

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

На правах рукописи



НАДИРЯН София Леоновна

**МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ  
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ  
РЕГУЛЯРНЫЕ МАРШРУТЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО  
ТРАНСПОРТА**

2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель –  
доктор технических наук, доцент  
Рассоха Владимир Иванович

Оренбург – 2024

# СОДЕРЖАНИЕ

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	8
1.1 Социально-экономическая значимость регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта в обеспечении условий развития городских территорий.....	8
1.2 Анализ факторов, определяющих эффективность перевозки пассажиров по регулярным маршрутам городского пассажирского транспорта.....	12
1.3 Обзор научных работ, нормативной и технологической документации по теме исследования.....	16
1.4 Выводы по первому разделу, цель и задачи исследования .....	21
2 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	23
2.1 Формирование пассажиропотоков на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта.....	23
2.2 Математическая модель учёта вариации спроса на транспортные услуги при определении оптимальной численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта.....	30
2.3 Расчёт показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта.....	45
2.4 Алгоритм определения численности транспортных средств, обслуживающих регулярный маршрут городского пассажирского транспорта в пиковое время.....	48
2.5 Выводы по второму разделу .....	52
3 МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	53
3.1 Структура и основные этапы исследовательской части работы.....	53
3.2 Методика проведения аналитических исследований и обработки полученных результатов.....	54
3.3 Методика определения годового объёма перевозок и его распределения по временным интервалам .....	56

3.4 Методика исследования распределения пассажиропотоков по участкам регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта.....	58
3.5 Методика исследования вероятностных характеристик спроса на услуги городского пассажирского транспорта.....	61
4 РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	64
4.1 Исходные данные для аналитических исследований.....	64
4.2 Распределение годового объёма перевозок по временным интервалам на регулярных пассажирских маршрутах города Краснодар.....	74
4.3 Исследование распределения пассажиропотоков по участкам регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта.....	88
4.4 Исследование влияния вероятностных характеристик пассажиропотоков на численность транспортных средств, обеспечивающую минимальное значение совокупного ущерба.....	96
5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	107
5.1 Применение разработанной методики в отношении выборки регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта города Краснодар.....	107
5.2 Расчёт показателей эффективности проектных решений.....	113
5.3 Направление дальнейших исследований.....	116
5.4 Выводы по пятому разделу.....	117
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	119
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	121
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	136

## ВВЕДЕНИЕ

Городской пассажирский транспорт общего пользования играет критически важную роль в жизни современных городов, выполняя ключевые функции по поддержанию мобильности городского населения, его социальной и трудовой интеграции, во многом определяя уровень социально-экономического развития городских территорий. Наряду с выполнением утилитарных функций, связанных с удовлетворением транспортных потребностей населения, городской пассажирский транспорт общего пользования способствует сокращению транспортных заторов и снижению уровня загрязнения окружающей среды. Значимость городского пассажирского транспорта общего пользования за последние десятилетия кратно увеличилась, что обусловлено увеличившейся численностью городского населения, возросшим уровнем автомобилизации, интенсификацией производственных процессов, обострением экологических проблем.

На современном этапе развития городского пассажирского транспорта существует ряд проблем организационного и технологического характера, препятствующих дальнейшему росту эффективности транспортного процесса. Формирование городской транспортной системы, как правило, производится органами местного самоуправления муниципальных образований. При этом решаются такие ключевые вопросы как формирование улично-дорожной и маршрутной сетей, организация дорожного движения, определение ключевых технологических параметров процесса транспортного обслуживания населения, проведение конкурсного отбора перевозчиков, осуществляющих перевозку пассажиров по регулярным маршрутам городского пассажирского транспорта. Оперативное управление транспортным процессом, организация процесса обновления парка транспортных средств, поддержание его в исправном состоянии, организация выпуска транспортных средств на линию, контроль за соблюдением утверждённого графика – функции, выполняемые предприятиями перевозчиками. Очевидно, что предприятия перевозчики являются

хозяйствующими субъектами, осуществляющими производственную деятельность и несущими финансовые риски, связанные с этой деятельностью.

Исходя из обозначенных особенностей функционирования систем городского пассажирского транспорта, объективно существуют организационно-технологические проблемы, обусловленные разнонаправленностью интересов основных организаторов, исполнителей и потребителей услуг городского пассажирского транспорта общего пользования. Дополнительные проблемы городского пассажирского транспортного комплекса обусловлены воздействием совокупности внешних факторов, значительная часть которых носит стохастический характер, определяющих параметры пассажиропотоков, транспортные условия и параметры, определяющие итоги финансовой деятельности. Исходя из этого, деятельность хозяйствующих субъектов, осуществляющих перевозку пассажиров по регулярным маршрутам городского пассажирского транспорта, следует рассматривать как работу в условиях риска, определяемого вероятностью неблагоприятного сочетания внешних факторов. Учёт вероятностных характеристик факторов, определяющих эффективность транспортного процесса, позволит во многом сгладить существующие противоречия, повысить эффективность и качество транспортного обслуживания городского населения.

Обозначенные проблемы и направление их решения во многом формирует направленность проводимого исследования и определяет его актуальность [44].

Исходя из основных положений, представленных во вводной части работы, определён **объект исследования** – процесс перевозки пассажиров по регулярным городским маршрутам.

**Предметом исследования** являются закономерности изменения количества транспортных средств, обслуживающих регулярные городские маршруты, с учётом изменения спроса на транспортные услуги в периоды пиковых пассажиропотоков.

**Научную новизну** исследования составляют следующие теоретические и

методические положения, выносимые на защиту:

– методика оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, отличающаяся от известных возможностью учёта вариации спроса на транспортные услуги;

– критерии оценки эффекта от транспортной деятельности, отличающиеся от известных возможностью учёта вероятного несоответствия провозной возможности парка транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, спросу на транспортные услуги;

– зависимости, отражающие влияние вариации спроса на услуги городского пассажирского транспорта на оптимальную численность транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты.

**Практическая значимость** результатов исследования заключается в разработке методики, позволяющей:

– определить обоснованную численность транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, с учётом вариации спроса на транспортные услуги;

– определить величину обобщённого эффекта, определяемого в условиях несоответствия спроса на услуги городского пассажирского транспорта и провозной возможности парка транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта;

– выявить перспективные направления повышения эффективности работы городского пассажирского транспорта общего пользования.

**Внедрение результатов работы.** Результаты работы используются в МУП «Краснодарское трамвайно-троллейбусное управление», ООО «Кубаньгрузсервис» (г. Краснодар), в учебном процессе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» и «Оренбургский государственный университет».

**Апробация работы.** Результаты работы обсуждались и получили одобрение на: XVII-ой и XVIII-ой международных научно-практических конференциях «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (Оренбург, 2022-2023 гг.); международной научно-практической конференции «Механика, оборудование, материалы и технологии» (г. Краснодар, 2022 г.); VIII-ой международной научно-практической конференции «Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса» (г. Донецк, 2022 г.).

**Публикации.** Основные положения и результаты диссертации опубликованы в 9-и печатных работах, в числе которых 5 статей в ведущих рецензируемых научных журналах из рекомендательного Перечня ВАК, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, рекомендаций, списка использованных источников (134 наименования) и приложений, изложенных на 140 страницах машинописного текста, включая 29 рисунков и 28 таблиц.

# **1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

## **1.1 Социально-экономическая значимость регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта в обеспечении условий развития городских территорий**

Городской пассажирский транспорт общего пользования играет особую роль в жизни населения современных городов. Наряду с системами образования, здравоохранения и коммунального хозяйства, транспорт общего пользования формирует социальную сферу городских территорий, определяющую уровень комфорта и качества жизни населения.

Состояние региональных и муниципальных транспортных систем, в том числе муниципального пассажирского транспорта, имеет тесную взаимосвязь с показателями социально-экономического развития обслуживаемой территории. В этой связи, вопросы общего развития городского социума и городского пассажирского транспорта, как его неотъемлемой части, рассмотрены в ряде нормативных документов, целевых программ, перспективных планов и научных трудов [35, 39, 53, 80, 96, 106, 114, 117]. Высокий уровень экономического развития территории предполагает наличие средств на развитие транспортной инфраструктуры и транспортных систем. В то же время, для обеспечения заданного уровня развития региональной экономики жизненно необходимо наличие транспортных систем, и, прежде всего, систем пассажирского транспорта общего пользования. В этой связи масштабное инвестирование средств в развитие реального сектора региональной экономики предполагает развитие социальной и транспортной инфраструктуры. Развитие городских территорий, увеличение их площади, повышение плотности городского населения в районах высотной застройки в большей степени актуализирует транспортные проблемы и повышает значимость научных исследований, направленных на их решение.



В результате глубоких изменений в социально-экономических условиях жизни людей в современных условиях возникла потребность осуществления преобразований в транспортном комплексе страны, которая нашла своё отражение в «Программе модернизации транспортной системы России». Это необходимо учитывать при прогнозировании темпов развития отдельных видов транспорта и транспортных систем регионов. В краткосрочной перспективе можно ожидать, что и при высоких темпах автомобилизации маршрутный пассажирский транспорт в России сохранит свою доминирующую роль. Об этом свидетельствует и опыт зарубежных стран [88].

Помимо производственного сектора городской экономики, во многом формирующего городские пассажиропотоки, обуславливающего их корреляцию с режимом работы производственных предприятий, городские территории насыщены образовательными учреждениями различных уровней, дошкольными учреждениями, объектами социальной сферы, культуры и торговли. Каждая из обозначенных групп городских объектов вносит свой вклад в формирование пассажиропотоков, причём пассажиропотоки, формируемые объектами разного типа, существенно различаются по объёму, регулярности, цикличности, протяжённости, вариативности и другим параметрам. Наложение описанных пассажиропотоков, имеющих разнообразные значения указанных выше параметров, формирует спрос на услуги городского пассажирского транспорта общего пользования. Величина совокупного спроса характеризуется той или иной степенью вариативности, которая является следствием как краткосрочных процессов, обусловленных, например, изменением погодных условий, так и более длительных трендов, связанных с изменением структуры пассажирского транспорта общего пользования, планировочных решений городской территории и уровня автомобилизации населения. Исходя из обозначенных условий, для заданного периода времени спрос на услуги городского пассажирского транспорта является случайной величиной и может быть спрогнозирован с некоторой степенью достоверности.

В описанных условиях организатор регулярных перевозок по городским пассажирским маршрутам решает многоплановую задачу обеспечения экономической эффективности транспортного процесса при соблюдении заданных экологических характеристик и установленных значениях показателей качества транспортного обслуживания населения.

Чтобы правильно проанализировать работу транспорта в городских условиях необходимо произвести оценку эффективности системы городского пассажирского транспорта. Данная оценка строится на анализе следующих данных:

- количество пассажиров, перевезённых единицей городского пассажирского транспорта за выбранный период времени;
- количество поездок пассажиров городского пассажирского транспорта за выбранный период времени в пересчёте на одного жителя населенного пункта;
- количество потребляемых ресурсов, которая состоит из расчёта загрязнения окружающей среды, финансовых расходов, использования улично-дорожной сети.

Все перечисленные данные требуют точного выражения в числовых значениях, поиск и определение которых является затруднительным, так как городской пассажирский транспорт функционирует в условиях риска, обусловленного вероятностными характеристиками пассажиропотоков. По этой причине для оценки городского пассажирского транспорта наиболее эффективным будет применение методов управления большими системами в условиях риска и неопределённости, либо метода экспертных оценок [98].

При этом участниками транспортного процесса, с одной стороны, является городское население, с другой стороны – предприятия перевозчики, несущие финансовые риски, связанные с осуществлением предпринимательской деятельности и осуществляющие выпуск транспортных средств на линию в соответствии с требованиями, установленными организатором перевозок. Взаимодействие обозначенных участников

транспортного процесса носит разнонаправленный характер, обусловленный, прежде всего, различием экономических интересов.

В описанных условиях организатор перевозок, в роли которого, как правило, выступает администрация муниципального образования, решает задачу обеспечения баланса, предполагающего обеспечение экономических интересов сторон (минимизация затрат населения на оплату транспортных услуг при обеспечении заданного уровня рентабельности транспортной деятельности со стороны перевозчика). При этом организатор перевозок формирует требования к качеству транспортного обслуживания по показателям доступности, регулярности, надёжности и комфортабельности.

Нарушение обозначенного финансового баланса приводит к снижению привлекательности городского транспорта общего пользования для населения либо по причине высокой стоимости оказываемых услуг, либо по причине снижения показателей качества, обусловленного недостаточной рентабельностью перевозочного процесса. Известными последствиями отказа населения от услуг транспорта общего пользования являются: снижение социальной и экономической активности (особенно малообеспеченных слоёв); увеличение уличных заторов и экологической нагрузки на городскую среду.

В обозначенных условиях, для обеспечения баланса финансовых интересов представленных выше участников, в пределах полномочий организатора перевозок целесообразна реализация комплекса мероприятий, направленных на повышение эффективности транспортного процесса. К числу таких мероприятий относятся: организация дорожного движения, позволяющая обеспечить беспрепятственное движение городского транспорта общего пользования; формирование рациональной маршрутной сети, соответствующей требованиям к качеству и обеспечивающей равномерную загрузку подвижного состава по направлениям и участкам маршрутов; структурирование парка подвижного состава, обеспечивающего максимальную эффективность транспортного процесса при соблюдении требований к его качеству.

Формирование парка транспортных средств является процессом,

реализуемым в рамках среднесрочного и долгосрочного планирования, достаточно капиталоемким и для хозяйствующих субъектов, связанным со значительными финансовыми рисками. Сформированный парк транспортных средств, закреплённых за каждым из регулярных маршрутов, обладает фиксированной провозной возможностью, в полной мере реализуемой в часы пиковых нагрузок. Очевидно, что максимальная эффективность транспортного процесса обеспечивается при полном совпадении спроса на транспортные услуги и провозной возможности парка. Ввиду нестационарности пассажиропотоков, которые циклически меняются по сезонам года, дням недели, времени суток, направлениям и участкам маршрута, такое совпадение может быть обеспечено лишь фрагментарно и не является стабильным. Нестабильность объясняется тем, что пассажиропотоки, определённые для одних и тех же временных периодов и одних и тех же участков маршрута, можно рассматривать как случайную величину, определяемую с некоторой долей вероятности.

В таких условиях невозможно добиться полного совпадения спроса на транспортные услуги и провозной возможности парка, а максимальная эффективность транспортного процесса обеспечивается в условиях максимально-возможной вероятности данного совпадения.

## **1.2 Анализ факторов, определяющих эффективность перевозки пассажиров по регулярным маршрутам городского пассажирского транспорта**

Эффективность какого-либо мероприятия, реализованного в отношении какой-либо сложной системы, является его относительным и комплексным показателем. Относительность данного показателя обуславливается необходимостью проведения сравнения проектного (реализованного или не реализованного) состояния системы с заданным состоянием, выбранным в качестве базы сравнения.

