициента конкордации Кендалла.

Таблица 4.33 - Нормальное ранжирование оценочных показателей и расчет коэффициента конкордации Кендалла

Эксперты	$c_{крит}$	$d_{крит}$	$g_{крит}$,	$\gamma_{мин}$	$\sum_{i=1}^{n} x_i$	$\Delta_I = \sum_{i=1}^{m} X_j - X_{ср}$	$S=\Delta_j^2$
1	1	7	6,5	6,5	21	5	30,25
2	4	1	3,5	1	9,5	-6,5	42,5
3	3	6	5	4,5	18,5	2,5	6,25
4	5	5	1,5	2,5	14	-2	4
5	6	4	3,5	2,5	16	0	0
6	2	3	1,5	6,5	13	-3	9
7	7	2	6,5	4,5	20	3,5	16
$\sum_{j=1}^{m} x_j$	28	28	28	28	112		
$x_{ср} = \frac{\sum_{j=1}^{m} x_j}{m}$		112:7=16					
$S=\sum \Delta j^2$							102,5

где n - число показателей (объектов экспертизы, $i = 1, 2 \ldots n$);

m - число экспертов, $j = 1, 2 \ldots . m$;

$x_{ср}$ - средний по всем экспертам ранг i-го показателя;

$\sum_{j=1}^{m} x_j$ - сумма оценок x_j;

Δ - разность мнений экспертов;

W-коэффициент конкордации (согласованности мнений экспертов).

С учётом повторяемости рангов рассчитана величина T_j:

$$T_j = \sum_{1}^{m} \left({t_j}^3 - t_j \right) = 210$$

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum_{j=1}^{m} Tj} = \frac{12 \cdot 102{,}5}{7^2 \cdot (4^3 - 4) - 7 \cdot 210} = 0{,}837$$

Проверка по критерию χ^2 произведена следующим образом:

$\chi^2_{факт} = W \cdot m \cdot (n-1) = 0{,}837 \cdot 7 \cdot (4-1) = 17{,}571$

при количестве степеней свободы: $n^* = n - 1 = 4 - 1 = 3$, уровне значимости $\alpha = 0{,}05$ с вероятностью $P = 0{,}95 \rightarrow \chi^2_{табл} = 7{,}81$.

Так как $\chi^2_{факт} > \chi^2_{крит} \rightarrow 17{,}571 > 7{,}81$ - мнения экспертов считаются согласованными и им можно доверять.

В ходе проведения исследования городских регулярных маршрутов в городе Оренбурге выявлены основные участки маршрутной улично-дорожной сети с неудовлетворённым транспортным спросом населения. Это участки на проспекте Победы, улицах Терешковой, Пролетарской, Чкалова, в центре города (ул. Чичерина, ул. Горького и другие).

В качестве примера, иллюстрирующего работоспособность методики, выбран участок на проспекте Победы (рисунок 4.10), как наиболее загруженный маршрутами, но тем не менее вызывающий большое количество жалоб пассажиров.

Наибольший неудовлетворённый спрос наблюдается на участке маршрутной улично-дорожной сети, начиная с остановочного пункта «Времена года».

По результатам натурных обследований остановочных пунктов данного участка маршрутной улично-дорожной сети (рисунок 4.11) на предмет наличия потенциальных пассажиров, которые не смогли удовлетворить транспортный спрос, были определены фактические значения показателей критерия KR d = 61 *чел., g=12 чел , γ=0,15, c=174 чел.* Обследование проведено в утренний час пик (7.00-9.00).

В соответствии с критерием полученные значения соответствуют условиям ввода укороченных маршрутов:

Критические значения показателей	Фактические значения показателей
$d_{крит=}=52$	$d=61$
$g_{крит}=7$	$g=12$
$\gamma_{min=}=0,2$	$\gamma=0,15$



Рисунок 4.10 – Исследуемый участок маршрутной улично-дорожной сети с неудовлетворённым транспортным спросом населения в часы «пик»

В качестве экспериментального решения задачи снижения количества потенциальных пассажиров с неудовлетворённым транспортным спросом вследствие переполнения транспортных средств на маршруте № 60н предложен укороченный маршрут на наиболее загруженном участке от остановки «ЖК «Времена года»» до остановки «Театр музыкальной комедии», расположенной в центральной части города.



Рисунок 4.11 – Результаты обследования остановочных пунктов участка маршрутной УДС на наличие потенциальных пассажиров, которые не смогли совершить посадку в ТС из-за его переполнения

Укороченный маршрут предложен с учётом возможности разворота автобусов на конечных остановочных пунктах с соблюдением правил дорожного движения. Предлагаемый вариант укороченного маршрута (рейсов) представлен на рисунке 4.12.

Маршрут проходит через остановочные пункты с неудовлетворённым транспортным спросом, а также включает пассажирообразующие пункты в центре города. Таким образом, можно утверждать, что обоснована методика ввода укороченных маршрутов и её реализация позволит минимизировать риски

неудовлетворённого транспортного спроса населения в городе Оренбурге на участке по проспекту Победы [43].

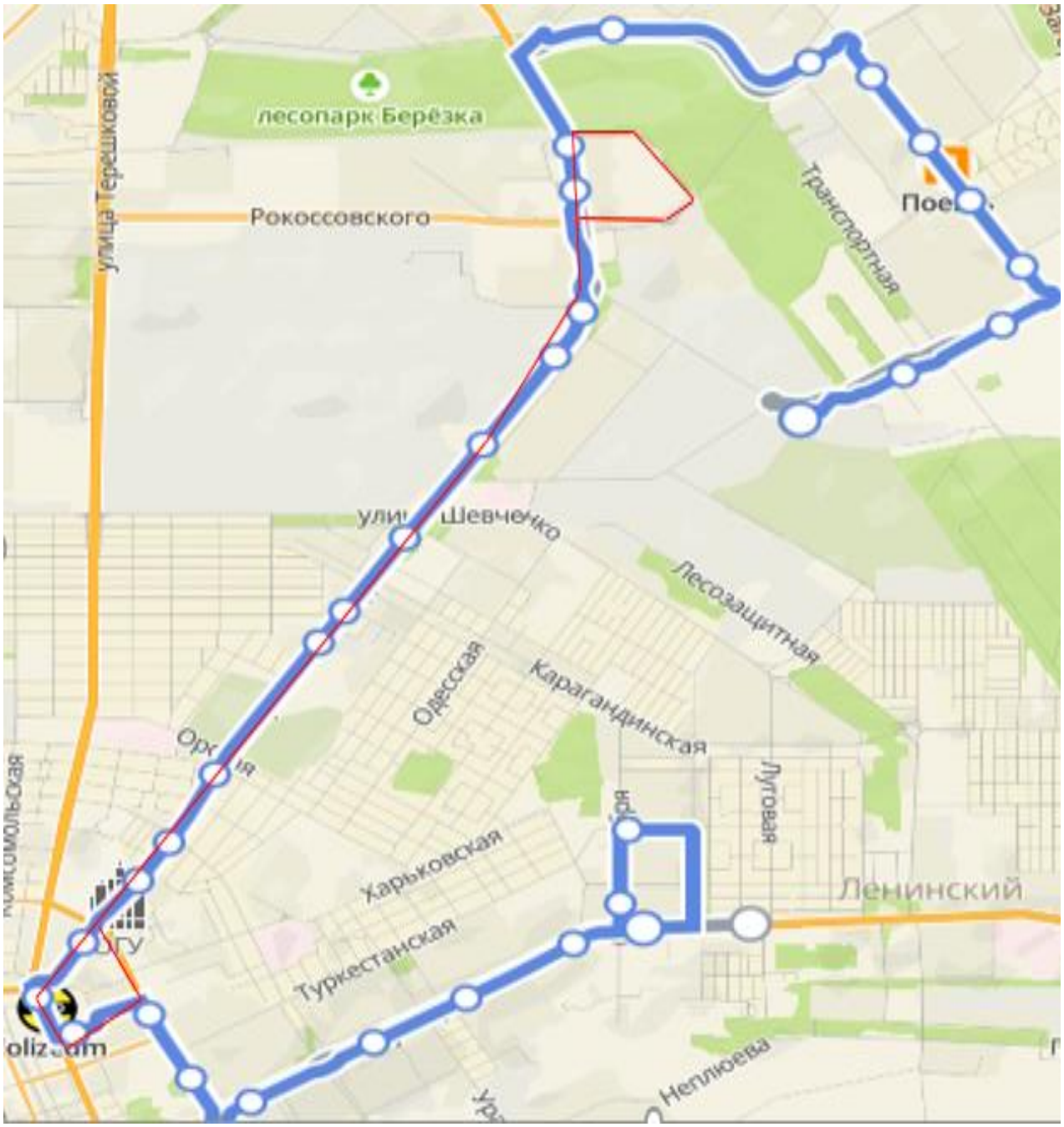

Рисунок 4.12 - Схема предлагаемого укороченного рейса маршрута

4.4. Определение вариантов комбинирования основных и укороченных рейсов маршрута (на примере города Оренбурга)

На основе изученных во втором разделе теоретических положений рассмотрены варианты комбинирования основных и укороченных рейсов. Для примера рассмотрен маршрут 60н города Оренбурга, параметры которого приведены на рисунке 4.12 и в таблице 4.34.

Таблица4.34- Остановочные пункты маршрута 60н в городе Оренбурге

№п.п	Наименование остановочного пункта	Расстояние между остановочными пунктами, км	Количество пассажиров, которые не смогли совершить посадку в 1-ый автобус, чел.
1	2	3	4
1	ТК Медовый	-	0
2	20 Микрорайон	1,3	0
3	ул.Гаранькина	0,6	0
4	ТК Кит	0,5	0
5	19 микрорайон	0,5	0
6	ТСЖ Звездный	0,6	0
7	18 микрорайон	0,7	0
8	Северный проезд	0,4	0
9	14 микрорайон	0,5	1
10	Парк Берёзка	0,6	2
11	ЖК Времена года	0,8	12
12	Магазин Комета	0,6	10
13	Инвертор	0,8	9
14	Парк им,Гуськова	0,9	4
15	ПО Стрела	0,6	2
16	Театр Пьеро	0,4	1
17	Полигонная	0,5	4
18	Заводская	0,3	0
19	Дом памяти	0,6	2
20	Степана Разина	0,3	5
21	ОГУ	0,5	1

Продолжение таблицы 4.34

1	2	3	4
22	Общежитие	0,4	0
23	Театр музыкальной комедии	0,6	0
24	Центральный рынок	0,6	0
25	Маршала Жукова	0,5	0
26	Президентское кадетское училище	0,3	0
27	ДК Газовик	0,3	0
28	Оренбургское Казачество	0,7	0
29	Парковская	0,6	0
30	Молодежная	0,8	0
31	Проспект Гагарина	0,3	0
32	Знаменский проезд	0,2	0
33	Улица 60 лет Октября	0,6	0
34	Луговая	0,7	0
35	60 лет Октября	0,6	0
36	Молодежная	0,8	0
37	Парковская	0,7	0
38	Оренбургское Казачество	0,5	0
39	ДК Газовик	0,6	0
40	Президентское кадетское училище	0,4	0
41	Маршала Жукова	0,4	0
42	Центральный рынок	0,3	0
43	Центральный рынок	0,5	0
44	Общежитие	0,4	0
45	ОГУ	0,5	0
46	Степана Разина	0,7	0
47	Дом памяти	0,6	0
48	Заводская	0,6	0
49	Полигонная	0,4	0
50	ДК Россия	0,4	0
51	ПО Стрела	0,8	0
52	Парк им. Гуськова	0,7	0
53	Завод Инвертор	0,3	0
54	Магазин Комета	0,8	0
55	ЖК Времена года	0,3	0
56	Парк Березка	0,7	0
57	Липовая	0,4	0

Продолжение таблицы 4.34

1	2	3	4
58	Северный проезд	0,4	0
59	18-й микрорайон	0,4	0
60	ТСЖ Звездный	0,7	0
61	19-й микрорайон	0,6	0
62	ТК Кит	0,5	0
63	Гаранькина	0,5	0
64	20-й микрорайон	0,6	0
65	Проезд Автоматики	0,4	0
66	ТК Медовый	0,2	0
	Итого		61

Укороченный маршрут определён, исходя из наблюдений за количеством потенциальных пассажиров, которые не смогли осуществить посадку в первое подъехавшее маршрутное транспортное средство на остановочный пункт отправления по причине заполненности. Цветом выделен предлагаемый участок маршрута для выполнения укороченных рейсов.