Комплексность понятия эффективности, применяемого в отношении сложной системы, объясняется многопараметрическим характером оценки работы функционирования такой системы.

Эффект от рациональной организации пассажирских перевозок можно условно разделить на прямой и косвенный. Прямой эффект в основном состоит в увеличении прибыли перевозчиков и, соответственно, в увеличении суммы налогов в бюджеты различных уровней. Косвенный эффект выражается в экономии времени пассажиров в пути, уменьшении времени ожидания на остановочных пунктах, обеспечении высокого уровня безопасности, сокращении экологической нагрузки на окружающую среду и т.п. [84].

Применительно к городскому пассажирскому транспорту общего пользования, в качестве критериев оценки эффективности мероприятий, направленных на совершенствование функционирования системы, традиционно рассматривают: экономические и экологические показатели, показатели безопасности и показатели, определяющие качество транспортного обслуживания населения. Данный комплексный показатель играет первостепенную роль в логистике обслуживания пассажиров. Показатель качества транспортного обслуживания определяется совокупностью факторов, каждый из которых характеризует уровень удовлетворения транспортного спроса пассажиров (комфортабельность, регулярность, доступность, надёжность и т.д.). Решению данных вопросов посвящены труды Т.В. Коноваловой, В.Ш. Крупника, В.А. Максимова, Б.А. Минина, В.Н. Прохорова и других авторов [53, 57, 64, 66, 67, 75, 91, 94, 99].

В рамках выполненного диссертационного исследования, основными регуляторами, формирующими деятельность городского пассажирского транспорта общего пользования, на современном этапе, являются экономические показатели. На практике, во многом исходя из экономических показателей, разрабатываются мероприятия, направленные на повышение других показателей, которые могут быть использованы в качестве критериев оценки эффективности функционирования транспортной системы.

Исходя из обозначенного подхода, общие затраты на перевозку пассажиров по регулярным городским маршрутам приняты в качестве минимизируемой целевой функции, а показатели, определяющие качество транспортного обслуживания, формируют область ограничений при моделировании целевых показателей.

Оценку экономических показателей перевозки пассажиров по регулярным маршрутам целесообразно произвести в соответствии с методикой, утверждённой Минтрансом РФ (Распоряжение № НА-37-р от 18 апреля 2013 г.) [73]. В соответствии с данной методикой, затраты на перевозку пассажиров по регулярным маршрутам включают в себя: расходы, непосредственно связанные с транспортным процессом – прямые; а также косвенные расходы.

Прямые расходы, как правило, включают в себя следующие затратные статьи:

- затраты на оплату труда кондукторов и водителей автобусов с отчислениями на социальные нужды;
- затраты на топливо;
- затраты на смазочные и эксплуатационные материалы;
- затраты на ремонт и восстановление шин;
- затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт;
- затраты на амортизацию транспортных средств;
- прочие расходы по основным видам деятельности.

Косвенные расходы включают в свой состав накладные, управленческие и коммерческие расходы.

Методы расчёта приведённых выше затратных статей и необходимый справочный материал изложены в ряде нормативных документов и работ таких учёных, как А.Ф. Гаменецкий, О.О. Замков, О.Ю. Матанцева [24, 47, 51, 87, 115, 118].

В соответствии с рассмотренной методикой, себестоимость перевозки одного пассажира определяется делением суммарных годовых эксплуатационных затрат на годовой объём перевозок. Исходя из условия

необходимости полного удовлетворения спроса на транспортные услуги, годовой объём перевозок в рамках проводимого анализа можно рассматривать как постоянную величину. Следовательно, основным направлением снижения средней себестоимости перевозки пассажира является уменьшение эксплуатационных затрат.

Структурирование эксплуатационных затрат позволяет разделить их на две группы:

- первая группа – затраты, пропорционально зависящие от пробега транспортных средств;

- вторая группа – затраты, определяемые состоянием средств производства – структурой парка транспортных средств и структурными параметрами производственно-технической базы.

Исходя из такого структурирования, для подавляющего числа транспортных систем верно утверждение, что снижение эксплуатационных затрат может быть достигнуто за счёт реализации мероприятий, обеспечивающих снижение общего пробега транспортных средств и (или) мероприятий, направленных на сокращение численности транспортных средств, закреплённых за маршрутами городского пассажирского транспортного комплекса. К числу таких мероприятий, наряду с такими масштабными проектами, как совершенствование улично-дорожной и маршрутной сети, внедрение новых видов городского транспорта общего пользования, несомненно, относятся мероприятия по совершенствованию структуры парка транспортных средств и определению оптимального количества транспортных средств, закреплённого за каждым из регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта.

Указанное положение подтверждает актуальность исследования, представленного в данной диссертационной работе.

### **1.3 Обзор научных работ, нормативной и технологической документации по теме исследования**

Стратегическое управление процессами транспортного обслуживания городского населения в нашей стране, как правило, осуществляется органами местного самоуправления и реализуется транспортными предприятиями (перевозчиками) различных организационно-правовых форм. Одним из ключевых вопросов, решаемых в процессе управления, является определение структурных параметров парка транспортных средств, закреплённых за регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта.

Одним из основных факторов, определяющих структурные параметры парка транспортных средств, закреплённых за каждым из городских маршрутов, является пассажиропоток и его распределение по временным интервалам и участкам маршрутов. Численность транспортных средств, закреплённых за городским пассажирским маршрутом, определяется необходимостью выполнения двух условий: обеспечением регулярности перевозок (соблюдением заданного интервала движения транспортных средств); обеспечением необходимой провозной возможности транспортных средств, определяемой их способностью обеспечить перевозку всех пассажиров в пиковое время на наиболее нагруженных участках маршрута.

Параметры пассажиропотока, являющиеся исходными данными при определении численности транспортных средств, определяются на основе анализа информации, получаемой из различных источников, в том числе по результатам натурного обследования. Анализ результатов обследования пассажиропотоков, проведённых в различных муниципальных образованиях в различные периоды времени, позволяет сделать заключение об их вариации со значительными амплитудными параметрами, что, как правило, обусловлено совокупным воздействием комплекса внешних факторов, имеющих как системный, так и стохастический характер изменения. В зависимости от численности населения (согласно Градостроительному кодексу РФ) крупные и



крупнейшие города представляют собой городские поселения численностью соответственно от 250 тысяч до 1 миллиона человек и от 1 до 3 миллионов человек. Несмотря на различия в планировочной структуре, многие из них имеют типовые проблемы функционирования транспортных систем, обусловленные прежде всего процессом урбанизации: за счёт внутренней миграции население привлекательных, по ряду причин, городов увеличивается, что приводит к росту спроса на жильё и, как следствие, активной застройке территории городов. Разрастание городских территорий приводит к увеличению протяженности транспортных корреспонденций и числа поездок [65, 80].

Вероятностный характер формирования пассажиропотоков обусловлен влиянием таких внешних факторов, как погодные и дорожные условия, проведение культурно-массовых мероприятий, расписание движения смежных видов транспорта, расписание занятий в учебных заведениях города и рядом других факторов. Исходя из этого, решение о закреплении парка транспортных средств определённой пассажироместимости и численности за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта является решением, принимаемым в условиях риска. Риск может быть определён как вероятность неблагоприятных событий, заключающихся в несоответствии спроса на услуги пассажирского транспорта и провозной возможности парка транспортных средств, закреплённых за маршрутом. Причём при фиксированной провозной возможности парка транспортных средств существует вероятность как неудовлетворённого спроса, так и вероятность избыточной провозной возможности.

Неудовлетворённость спроса на услуги транспорта может быть двух видов:

- неудовлетворение требований к качеству транспортного обслуживания по параметру наполняемости (вероятен добровольный отказ пассажира от услуг пассажирского транспорта при наличии физической возможности воспользоваться данными услугами);

- отсутствие физической возможности воспользоваться услугами пассажирского транспорта; этот вид риска является недопустимым.

Исследование и анализ изменения объёмов перевозок пассажиров, выполненные на примере городского пассажирского транспорта города Краснодар [90, 94], позволяют сделать заключение о систематическом повышении требований к качеству транспортного обслуживания со стороны городского населения. Отмечено, что при увеличении численности городского населения наблюдается тенденция стабилизации объёмов перевозок, выполняемых транспортом общего пользования, обозначился вектор его снижения. Сложившаяся тенденция объясняется возрастающим уровнем автомобилизации населения, снижением привлекательности пассажирского транспорта общего пользования.

Исходя из обозначенной проблемы, существует потребность в разработке методической базы, позволяющей сформировать оптимальный стратегический подход к определению численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом.

На первоначальном этапе проведённого исследования выполнен обзор научных работ, нормативной и методической документации в области организации перевозок по регулярным маршрутам городского пассажирского транспорта.

В ходе проведения литературного обзора установлено, что вопросам организации работы городского пассажирского транспорта, эффективного использования подвижного состава, повышения качества транспортного обслуживания городского населения посвящены научные работы ряда отечественных учёных – М.Е. Антошвили, Г.В. Бойко, А.А. Богомолова, Г.А. Варелопуло, А.В. Вельможина, Ю.Л. Власова, Е.П. Володина, П.П. Володькина, В.Д. Герами, В.А. Гудкова, В.В. Дедюкина, Д.А. Дрючина, И.С. Ефремова, М.Е. Корягина, Е.А. Кравченко, В.М. Курганова, О.Н. Ларина, Л.Б. Миротина, Д.Х. Нестеренко, Д.М. Новосёлова, А.И. Петрова, И.Н. Пугачева, В.И. Рассохи, И.В. Спирина, А.И. Фадеева, М.Р. Якимова,

Н.Н. Якунина, Н.В. Якуниной [5, 7, 8, 12, 13, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 31, 32, 33, 34, 40, 41, 42, 43, 46, 48, 54, 56, 58, 57, 60, 61, 63, 65, 69, 70, 76, 77, 85, 86, 88, 89, 92, 93, 100, 102, 103, 107, 111, 112, 113, 114, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133] и других авторов. Работы перечисленных исследователей сформировали научно-методическую базу, позволяющую решить актуальные проблемы и прикладные задачи в области организации перевозок пассажиров городским транспортом общего пользования. Практическая реализация результатов научных работ указанных авторов послужила основой для разработки организационно-технологических решений, направленных на повышение эффективности функционирования городских транспортных систем, повышение комфортности городской среды, формирование условий для устойчивого социально-экономического развития городских территорий.

Основные положения известных научных трудов использованы при разработке следующих основных нормативных и правовых документов в предметной области:

- Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30 июня 2015 г. № 220-ФЗ [122];

- Постановление Правительства РФ от 1 октября 2020 г. № 1586 «Об утверждении Правил перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» [95];

- Приказ Министерства транспорта РФ от 30 апреля 2021 г. № 145 «Об утверждении Правил обеспечения безопасности перевозок автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» [97];

- Распоряжение Министерства транспорта РФ от 18 апреля 2013 г. № НА-37-р «О введении в действие Методических рекомендаций по расчёту экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в

городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования» [73];

- Распоряжение Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» [101].

Основные положения указанных документов нашли применение при разработке теоретической и прикладной частей данной научной работы.

По результатам обзора выявлено, что в известных научных работах и нормативных документах при решении вопросов оптимизации структуры подвижного состава, обслуживающего регулярные маршруты, не учитываются вероятностные характеристики спроса на услуги пассажирского транспорта, формируемого под влиянием множества внешних воздействий, имеющих случайный характер.

На начальном этапе исследования выдвинута гипотеза о том, что планирование транспортной деятельности с учётом обозначенной особенности позволит оптимизировать численность транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, что позволит повысить эффективность транспортного процесса.

На основе результатов анализа информации, содержащейся в литературных источниках, установлено, что ключевым фактором, оказывающим влияние на оптимальные структурные параметры парка транспортных средств, обеспечивающие максимальную эффективность транспортного процесса, является объём перевозок и его распределение по временным периодам и участкам маршрутов. Распределение пассажиропотоков определяется множеством случайных факторов, и, в свою очередь, является случайной величиной, прогнозируемой с определяемой вероятностью. Следовательно, решения по управлению процессом транспортного обслуживания населения являются решениями, принимаемыми в условиях

риска.

Известной методической основой определения стратегических подходов к управлению сложными системами в условиях риска и неопределённости являются теоретические положения, описанные в трудах Е.С. Вентцеля, А.Д. Вильсона, Ф. Гилла, Ю.Г. Котикова, О. Моргенштерна, Э. Мулена, Дж. Неймана, Д. Неша, Л. Самуэльсона, Т. Шеллинга и других авторов [14, 15, 29, 55, 78, 79, 106, 115, 123].

Выполненный анализ позволил сделать заключение о возможности и целесообразности учёта вероятностных характеристик спроса на услуги городского пассажирского транспорта для решения задачи оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта.

Практическая реализация данных методов для решения поставленной задачи, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, предполагает разработку методов вычисления потенциальных ущербов, обусловленных как избытком, так и недостатком количества транспортных средств, закреплённых за рассматриваемыми маршрутами. Разработка данных методов, а также составление алгоритма их применения в соответствии с основными положениями теории управления большими системами в условиях риска составляет задачу, решаемую во втором разделе диссертационной работы.

#### **1.4 Выводы по первому разделу, цель и задачи исследования**

На основании вышеизложенного материала сформулирована **цель исследования** – повышение эффективности транспортного обслуживания населения за счёт оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярные городские маршруты в периоды пиковых нагрузок.

На основании результатов литературного обзора и общей логики

научного исследования, определены **задачи**, решение которых обеспечивает достижение поставленной цели:

- обоснование целесообразности установления соотношения количества транспортных средств, обслуживающих регулярные городские маршруты и вариации спроса на транспортные услуги в периоды пиковых пассажиропотоков;

- разработка методики оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, предполагающей учёт вариации спроса на транспортные услуги в периоды пиковых пассажиропотоков;

- определение численных значений расчётных параметров, позволяющих обеспечить практическое применение разработанной методики в отношении транспортных средств, обслуживающих регулярные городские маршруты пассажирского транспорта;

- оценка эффективности применения разработанной методики.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Формирование пассажиропотоков на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта

Как известно, пассажиропотоки регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта являются реализацией транспортных корреспонденций населения, осуществлённых в рамках существующей маршрутной сети. Все корреспонденции городского населения делятся на пешеходные и транспортные. В соответствии с принятой классификацией, все транспортные корреспонденции, исходя из различных классификационных признаков, делятся на несколько групп и подгрупп.

По уровню фактической реализованности различают: латентные, фактические, реализованные, нереализованные и абсолютные корреспонденции.

По назначению различают: трудовые, учебные, зрелищные, культурно-просветительные, бытовые, с целью активного отдыха и др.