Расчёт показателей основного маршрута 60н (без укороченного)

Эксплуатационную скорость автобуса принимаем равной V=20 км/ч (с учётом стоянки на остановочных пунктах и задержек в пути), количество автобусов 10 ед., номинальная вместимость автобуса – 62 пасс.

При протяжённости маршрута 60н, равном 35,3 км время оборота составит *Т= 35,3/20 =1,78 ч≈108 мин* с интервалом движения *I* = 108/10 ≈ 11 мин.

Провозная способность парка транспортных средств на маршруте равна:

П= (60/(108/10))*62=344 пасс/ч.

Р**асчёт показателей комбинированного маршрута рейсы: 60н и у60н (сочетание основного и укороченного рейсов)** выполнены в условиях перевозок в часы «пик» с 7.00 до 9.00 на участке с повышенным транспортным спросом с тем же количеством автобусов, т,е. n=10 ед.

Основываясь на результатах наблюдения, определены остановочные пункты укороченного маршрута. Таблица 4.35 содержит характеристику укороченного маршрута с условным обозначением «у60н»

Начальным остановочным пунктом маршрута у60н является остановочный пункт «ЖК «Времена года»», это первый остановочный пункт, на котором отмечены частые случаи невозможности посадки потенциальных пассажиров в первое транспортное средство по причине его заполненности. Конечный остановочный пункт рейса маршрута у60н определяют из условия малой наполненности автобуса в сочетании с наличием возможности разворота транспортного средства по условию обеспечения безопасности дорожного движения. Таким конечным остановочным пунктом на исследуемом укороченном маршруте является остановочный пункт «Театр музыкальной комедии».

Таблица 4.35 – Характеристика укороченного рейса маршрута у60н с указанием остановочных пунктов и расстояний между ними

№ ОП	Название ОП	Расстояние между ОП, км
1	ЖК Времена года	-
2	Магазин Комета	0,3
3	Инвертор	0,8
4	Парк Гуськова	0,9
5	ПО Стрела	0,6
6	Театр Пьеро	0,4
7	Полигонная	0,5
8	Заводская	0,3
9	Дом памяти	0,6
10	Степана Разина	0,3
11	ОГУ	0,5
12	Общежитие	0,4
13	Театр музыкальной комедии	0,6
14	Центральный рынок	0,6
15	ОГУ	0,9
16	Степана Разина	0,5
17	Дом памяти	0,4
18	Заводская	0,6
19	Полигонная	0,3
20	ДК Россия	0,4
21	По Стрела	0,6
22	Парк Гуськова	0,6

23	Инвертор	0,3
24	ЖК Победа	0,5
25	ЖК Ласточкино гнездо	0,7
26	ЖК Времена года	0,2
	Всего	12,8

Разворот в обратном направлении следует выполнять через ОП «Центральный рынок» по ул. Богдана Хмельницкого, ул. Маршала Жукова и т.д (таблица 4.35).

Укороченный рейс маршрута у60н имеет протяжённость 12,8 км, время оборота *ТБ=12,8 / 20 ≈38 мин,* наибольший часовой пассажиропоток, который необходимо вывезти с учётом не поместившихся в салон автобуса пассажиров, равен

$$Q= Q_м + Q^*= 432+61 = 493 \text{ пасс/ч},$$

где Qм – пассажиропоток на маршруте, пасс/ч.;

Q* - количество потенциальных пассажиров, которые не смогли совершить посадку в транспортное средство, чел./ч.

В соответствии с алгоритмом выбора оптимального варианта сочетания укороченных и основных рейсов, представленного на рисунке 3.5, выполним следующие действия. С учётом имеющегося парка транспортных средств на маршруте (10 ед.) определены возможные варианты сочетания количества транспортных средств, осуществляющих перевозки по основному и укороченному маршрутам [44].

Требуемое количество отправлений в час = 493/60= 8,1 = 9 рейсов/ч.

Возможны следующие варианты сочетания основного 60н (А) и укороченного у60н (Б) рейсов маршрута:

1 9А+1Б, (9 автобусов осуществляют движения по основному маршруту, 1 – по укороченному);

2 8А+2Б, (8 автобусов осуществляют движения по основному маршруту, 2 – по укороченному);

3 7А+3Б, (7 автобусов осуществляют движения по основному маршруту, 3 – по укороченному);

4 6А+4Б, (6 автобусов осуществляют движения по основному маршруту, 4 – по укороченному);

5 5А+5Б, (5 автобусов осуществляют движения по длинному маршруту, 5 – по укороченному);

6 4А+6Б, (4 автобусов осуществляют движения по основному маршруту, 6 – по укороченному);

7 3А+7Б, (3 автобусов осуществляют движения по основному маршруту, 7 – по укороченному);

8 2А+8Б, (2 автобусов осуществляют движения по длинному маршруту, 8 – по укороченному);

9 1А+9Б, (7 автобусов осуществляют движения по основному маршруту, 9 – по укороченному).

Для примера рассмотрим показатели для основного маршрута в составе комбинированного 7А+3Б, используя следующий известный из теории пассажирских автомобильных перевозок математический аппарат [5,18,25,32,35]:

Интервал движения I	$I = \frac{\text{Тоб}}{n}$
Кол-во рейсов r в час	$r = \frac{60}{I}$
Провозная способность $П$, пасс/ч	$\text{П} = r \cdot q_{\text{ном}}$
Пробег по маршруту L (за 2 часа), км	$L = \frac{120}{T} \cdot n \cdot l\text{м}$

(4.9)

При варианте 7А+3Б интервал движения маршрутных транспортных средств на остановочных пунктах №№ 1-10 и с №№26 - 66 составит:

- интервал на основном маршруте А, исходя из времени оборота ТА=108 мин и количества автобусов = 7 ед,

$$I = \frac{\text{ТАоб}}{n} = \frac{108}{7} = 15{,}4 \approx 16 \text{ мин;}$$

- кол-во рейсов в час $r = \frac{60}{I} = \frac{60}{15{,}4} = 3{,}9$ рейс/ч.

- провозная способность $П = r \cdot q_{ном} = 3{,}9 \cdot 62 = 242$ пасс/ч.

Для укороченного рейса *Б* при варианте 7А+3Б:

- время оборота укороченного маршрута $ТБ_{об}$=38 мин.

- интервал на укороченном рейсе

$$I = \frac{\text{ТБоб}}{n} = \frac{38}{3} = 12{,}7 \text{ мин.}$$

- кол-во рейсов в час $r = \frac{60}{I} = \frac{60}{12{,}7} = 4{,}73$ рейс/ч.

- провозная способность $П = r \cdot q_{ном} = 4{,}72 \cdot 62 \approx 292$ пасс/ч.

Провозная способность по комбинации 7А+3Б:

$П_{7+3} = 242+292=534$ пасс.

Количество пассажиров в час, который необходимо вывезти с учётом не поместившихся в салон автобуса составляет 493 чел. При провозной способности парка транспортных средств в исследуемом сочетании в 534 чел. необходимо удовлетворить транспортный спрос в количестве 493 чел. В этом случае сочетание 7А+3Б соответствует требованиям по удовлетворению транспортного спроса.

Результаты оценки пробега транспортных средств при сочетании 7А+3Б за два часа:

- для основных рейсов А (7 автобусов): LA = 7*(120/108)*35,3= 275,3 км;
- для укороченных рейсов Б (3 автобуса): LБ=3*(120/38)*12,8= 121,3 км:
- общий пробег за 2 часа (10 автобусов): L(А+Б)= 275,3+121,3≈ 397 км.

В соответствии с интервалами составлено расписание (таблица 4.36) для остановки № 11, входящей в исследуемый участок маршрутной улично-дорожной сети с сочетанием количества транспортных средств по варианту 7А+3Б.

Средний интервал при комбинировании основного и укороченного рейса определяется по формуле

$$I_{\text{срАБ}} = \frac{I\text{А}+I\text{срБ},}{2} \qquad (4.10)$$

На исследуемом участке за счёт чередования рейсов маршрутов А и Б интервал составил 6–7 мин (таблица 4.37), что обеспечивает благоприятную частоту движения автобусов в зоне наибольшей нагрузки. На других же участках, (не входящих в этот промежуток: от ОП №№ 1-10, а также от ОП №№ 26-66) интервал составит 16 мин.

Таблица 4.36 – Расписание движения с ОП № 11 (7.00-9.00) для варианта 7А+3Б

Время отправления, час:мин.	Интервал, мин	Рейс	Время окончания рейса
07:00	-	Б1	Первый рейс короткого маршрута + 38 мин=7,38
07:07	7	А1	Первый рейс длинного маршрута +108 =8,55
07:13	6	Б2	Интервал 13 мин для маршрута Б +38 =7,51
07:22	9	А2	Интервал 16 мин для маршрута А +108=9,10
07:26	4	Б3	Интервал 13 мин для маршрута Б +38 =8,04
07:32	6	А3	Интервал 16 мин для маршрута А +108=9,20
07:38	6	Б1	Интервал 13 мин для маршрута Б +38 =8,16
07:48	10	А4	Интервал 16 мин для маршрута А +108=9,36
07:54	5	Б2	Интервал 13 мин для маршрута Б +38 =8,39
08:02	8	А5	Интервал 16 мин для маршрута А +108=9,50
08:07	5	Б3	Интервал 13 мин для маршрута Б +38 =8,45
08:16	9	А6	+108=9,52
08:20	4	Б1	+38 =8,58
08:29	9	А7	+108= 10,17
08:39	10	Б2	+38=9,17
08:45	6	Б3	+38=9,28
08:55	10	А1	+108=10,43
08:59	4	Б1	+38=9,37
		18 рейсов	**Среднее = 6,97**

Таблица 4.37 – Анализ интервалов на ОП № 11

Период времени, час:мин.	Интервалы между рейсами, мин.	Средний интервал, мин.	Количество рейсов, ед.
07:00–07:32	7, 6, 9, 4, 6	≈ 6,4 мин	5
07:32–08:02	6, 6, 10, 5, 8	≈ 7,25 мин	5
08:02–8,29	5, 9, 4, 9	≈ 6,75 мин	4
8,29-8,59	10, 6, 10, 4	≈ 7,5 мин	4
Общий	**4–10 мин**	**≈ 6,98 мин**	**18**

Аналогичные действия выполнены при комбинировании остальных сочетаний основных и укороченных рейсов (таблицы Приложения А). Сводные результаты расчётов содержит таблица 4.38.