Категории населения с регламентированной занятостью формируют стабильные и прогнозируемые с высокой степенью достоверности трудовые, бытовые и культурно-просветительные корреспонденции. Годовое количество поездок данных категорий населения может варьироваться лишь вследствие очередных и внеочередных отпусков, дней нетрудоспособности по болезни или другим причинам.

Количество учебных корреспонденций, производимых обучающимися школ, техникумов и вузов стабильно лишь в периоды проведения занятий, которые прерываются каникулами, периодами зачётных и экзаменационных сессий. Прерывность учебного графика определяет вариативность данного вида корреспонденций и определяемых ими пассажиропотоков. Дополнительную нагрузку на транспортную систему города создают сопутствующие учебным корреспонденциям передвижения лиц, сопровождающих младших школьников

и детей, посещающих дошкольные учреждения. Дополнительной особенностью данного вида корреспонденций является их концентрированный характер в утренние часы и размытые параметры в часы окончания учебных занятий, что также вносит некоторую долю вариативности в общее распределение пассажиропотоков. Следует также отметить, что обучающаяся молодёжь является наиболее активной частью населения, использующей для передвижения транспорт общего пользования. Данная группа во многом формирует пассажиропоток, обусловленный реализацией зрелищных и культурно-развлекательных корреспонденций.

Наиболее вариативной составляющей общих пассажиропотоков являются пассажиропотоки, формируемые населением с нерегламентированным графиком занятости. К этой группе целесообразно отнести пенсионеров, самозанятых, работающих по свободному графику, безработных и др. Очевидно, что увеличение доли населения, относимого к данной категории, приводит к повышению стохастичности пассажиропотоков городского регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта.

Исходя из вышеизложенного, с высокой степенью достоверности можно предположить, что структурный состав городского населения, определяемый уровнем и характером занятости, распределением по возрастным группам, уровнем дохода, образования и другими параметрами, во многом определяет не только количественные, но и вероятностные характеристики пассажиропотоков, их распределение по времени. Изучение данных вопросов является темой отдельного исследования. Установлено, что пассажиропотоки регулярных городских маршрутов для любого временного интервала являются вероятностной величиной, зависящей, в том числе, от структурного состава городского населения.

Исходя из описанных тенденций, пассажиропотоки регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта имеют выраженную цикличность, характеризующуюся серией вложенных циклов.

Цикл первого уровня характеризует распределение годового объёма



перевозок по неделям года. Основными трендами, определяющими форму данного цикла, являются изменения пассажиропотоков, связанных с учебными корреспонденциями, с периодами летних отпусков, началом и окончанием дачного сезона. В курортных и туристических регионах значительный вклад в параметры годовой цикличности вносят туристические пассажиропотоки.

Примерный вид графика, иллюстрирующего распределение годового объёма перевозок по неделям года, представлен на рисунке 2.1.

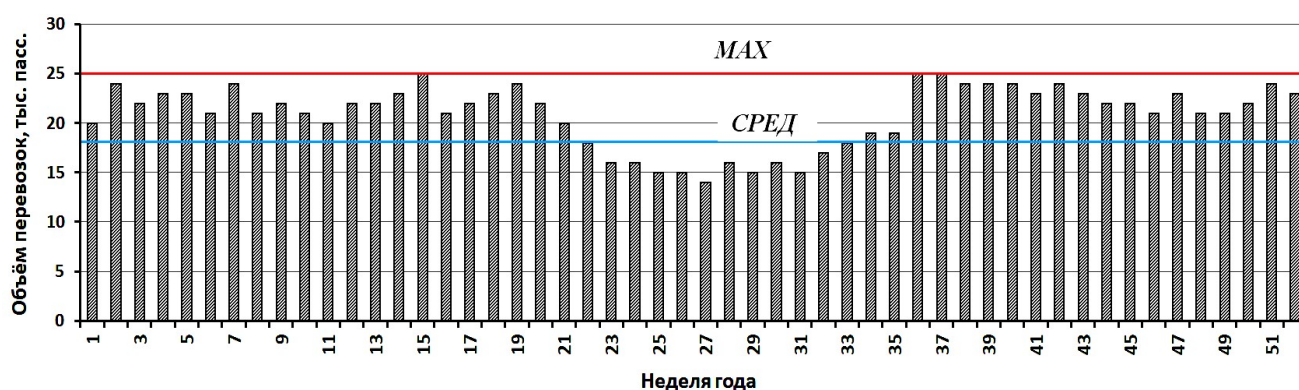


Рисунок 2.1 – Примерный вид графика, характеризующего распределение годового объёма перевозок по неделям года

Циклы второго уровня характеризуют распределение недельных объёмов перевозок по дням недели. Здесь очевидно влияние трудовых и учебных корреспонденций, отсутствующих в выходные дни. Дополнительный вклад в формирование недельного распределения вносят корреспонденции культурно-развлекательного и бытового характера.

Примерный вид графика, характеризующего распределение недельного объёма перевозок по дням недели, представлен на рисунке 2.2.

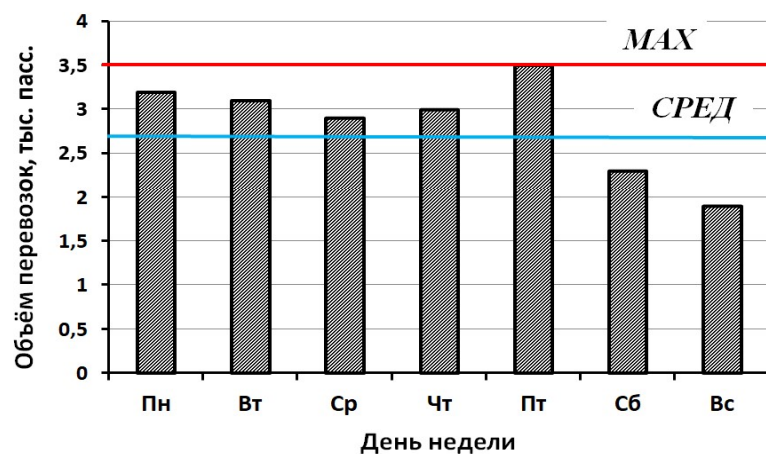


Рисунок 2.2 – Примерный вид графика, характеризующего распределение недельного объёма перевозок по дням недели

Циклы третьего уровня характеризуют распределение объёмов перевозок по времени суток. Очевидно, что в большинстве муниципальных образований решающую роль в формировании данного распределения играют трудовые и учебные корреспонденции. Исходя из этого, время пиковых периодов определяется режимом работы предприятий города и учебных заведений. Стабильность данного распределения определяется долей населения с нерегламентированным режимом работы. Примерная форма распределения суточных объёмов перевозок по времени суток приведена на рисунке 2.3.

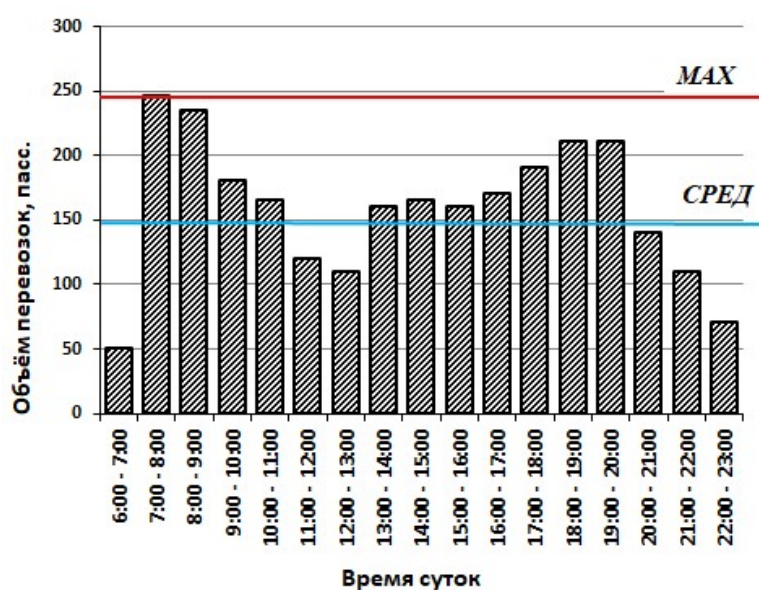


Рисунок 2.3 – Примерный вид графика, характеризующего распределение суточного объёма перевозок по времени суток

Цикл четвёртого уровня характеризует распределение пассажиропотоков по участкам маршрута. Это распределение определяется расположением объектов, формирующих пассажиропотоки, на территории города. Стабильность данного распределения так же, как и распределения по времени суток, определяется долей населения с нерегламентированным временем занятости. Примерный вид такого распределения представлен на рисунке 2.4.

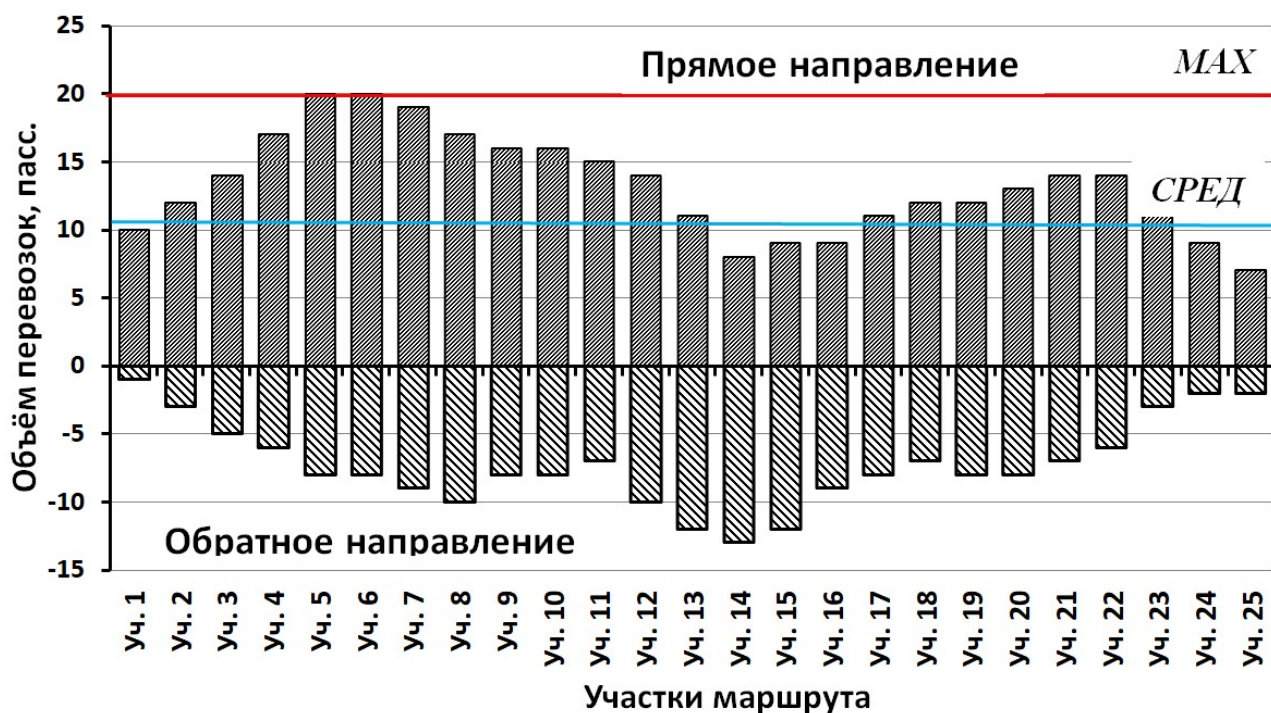


Рисунок 2.4 – Примерный вид графика, характеризующего распределение объёма перевозок по участкам маршрута

Ввиду того, что пассажиропотоки формируются транспортными корреспонденциями различных типов, причём часть корреспонденций является нерегулярными, реализуемыми под влиянием множества случайных факторов, сопоставление графиков распределения суточных объёмов перевозок по часам суток, полученных в разные дни, позволяет выявить расхождения, проиллюстрированные на рисунке 2.5.

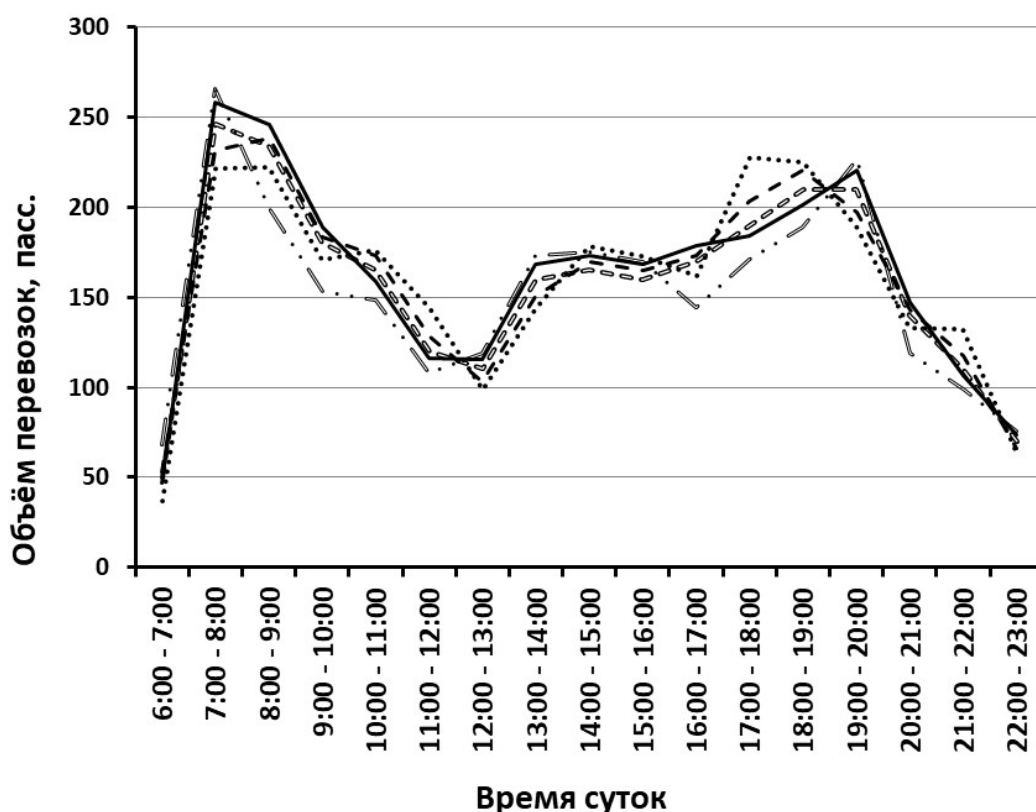


Рисунок 2.5 – Сравнение распределений суточных объёмов перевозок по времени суток для нескольких идентичных замеров

Определение проектных и технологических параметров транспортного процесса на регулярных маршрутах городского пассажирского транспортного комплекса, как правило, базируется на прогнозируемых значениях пассажиропотоков, определяемых для заданного периода.

Прогнозирование случайной величины производится с определённой вероятностью, характеризующей точность прогноза.

Результат измерения пассажиропотоков, выполненного в течение заданного сезона, в одно и тоже время, на одном и том же участке маршрута, является дискретной случайной величиной, исследуемой исходя из основных положений теории вероятностей.

Исходя из обозначенного подхода, пассажиропоток в заданный период времени на заданном участке маршрута как случайная величина описывается следующими параметрами:

- функцией распределения  $F(x)$ , характеризующей вероятность того, что

текущее значение случайной величины меньше заданного значения «х» в пределах, ограниченных возможным интервалом изменения;

- плотностью вероятности  $f(x)$  (плотностью распределения), производной от функции распределения по текущей переменной  $f(x) = dF(x)/dx$ ; плотность вероятности позволяет определить частоту повторений заданного значения случайной величины;

- математическим ожиданием, характеризующим среднее значение случайной величины на интервале, установленном её областью определения;

- дисперсией, характеризующей рассеивание (разброс) случайной величины от её среднего значения; по своей сути дисперсия является математическим ожиданием квадрата отклонений случайной величины от её среднего значения; размерность дисперсии – квадрат размерности случайной величины;

- средним квадратическим отклонением – квадратным корнем из дисперсии; размерность данного параметра соответствует размерности случайной величины;

- коэффициентом вариации – отношением среднего квадратического отклонения к математическому ожиданию; данный параметр является безразмерным и используется для сравнения случайных величин, имеющих разную размерность или разный масштаб исследуемого процесса.

Большинство случайных величин описываются формализованными законами распределения. Наиболее вероятным законом, описывающим пассажиропотоки регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта как случайной величины, является нормальный закон распределения.

Плотность вероятности случайной величины, соответствующей нормальному закону распределения, описывается выражением:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.1)$$

где  $\mu$  – математическое ожидание случайной величины;

$\sigma^2$  – дисперсия случайной величины;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение случайной величины.

В соответствии с данным выражением, наиболее вероятным является значение случайной величины, соответствующее математическому ожиданию. Значение максимальной вероятности может быть определено по формуле:

$$P_{MAX} = f(\mu) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}. \quad (2.2)$$

Соответствующая данному закону интегральная функция распределения случайной величины имеет вид:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (2.3)$$

Математическое описание пассажиропотоков как случайной величины позволяет произвести моделирование их значений и реализовать методику оптимизации численности транспортных средств, закреплённых за регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта.

## **2.2 Математическая модель учёта вариации спроса на транспортные услуги при определении оптимальной численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта**

Определение численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, является типовой задачей, решаемой организаторами пассажирских перевозок в рамках выполнения своих прямых обязанностей. Как было отмечено выше, эффективность решения данной задачи определяется такими условиями, как:

полнота удовлетворения спроса на услуги пассажирского транспорта; обеспечение заданных экономических показателей реализации транспортного процесса; заданный уровень качества транспортного обслуживания населения. Структурные параметры парка транспортных средств, характеризующиеся такими показателями, как численность транспортных средств и их пассажировместимость, оказывают непосредственное влияние на такие ключевые показатели качества транспортного процесса, как:

- обеспечение необходимой провозной возможности парка, соответствующей спросу на транспортные услуги;
- обеспечение заданной регулярности перевозок, определяемой установленными значениями максимально-допустимых интервалов движения.

Данные условия положены в основу ряда известных научных и прикладных методов определения оптимальной численности и пассажировместимости транспортных средств, закреплённых за регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта [5, 17, 62, 74, 81, 82, 83, 91, 111, 119, 129, 132, 133].

Удовлетворение спроса на транспортные услуги определяется соответствием провозной возможности парка величине данного спроса. Провозная возможность парка транспортных средств определяется их пассажировместимостью и количеством, проходящим по участку маршрута за единицу времени.

Расчёт количества пассажирских транспортных средств, обеспечивающих выполнение данного условия, производится по формуле:

$$N_{ABT}^{\min I} = \frac{Q_{МАРШ}^{MAX} \cdot L_{МАРШ}}{P \cdot V_{МАРШ}^{cp} \cdot \gamma}, \quad (2.4)$$

где  $Q_{МАРШ}^{MAX}$  – часовой объём перевозок на наиболее нагруженном участке маршрута в часы пиковых нагрузок, пасс/час;

$L_{МАРШ}$  – протяжённость оборотного рейса, км;

$P$  – номинальная пассажировместимость транспортных средств, чел.;

$V_{МАРШ}^{CP}$  – средняя скорость движения транспортных средств на маршруте, км/ч;

$\gamma$  – коэффициент наполнения салона, определяемый установленными требованиями к качеству транспортного обслуживания населения.

Численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом, должна быть не ниже значения, определённого по формуле (2.4). Это является условием обеспечения первого из обозначенных выше требований к качеству транспортного обслуживания населения.

Выполнение второго требования к качеству транспортного обслуживания населения, при заданных параметрах маршрута и условий движения, определяется количеством подвижного состава, работающего на линии.

Выражение, позволяющее определить численность транспортных средств исходя из условия соблюдения заданного интервала движения, имеет вид:

$$N_{АВТ}^{min II} = \frac{L_{МАРШ}}{I^{max} \cdot V_{МАРШ}^{CP}}, \quad (2.5)$$

где  $I^{max}$  – установленный требованиями к качеству интервал движения транспортных средств на маршруте, час.

Интервал движения транспортных средств на маршруте определяет такие показатели качества транспортного обслуживания населения, как регулярность и доступность. Значения интервалов движения транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта, отражённые в социальном стандарте транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом, учитываются при составлении маршрутного расписания.

Для одновременного выполнения двух обозначенных условий в качестве итоговой численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом,



принимается максимальное значение из значений численности транспортных средств, определённых по формулам (2.4) и (2.5) [83].

На основе результатов анализа представленных выражений видно, что одним из ключевых параметров и единственным нестабильным параметром, определяющим необходимую численность транспортных средств на регулярных маршрутах городского транспорта, является часовой объём перевозок на наиболее нагруженном участке в часы пиковых нагрузок. На основе представленных выше рассуждений, на начальном этапе исследования выдвинута гипотеза, что данный параметр целесообразно рассматривать как случайную величину, изменяющуюся в устанавливаемых пределах и соответствующую определённому закону распределения.

Для определения численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом исходя из наличия требования по полному удовлетворению спроса на услуги транспорта, расчёт целесообразно произвести для максимального значения пассажиропотока, которое может быть реализовано в течение года. Для определения такого максимума необходимо произвести комплексное обследование всех вложенных циклов, характеризующих распределение объёмов перевозок по различным временным интервалам. Кроме того, в наиболее нагруженный период целесообразно произвести исследование распределения объёма перевозок по участкам маршрута с целью выявления наиболее нагруженного.

Как было отмечено выше, указанный пассажиропоток, определяемый на наиболее нагруженном участке маршрута, в рассматриваемом расчётном периоде является случайной величиной, определяемой с устанавливаемой вероятностью. В таких условиях оптимальная стратегия управления численностью транспортных средств может быть определена по результатам применения теории управления большими системами в условиях нестационарного спроса.

В соответствии с предлагаемым методическим подходом, транспортный процесс в условиях городского пассажирского транспорта может быть

представлен как процесс взаимодействия двух сторон. Одной из сторон является городская среда, формирующая спрос на услуги пассажирского транспорта в условиях комплексного воздействия случайных факторов. Вторая сторона – организатор перевозок – организационная структура, в ведении которой находится функция управления структурными параметрами парка транспортных средств, закреплённых за регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта.

Реализация теоретических положений управления большими системами в условиях стохастического спроса предполагает построение так называемой «платёжной матрицы», которая позволяет определить величину суммарного эффекта для всех возможных сочетаний спроса на транспортные услуги и провозной возможности парка транспортных средств. Описываемый метод опубликован в научных статьях Д.А. Дрючина, В.И. Рассохи [81, 82]. Платёжная матрица имеет вид таблицы 2.1. Поскольку спрос на транспортные услуги является случайной величиной, в последней строке таблицы указывается его вероятность для каждого из рассматриваемых диапазонов.

Таблица 2.1 – Платёжная матрица

Оценка сочетания стратегий $A_i$ и $P_j$	Спрос на услуги пассажирского транспорта, пасс/час.					
	$P_j \rightarrow$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
Провозная возможность парка, пасс/час.	$A_i$ ↓					
	$A_1$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$
	$A_2$	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	$X_{24}$	$X_{25}$
	$A_3$	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$	$X_{34}$	$X_{35}$
	$A_4$	$X_{41}$	$X_{42}$	$X_{43}$	$X_{44}$	$X_{45}$
	$A_5$	$X_{51}$	$X_{52}$	$X_{53}$	$X_{54}$	$X_{55}$
Вероятность спроса на транспортные услуги		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$

В таблице 2.1 использованы следующие обозначения:

$P_j$  – спрос на услуги городского пассажирского транспорта, пасс/час;

$A_i$  – провозная возможность парка транспортных средств, пасс/час;

$P_j$  – вероятность  $j$ -го значения спроса на услуги транспорта.

$X_{ij}$  – совокупный эффект при  $j$ -ом значении спроса на транспортные услуги и  $i$ -ом значении провозной возможности парка.

Построение платёжной матрицы осуществляется в условиях ограничений, установленных исходя из требований к качеству транспортного обслуживания населения. В плане решаемой задачи ключевыми являются ограничения, обусловленные требованиями по параметру комфортабельности, определяемой наполнением салона транспортных средств. Социальным стандартом [101] установлен критерий комфортной наполняемости салона транспортных средств (не более пяти человек на 1 м<sup>2</sup> свободной площади салона). Но, в то же время, номинальная наполняемость транспортных средств (в соответствии с техническими характеристиками), как правило, установлена исходя из более высокой наполняемости салона (около 8-9 человек на 1 м<sup>2</sup>). Следовательно, существует вероятность того, что при определённом соотношении спроса на услуги транспорта и провозной возможности парка пассажир может иметь физическую возможность воспользоваться услугами транспорта, но при этом не будет обеспечено качество оказываемых услуг по показателю наполняемости салона. В описанной ситуации существует вероятность отказа пассажира от использования услуг пассажирского транспорта с соответствующей потерей дохода.

Следовательно, расчёт провозной возможности парка (при условии удовлетворения требований к качеству транспортного обслуживания по показателю наполняемости салона) производится по формуле:

$$A = \frac{PB \cdot \gamma}{I} = \frac{PB \cdot \gamma \cdot V_{МАРШ}^{CP} \cdot N_{АВТ}}{L_{МАРШ}}, \quad (2.6)$$

где  $A$  – провозная возможность парка, пасс./час;

$PB$  – пассажировместимость транспортных средств, обслуживающих маршрут, пасс.;

$I$  – интервал движения транспортных средств на маршруте, час.;

$V_{МАРШ}^{CP}$  – средняя скорость движения транспортных средств на маршруте, км/ч;

$L_{МАРШ}$  – общая протяжённость оборотного рейса, км;

$\gamma$  – коэффициент наполнения салона, определяемый установленными требованиями к качеству транспортного обслуживания населения.

Исходя из установленного требования к полному удовлетворению спроса на транспортные услуги, определяемого как наличие у всей совокупности пассажиров физической возможности воспользоваться услугами городского пассажирского транспорта (без учёта возможности обеспечения заданного уровня качества), расчёт провозной возможности парка производится по формуле (2.6), но при этом коэффициент наполняемости салона принимается равным единице. Данное значение провозной возможности парка принимается в качестве минимально-допустимого  $A_{MIN}$  и является одним из ограничений в рамках реализуемого процесса оптимизации.

Исходя из данного ограничения, а также исходя из нецелесообразности проведения исследования вне диапазона вероятного спроса, определены границы численности парка, в рамках которых целесообразно производство моделирования.

Расчёт минимального значения численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, производится по формуле:

$$N_{MIN}^A = \frac{P_{MAX} \cdot L_{МАРШ}}{PB \cdot V_{МАРШ}^{CP}}, \quad (2.7)$$

где  $P_{MAX}$  – максимальное значение пассажиропотока на наиболее нагруженном участке маршрута, зафиксированное за период наблюдений, производимых в пиковое время, пасс./час.

Максимальное значение численности транспортных средств,

определяющее верхнюю границу исследуемого диапазона:

$$N_{MAX}^A = \frac{P_{MAX} \cdot L_{МАР}}{PB \cdot \gamma \cdot V_{МАРШ}^{CP}}. \quad (2.8)$$

Описанный метод определения структурных параметров парка транспортных средств, обслуживающих городские автобусные маршруты, представлен в публикации, отражающей содержание диссертационного исследования [83].

Дискретность (шаг) моделирования принимается равной приросту провозной возможности парка, обеспечиваемому изменением численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, на одно транспортное средство. Расчёт данной величины ( $\Delta A$ ) производится по формуле:

$$\Delta A = \frac{PB \cdot \gamma \cdot V_{МАРШ}^{CP}}{L_{МАРШ}}. \quad (2.9)$$

Следующим шагом в рамках реализуемого методического подхода, является вычисление значений совокупного эффекта при различных сочетаниях спроса на транспортные услуги и провозной возможности парка транспортных средств, закреплённых за маршрутом.

Значения совокупного эффекта определяются исходя из трёх возможных соотношений спроса на транспортные услуги и его удовлетворением:

1) спрос на транспортные услуги по перевозке пассажира удовлетворён с соблюдением требований к качеству – положительный эффект в объёме  $b_1$ ;

2) спрос на транспортные услуги удовлетворён с несоблюдением требований к качеству – отрицательный эффект в объёме  $-b_2$ ;

3) провозная возможность парка превышает спрос на перевозку пассажира (избыточное предложение) – отрицательный эффект в объёме  $-b_3$ .

Совокупный эффект при заданном соотношении спроса на транспортные услуги и провозной возможности парка определяется системой выражений:

$$\begin{cases} X_{ij} = \sum (\Pi_j \cdot b_1), & \text{при } A_i = \Pi_j \\ X_{ij} = \sum (\Pi_j \cdot b_1) + \sum ((\Pi_j - A_i) \cdot b_2), & \text{при } A_i < \Pi_j, \\ X_{ij} = \sum (\Pi_j \cdot b_1) + \sum ((A_i - \Pi_j) \cdot b_3), & \text{при } A_i > \Pi_j \end{cases} \quad (2.10)$$

где  $\Pi_j$  –  $j$ -е значение спроса на услуги городского пассажирского транспорта, пасс/час;

$A_i$  –  $i$ -е значение провозной возможности парка транспортных средств, закреплённых за маршрутом, пасс/час;

$b_1$  – положительный эффект, получаемый в результате обслуживания одного пассажира, руб.;

$b_2$  – отрицательный эффект, являющийся следствием отказа пассажира от услуг городского пассажирского транспорта, руб.;

$b_3$  – отрицательный эффект, являющийся следствием наличия вакантного места в салоне транспортного средства (избыточная провозная возможность), руб.