Таблица 4.38 – Показатели перевозок при различных вариантах сочетания основных (А) и укороченных (Б) рейсов маршрутов

Комбинации рейсов	*А, шт*	*Б, шт.*	*IА, мин*	*IБ, мин*	*IсрБ, мин*	*IсрАБ, мин*	*ПА, пасс/ч*	*ПБ пасс/ч*	*П(А+Б), пасс/ч*	*Пробег А, км*	*Пробег Б, км*	*Общий пробег, км*	*Дефицит (профицит) мест, пасс*
10А+0	10	0	11	0	11,0	11,0	338	0	338	392	0	392	-155
9А+1Б	9	1	12	38	9,2	10,6	310	98	408	354	40	394	-85
8А+2Б	8	2	14	19	7,9	10,9	266	196	462	315	81	396	-31
7А+3Б	7	3	15	13	6,9	11,0	248	286	534	275	121	397	41
6А+4Б	6	4	18	10	6,3	12,2	207	372	579	236	162	398	86
5А+5Б	5	5	22	8	5,7	13,9	169	465	634	197	202	399	141
4А+6Б	4	6	27	6	5,2	16,1	138	620	758	157	243	400	265
3А+7Б	3	7	36	5	4,8	20,4	103	744	847	118	283	401	354
2А+8Б	2	8	54	5	4,4	29,2	69	744	813	79	323	402	320
1А+9Б	1	9	108	4	4,0	56,0	34	930	964	39	364	403	471

На основании таблицы 4.38 построены зависимости показателей от вариантов сочетания маршрутов (рисунок 4.13).

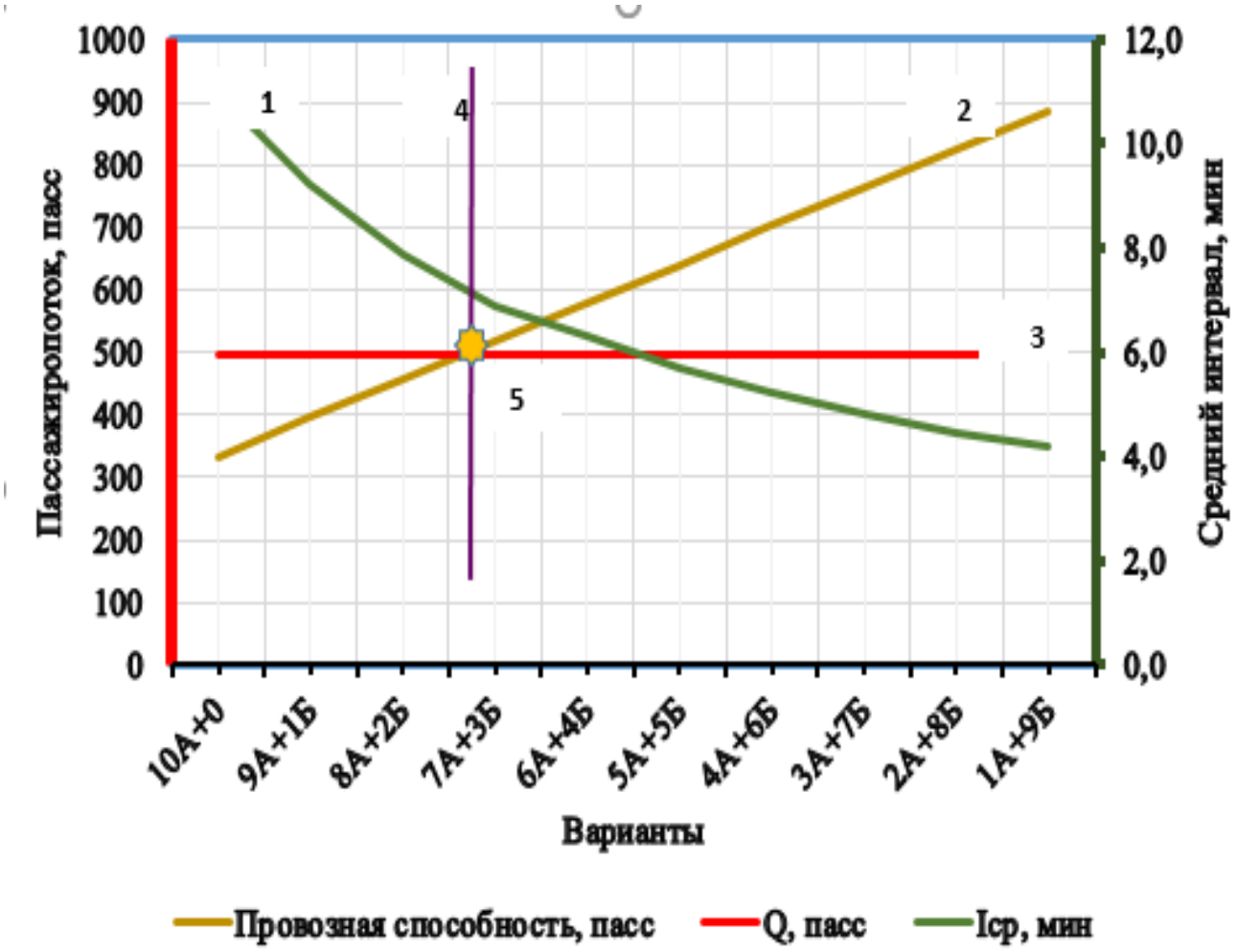

Рисунок 4.13 – График зависимости среднего интервала движения на исследуемом участке улично-дорожной сети, провозной способности маршрутных транспортных средств при различных сочетаниях количества автобусов основного (А) и укороченного (Б) рейсов маршрутов

На рисунке 4.13 представлены:

- линия 1 - зависимость среднего интервала движения автобусов от возможных вариантов сочетания основных и укороченных маршрутов. При увеличении количества укороченных маршрутов средний интервал движения по комбинированной части уменьшается, однако интервал на остановочных пунктах, не входящих в участок комбинирования маршрутов увеличивается;

- линия 2 - зависимость провозной способности транспортных средств от сочетания маршрутов. При увеличении количества рейсов укороченных маршрутов провозная способность увеличивается. Точка 6 указывает на равенство провозной способности и фактической потребности в перевозках, т.е. транспортному спросу;

- линия 3 – линия, определяемая транспортным спросом, не зависит от количества транспортных средств. Пересечение линии 3 с линией 2 указывает на равенство провозной способности и транспортного спроса. Это происходит при варианте 7А+3Б и правее по оси Х. При данном сочетании отсутствует дефицит мест в салонах автобусов. Поэтому к рассмотрению допускаются варианты, находящиеся правее линии 4.

В таблице 4.39 приведены результаты расчётов наименьших средних интервалов и наименьших общих пробегов.

Таблица 4.39 – Определение оптимального варианта при сочетании основного и укороченного маршрутов

№ варианта	Варианты	IA, мин	IБ, мин	IсрБ, мин	Провозная способность, пасс/ч	Q факт, пасс/ч	IсрАБ, мин	Общий пробег, км
1	10А+0	11	0	11,0	338	493		392
2	9А+1Б	12	38	9,2	408	493		394
3	8А+2Б	14	19	7,9	462	493		396
4	7А+3Б	15	13	6,9	534	493	11,0	397
5	6А+4Б	18	10	6,3	579	493	12,2	398
6	5А+5Б	22	8	5,7	634	493	13,9	399
7	4А+6Б	27	6	5,2	758	493	16,1	400
8	3А+7Б	36	5	4,8	847	493	20,4	401
9	2А+8Б	54	5	4,4	813	493	29,2	402
10	1А+9Б	108	4	4,2	964	493	56,1	403

Таким образом, вариант №4 (7А+3Б) является оптимальным. Провозная способность превышает количество пассажиров, которые нуждаются в перевозках (518 >493) (Рисунок 4.14).

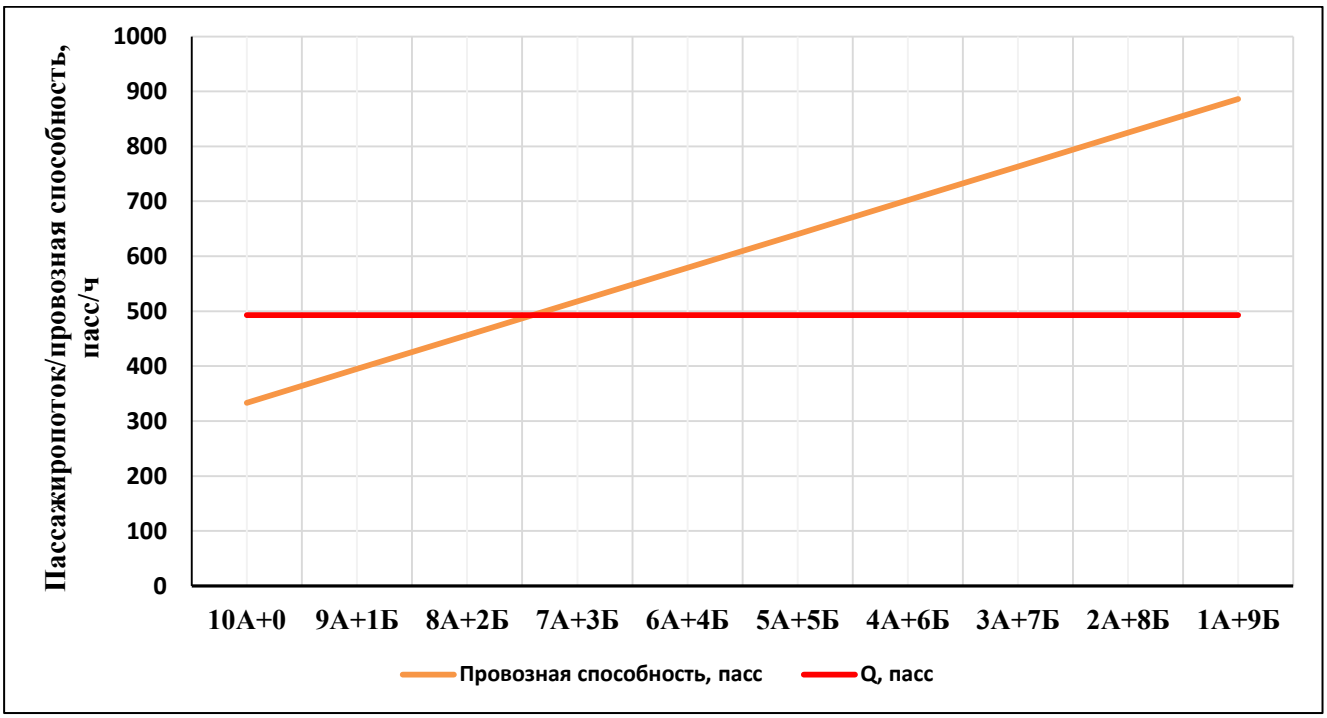

Рисунок 4.14 – Провозная способность и фактический транспортный спрос на перевозки по комбинированному маршруту 60Н и у60н

Средний интервал на всём протяжении маршрута с учётом загруженного участка составил 11 мин, причём на комбинированном участке IсрБ=6,9 мин, на участках от остановочного пункта №1 до остановочного пункта №10, и с №№26 по 66 составит 15 мин. (Рисунок 4.15).

Минимальный общий пробег для вариантов №№ 4-10 составляет также у варианта № 4, который равен 397 км.