В соответствии с данными платёжной матрицы, осуществляется построение матрицы итоговых значений суммарного эффекта. В ячейки данной матрицы заносятся произведения совокупного эффекта, определенного для заданных соотношений спроса на транспортные услуги и провозной возможности парка транспортных средств, и вероятности соответствующего значения спроса. Вид данной матрицы проиллюстрирован в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2 – Матрица итоговых значений суммарного эффекта

A <sub>i</sub> \ П <sub>j</sub>	Выигрыши сочетаний					Суммарный эффект
	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>	
A <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> ·X <sub>11</sub>	P <sub>2</sub> ·X <sub>12</sub>	P <sub>3</sub> ·X <sub>13</sub>	P <sub>4</sub> ·X <sub>14</sub>	P <sub>5</sub> ·X <sub>15</sub>	Σ(P <sub>j</sub> ·X <sub>1j</sub> )
A <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> ·X <sub>21</sub>	P <sub>2</sub> ·X <sub>22</sub>	P <sub>3</sub> ·X <sub>23</sub>	P <sub>4</sub> ·X <sub>24</sub>	P <sub>5</sub> ·X <sub>25</sub>	Σ(P <sub>j</sub> ·X <sub>2j</sub> )
A <sub>3</sub>	P <sub>1</sub> ·X <sub>31</sub>	P <sub>2</sub> ·X <sub>32</sub>	P <sub>3</sub> ·X <sub>33</sub>	P <sub>4</sub> ·X <sub>34</sub>	P <sub>5</sub> ·X <sub>35</sub>	Σ(P <sub>j</sub> ·X <sub>3j</sub> )
A <sub>4</sub>	P <sub>1</sub> ·X <sub>41</sub>	P <sub>2</sub> ·X <sub>42</sub>	P <sub>3</sub> ·X <sub>43</sub>	P <sub>4</sub> ·X <sub>44</sub>	P <sub>5</sub> ·X <sub>45</sub>	Σ(P <sub>j</sub> ·X <sub>4j</sub> )
A <sub>5</sub>	P <sub>1</sub> ·X <sub>51</sub>	P <sub>2</sub> ·X <sub>52</sub>	P <sub>3</sub> ·X <sub>53</sub>	P <sub>4</sub> ·X <sub>54</sub>	P <sub>5</sub> ·X <sub>55</sub>	Σ(P <sub>j</sub> ·X <sub>5j</sub> )

В качестве стратегического подхода к решению задачи определения оптимальной численности транспортных средств принимается стратегия, обеспечивающая максимальное значение величины суммарного эффекта. Суммарный эффект определяется как построчная сумма значений, приведённых в таблице 2.2. Суммарный эффект принят в качестве критерия оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярный маршрут городского пассажирского транспорта. Формула (2.11), используемая для расчёта данного показателя, является целевой функцией исследования, максимальное значение которой соответствует оптимальной численности транспортных средств:

$$\mathcal{E}_{Ai} = \sum_1^j (P_j \cdot X_{ij}) \rightarrow MAX. \quad (2.11)$$

Исходя из установленной провозной возможности парка, обеспечивающей максимальное значение суммарного эффекта, производится расчёт численности транспортных средств, обеспечивающих данную провозную возможность:

$$N_{ABT} = \frac{A \cdot L_{МАРШ}}{ПВ \cdot \gamma \cdot V_{МАРШ}^{CP}}. \quad (2.12)$$

Вероятность отказа пассажиров от использования услуг городского пассажирского транспорта вследствие несоблюдения требований к их качеству или вероятность отсутствия физической возможности воспользоваться данными услугами наиболее высока в часы пиковых пассажиропотоков на наиболее нагруженных участках маршрута. Исходя из этого, изучение спроса на услуги пассажирского транспорта, в плане решения поставленной задачи, целесообразно организовать методом натурных обследований в часы пик на наиболее нагруженном участке маршрута.

Следующим шагом, обеспечивающим реализацию разработанного методического подхода, является вычисление составляющих системы

выражений (2.10), в частности, значения положительного и отрицательного эффектов, являющихся следствием как удовлетворения, так и неудовлетворения спроса на услуги транспорта, а также следствием избыточной провозной возможности парка.

Положительный эффект от перевозки одного пассажира  $b_1$  определяется как разница между утверждённым тарифом и себестоимостью перевозки одного пассажира, определённой для фактической численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом:

$$b_1 = T - CC = T - \frac{C_{1KM} \cdot L_{OB} \cdot m_{ГОД}}{Q_{ГОД}}, \quad (2.13)$$

где  $T$  – тариф на перевозку одного пассажира, руб.;

$CC$  – себестоимость перевозки одного пассажира, руб.;

$C_{1KM}$  – фактическая себестоимость одного километра пробега транспортного средства, руб.;

$L_{OB}$  – протяжённость оборотного рейса, км;

$m_{ГОД}$  – годовое количество оборотных рейсов, совершаемых транспортными средствами, обслуживающими маршрут, в соответствии с расписанием, ед.;

$Q_{ГОД}$  – годовой объём перевозок пассажиров на маршруте, пасс.

Расчёт себестоимости одного километра пробега транспортного средства производится в соответствии с методикой, утверждённой распоряжением Министерства транспорта РФ от 18 апреля 2013 г. № НА-37-р [73].

Часовое количество вероятных отказов пассажиров от услуг пассажирского транспорта вследствие превышения комфортной наполняемости салона транспортных средств может быть определено как разность между спросом на услуги пассажирского транспорта в пиковый период и провозной возможностью парка, определённой с учётом коэффициента наполнения соответствующего требованиям социального стандарта.

Общее количество вероятных отказов пассажиров эквивалентна площади



фигуры, ограниченной графиком изменения пассажиропотока на участках маршрута и прямой, соответствующей провозной возможности парка, определённой с учётом коэффициента наполнения, соответствующего требованиям социального стандарта (рисунок 2.6).

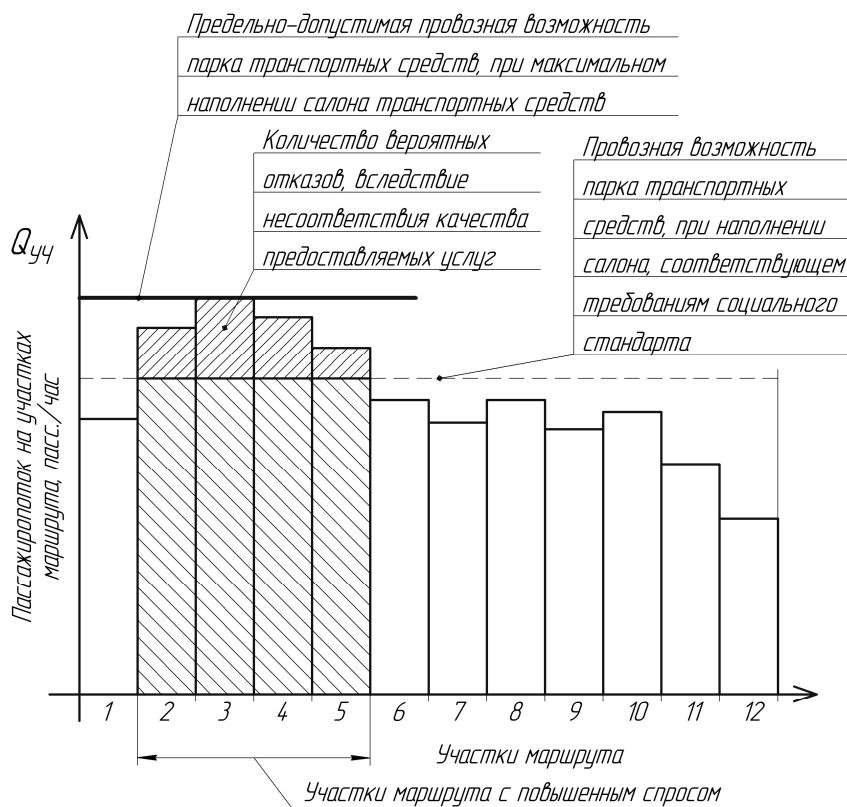


Рисунок 2.6 – Диаграмма спроса на услуги пассажирского транспорта при недостаточной провозной возможности парка

Отрицательный эффект, связанный с вероятным отказом пассажира от услуг пассажирского транспорта при недостаточной провозной возможности парка  $b_2$  устанавливается исходя из условия, что для удовлетворения требований к качеству оказываемых услуг предприятию перевозчику потребуется закрепить за маршрутом дополнительное количество транспортных средств, что, в свою очередь, отразится на себестоимости перевозки одного пассажира. Следовательно, величина  $b_2$  соответствует прибыли, полученной при себестоимости перевозки пассажира,

соответствующей численности транспортных средств, обеспечивающих удовлетворение требований по максимально-допустимой наполняемости салона. Расчёт производится по следующей формуле:

$$b_2 = T - CC^{MAX} = T - \frac{C_{1KM}^{MAX} \cdot L_{OB} \cdot m_{ГОД}^{MAX}}{Q_{ГОД}}, \quad (2.14)$$

где  $CC^{MAX}$  – себестоимость перевозки одного пассажира при численности транспортных средств, обеспечивающих удовлетворение требований по максимально-допустимой наполняемости салона в соответствии с заданным уровнем качества транспортного обслуживания населения, руб.;

$m_{ГОД}^{MAX}$  – годовое количество оборотных рейсов, совершаемых парком транспортных средств, численностью, обеспечивающей выполнение требований по максимально-допустимой наполняемости салона в соответствии с заданным уровнем качества транспортного обслуживания населения, ед.;

$C_{1KM}^{MAX}$  – себестоимость одного километра пробега при численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, обеспечивающей выполнение требований по максимально-допустимой наполняемости салона в соответствии с заданным уровнем качества транспортного обслуживания населения, руб./км.

Численность транспортных средств, обеспечивающих удовлетворение требований по максимально-допустимой наполняемости салона в соответствии с заданным уровнем качества транспортного обслуживания населения в данном случае определяется из выражения (2.8).

Годовое количество оборотных рейсов, совершаемых парком транспортных средств численностью, обеспечивающей выполнение требований по максимально-допустимой наполняемости салона  $m_{ГОД}^{MAX}$  определяется, исходя из существующего количества оборотных рейсов при помощи выражения:

$$m_{ГОД}^{MAX} = m_{ГОД} + \frac{(N_{MAX}^A - N_{ФАКТ}^A) \cdot T_{ПИК} \cdot D_{ПИК} \cdot V_{МАРШ}^{CP}}{L_{ОБ}}, \quad (2.15)$$

где  $m_{ГОД}$  – фактическое количество оборотных рейсов, совершаемых транспортными средствами, закреплёнными за маршрутом, за год, ед.;

$N_{MAX}^A$  – численность транспортных средств, обеспечивающих удовлетворение требований по максимально-допустимой наполняемости салона в соответствии с заданным уровнем качества транспортного обслуживания населения, ед.;

$N_{ФАКТ}^A$  – фактическая численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом, ед.;

$T_{ПИК}$  – суточная продолжительность пикового периода, час.;

$D_{ПИК}$  – количество дней в году с пиковыми пассажиропотоками, дни;

$V_{МАРШ}^{CP}$  – средняя скорость движения транспортных средств на маршруте, км/час;

$L_{ОБ}$  – длина оборотного рейса, км.

Отрицательный эффект  $b_3$ , являющийся следствием наличия вакантного места в салоне транспортного средства при наличии избыточной провозной возможности парка (рисунок 2.7), превышающей спрос на транспортные услуги, принят равным себестоимости перевозки пассажира, определённой при условии наполняемости салона транспортного средства, соответствующей требованиям к качеству транспортного обслуживания населения.

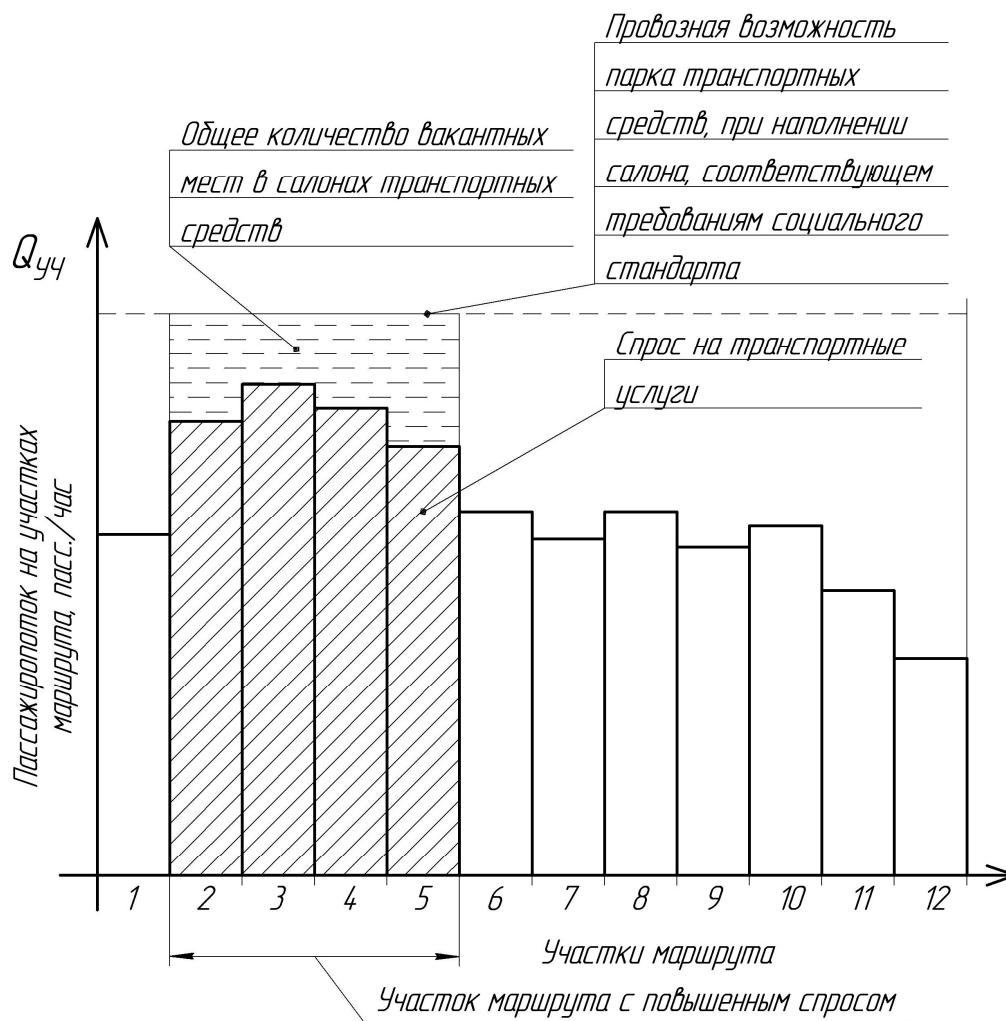


Рисунок 2.7 – Диаграмма спроса на услуги пассажирского транспорта при избыточной провозной возможности парка

Расчёт численного значения величины  $b_3$  производится по формуле:

$$b_3 = -CC_1 = -\frac{C_{1KM} \cdot L_{об} \cdot n_1}{ПВ \cdot n_M}, \quad (2.16)$$

где  $CC_1$  – себестоимость перевозки одного пассажира при условии наполняемости салона транспортного средства, соответствующей требованиям к качеству транспортного обслуживания населения, руб./пасс.;  $n_1$  – среднее количество перегонов между остановочными пунктами, проезжаемых одним пассажиром, ед.;

$n_M$  – общее количество перегонов между остановочными пунктами исследуемого маршрута, ед.