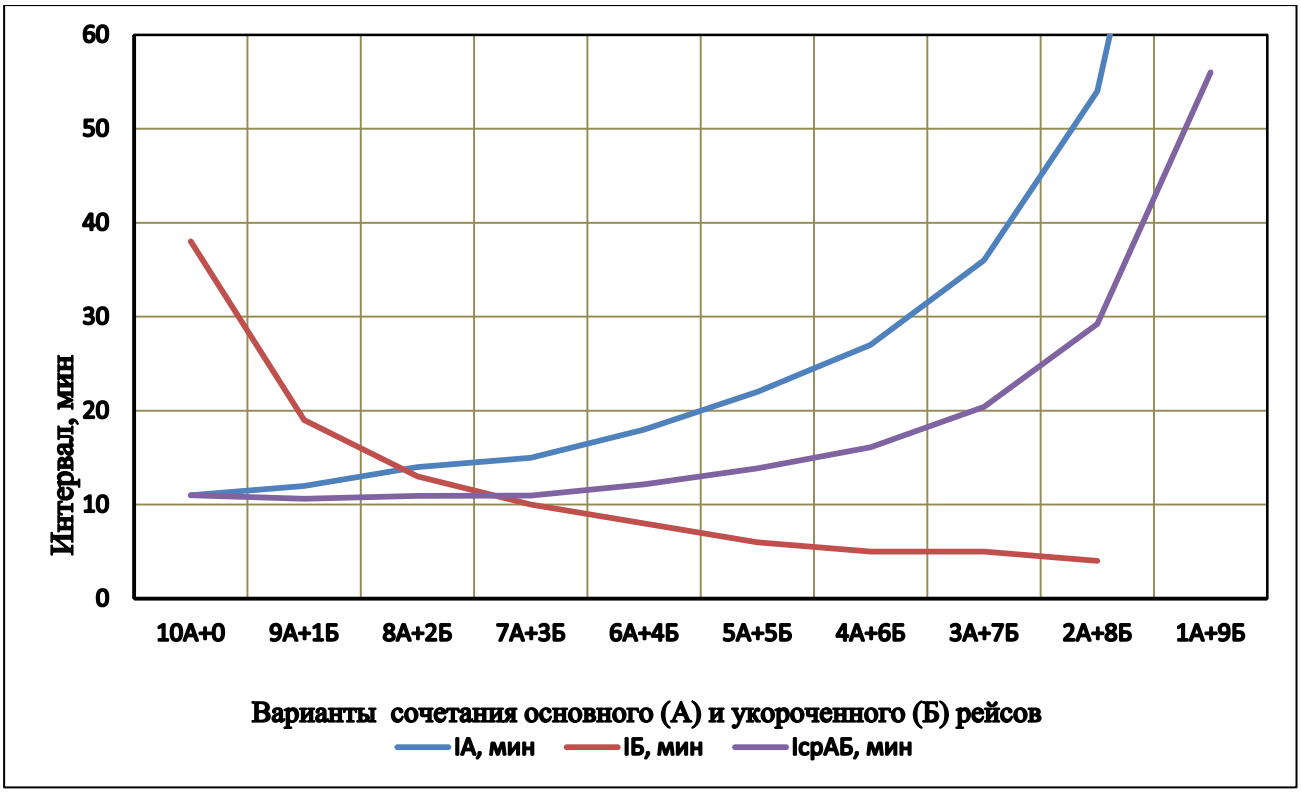

Рисунок 4.15 – Интервалы движения при комбинации вариантов основных и укороченных рейсов

Анализ организации комбинированных рейсов маршрута (вариант 7А+3Б):

Положительные:

- на рассматриваемом участке (№№ОП 11-24) интервал уменьшен с 11 мин до ≈7 мин. при том же количестве автобусов на маршруте;

- провозная способность парка маршрутных транспортных средств увеличивается, на остановках отсутствуют потенциальные пассажиры, которые не смогли совершить посадку в автобус из-за его переполнения.

Отрицательные:

- интервал на незагруженных участках маршрута (№№ОП 1-10, 25-66) увеличивается с 11 мин до 15 мин. Но, так как на данных участках УДС работают автобусы других маршрутов (до 10 маршрутов), то данное увеличение не критично.

Сравнение по пробегам:

Разность пробегов составляет ΔL= 397-392=5 км, что составляет ≈1% от пробега – это незначимая величина, которой можно пренебречь.

Если рассматривать сокращение задержки в минутах, то с учётом рассчитанной средней задержки при работе без введения укороченных маршрутов она составила TRпик=17,78 мин, при вводе укороченных рейсов – она составит 9,32 мин,

Сокращение задержки при вводе укороченных рейсов составит 47,57% ((17,78- 9,32)/17,78=0,4757).

Для контроля выполнения такой организации перевозок целесообразно использовать IT-технологии для отслеживания соблюдения графика. Также необходимо корректировать интервалы движения автобусов в реальном времени при резких изменениях пассажиропотока. Кроме того, необходимо, как требуют правила организации перевозок, предусмотреть резервный автобус на случай схода транспортного средства с маршрута.

Для информирования пассажиров необходимо в СМИ разместить расписание и схемы комбинированных маршрутов с указанием часов суток, а также указать на остановочных пунктах укороченного маршрута интервалы движения.

После окончания пикового периода следует перейти на расписание основного маршрута,

Аналогичные действия возможны и для вечернего часа «пик», но с дополнительным исследованием неудовлетворённого транспортного спроса.

В заключение этого параграфа можно отметить, что в нём на основе теоретических положений рассмотрены варианты комбинирования основных и укороченных рейсов. Основой для определения вариантов служит алгоритм выбора оптимального варианта сочетания укороченных и основных рейсов. Применение названного алгоритма к участку маршрутной улично-дорожной сети, расположенному на проспекте Победы в городе Оренбурге от остановочного пункта «ЖК «Времена года»» до остановочного пункта «Театр музыкальной комедии» свидетельствует об его эффективности.

Различное сочетание единиц подвижного состава, осуществляющих перевозки для основных и укороченных рейсов маршрута в рамках того же количества транспортных средств на маршруте позволяет в соответствии с разработанным алгоритмом выполнять условия, при которых:

- на остановках отсутствуют потенциальные пассажиры, которые не смогли совершить посадку в автобус из-за его переполнения;

- провозная способность парка маршрутных транспортных средств достаточна для перевозки требуемого пассажиропотока;

- на общем участке основного и укороченного маршрута интервал движения транспортных средств уменьшается при том же количестве автобусов на маршруте;

- на участках маршрута вне его общей части интервал движения транспортных средств незначительно увеличивается;

- разность пробегов парка автобусов по основному и комбинированному маршрутам не существенна (около 1%).

4.5. Оценка эффективности внедрения комбинации с укороченными рейсами

Для того, чтобы вывезти всех пассажиров с комбинированного участка маршрута необходимо соблюдать интервал равный 7 минутам:

$$I = \frac{60 \cdot q}{Q} = \frac{60 \cdot 62}{493} = 7{,}5 \approx 7\text{мин}$$

В этом случае необходимое задействовать парк автобусов n_2 в количестве

$$I = \frac{\text{Тоб}}{n}; \quad n2 = \frac{\text{Тоб}}{I} = \frac{108}{7} = 15{,}4 \approx 16 \text{ ед.}$$

Провозная способность этого парка автобусов составит:

$$\text{П} = \frac{n \cdot 60 \cdot q}{\text{Тоб}} = \frac{16 \cdot 60 \cdot 60}{108} = 533 \text{ пасс}$$

Требуемый объём перевозов *Q*=493 пасс./ч.

Дефицита мест для пассажиров в таком случае не будет.

Эффективность внедрения комбинированных рейсов определена путём сравнения количества автобусов в случае применения укороченных рейсов и в случае действия основного маршрута с изменённым интервалом движения и увеличенным количеством автобусов.

При использовании 16 автобусов увеличивается пробег *L* за 2 часа (с 7.00-9.00).

$$L = \frac{120 \cdot n \cdot l_{\text{м}}}{Tоб} = \frac{120 \cdot 16 \cdot 35{,}3}{108} = 627{,}6 \approx 628 \text{ км}$$

$$\Delta L = L_{16} - L_{7\text{А}+3\text{Б}} = 628 - 396 = 232 \text{ км}$$

Экономия объёма топлива составит за 2 часа в день:

$$Q = \frac{H_s \cdot \Delta L}{100} = \frac{20 \cdot 232}{100} = 46{,}4 \text{ л}$$

где H_s – расход топлива на 100 км пробега для данной модели автобуса, л/100 км;
ΔL – разность пробегов при комбинированных и основных рейсах, км.

- в стоимостном выражении (рублях) за 2 часа в день составит

$$\Delta ZQ = Q \cdot P = 46{,}4 \cdot 75 = 3480 \text{ руб.}$$

где P – стоимость 1 л дизельного топлива (P=75 руб/л).

Учитывая, что структура затрат состоит из постоянных (ZF) и переменных (ZV) затрат [39]: для Оренбургской области постоянные затраты на автобус СИМАЗ составляют: 150 000 – 300 000 рублей в месяц на 1 автобус, переменные затраты в месяц на 1 автобус 70000…150000 рублей.

В таблице 4.40 приведены постоянные и переменные затраты, приходящиеся на 1 автобус СИМАЗ.

Таблица 4.40 – Постоянные и переменные затраты, приходящиеся на 1 автобус СИМАЗ

Вид затрат	Затраты в месяц	Затраты в день	Затраты за 2 часа
Постоянные затраты на 1 автобус	ZF=150000…300000 руб., принимаем 225 000 руб.	7500 руб.	938 руб.
Переменные затраты на 1 автобус	ZV=70 000…150 000 руб., принимаем 110 000 руб.	3667 руб.	458 руб

Затраты при работе 10 автобусов при комбинировании 7 основных и 3 укороченных рейсов за 2 часа составят:

$$Z_1=n_1 \cdot ZF + n_1 \cdot (n_1 \cdot ZV - \Delta ZQ) = 10 \cdot 938 + 10 \cdot (10 \cdot 458 - 3\,480) = 10\,480 \text{ руб.}$$

Затраты при работе 16 автобусов на основном маршруте за 2 часа с изменённым интервалом движения, равным 7 мин, составят

$$Z_2 = n_2 \cdot (ZF + ZV) = 16 \cdot (938+458) = 22\,336 \text{ руб.}$$

где Z_1- затраты при работе 10 автобусов при комбинировании 7 основных и 3 укороченных рейсов с учётом сокращения пробега за 2 часа, руб;

Z_2 - затраты при работе 16 автобусов на основном маршруте за 2 часа с изменённым интервалом движения, равным 7 мин, для удовлетворения транспортного спроса, руб.

$$\Delta Z = \left(\frac{Z1}{Z2} - 1\right) \cdot 100 = \left(\frac{10480}{22336} - 1\right) \cdot 100\% = -53{,}06\%$$

Таким образом, эффективность применения сочетания варианта 7 основных и 3 укороченных оборотных рейсов в течение 2 часов снижает затраты на 53,06 %.

Применение комбинации рейсов в вечерний час «пик» также позволит повысить эффективность перевозок пассажиров при дополнительных исследованиях и рассматриваемых вариантах.

4.6 Реализация предложенных мероприятий с помощью программного обеспечения

Для реализации предложенных мероприятий разработано программное обеспечение (свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2026665536 «Расчётная модель по комбинированию основного и укороченного маршрутов») [80]. Для проведения расчётов необходимо иметь следующие исходные данные:

- длина основного маршрута в прямом и обратном направлениях, км;
- длина укороченного маршрута в прямом и обратном направлениях, км;
- общее число автобусов, ед.;
- номинальная вместимость автобусов, пасс.;
- время оборота основного рейса, мин;
- время оборота укороченного рейса, мин;
- количество не вошедших пассажиров, пасс;
- часовой пассажиропоток, пасс.

В основу программного обеспечения положен алгоритм выбора оптимального варианта сочетания основных и укороченных рейсов (рисунок 4.15).

Промежуточные результаты о возможных комбинациях рейсов и показателях, характеризующих данный вариант, приведены на рисунке 4.16.

Выходной информацией является вариант сочетания основных и укороченных рейсов, провозная возможность, и т.д., а также экономические

показатели, указывающие на эффективность предложенного варианта (рисунки 4.17 и 4.18.

varian	A_bus	B_bus	l_A_m	l_B_m	g_B_zon	avg_AB_	P_A_pa	P_B_pa	total_g	L_A_km	L_B_km	total_ki	eficit_	serve_	ed_dep	o_mi	o_ma	feasib
10A+0B	10	0	10,8	0	10,8	10,8	344,44	0	344,44	392,22	0	392,22	148,56	0	12	10,8	10,8	ЛОЖЬ
9A+1B	9	1	12	38	8,57	10,29	310	97,89	407,89	353	40,42	393,42	85,11	0	15	0	12	ЛОЖЬ
8A+2B	8	2	13,5	19	7,6	10,55	275,56	195,79	471,35	313,78	80,84	394,62	21,65	0	16	0	13,5	ЛОЖЬ
7A+3B	7	3	15,43	12,67	6,71	11,07	241,11	293,68	534,8	274,56	121,26	395,82	0	41,8	18	0	12,67	ИСТИНА
6A+4B	6	4	18	9,5	6	12	206,67	391,58	598,25	235,33	161,68	397,02	0	105,25	20	0	9,5	ИСТИНА
5A+5B	5	5	21,6	7,6	5,43	13,51	172,22	489,47	661,7	196,11	202,11	398,22	0	168,7	22	0	7,6	ИСТИНА
4A+6B	4	6	27	6,33	4,96	15,98	137,78	587,37	725,15	156,89	242,53	399,42	0	232,15	24	0	6,33	ИСТИНА
3A+7B	3	7	36	5,43	4,59	20,3	103,33	685,26	788,6	117,67	282,95	400,61	0	295,6	27	0	5,43	ИСТИНА
2A+8B	2	8	54	4,75	4,24	29,12	68,89	783,16	852,05	78,44	323,37	401,81	0	359,05	29	0	4,75	ИСТИНА
1A+9B	1	9	108	4,22	3,94	55,97	34,44	881,05	915,5	39,22	363,79	403,01	0	422,5	31	0	4,22	ИСТИНА

Рисунок 4.16 – Варианты возможных комбинаций сочетания рейсов, технологические показатели вариантов с помощью программного обеспечения Pyton.(скрин экрана)

Оптимальный вариант	
Вариант	7A+3B
Средний интервал, мин	11,07
Провозная способность, пасс	534
Общий пробег за 2 ч, км	395,82
Резерв мест, пасс	42

Рисунок 4.17 – Результат нахождения оптимального сочетания основных и укороченных рейсов с помощью программного обеспечения Pyton (скрин экрана)

Показатель	Значение
Сравнительный парк автобусов, шт	16
Интервал при 16 автобусах, мин	6,75
Провозная способность 16 автобусов, пасс	551,11
Пробег 16 автобусов за 2 ч, км	627,56
Экономия пробега, км	231,74
Экономия топлива за 2 часа в сутки, л	46,35
Экономия топлива за 2 часа в сутки, руб	3476,05
Затраты комбинированной схемы, руб	10483,95
Затраты схемы с 16 автобусами, руб	22336
Экономический эффект, %	53,06255655

Рисунок 4.18 – Определение экономической эффективности предложенных мероприятий с помощью программного обеспечения Pyton (скрин экрана)

Реализация предложенных мероприятий по обоснованию применения комбинированных маршрутов с помощью разработанного программного обеспечения позволяет значительно сократить время и трудовые ресурсы для проектирования оптимального технологического процесса перевозок пассажиров в часы наибольшего пассажиропотока и минимизировать несвоевременное прибытие пассажира к остановочному пункту назначения.

4.7 Выводы

1. В ходе экспериментальных исследований были подтверждены теоретические положения о том, что риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения определены не только процессом перевозок, но и предшествующими ему процессами. Вклад процесса оценки транспортного спроса составил 0,3332; вклад процесса проектирования перевозок - 0,3334; вклад непосредственно перевозок - = 0,3334. Эти значения свидетельствуют о

том, что процессы оценки транспортного спроса, проектирования перевозок и их осуществления оказывают одинаковое влияние на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения. Наиболее значимыми составляющими частями исследуемых процессов, оказывающих влияние на изучаемые риски, в порядке убывания: разработка технологического процесса перевозок; выпуск на линию требуемого количества подвижного состава на маршрут согласно проектным значениям; процесс определения транспортного спроса и другие.

2. Полученные результаты экспериментальных исследований, приведённые в настоящей параграфе, позволили сформулировать в окончательном виде математические модели риска опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных перевозках. Модели, совпадая с общим подходом, имеют особенности при перевозках пассажиров в периоды пиковых и внепиковых пассажиропотоков. С учётом этого, математическая модель для пиковых пассажиропотоков содержит три статистически значимых фактора:

– несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению;

– время ожидания потенциальными пассажирами посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления;

– загруженность маршрутной улично-дорожной сети.

Математическая модель для внепиковых пассажиропотоков содержит два статистически значимых фактора: несоответствие (соответствие) количества транспортных средств на маршруте проектному значению; время ожидания потенциальными пассажирами посадки в транспортное средство на остановочном пункте отправления. При этом на несвоевременное прибытие пассажиров на остановочный пункт назначения неблагоприятные погодные и дорожные условия существенного влияния не оказывают.

3. Получили экспериментальное подтверждение теоретические положения об эффективности использования комбинации рейсов на маршруте, состоящей из основных и укороченных рейсов. При этом существуют варианты

комбинирования основных и укороченных рейсов, при которых эффективность будет наибольшей.

Различное сочетание единиц подвижного состава, осуществляющих перевозки для основных и укороченных рейсов маршрута в рамках того же количества транспортных средств на маршруте позволяет в соответствии с разработанным алгоритмом выполнять условия, при которых:

- на остановках отсутствуют потенциальные пассажиры, которые не смогли совершить посадку в автобус из-за его переполнения;

- провозная способность парка маршрутных транспортных средств достаточна для перевозки требуемого пассажиропотока;

- на общем участке основного и укороченного маршрута интервал движения транспортных средств уменьшается при том же количестве автобусов на маршруте;

- на участках маршрута вне его общей части интервал движения транспортных средств незначительно увеличивается;

- разность пробегов парка автобусов по основному и комбинированному маршрутам не существенна (около 1%).

4. Эффективность применения наиболее выгодного сочетания на примере участка маршрутной улично-дорожной сети в городе Оренбурге снижает затраты на перевозки за два часа «пик» на 53,06 % по сравнению с перевозками прежним количеством автобусов по основному маршруту для обеспечения требуемого интервала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные в диссертации положения содержат теоретические и методические решения, направленные на повышение качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по городским регулярным маршрутам и обеспечивающие минимизацию рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения.

1. Риск-ориентированная модель связи процессов перевозки пассажиров позволила определить наиболее значимые составляющие исследуемых процессов, оказывающие влияние на риски опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения: разработка технологического процесса перевозок (0,21); выпуск на линию требуемого количества подвижного состава на маршрут согласно проектным значениям (0,2098); процесс исследования транспортного спроса (0,1903).

2. Методика минимизации рисков опоздания пассажиров на остановочный пункт назначения учитывает: время суток; соответствие количества транспортных средств на маршруте проектному значению; продолжительность ожидания посадки потенциальными пассажирами в транспортные средства на остановочных пунктах отправления; загруженность маршрутной улично-дорожной сети; погодные и дорожные условия. Методика позволяет определять вероятности задержек транспортных средств на маршруте, обусловленных различными сочетаниями статистически значимых факторов. Наиболее высокие значения вероятности (0,7 и более) рисков связаны с опозданием транспортных средств до 10 минут. Увеличение времени опоздания до 25 минут характеризуется низкой или умеренной вероятностью (0,4 и менее).

3. Алгоритм совершенствования организации городских регулярных пассажирских автомобильных перевозок учитывает модели поведения пассажиров на остановочном пункте отправления и содержит комплекс мероприятий по минимизации рисков опоздания на остановочный пункт назначения. Одним из таких мероприятий является применение укороченного рейса маршрута в составе основных рейсов: рейсы по нему осуществляют во время наибольшего транспортного спроса. Условием ввода укороченных рейсов маршрута является наличие потенциальных пассажиров на участке маршрутной улично-дорожной сети, не сумевших осуществить посадку в автобус по причине заполненности.

4. Начальным пунктом укороченного рейса маршрута считают первый остановочный пункт, на котором зафиксированы случаи невозможности посадки потенциальных пассажиров в автобусы по причине заполненности. Конечный остановочный пункт укороченного рейса выбирают исходя из порогового значения коэффициента использования вместимости, величину которого определяют методом экспертных оценок.

5. Возможны различные варианты сочетания рейсов по основному и укороченному маршруту при неизменном парке подвижного состава в часы наибольшей интенсивности перевозок. Оптимальным является такое сочетание рейсов, при котором выполняются следующие условия: на остановках отсутствуют потенциальные пассажиры, не сумевшие совершить посадку в автобусы из-за их заполненности; провозная способность парка маршрутных транспортных средств на маршруте неизменна и достаточна для удовлетворения транспортного спроса; на общем участке основного и укороченного маршрутов интервал движения транспортных средств не увеличился; на участках маршрута вне его общей части интервал движения может незначительно увеличиваться; разность пробегов парка автобусов только по основному маршруту и по комбинации основного и укороченного рейсов маршрутов несущественна.

6. Эффективность применения оптимального сочетания основных и укороченных рейсов на примере участка маршрутной улично-дорожной сети в

городе Оренбурге состоит в уменьшении затрат на перевозки за два утренних «часа пик» на 53,06 % по сравнению с перевозками таким же количеством автобусов по основным рейсам маршрута — при обеспечении требуемого интервала движения на всём маршруте, равного интервалу движения по комбинированной части.

7. Направления дальнейших исследований связаны с конкретизацией её положений на основе использования характеристик наполняемости остановочных пунктов отправления с учётом метеорологических и сезонных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдульзянов, А. Р. Виды рисков в системе дорожно-транспортной безопасности / А. Р. Абдульзянов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. — 2018. — № 2 (46). — С. 123–134.
2. Афанасьева Т.А., Изволова О.Л. Теория риска. Моделирование рисковых ситуаций: учеб. пособие / ГОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический университет. — Иваново, 2005. — 68 с.
3. Бурлакова, Г. Ю. Анализ существующих логистических принципов и подходов к решению проблем функционирования городского пассажирского транспорта / Г. Ю. Бурлакова, А. В. Бурлаков, В. В. Ступак // Интеграционная логистика. — 2008. — № 5. — С. 10–13.
4. Бурлуцкий, А. А. Анализ опыта формирования оптимальных маршрутных схем городского пассажирского транспорта / А. А. Бурлуцкий // Вестник ТГАСУ. — 2013. — № 2. — С. 371–380.
5. Вельможин, А. В., Гудков, В. А., Миротин, Л. Б. Теория транспортных процессов и систем: учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин. — М.: Транспорт, 1998. — 167 с.
6. ГОСТ 51825-2001. Услуги пассажирского транспорта. Общие требования. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. — 15 с.
7. ГОСТ Р 50597-2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля / утв. Приказом Росстандарта от 26.09.2017 № 1245-ст.
8. ГОСТ Р 51897-2021. Менеджмент риска. Термины и определения / утв. и введ. в действие Приказом Росстандарта от 11 ноября 2021 г. № 1489-ст
9. ГОСТ Р 56275-2014. Менеджмент рисков. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проектов. Утверждён и введён в действие

Приказом Росстандарта от 26 ноября 2014 г. № 1861-ст Дата введения — 1 января 2016 года.