Как было отмечено выше, спрос на услуги пассажирского транспорта в рамках проведённого исследования рассматривается как случайная величина с известным диапазоном изменения и установленной функцией распределения.

Вероятность заданного значения спроса на услуги городского пассажирского транспорта определяется по результатам натурного обследования как отношение количества дней с заданным значением спроса (в границах установленного отклонения) к общему количеству наблюдений.

Таким образом, могут быть определены все составляющие, необходимые для применения представленных теоретических положений при решении задачи оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта.

### **2.3 Расчёт показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта**

Предложенный методический подход предполагает выполнение расчёта показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта. В частности, себестоимости одного километра пробега и себестоимости перевозки одного пассажира при заданных параметрах наполняемости салона транспортных средств.

Для решения данной задачи за основу приняты положения, изложенные в методических рекомендациях по расчёту экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования, утверждённых распоряжением Министерства транспорта РФ № НА-37-р от 18 апреля 2013 г. [73].

Анализ экономических показателей эксплуатации транспортных средств и методы их расчёта изложены в работах А.А. Бачурина, В.В. Валдина,

Д.А. Дрючина, Т.В. Коноваловой, В.А. Максимова, О.Ю. Матанцевой, [4, 11, 41, 51, 53, 58, 68, 72, 90, 90, 125].

Себестоимость одного километра пробега транспортных средств определяется как сумма затратных статей, упоминаемых в обозначенных работах. Расчётная формула имеет вид:

$$S_{AiKM} = P_{OTiKM} + CP_{OTiKM} + P_{TiKM} + P_{CmiKM} + P_{ШiKM} + P_{TOiKM} + AM_{iKM} + ПКР_{iKM}, \quad (2.17)$$

где  $P_{OTiKM}$  – удельные затраты на оплату труда линейного персонала, руб./км;

$CP_{OTiKM}$  – отчисления на социальные нужды от величины удельных затрат на оплату труда линейного персонала, руб./км;

$P_{miKM}$  – удельные затраты на топливо, руб./км;

$P_{CmiKM}$  – удельные затраты на смазочные материалы, руб./км;

$P_{ШiKM}$  – удельные затраты на восстановление и замену шин, руб./км;

$P_{moiKM}$  – удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт транспортных средств, руб./км;

$AM_{iKM}$  – удельные затраты на амортизацию подвижного состава, руб./км;

$ПКР_{iKM}$  – прочие косвенные расходы, отнесённые к пробегу транспортных средств, руб./км.

Методические рекомендации по расчёту экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа, утверждённые Министерством транспорта Российской Федерации [73], содержат формулы и справочный материал, позволяющие выполнить расчёт всех слагаемых формулы (2.17).

В рамках выполненного исследования, применительно к рассматриваемому регулярному маршруту городского пассажирского транспорта, все перечисленные затратные статьи разделены на две группы: первая группа – затраты, пропорционально зависящие от общего годового пробега транспортных средств на маршруте; вторая группа – затраты, пропорционально зависящие от численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом.

К первой группе отнесены: затраты на топливо, затраты на смазочные материалы, затраты на восстановление и замену шин, затраты на техническое обслуживание и ремонт транспортных средств.

Во вторую группу включены: затраты на оплату труда линейного персонала с отчислениями на социальные нужды; затраты на амортизацию подвижного состава, прочие косвенные расходы.

Исходя из обозначенного подхода, преобразованное обобщённое выражение для расчёта удельных затрат (себестоимости) на один километр пробега имеет вид:

$$S_{\text{АиКМ}} = \frac{(P_{\text{ТикМ}} + P_{\text{СМикМ}} + P_{\text{ШикМ}} + P_{\text{ТоикМ}}) \cdot L_{\text{ГОД}} + (P_{\text{ОТiНА}} + CP_{\text{ОТiНА}} + AM_{\text{iНА}} + ПКР_{\text{iНА}}) \cdot N_{\text{А}}}{L_{\text{ГОД}}}, \quad (2.18)$$

где  $L_{\text{ГОД}}$  – общий годовой пробег транспортных средств, закреплённых за маршрутом, км;

$N_{\text{А}}$  – количество транспортных средств, закреплённых за маршрутом, ед.;

$P_{\text{ОТiНА}}$  – удельные годовые затраты на оплату труда линейного персонала, приходящиеся на одно транспортное средство, руб./ед.;

$CP_{\text{ОТiНА}}$  – отчисления на социальные нужды от величины удельных затрат на оплату труда линейного персонала, приходящихся на одно транспортное средство, руб./ед.;

$AM_{\text{iНА}}$  – удельные годовые затраты на амортизацию подвижного состава, приходящиеся на одно транспортное средство руб./ед.;

$ПКР_{\text{iНА}}$  – прочие косвенные расходы, отнесённые к численности подвижного состава, руб./км.

Выполненное преобразование итогового выражения позволяет произвести аналитическое исследование влияния численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта, и интенсивности их эксплуатации на величину себестоимости одного километра пробега.

Представленный методический подход нашёл реализацию при разработке программы для ЭВМ, позволяющей снизить трудоёмкость вычислительных операций, выполняемых в процессе определения оптимальной численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта.

#### **2.4 Алгоритм определения численности транспортных средств, обслуживающих регулярный маршрут городского пассажирского транспорта в пиковое время**

Область применения разработанной методики ограничена действующими регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта со стохастически изменяющимися пассажиропотоками и фиксированным парком транспортных средств, обслуживающих маршрут. Таким образом, методика не применима к проектируемым маршрутам с пассажиропотоками, определяемыми на основе прогноза.

Другим фактором, ограничивающим область применения результатов исследования, является условие, определяющее численность транспортных средств, закреплённых за действующим маршрутом. Как было отмечено выше, такими условиями являются: обеспечение заданного значения интервала движения транспортных средств на маршруте и формирование провозной возможности парка, обеспечивающей полное удовлетворение спроса на транспортные услуги, в том числе на наиболее нагруженных участках в часы пиковых пассажиропотоков. Методика применима для случаев формирования парка, исходя из второго условия. По результатам исследования определяется оптимальная численность транспортных средств, обслуживающих маршрут.

Исходными данными, обеспечивающими практическое применение разработанной методики, являются:

- численность и модельный ряд транспортных средств, закреплённых за маршрутом;



- технико-экономические характеристики моделей транспортных средств, закреплённых за маршрутом;
- распределение годового объёма перевозок по вложенным циклам типовых временных интервалов;
- вероятностные характеристики пассажиропотоков, определённые для наиболее нагруженного участка маршрута в часы пик (результаты натурных обследований);
- паспортные данные маршрута.

Схема описанного алгоритма приведена на рисунке 2.8.

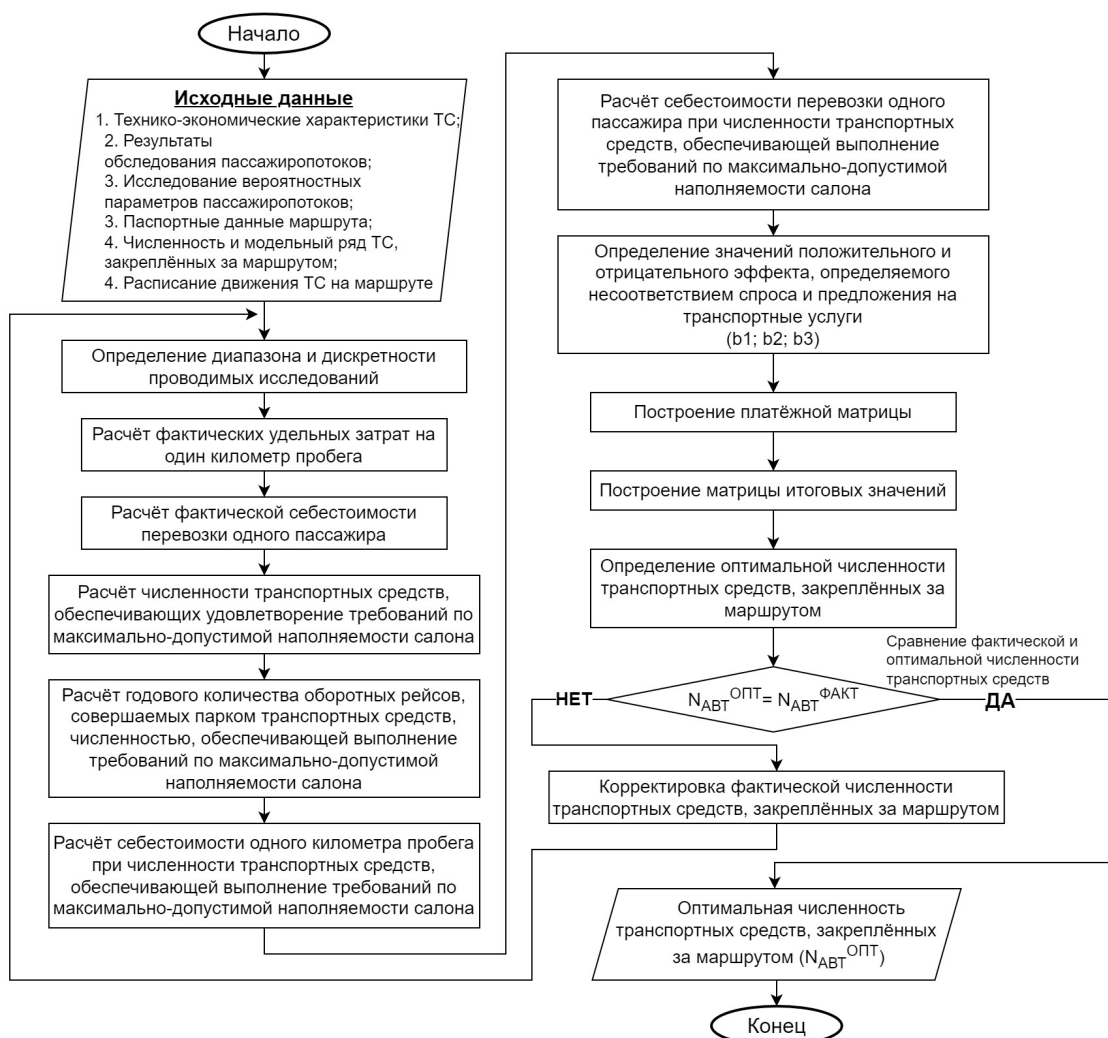


Рисунок 2.8 – Схема алгоритма определения оптимальной численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта

Определение оптимальной численности транспортных средств в соответствии с разработанной методикой предполагает выполнение следующих расчётных операций:

- определение диапазона и дискретности проводимых исследований;
- расчёт фактических удельных эксплуатационных затрат на один километр пробега (при численности транспортных средств, фактически закреплённых за маршрутом);
- расчёт фактической себестоимости перевозки одного пассажира [109];
- расчёт численности транспортных средств, обеспечивающих удовлетворение требований по максимально-допустимой наполняемости салона в соответствии с заданным уровнем качества транспортного обслуживания населения;
- расчёт годового количества оборотных рейсов, совершаемых парком транспортных средств численностью, обеспечивающей выполнение требований по максимально-допустимой наполняемости салона;
- расчёт себестоимости одного километра пробега при численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, обеспечивающей выполнение требований по максимально-допустимой наполняемости салона [109];
- расчёт себестоимости перевозки одного пассажира при численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, обеспечивающей выполнение требований по максимально-допустимой наполняемости салона [109];
- расчёт положительного эффекта от перевозки одного пассажира  $b_1$ ;
- расчёт отрицательного эффекта, связанного с вероятным отказом пассажира от услуг пассажирского транспорта при недостаточной провозной возможности парка  $b_2$ ;
- расчёт отрицательного эффекта  $b_3$ , являющегося следствием наличия вакантного места в салоне транспортного средства, при наличии избыточной провозной возможности парка;

- построение платёжной матрицы;
- построение матрицы итоговых значений;
- определение оптимальной провозной возможности парка, обеспечивающей максимальную величину суммарного эффекта;
- расчёт численности парка транспортных средств, закреплённых за маршрутом городского пассажирского транспорта, соответствующей оптимальной провозной возможности;
- сравнение фактического и оптимального значений численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта.

При совпадении сравниваемых значений оптимальной и фактической численности транспортных средств данное значение принимается в качестве результата оптимизации.

В том случае, когда оптимальная численность транспортных средств отличается от фактической численности, принятой первоначально при определении себестоимости перевозки одного пассажира, производится дополнительная расчётная итерация. В ходе расчётной итерации фактическая численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом, приравнивается к оптимальной численности и выполняется пересчёт фактической себестоимости перевозки пассажира исходя из скорректированной численности транспортных средств. Условием завершения описанного циклического расчёта является равенство фактической и оптимальной численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом.

На основании данного алгоритма разработана электронная таблица Microsoft Excel, реализующая предлагаемый методический подход.

Таким образом, решена вторая поставленная задача – разработана методика оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, предполагающая учёт вариации спроса на транспортные услуги в периоды пиковых пассажиропотоков.

## 2.5 Выводы по второму разделу

Теоретический материал и методические положения, представленные в данном разделе, позволили сформулировать следующие выводы.

1. Выполнен анализ факторов, определяющих формирование пассажиропотоков, обслуживаемых регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта. Установлена цикличность распределения годового объёма перевозок по времени, описываемая серией вложенных циклов, и неравномерность их распределения по участкам маршрута. Отмечено, что в большинстве случаев пассажиропотоки можно рассматривать как случайную величину, формирующую условия формирования парка транспортных средств, обслуживающих маршрут.

2. Разработана математическая модель оценки эффективности транспортного процесса регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта, позволяющая учесть риск несоответствия спроса на услуги городского пассажирского транспорта и провозной возможности парка транспортных средств, закреплённых за городским пассажирским маршрутом.

3. На основе представленной математической модели разработана методика определения оптимальной численности транспортных средств, обслуживающих регулярный маршрут городского пассажирского транспорта. Методика интерпретирована в виде алгоритма, послужившего основой для создания электронной таблицы, обеспечивающей снижение трудоёмкости выполняемых расчётов.