10. ГОСТ Р 58771-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Технологии оценки риска (утверждён и введён в действие Приказом Росстандарта от 17.12.2019 № 1405-ст).
11. ГОСТ Р 59434-2021 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания. Критерии оценки и методы контроля. Утверждён приказом Росстандарта от 20 апреля 2021 года № 229-ст.
12. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 [Текст]: Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Принципы и руководство / утв. и введ. в действие Приказом Росстандарта от 10.12.2019 № 1379-ст. — М. : Стандартинформ, 2020. — 24 с.
13. ГОСТ Р ИСО 9004-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации (ISO 9004:2018, IDT). Утверждён и введён в действие Приказом Росстандарта от 20.08.2019 №514-ст.
14. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь / утв. Приказом Росстандарта от 28.09.2015 № 1390-ст.ГОСТ Р ИСО 9004-2019 «Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации» (ISO 9004:2018, IDT)
15. ГОСТ Р 7.0.11-2011 (Национальный стандарт Российской Федерации) Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления Утверждён и введён в действие Приказом Росстандарта от 13 декабря 2011 г. № 811-ст Введён в действие с 1 сентября 2012 года.
16. Грязнов М. В., Давыдов К. А. Методика организации регулярных перевозок пассажиров в городах с градообразующими предприятиями // Вестник СибАДИ. — 2020. — Т. 17, № 1. — С. 98–109.

17. Грачёв, С. А. Оценка и управление рисками: учеб. пособие / С. А. Грачёв, М. А. Гундорова; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Владимир: Изд-во ВлГУ, 2020. — 287 с.
18. Гудков, В. А. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев. — М.: Горячая линия — Телеком, 2004. — 448 с.
19. Гудков, В. А. Качество транспортного обслуживания населения. Как измерить и за счёт чего повысить? / В. А. Гудков, Н. В. Дулина, Н. А. Овчар, М. М. Бочкарёва // Грузовое и пассажирское автохозяйство. — 2007. — № 8. — С. 39–41.
20. Гудков, В. А. Качество пассажирских перевозок: возможность исследования методами социологии / В. А. Гудков, М. М. Бочкарёва, Н. В. Дулина, Н. А. Овчар. — Волгоград, 2008. — 163 с.
21. Домке Э. Р. Методы оптимизации маршрутных схем городского пассажирского транспорта: учеб. пособие/. Э.Р. Домке. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2014. – 72 с.
22. Дрючин, Д. А. Методология организации функционирования системы городского пассажирского наземного транспорта на основе согласования взаимодействия подсистем: автореферат дис. … д-ра техн. наук. — Оренбург, 2024.
23. Дрючин, Д. А. Оценка экологической безопасности и энергетической эффективности транспортных средств, обслуживающих маршруты городского наземного транспортного комплекса [Электронный ресурс] / Д. А. Дрючин, Н. Н. Якунин, Н. В. Якунина // Интеллект. Инновации. Инвестиции,2024. - № 2. - С. 43-55. - 13 с.
24. Енин, Д. В. Модели и алгоритмы управления городскими пассажирскими перевозками: автореферат дис. … канд. техн. наук: 05.13.10 / Д. В. Енин. — Воронеж, 2004. — 18 с.

25. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. — М.: Высшая школа, 1980. — 536 с.
26. Ефимова, Е. А. Управление логистическими рисками в цепях поставок: теория и методология: учебное пособие / Е. А. Ефимова. — Самара: Издательство Самарского университета, 2023. — 80 с.
27. Иванов, А. А. Постулаты Деминга: сущность и применение в современном менеджменте // Экономика сегодня. — 2020. — № 3. — С. 45–52.
28. Иванов, А. А. Риски в сфере пассажирских автомобильных перевозок: классификация и методы оценки / А. А. Иванов // Транспортное дело России. — 2018. — № 3 (136). — С. 45–50.
29. Иванов, А. А. Методология оценки и управления рисками при организации перевозок пассажиров автомобильным транспортом: дисс…канд. техн. наук : 05.22.10 — Эксплуатация автомобильного транспорта / А. А. Иванов ; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). — Москва, 2018. — 187 с.
30. Иванов Д.А., Охотников И.В., Сибирко И.В. Риск-менеджмент на железнодорожном транспорте : учебное пособие / Д.А. Иванов, И.В. Охотников, И.В. Сибирко. – Москва : МАКС Пресс, 2022. – 120 с. (Серия: Универ-Книга)
31. Котенкова, И.Н. Оценка целесообразности организации выделенных полос для городского пассажирского транспорта общего пользования на участке уличнодорожной сети / И.Н. Котенкова, В.И. Рассоха, Д.А. Дрючин // Transportation and Information Technologies in Russia / Транспорт и информационные технологии. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 182-202.
32. Ларин, О. Н. Организация пассажирских перевозок / О. Н. Ларин. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. — 104 с.
33. Лапшин, В. А. Особенности моделирования пассажиропотока объектов транспортной инфраструктуры / В. А. Лапшин. — Текст :

непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 1 (291). — С. 33-36. — URL:

34. Лебедева, О. А. Совершенствование методов мониторинга пассажиропотоков на маршрутах городского пассажирского транспорта общего пользования: автореферат дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 — Эксплуатация автомобильного транспорта. — Иркутск, 2014.
35. Логистика: общественный пассажирский транспорт / под ред. Л. Б. Миротина. — М.: Экзамен, 2003. — 224 с.
36. Лукьяненко, И. С. Статистика : учебник для вузов / И. С. Лукьяненко, Т. К. Ивашковская. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 201 с.
37. Любимов, И. И. Анализ моделей взаимодействия субъектов пассажирских автомобильных перевозок [Электронный ресурс] / И. И. Любимов, Н. Н. Якунин, Н. В. Якунина // Вестник СибАДИ,2022. - Т. 19, № 6 (88). - С. 878-889. - 12 с.
38. Майоров, В. И., Лисеенко, В. И. Совершенствование государственного контроля и надзора в сфере транспорта: внедрение риск-ориентированного подхода // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. — 2017. — № 5. — С. 125–13.
39. Матанцева, О. Ю. Исследование влияния факторов на качество обслуживания пассажиров и эффективность использования подвижного состава / О. Ю. Матанцева, А. К. Аредова, И. В. Щеголева // Мир транспорта. — 2022. — № 20(4). — С. 98–104.
40. Минатуллаев Ш. М. Организация автобусных перевозок на основе согласованности временных характеристик маршрутов и остановочных пунктов: автореферат дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 — Эксплуатация автомобильного транспорта. — Оренбург, 2019.
41. Моргунова, И. В. Алгоритм выбора оптимального варианта сочетания укороченных и основных рейсов при городских регулярных пассажирских перевозках / И. В. Моргунова, Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин // Сборник статей всероссийской научно-практической конференции с

международным участием «Проблемы и тенденции научных преобразований в условиях трансформации общества» (13 марта 2026 г., г. Воронеж). — Уфа: «Аэтерна», 2026. — С. 8–11.

42. Моргунова, И. В. Исследование рисков несвоевременного прибытия пассажиров в пункт назначения методом анализа иерархий в условиях северных регионов / И. В. Моргунова, Н. Н. Якунин, Н. В. Якунина // Арктика: перспективы, инновации и развитие регионов. IX Международный Арктический саммит: сборник материалов (22–25 апреля 2025 г., Москва — Санкт-Петербург). — 2025. — С. 173–180.
43. Моргунова, И. В. Методика ввода укороченных маршрутов / И. В. Моргунова, Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин, А. Ф. Фаттахова // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. — Оренбург: ОГУ, 2025. — С.225-232
44. Моргунова, И. В. Методика определения вариантов сочетания маршрутов регулярных перевозок пассажиров при комбинировании основных и укороченных рейсов / И. В. Моргунова, Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин // Сборник статей международной научно-практической конференции «Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований» (15 марта 2026 г., г. Новосибирск). — Уфа: «Аэтерна», 2026. — С. 17–21.
45. Моргунова, И. В. Модель несвоевременного прибытия пассажиров на остановочный пункт назначения при регулярных городских автомобильных перевозках / И. В. Моргунова, Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин // Транспорт Урала. — 2026. — № 2 (85). — С.52-58.
46. Моргунова, И. В. Модель рисков опоздания пассажиров в пункт назначения при регулярных городских перевозках / И. В. Моргунова, Н. В. Якунина, В. В. Котов // Транспорт РФ. — 2025. — № 3 (118). — С. 50–53.
47. Моргунова, И. В. Реализация методики ввода укороченных маршрутов / И. В. Моргунова, Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин // Международный научный

журнал «Инновационная наука». — № 2-1/2026. — Уфа: НИЦ «Аэтерна», 2026. — С. 66–70.

48. Моргунова, И. В. Совершенствование организации регулярных пассажирских автомобильных перевозок с учётом загруженности остановочных пунктов / И. В. Моргунова, Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин, В. В. Котов // Транспорт Урала. — 2025. — № 2 (85). — С. 75–80.
49. Моргунова, И. В. Структурная модель перевозок пассажиров регулярным городским автомобильным транспортом / И. В. Моргунова, Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин // Формирование и эволюция новой парадигмы инновационной науки в условиях современного общества: сборник статей Междунар. науч.-практ. конф. — Уфа, 2024. — С. 37–40.
50. Надирян, С.Л. Моделирование показателей эффективности городского пассажирского транспорта при обслуживании нестационарных пассажиропотоков / С.Л. Надирян, В.И. Рассоха // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 4-1 (83). – С. 81-90.
51. Нестеренко, Д. Х. Исследование мотивирующих факторов выбора способа передвижения в структуре городских пассажирских перевозок / Д. Х. Нестеренко,Н. В. Якунина//Транспортные и транспортно- технологические системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2017. — С. 507–511.
52. Нестеренко, Д. Х. Методика повышения привлекательности городских пассажирских автомобильных перевозок на основе управления структурой транспортных потоков: автореферат дис. … канд. техн. наук. — Оренбург, 2021.
53. Нестеренко, Д. Х. Факторный анализ направлений повышения активности использования городского пассажирского автомобильного транспорта / Д. Х. Нестеренко, Н. В. Якунина, М. А. Арсланов // Вестник МГТУ. — 2018. — Т. 21, № 4. — С. 533–540.

54. Новоселов, Д. М. Определение максимального количества и вместимости подвижного состава на городском маршруте: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 / Д. М. Новоселов. — Тюмень, 2009. — 18 с.
55. Носов, А. Л. Показатели оценки качества транспортного обслуживания населения / А. Л. Носов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2016. — № 1. — С. 159–162.
56. Об организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом по маршрутам регулярных перевозок в Оренбургской области: Закон Оренбургской области от 04.03.2011 № 4326/1015-IV-ОЗ // КонсультантПлюс: справочная правовая система.
57. Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанностями должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090(в ред. от 16.07.2025)
58. О безопасности дорожного движения: Федеральный закон от 10.12.95 №196-ФЗ// КонсультантПлюс: справочная правовая система/ разраб. НПО «Вычисл. Математика и информатика».-М.: КонсультантПлюс,
59. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: Федеральный закон от 06.10.2003 №131-ФЗ// КонсультантПлюс: справочная правовая система/ разраб. НПО «Вычисл. Математика и информатика».-М.: КонсультантПлюс,
60. О лицензировании отдельных видов деятельности: Федеральный закон от 08.08.2001 г. № 128-ФЗ// КонсультантПлюс: справочная правовая система/ разраб. НПО «Вычисл. Математика и информатика».-М.: КонсультантПлюс.
61. ОДМ 218.2.2020-2.012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). — Москва, 2012. — 148 с.

62. Огар, Т. П. Поддержка принятия решений в задачах управления подвижным составом в системе городского пассажирского общественного транспорта: автореферат дис. … канд. техн. наук: 2.3.1 — Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. — Волгоград, 2023.

63. Паршакова, К. А. Принцип формирования суточного плана интервалов движения городского пассажирского транспорта по регулярным маршрутам [Электронный ресурс] / К. А. Паршакова, Н. Н. Якунин, Н. В. Якунина // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., посвящ. 70-летию Оренбург. гос.ун-та, Оренбург, 30 янв. - 1 февр. 2025 г. / Оренбург. гос. ун-т; ред. А. В. Зайцев. - Оренбург : ОГУ,2025. - С. 3467-3472. . - 6 с.

64. Папаскуа, А. А. Совершенствование организации пассажирского автомобильного транспорта в загруженных районах городов: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 / А. А. Папаскуа. — Волгоград, 2004. — 16 с.

65. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / под ред. Н. Б. Островского. — М.: Транспорт, 1986. — 224 с.

66. Петров, Е. А. Совершенствование координированного управления движением транспортных потоков высокой интенсивности: автореферат дис. … канд. техн. наук: 05.22.10 / Е. А. Петров. — Тюмень, 2004. — 24 с.

67. Петрова, М. Н. «14 пунктов» программы Деминга для менеджмента: болезни и препятствия на пути преобразований / под ред. Ю. Т. Рубаника. — М.: МГИЭТ (ТУ), 1993. — 47 с.

68. Пугачёв, И. Н. Об опыте реформы городского общественного пассажирского транспорта на примере г. Хабаровска // Интеллект. Инновации. Инвестиции. — 2026. — № 1. — С. 45–57..

69. Пугачёв, И. Н. Теоретические принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов:

автореферат дис. … д-ра техн. наук: 05.22.01 / И. Н. Пугачёв. — Екатеринбург, 2010. — 39 с.

70. Присяжнюк, М. С. Совершенствование метода организации пассажирских автомобильных перевозок: автореферат дис… канд. техн. наук: 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта. – Санкт-Петербург, 2025.
71. Пыталева, О. А. Обоснование параметров маршрутной сети городского наземного пассажирского транспорта: автореферат дис. … канд. техн. наук: 05.22.01 — Транспортные и ранспортно- технологические системы страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте. — Екатеринбург, 2010.
72. Раскатова, М. И. Теоретические основы управления рисками: учебное пособие / М. И. Раскатова. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. — 46 с.
73. Регирер С.А., Смирнов Н.Н, Ченчик А.Е. Математическая модель взаимодействия движущихся коллективов: общественного транспорта и пассажиров//Автоматика и телемеханика. 2007. –№ 7. –С. 116–131.
74. Регирер С.А., Ченчик А.Е. Взаимодействие автобусов и пассажиров: устойчивость движения по расписанию//Вестник Московского университета. Сер.1, Математика. Механика. 2006– №4. –С.46-53.
75. Регирер С.А., Шаповалов Д.С. Заполнение пассажирами пространства в общественном транспорте//Автоматика и телемеханика».2003 № 8, с. 111–121.
76. Решетова, М. В. Риск-менеджмент на предприятиях автомобильного транспорта: автореферат дис. … канд. экон. наук: 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством. – Санкт-Петербург, 2000.
77. Рябов, И. М. Совершенствование организации обслуживания пассажиров на городском транспорте: монография. — Волгоград: ВолгГТУ, 2002. — 256 с.

78. Саати, Томас Л. Принятие решений: метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. — Москва: Радио и связь, 1993. — 314,[1] с.: ил.; 20 см.
79. Сайфутдинов, Д. Ж. Совершенствование организации мониторинга пассажиропотоков в системе городского транспорта общего пользования: автореферат дис. … канд. техн. наук: 2.9.1 — Транспортные и транспортно-технологические системы страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте (технические науки). — Екатеринбург, 2024.
80. Свидетельство № 2026665536 Российская Федерация. Расчётная модель по комбинированию основного и укороченного маршрутов / И. В. Моргунова, Н. Н. Якунин, Н. В. Якунина; заявитель ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет им. В. А. Бондаренко». № заявки 2026664568, заявл. 04.05.2026; опубл. 25.05.2026.
81. Стрельцов Р. С., Терехина А. В. Показатели и методы оценки логистических рисков // Научные высказывания. 2023. №8 (32). С. 44-46.
82. Султанахмедов, М. А. Повышение эффективности работы городского пассажирского транспорта / М. А. Султанахмедов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. — 2022. — Т. 62, № 2.
83. Судаков, В. С. Некоторые вопросы методики прогнозирования объёмов пассажирских перевозок / В. С. Судаков. — Алма-Ата, 1965. — 215 с.
84. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. — М., 2010. — 163 с
85. Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта: Федеральный закон от 08.11.2007 г. № 259-ФЗ// КонсультантПлюс: справочная правовая система/ разраб. НПО «Вычисл. Математика и информатика».-М.: КонсультантПлюс.
86. Устойчивость городской пассажирской автотранспортной системы [Электронный ресурс] / А. О. Тишкова, К. А. Паршакова, Н. С. Бондаренко,

Н. В. Якунина, Н. Н. Якунин // Транспорт Урала,2025. - № 1 (84). - С. 72-77. . - 6 с.

87. Фадеев, А.И. Методология проектирования перевозок и управления наземным пассажирским транспортом общего пользования: автореферат дис. … докт. техн. наук: 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта. – Красноярск – 2021.
88. Халтурин Р.А.- Методология распределения ресурсов в пассажирских транспортных системах на основе теории принятия решений в условиях неопределенности: автореферат дис. … докт. техн. наук: 2.9.9 – Логистические транспортные системы. – Москва – 2026.
89. Халафян, А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Статистика» и другим экономическим специальностям / А. А. Халафян. — 3-е изд. — Москва : Бином-Пресс, 2007. — 512 с.
90. Цариков А.А. Проблемы обслуживания маршрутов городского пассажирского транспорта в часы пик»// Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса, 2021.– № 1, С. 205–209.
91. Цариков А.А. Исследование пространственной неравномерности пассажиропотоков городского пассажирского транспорта// Транспортное машиностроение, 2025, –№ 3, С. 50–60,
92. Цариков А.А., Неволин Д.Г. Исследование пространственной и временной неравномерности скорости сообщения транспорта в Екатеринбурге// Вестник Уральского государственного университета путей сообщения, 2025. – № 1 (65), С. 109–119.
93. Якунин, Н. Н. Моделирование перехода процесса перевозок пассажиров автомобильным транспортом к работе в условиях брутто-контракта [Электронный ресурс] / Н. Н. Якунин, К. А. Паршакова, В. В. Котов, Е. В. Фёклин // Транспорт Урала,2025. - № 3 (86). - С. 74-80. . - 7 с.
94. Якунин, Н. Н. Моделирование экономической мотивации качественных перевозок пассажиров автомобильным транспортом по городским

регулярным маршрутам [Электронный ресурс] / Н. Н. Якунин, А. А. Шмарин, А. П. Шмарин // Проблемы современной экономики,2017. - № 2 (62). - С. 198-201. - 4 с.

95. Якунин, Н. Н. Моделирование оптимального интервала движения пассажирских автотранспортных средств [Электронный ресурс] / Якунин Н. Н., Паршакова К. А., Якунина Н. В. // Интеллект. Инновации. Инвестиции,2018. - № 3. - С. 84-89. . - 6 с.

96. Якунин, Н. Н. Региональные пассажирские автотранспортные системы: постановка задачи, первые результаты оценивания [Электронный ресурс] / Н. Н. Якунин, Н. В. Якунина, И. И. Любимов // Вестник СибАДИ,2023. - Т. 20, № 6 (94). - С. 748-761. - 14 с.

97. Якунина, Н.В. Методология повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам: монография / Н.В. Якунина. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2015. - 262 с.

98. Якунина, Н.В. Система управления качеством перевозок пассажиров автомобильным транспортом на основе навигационной деятельности / Н.В. Якунина, Н.Н. Якунин//Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2011. – №6. – С.64-68.

99. Ярков, С. А. Влияние низкотемпературных условий эксплуатации на регулярность движения городских маршрутных автобусов : автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.22.10 — Тюмень, 2007. — 23 с.

100. Ярков, С.А. Исследование вероятности выбора способов передвижения жителями в городе / С. А. Ярков. // Инженерный вестник Дона.– 2023. – № 8 (104), – С.698–706.

101. Яценко С.А. Маркетинговые исследования спроса на рынке пассажирских транспортных услуг в г. Иркутске / С.А. Яценко, С.В. Колганов // Вестник ИрГТУ, 2012. №5 (64). – С. 122–128.

102. https://www.ural.kp.ru/daily/27577/4846818/.

103. https:// rosstat.gov.ru/statistics/transport

104. https://mintrans.gov.ru/documents/7/9306

105. Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in-vehicle time/ Xianghao Shen* , Shumin Feng, Zhenning Li and Baoyu Hu Shen et al. SpringerPlus (2016)

106. Eboli, L., Mazzula, G. (2011). A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view. *Transp Policy*, 18, 172–181.

107. Eboli, L., Mazzulla, G. (2007). Service quality attributes affecting customer satisfaction for bus transit. *J Public Transp*, 10(3), 21–136.

108. Medviď Peter, Gogola Marián and Kubaľák Stanislav. Occupancy of Public Transport Vehicles in Slovakia // Transportation Research Procedia. – 2020. – № 44 (3A). – P. 153–159.

109. Nagatani T. Interaction between buses and passenger on a bus route//Physica A.2001. 296.№ 1-2. 320-330.

110. Saaty, T. L., Vargas, L. G. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. New York: Springer Science+Business Media, 2001. 333 p.

111. Shen, X., Feng, S., Li, Z., Hu, B. Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in-vehicle time. *SpringerPlus*, 2016, 5:62.

112. Pucher, J. Urban passenger transport in the United States and Europe: A comparative analysis of public policies. Part 1. Travel behavior, urban development and automobile use. Transport Reviews. -1995.-15(2).-P. 99–117.