## 3 МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1 Структура и основные этапы исследовательской части работы

Практическая реализация разработанной методики предполагает наличие следующей информации:

1) сведения о параметрах функционирования исследуемого маршрута, которые, в свою очередь, включают в себя:

- паспортные данные маршрута (длина оборотного рейса, количество остановочных пунктов, средняя скорость движения транспортных средств и др.);

- расписание движения транспортных средств на маршруте;

- структурные параметры парка транспортных средств, закреплённых за маршрутом (количество, модельный ряд, возраст, пассажироместимость);

2) информация для расчёта показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств (стоимость транспортных средств, часовые тарифные ставки линейного персонала, расход энергоносителя, стоимость энергоносителя, удельные затраты на обслуживание и ремонт, стоимость комплекта шин и др.);

3) сведения о годовом объёме перевозок и его распределении по временным интервалам и участкам маршрута;

4) вероятностные параметры пассажиропотоков, определённые в пиковые часы на наиболее нагруженном участке маршрута.

Данные, перечисленные в первом пункте данного перечня, предоставлены организатором перевозок. Их получение не требует проведения аналитических или натурных исследований.

Информация, необходимая для расчёта показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств, принимается на основе результатов аналитических исследований, проводимых на основании выборки данных,

полученных как из открытых источников, так и на основании данных, предоставленных транспортными предприятиями, эксплуатирующими рассматриваемые категории и модели транспортных средств. Информация, получаемая из различных источников, характеризуется некоторой степенью вариативности, следовательно, нуждается в обработке и оценке достоверности. Описание методики определения необходимого количества источников, обеспечивающего заданную точность получаемых данных, и методики обработки результатов аналитического исследования приведено ниже.

Сведения о годовом объёме перевозок и его распределении по неделям, дням недели и времени суток могут быть получены по результатам анализа данных о выручке, получаемой перевозчиком по результатам транспортной деятельности, а также данных о транзакциях, электронных платежах, совершаемых пассажирами через терминалы в салонах транспортных средств.

Информация о распределении пассажиропотоков по участкам маршрута, а также вероятностные параметры пассажиропотоков, определённые в пиковые часы на наиболее нагруженном участке маршрута, могут быть получены по результатам натурных обследований. Описание методики проведения данного вида обследования также приведено ниже.

### **3.2 Методика проведения аналитических исследований и обработки полученных результатов**

Целью проводимых аналитических исследований является получение данных, необходимых для практической реализации разработанной методики. В ходе исследований осуществляется сбор из различных источников данных, включающих в себя технико-экономические характеристики объектов исследования. Разрозненность используемых источников и различные условия формирования информации обуславливают наличие расхождений между значениями исследуемых величин. Исходя из этого, одной из задач, возникающих на начальном этапе аналитических исследований, является

определение минимального, но достаточного количества источников (объём выборки), используемых для получения достоверного значения исследуемого параметра при минимальных затратах труда. Известные методы определения объёма выборки при исследовании величин, случайно изменяющихся в определённых пределах, изложены в работах С.А. Айвазяна, И.М. Алексеева, Б.Л. Геронимуса, В.Е. Гмурмана, А.Б. Гусынина, Р.С. Гутера, В.А. Колемаева, К.Ю. Рихтера и других авторов [1, 2, 3, 26, 27, 28, 30, 37, 38, 52, 98, 104, 105, 110]. Исходя из материала, представленного в данных источниках, формула, используемая для определения объёма выборки данных, имеет вид:

$$n = \frac{\frac{t_{n,\alpha}^2 \cdot S^2}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left( \frac{t_{n,\alpha}^2 \cdot S^2}{d^2} - 1 \right)}, \quad (3.1)$$

где  $N$  – общее количество источников информации;

$d$  – предельно-допустимое отклонение исследуемой величины (при проведении технико-экономического анализа предельно допустимая погрешность  $d = 10\%$ );

$t_{n,\alpha}$  – критическое значение распределения Стьюдента для числа степеней  $n$  и уровня значимости  $\alpha$ ;

$S$  – выборочная дисперсия исследуемой величины.

Выборочная дисперсия:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (3.2)$$

где  $n$  – размер предварительной выборки (количество численных значений, полученных из различных источников);

$X_i$  – значение исследуемой величины, полученное из  $i$ -го источника;

$\bar{X}$  – математическое ожидание исследуемой величины.

Формула для расчёта математического ожидания имеет вид:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n X_i \right). \quad (3.3)$$

Представленная методика предполагает, что первоначально формируется предварительная выборка объектов, на которой определяются значения исследуемой величины. Количество объектов, включённых в предварительную выборку, должно быть не менее  $n_{min}$ . По каждой исследуемой величине на основе данных, полученных из предварительной выборки, определяется объём выборочной дисперсии и производится расчёт количества объектов, обеспечивающих получение объёма данных, среднее значение которых является расчётным параметром, определённым с заданной точностью.

### **3.3 Методика определения годового объёма перевозок и его распределения по временным интервалам**

Вопросы исследования и моделирования пассажиропотоков на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта исследованы в работах П.У. Бенсалла, И.О. Брайловского, С.В. Володченко, В. Гуляева, М.В. Зенгбуш, А.С. Игнатенко, Я.И. Шефтера и других авторов [9, 10, 19, 36, 45, 49, 50, 71, 124].

Наиболее точно годовой объём перевозок может быть определён на основе выручки, полученной по результатам транспортной деятельности за период продолжительностью один год. Указанная продолжительность обследования принята исходя из того, что год является наиболее продолжительным периодом циклически изменяющихся пассажиропотоков. На практике для получения точной информации необходимо просуммировать выручку, получаемую из разных источников. Учитываемыми источниками являются: наличные платежи; транзакции, осуществляемые через платёжные



терминалы, расположенные в салонах транспортных средств; платежи по электронным проездным документам; переводы по социальным картам и др.

Достаточно длительная продолжительность рассматриваемого периода обследования обуславливает высокую вероятность изменения тарифа. С учётом возможного изменения тарифа расчёт годового объёма перевозок производится по формуле:

$$Q_{год} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{D_i}{T_{1i}} \right), \quad (3.4)$$

где  $n$  – количество периодов за год с неизменным тарифом за перевозку одного пассажира, ед.;

$D_i$  – общий доход, полученный за  $i$ -ый период, определяемый неизменным тарифом на перевозку одного пассажира, руб.;

$T_{1i}$  – тариф за перевозку одного пассажира в  $i$ -ый период, руб.

Аналогичным образом путём определения объёма выручки и деления данного объёма на тариф, осуществляется определение объёма перевозок за любой заданный период продолжительностью более одного дня. В рамках исследования такие периоды определены цикличностью изменения пассажиропотоков. Предусмотрено исследование распределения годового объёма перевозок по неделям года и недельных объёмов перевозок по дням недели.

Представленный подход не позволяет произвести исследование распределения суточных объёмов перевозок по времени суток, что связано с характером сдачи и подсчёта части дневной выручки, производимой за наличный расчёт.

Определение характера распределения суточного объёма перевозок по часам суток производится на основании обработки метаданных транзакций, производимых с терминалов транспортных средств, обслуживающих исследуемый маршрут. Учёт дополнительной выручки, получаемой наличным

расчётом, производится за счёт введения поправочного сомножителя, определяемого долей объёма платежей, совершаемых наличными от общего объёма выручки. Расчёт часового объёма перевозок, исходя из данного подхода, производится по формуле:

$$Q_{\text{ЧАС}} = \sum(Q_{\text{ЧАС}}^{\text{ЭЛ}}) \cdot \frac{D_{\text{СУТ}}}{D_{\text{СУТ}}^{\text{ЭЛ}}}, \quad (3.5)$$

где  $\sum(Q_{\text{ЧАС}}^{\text{ЭЛ}})$  – сумма количества транзакций, совершённых за исследуемый час с терминалов транспортных средств, обслуживающих маршрут, ед.;

$D_{\text{СУТ}}$  – общий суточный доход на исследуемом маршруте, руб.;

$D_{\text{СУТ}}^{\text{ЭЛ}}$  – общий суточный доход на исследуемом маршруте, получаемый посредством электронных платежей, руб.

Таким образом, решена задача методического обеспечения процесса исследования характера распределения годового объёма перевозок по времени, характеризуемого чередованием вложенных циклов с периодами один год, неделя и сутки.

В плане достижения цели диссертационной работы, для определения численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, особый интерес представляет выявление пиковых периодов, характеризующихся максимальной величиной пассажиропотоков.

### **3.4 Методика исследования распределения пассажиропотоков по участкам регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта**

Ключевым фактором, определяющим структурные параметры парка транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта, является спрос на услуги пассажирского транспорта, определяемый на наиболее нагруженном участке маршрута в часы пик. Для определения данного параметра необходимо проведение

исследования, позволяющего выявить характер распределения пассажиропотоков по участкам маршрута, а также установить наличие и величину неудовлетворённого спроса на услуги пассажирского транспорта.

Соответственно, натурное обследование включает в себя два этапа.

Основная задача первого этапа – определение характера распределения пассажиропотоков по участкам маршрута. Обследование производится в период пиковых нагрузок, на протяжении которого в салонах выборки транспортных средств, равномерно распределённых по маршруту, размещается группа счётчиков, по одному человеку на транспортное средство. Основной задачей счётчиков является подсчёт количества пассажиров, зашедших в салон транспортного средства и вышедших из него. Полученные результаты заносятся в специальный протокол. Разность между количеством вошедших и вышедших пассажиров, определённая для каждого остановочного пункта нарастающим итогом, численно равна количеству пассажиров, находящихся в салоне транспортного средства.

На основе полученных результатов производится расчёт пассажиропотоков на каждом из участков исследуемого маршрута. Расчётная формула имеет вид:

$$ПП_{уч} = \left( \sum_{i=1}^k P_i \right) \cdot \frac{N_{ОБЩ}}{k}, \quad (3.6)$$

где  $ПП_{уч}$  – общий пассажиропоток на локальном участке маршрута, пасс;

$P_i$  – количество пассажиров в салоне  $i$ -го транспортного средства на исследуемом участке маршрута, чел.;

$k$  – количество исследованных транспортных средств, ед.;

$N_{ОБЩ}$  – общая численность транспортных средств, осуществляющих перевозку пассажиров на исследуемом участке маршрута, в период проведения исследования, ед.

Объём выборки транспортных средств, обеспечивающий заданную точность полученных результатов, определён в соответствии с методикой, изложенной в подразделе 3.2.

Второй этап натурного обследования направлен на уточнение величины спроса на услуги пассажирского транспорта на наиболее нагруженном участке маршрута, в том числе с учётом наличия составляющей, определяемой как «неудовлетворённый спрос». Обследование производится в часы пиковых нагрузок. При этом группа счётчиков размещается на остановочных пунктах наиболее нагруженного участка маршрута. Счётчики производят оценку наполненности салонов транспортных средств, прибывающих на остановочный пункт (силуэтный метод). Дополнительно производится подсчёт пассажиров, вышедших из салона транспортных средств и пассажиров, прибывающих на остановочный пункт в интервалы времени между прибытиями транспортных средств.

В том случае, если через остановочный пункт проходит несколько регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта, обработка результатов наблюдения производится исходя из допущения, что неудовлетворённый спрос распределён между обслуживаемыми маршрутами пропорционально численности закреплённых транспортных средств.

Расчёт искомого значения спроса на услуги городского пассажирского транспорта, определяемого на основании данных, полученных по результатам второго этапа натурного обследования, производится для участка, следующего после остановочного пункта. Вычисление производится по формуле:

$$Q_{МАРШ}^{MAX} = \frac{\sum_{i=1}^j (Q_{Ai} - Q_{ВЫХi})}{T_{ПИК}} + \frac{Q_{ОСТ} \cdot N}{T_{ПИК} \cdot \sum_{k=1}^r N_k}, \quad (3.7)$$

где  $Q_{Ai}$  – количество пассажиров в салоне  $i$ -го транспортного средства, прибывшего на остановочный пункт, пасс.;

$Q_{\text{ВЫХ}i}$  – количество пассажиров, вышедших из салона  $i$ -го транспортного средства на остановочном пункте, пасс.;

$j$  – количество транспортных средств, прибывших на остановочный пункт за период обследования, ед.;

$T_{\text{ПИК}}$  – продолжительность периода обследования, час;

$Q_{\text{ОСТ}}$  – общее количество пассажиров, прибывших на остановочный пункт за период обследования, пасс.;

$N$  – количество транспортных средств, закреплённых за исследуемым маршрутом, ед.;

$\sum_{k=1}^r N_k$  – общее количество транспортных средств, закреплённых за маршрутами, проходящими через остановочный пункт, ед.

Таким образом, решена одна из локальных задач – определены методы натуральных обследований, обеспечивающие получение данных о характере распределения пассажиропотоков по участкам регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта, и методика определения спроса на услуги городского пассажирского транспорта.

### **3.5 Методика исследования вероятностных характеристик спроса на услуги городского пассажирского транспорта**

Другой разновидностью информации, необходимой для реализации разработанной методики, является информация о вероятностных характеристиках спроса на транспортные услуги, и, в частности, спроса, формируемого в периоды пиковых нагрузок на наиболее нагруженном участке.

Исследование спроса на услуги городского пассажирского транспорта производится в соответствии с методом, описание которого представлено в подразделе 3.4. Для получения массива данных, являющихся основой для определения вероятностных характеристик спроса на транспортные услуги, проводится серия таких обследований.

На основе полученного массива данных могут быть определены границы диапазона, в рамках которого происходят колебания спроса на транспортные услуги. Полученный диапазон необходимо разбить на интервалы с дискретностью соответствующей провозной возможности одного транспортного средства (формула (2.9)):

$$\Delta Q = \Delta A = \frac{ПВ \cdot \gamma \cdot V_{МАРШ}^{CP}}{L_{МАРШ}}, \quad (3.8)$$

где  $\Delta A$  – провозная возможность одного транспортного средства на исследуемом маршруте, пасс./час;

$ПВ$  – пассажироместимость транспортных средств, обслуживающих маршрут, пасс.;

$\gamma$  – коэффициент наполнения салона, определяемый установленными требованиями к качеству транспортного обслуживания населения;

$V_{МАРШ}^{CP}$  – средняя скорость движения транспортных средств на маршруте, км/ч;

$L_{МАРШ}$  – общая протяжённость оборотного рейса, км.

Количество интервалов может быть определено по формуле:

$$n = \left\lceil \frac{Q_{MAX} - Q_{MIN}}{\Delta Q} \right\rceil, \quad (3.9)$$

где  $Q_{MAX}$  – максимальное значение спроса на услуги городского пассажирского транспорта, выявленное за время обследования, пасс./час;

$Q_{MIN}$  – минимальное значение спроса на услуги городского пассажирского транспорта, выявленное за время обследования, пасс./час;

$\Delta Q$  – дискретность разбиения на интервалы исследуемой случайной величины, пасс./час.