113. Zio E. Reliability engineering: Old problems and new challenges/ Reliability Engineering and System Safety. –2009. –№ 94. – С.125–141.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расписания движения автобусов при комбинировании основных и укороченных рейсов маршрута

А – основной рейс маршрута

Б –укороченный рейс

Таблица А1 – Расписание для комбинированного маршрута 9А+1Б

Время отправления, час:мин.	Рейс	Время прибытия, час:мин.	Интервал, мин.
07:00	А1	+108= 8,48	
07:12	А2	+108=9,00	12
07:24	А3	+108=9,12	12
07:36	А4	+108=9,24	12
07:40	Б1	+38=8,18	4

07:48	А5	+108=9,36	8
08:00	А6	+108=9,48	12
08:12	А7	+108=10,00	12
08:18	Б1	+38=8,56	6
08:24	А8	+108=10,12	6
08:36	А9	+108=10,24	12
08:48	А1	+108=10,36	12
08:56	Б1	+38=9,36	8
09:00	А2	+108=10,48	4
	рейсов =14		**Среднее =9,23**

Таблица А2 – Расписание для комбинированного маршрута 8А+2Б

Время отправления, час:мин.	Рейс	Время прибытия, час:мин.	Интервал, мин.
07:00	Б1	+38=7,38	-
07:10	А1	+108=8,58	10
07:19	Б2	+38=7,57	9
07:25	А2	+108=9,13	6
07:30	А3	+108=9,18	5
07:38	Б1	+38=8,16	8
07:44	А4	+108=9,32	6
07:50	А5	+108=9,40	6
07:57	Б2	+38=8,35	7
08:10	А6	+108=9,58	6
08:15	Б1	+38=8,53	5
08:24	А7	+108=10,12	9
08:35	Б2	+38=9,13	11
08:53	Б1	+38=9,31	18
08:58	А1	+108=11,06	4
	Рейсов=15		**Среднее=7,86**

Таблица А3 – Расписание для комбинированного маршрута 6А+4Б

Время отправления, час:мин.	Рейс	Время прибытия, час:мин.	Интервал, мин.
7:00	А1	8:48	-
7:06	Б2	7:44	0:06
7:18	А2	9:06	0:12
7:20	Б3	7:58	0:02
7:30	Б4	8:08	0:10
7:36	А3	9:24	0:06
7:38	Б1	8:16	0:02
7:48	Б2	8:26	0:10
7:54	А4	9:42	0:06
7:58	Б3	8:36	0:04
8:08	Б4	8:46	0:10
8:12	А5	10:00	0:04
8:16	Б1	8:54	0:04
8:26	Б2	9:04	0:10
8:30	А6	10:18	0:04
8:36	Б3	9:14	0:06
8:46	Б4	9:24	0:10

8:48	А1	10:36	0:02
8:54	Б1	9:32	0:06
	рейсов =19		**Среднее = 6,33**

Таблица А4 – Расписание для комбинированного маршрута 5А+5Б

Время отправления, час:мин.	Рейс	Время прибытия, час:мин.	Интервал, мин.
1	2	3	4
7:00	А1	8:48	
7:08	Б2	7:46	0:08
7:16	Б3	7:54	0:08
7:22	А2	9:10	0:06
7:24	Б4	8:02	0:02
7:32	Б5	8:10	0:08
7:38	Б1	8:16	0:06
7:44	А3	9:32	0:06
7:46	Б2	8:24	0:02
7:54	Б3	8:32	0:08
8:02	Б4	8:40	0:08
8:06	А4	9:54	0:04
8:10	Б5	8:48	0:04
8:16	Б1	8:54	0:06

8:24	Б2	9:02	0:08
8:28	А5	10:16	0:04
8:32	Б3	9:10	0:04
8:40	Б4	9:18	0:08
8:48	Б5	9:26	0:08
8:50	А1	10:38	0:02
8:54	Б1	9:32	0:04
	Рейсов= 21		**Среднее= 5,7**

Таблица А5 – Расписание для комбинированного маршрута 4А+6Б

Время отправления, час:мин.	Рейс	Время прибытия, час:мин.	Интервал, мин.
1	2	3	4
7:00	А1	8:48	
7:06	Б2	7:44	0:06
7:12	Б3	7:50	0:06
7:18	Б4	7:56	0:06
7:24	Б5	8:02	0:06
7:27	А2	9:15	0:03
7:30	Б6	8:08	0:03
7:38	Б1	8:16	0:08
7:44	Б2	8:22	0:06
7:50	Б3	8:28	0:06
7:54	А3	9:42	0:04
7:56	Б4	8:34	0:02
8:02	Б5	8:40	0:06

8:08	Б6	8:46	0:06
8:16	Б1	8:54	0:08
8:21	А4	10:09	0:05
8:24	Б2	9:00	0:03
8:28	Б3	9:06	0:06
8:34	Б4	9:12	0:06
8:40	Б5	9:18	0:06
8:46	Б6	9:24	0:06
8:48	А1	10:36	0:02
8:54	Б1	9:32	0:06
9:00	Б2	9:38	0:06
	Рейсов = 24		**Среднее = 5,22**

Таблица А6 –Расписание для комбинированного маршрута 3А+7Б

Время отправления, час:мин.	Рейс	Время прибытия, час:мин.	Интервал, мин.
1	2	3	4
7:00	А1	8:48	-
7:05	Б2	7:43	0:05
7:10	Б3	7:48	0:05
7:15	Б4	7:53	0:05
7:20	Б5	7:58	0:05
7:25	Б6	8:03	0:05
7:30	Б7	8:08	0:05
7:36	А2	9:24	0:06
7:38	Б1	8:16	0:02
7:43	Б2	8:21	0:05
7:48	Б3	8:26	0:05

7:53	Б4	8:31	0:05
7:58	Б5	8:36	0:05
8:03	Б6	8:41	0:05
8:08	Б7	8:46	0:05
8:12	А3	10:00	0:04
8:16	Б1	8:54	0:04
8:21	Б2	8:59	0:05
8:26	Б3	9:04	0:05
8:31	Б4	9:09	0:05
8:36	Б5	9:14	0:05
8:41	Б6	9:19	0:05
8:46	Б7	9:24	0:05
8:48	А1	10:36	0:02
8:54	Б1	9:32	0:06
9:00	Б2	9:38	0:06
	Рейсов = 26		**среднее =4,8**

Таблица А7 – Расписание для варианта 2А+8Б

Время отправления, час:мин.	Рейс	Время прибытия, час:мин.	Интервал, мин.
1	2	3	4
7:00	А1	8:48	-
7:05	Б2	7:43	0:05
7:10	Б3	7:48	0:05
7:15	Б4	7:53	0:05
7:20	Б5	7:58	0:05
7:25	Б6	8:03	0:05
7:30	Б7	8:08	0:05
7:35	Б8	8:13	0:05
7:38	Б1	8:16	0:03
7:43	Б2	8:21	0:05
7:48	Б3	8:26	0:05

7:53	Б4	8:31	0:05
7:54	А2	9:42	0:01
7:58	Б5	8:36	0:04
8:03	Б6	8:41	0:05
8:08	Б7	8:46	0:05
8:13	Б8	8:51	0:05
8:16	Б1	8:54	0:03
8:21	Б2	8:59	0:05
8:26	Б3	9:04	0:05
8:31	Б4	9:09	0:05
8:36	Б5	9:14	0:05
8:41	Б6	9:19	0:05
8:46	Б7	9:24	0:05
8:48	А1	10:36	0:02
8:51	Б8	9:29	0:03
8:54	Б1	9:32	0:03
9:00	Б2	9:38	0:06
	Рейсов=28		**среднее =4,44**

Таблица А8 – Расписание для комбинированного маршрута 1А+9Б

Время отправления, час:мин.	Рейс	Время прибытия, час:мин.	Интервал, мин.
7:00	А1	8:48	-
7:04	Б2	7:42	0:04
7:08	Б3	7:46	0:04
7:12	Б4	7:50	0:04
7:16	Б5	7:54	0:04
7:20	Б6	7:58	0:04
7:24	Б7	8:02	0:04
7:28	Б8	8:06	0:04
7:32	Б9	8:10	0:04
7:38	Б1	8:16	0:06
7:42	Б2	8:20	0:04
7:46	Б3	8:24	0:04

7:50	Б4	8:28	0:04
7:54	Б5	8:32	0:04
8:00	Б6	8:38	0:06
8:02	Б7	8:40	0:02
8:06	Б8	8:44	0:04
8:10	Б9	8:48	0:04
8:16	Б1	8:54	0:06
8:20	Б2	8:58	0:04
8:24	Б3	9:02	0:04
8:28	Б4	9:06	0:04
8:32	Б5	9:10	0:04
8:38	Б6	9:16	0:06
8:40	Б7	10:28	0:02
8:44	Б8	9:22	0:04
8:48	А1	10:36	0:04
8:54	Б1	9:32	0:06
8:58	Б2	9:36	0:04
	Рейсов= 35		**Среднее =4,2**

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ

«Утверждаю»

Первый проректор ФГБОУ ВО

«Оренбургский государственный

университет имени В.А. Бондаренко»

_____ С.В. Нотова

«___» _____ 2026г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Комиссия в составе: декана транспортного факультета, д.т.н., доцента Рассохи В.И.; заведующего кафедрой автомобильного транспорта (АТ) д.т.н., профессора Якунина Н.Н., профессора кафедры АТ, д.т.н., профессора Якуниной Н.В. составила настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской работы по теме «Методика минимизации рисков несвоевременного прибытия пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных автобусных перевозках», выполненной соискателем кафедры автомобильного транспорта Моргуновой Ириной Викторовной, внедрены в учебный процесс кафедры АТ ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко».

Разработанная автором методика минимизации рисков несвоевременного прибытия пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных автобусных перевозках используется при подготовке: бакалавров по направлению 23.03.01 – «Технология транспортных процессов»; специалистов 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства» в следующих дисциплинах: «Пассажирские автомобильные перевозки»; «Моделирование транспортных процессов и систем».

Декан транспортного факультета Рассоха В.И.

Заведующий кафедрой автомобильного

Транспорта Якунин Н.Н.

Профессор кафедры автомобильного

Транспорта Якунина Н.В.

Администрация
города Оренбурга

УПРАВЛЕНИЕ
ПАССАЖИРСКОГО
ТРАНСПОРТА

Советская ул., д. 60, г. Оренбург, 460000
телефон: (3532) 98-72-50
e-mail: upt@admin.orenburg.ru

[МЕСТО ДЛЯ ШТАМПА]

На №_____ от _____

«Утверждаю»
Начальник управления, кандидат технических наук

_____Фазуллин М.Р.

«___»_____ 2026г

Акт

о внедрении результатов научно-исследовательской работы соискателя кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета имени В.А. Бондаренко, Моргуновой Ирины Викторовны на тему «Методика минимизации рисков несвоевременного прибытия пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных автобусных перевозках».

Составлен комиссией:

Заместитель начальника управления — Грищенко А.А.

Заместитель начальника управления — Матвеева О.В.

Директор муниципального казенного предприятия «Оренбургские пассажирские перевозки» — Кретинин О.В.

Мы, нижеподписавшиеся члены комиссии настоящим актом подтверждаем принятие к внедрению в деятельности управления пассажирского транспорта администрации города Оренбурга методики минимизации рисков несвоевременного прибытия пассажиров на остановочный пункт назначения при городских регулярных автобусных перевозках. Внедрение позволяет определить влияние процессов оценки транспортного спроса, процесса проектирования перевозок и процесса их осуществления на время опоздания прибытия пассажиров на остановочный пункт назначения. Методика учитывает время суток, соответствие количества транспортных средств на маршруте проектному значению, продолжительность ожидания посадки потенциальными пассажирами в транспортные средства на остановочных пунктах отправления, загруженность маршрутной улично-дорожной сети, погодные и дорожные условия, а также количество потенциальных пассажиров, которые не смогли осуществить посадку в транспортные средства на остановочных пунктах отправления, расположенных на участке регулярного маршрута, предусматривает не только корректировку расчёта

технологических показателей перевозок, но и включать ввод укороченного маршрута, совпадающего с частью регулярного маршрута при неизменном парке подвижного состава на маршруте.

Члены комиссии:

Грищенко А.А.

Матвеева О.В.

Кретинин О.В.