Вероятность соответствия фактического спроса на услуги городского пассажирского транспорта, диапазону  $i$ -го интервала:

$$P_{\text{ппи}} = \frac{D_{\text{ппи}_i}}{D_{\text{общ}}}, \quad (3.10)$$

где  $P_{\text{ппи}}$  – вероятность соответствия фактического спроса на услуги городского пассажирского транспорта, диапазону  $i$ -го интервала;

$D_{\text{ппи}_i}$  – количество дней соответствия фактического спроса на услуги городского пассажирского транспорта, диапазону  $i$ -го интервала, ед.;

$D_{\text{общ}}$  – общее количество дней наблюдения, ед.

Таким образом, определён полный спектр методов получения данных, необходимых для практической реализации разработанной методики.

## **4 РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **4.1 Исходные данные для аналитических исследований**

Практическая апробация разработанной методики выполнена в отношении выборки регулярных пассажирских маршрутов города Краснодар.

Исходные данные, собранные с целью практической реализации разработанной методики, послужили основой для проведения моделирования показателей эффективности транспортной деятельности, по результатам которого определён характер влияния вероятностных характеристик спроса на услуги городского пассажирского транспорта на оптимальную численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом городского пассажирского транспорта.

В выборку включены десять типовых пассажирских маршрутов, основные характеристики которых представлены в таблице 4.1.

В таблице 4.2 приведены структурные параметры парка транспортных средств, закреплённых за каждым из маршрутов, включённых в выборку.

Для выполнения расчёта показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств, закреплённых за исследуемыми маршрутами, определены технико-экономические характеристики объектов исследования, в данном случае, моделей транспортных средств, закреплённых за маршрутами, включёнными в исследуемую выборку.

Из перечня эксплуатационных показателей и характеристик транспортных средств, используемых в расчёте, наибольшую вариацию (исходя из предварительного анализа рассмотренных данных) имеют:

- удельная трудоёмкость работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту транспортных средств;
- удельные эксплуатационные затраты на материалы и запасные части;
- пробег шин до замены.



Таблица 4.1 – Основные характеристики выборки регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар

Параметр	Порядковый номер маршрута									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Протяжённость оборотного рейса, км.	48	40	36	40	28	41	36	34	37	46
Пассажировместимость транспортных средств, обслуживающих маршрут, чел.	105	105	105	60	60	60	60	60	60	60
Годовой объём перевозок, тыс. пасс.	4 300	4 916,8	3 680	1 200	2 141,6	2 346,8	1 902,1	2 340,3	2 359,8	2 411,3
Общий годовой пробег транспортных средств, обслуживающих маршрут, км	893 520	1 125 835	714 816	524 198	1 096 051	977 100	1 000 742	1 048 397	1 000 742	1 143 705
Численность транспортных средств, обслуживающих маршрут в пиковое время, ед.	18	24	16	12	20	16	18	22	19	21

Таблица 4.2 – Структурные параметры парка транспортных средств, закреплённых за маршрутами, включёнными в выборку

Параметр	Порядковый номер маршрута									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество транспортных средств, закреплённых за маршрутом, ед.	21	28	19	14	23	19	21	26	22	25
Марка (модель) транспортных средств	МА3-206	МА3-206	МА3-206	ПА3-3204	ПА3-3204	ПА3-3204	ПА3-3204	ПА3-3204	ПА3-3204	ПА3-3204
Средний возраст транспортных средств, лет.	3	4	4	4	4	5	5	4	6	4

В соответствии с методикой аналитических исследований, представленной в третьем разделе, для дальнейших расчётов необходимо принять средние значения данных величин, определённые на выборке транспортных средств. Объём выборки, обеспечивающий необходимую точность расчётов и достоверность полученных данных, определяется в соответствии с методикой, представленной в подразделе 3.2.

Объём предварительной выборки, обеспечивающий расчёт выборочной дисперсии принят в размере по 10 транспортных средств каждой из двух рассматриваемых моделей. Значения рассматриваемых показателей для выборки транспортных средств, обслуживающих регулярные пассажирские маршруты г. Краснодар приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Значения варьируемых показателей, определённые на предварительной выборке транспортных средств

Модель ТС	Наименование показателя	Транспортные средства, включённые в выборку									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МАЗ-206	Удельная трудоёмкость работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, чел.-ч/1000 км	4,82	5,17	4,94	4,68	5,45	4,94	3,79	6,46	4,49	5,86
МАЗ-206	Удельные эксплуатационные затраты на материалы и запасные части, руб./1000 км	1743	927	1644	1375	1480	983	856	1053	1168	1521
	Пробег шин до замены (среднее значение для комплекта), тыс. км.	82,64	78,21	94,75	105,84	102,03	81,52	76,38	64,42	95,84	89,61

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПА3-3204	Удельная трудоёмкость работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, руб./1000 км	3,51	2,85	3,62	3,71	4,4	4,85	3,37	3,72	3,71	4,09
	Удельные эксплуатационные затраты на материалы и запасные части, руб./1000 км	1212	1014	1285	735	776	631	1121	861	1091	683
	Пробег шин до замены (среднее значение для комплекта), тыс. км.	86,04	69,36	92,65	87,03	75,04	74,02	81,37	96,11	58,50	71,02

Результаты расчёта выборочной дисперсии и объёма репрезентативной выборки, обеспечивающего заданную точность исследуемых параметров, приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты расчёта выборочной дисперсии и объёма репрезентативной выборки

Модель ТС	Наименование показателя	Выборочная дисперсия	Объём репрезентативной выборки
1	2	3	4
МАЗ-206	Удельная трудоёмкость работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, чел.-ч/1000 км	0,740	9
МАЗ-206	Удельные эксплуатационные затраты на материалы и запасные части, руб./1000 км	318,05	10
	Пробег шин до замены (среднее значение для комплекта), тыс. км.	12,80	8

Продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4
ПА3-3204	Удельная трудоёмкость работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, руб./1000 км	0,563	9
	Удельные эксплуатационные затраты на материалы и запасные части, руб./1000 км	233,45	10
	Пробег шин до замены (среднее значение для комплекта), тыс. км.	11,62	8

На основании результатов расчёта необходимого объёма репрезентативной выборки, обеспечивающей получение достоверных данных, установлено, что выборка из десяти транспортных средств каждой из исследуемых моделей обеспечивает получение достоверных данных с заданной точностью.

Численные значения данных, необходимых для расчёта показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта, полученные по результатам обследования репрезентативной выборки транспортных средств, приведены в таблице 4.5.

На основании данных, представленных в таблицах 4.1, 4.2 и 4.5 в соответствии с основными положениями методических рекомендаций, утверждённых распоряжением Министерства транспорта РФ № НА-37-р от 18 апреля 2013 г. [73], выполнен расчёт показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств на выборке регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар. Результаты расчёта приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.5 – Исходные данные для расчёта показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта г. Краснодар

Показатель (характеристика) транспортного средства	Марка (модель)	
	МАЗ-203	ПАЗ-3204
Стоимость нового автобуса, тыс. руб.	12 900	6 450
Номинальная пассажировместимость, чел.	105	60
Вид топлива	КПГ	КПГ
Базовая норма расхода топлива на пробег транспортного средства, ед./100 км	40 м <sup>3</sup> /100 км	36 м <sup>3</sup> /100 км
Стоимость учётной единицы топлива, руб./ед.	19,4	19,4
Суммарная среднегодовая надбавка к базовой норме расхода топлива, %	32,5	32,5
Удельная трудоёмкость работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту транспортных средств, чел.-ч/1000 км	5,06	3,8
Удельные эксплуатационные затраты на материалы и запасные части, руб./1000 км	1275	940
Число шин, установленных на автобусе, шт.	6	6
Стоимость одной шины, руб.	38200	18000
Пробег шин до замены, тыс. км.	87	79
Средняя скорость движения транспортных средств на маршруте, км/ч	19,2	20,6
Часовая тарифная ставка водителя, руб./час.	356,0	296,6
Часовая тарифная ставка кондуктора, руб./час.	173	173
Часовая тарифная ставка ремонтных рабочих, выполняющих работы по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава,	210	210

Таблица 4.6 – Результаты расчёта показателей себестоимости эксплуатации транспортных средств на выборке регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар

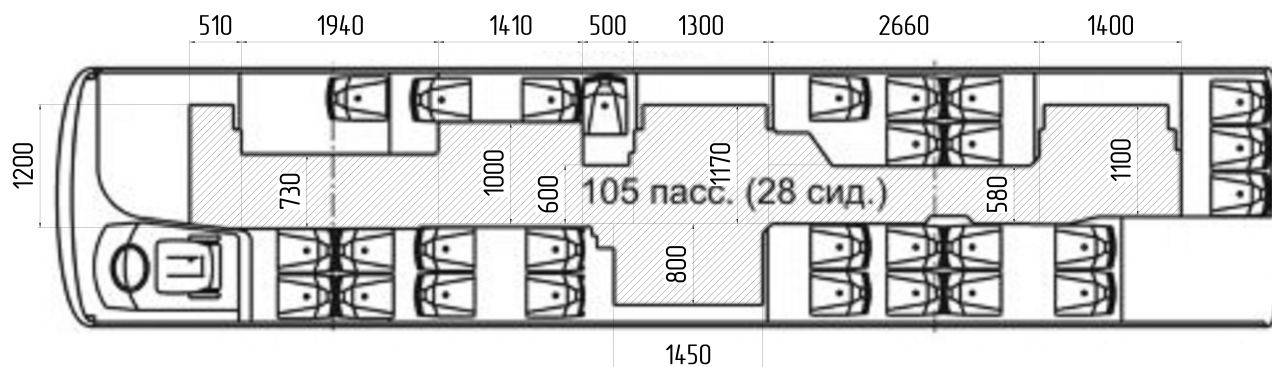
Показатель себестоимости	Порядковый номер маршрута									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Себестоимость 1 км пробега транспортных средств на маршруте, руб.	124	110	127	52,1	51,8	51,6	52,0	53,5	51,5	52,6
Себестоимость перевозки одного пассажира, руб.	25,8	25,3	24,7	22,8	26,5	24,1	27,4	24,0	21,8	24,9

По состоянию на первую половину 2023 года тариф на перевозку пассажиров по всей выборке исследуемых маршрутов составляет 35 руб.

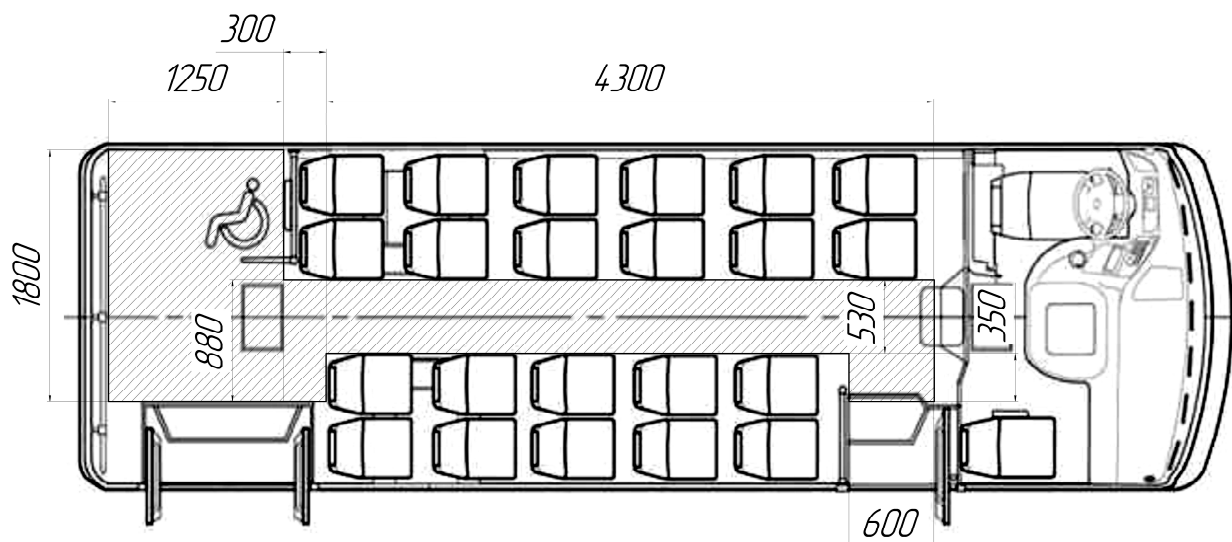
Для выполнения расчёта численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта, в соответствии с методикой, описанной в подразделе 2.2, по формулам (2.4), (2.6) и (2.8), необходимо определить значение коэффициента наполнения салона, определяемого установленными требованиями к качеству транспортного обслуживания населения. В соответствии с рекомендациями социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (утв. Распоряжением Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р) [101], фактическая наполненность транспортного средства, используемого для осуществления перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом по муниципальным и межмуниципальным маршрутам регулярных перевозок, должна составлять не более пяти человек на 1 м<sup>2</sup> свободной площади пола салона транспортного средства, предусмотренной для размещения стоящих пассажиров. Для выполнения данной рекомендации, определена максимальная численность

пассажиров в салонах исследуемых моделях транспортных средств, обеспечивающая соблюдение установленных норм вместимости.

Исследование условий соблюдения норм вместимости предполагает определение свободной площади пола салона исследуемых моделей транспортных средств. Планировки городских модификаций автобусов моделей МАЗ-203 и ПАЗ-3204 приведена на рисунке 4.1.



а) автобус МАЗ-203



б) автобус ПАЗ-3204

Рисунок 4.1 – Планировка салона рассматриваемых моделей автобусов

Исходя из представленной планировочной схемы салона рассматриваемых моделей транспортных средств, произведён расчёт свободной площади пола, предусмотренной для размещения стоящих пассажиров:

- МАЗ-203:  $S_{ПОЛ} = 9,5 \text{ м}^2$ ;

- ПАЗ-3204:  $S_{ПОЛ} = 5,0 \text{ м}^2$ .

Количество перевозимых пассажиров при условии обеспечения требований к качеству транспортного обслуживания населения по параметру наполняемости салона:

- МАЗ-203:  $ПК = 9,5 \cdot 5 + 28 = 76 \text{ чел.}$ ;

- ПАЗ-3204:  $ПК = 5,0 \cdot 5 + 22 = 47 \text{ чел.}$

Коэффициент наполнения салона, определяющий соответствие требованиям социального стандарта:

- МАЗ-203:  $\gamma = 76/105 = 0,72$ ;

- ПАЗ-3204:  $\gamma = 47/60 = 0,78$ .

Как видно из полученных данных, установлено расхождение между номинальной пассажироместимостью транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, и максимальным количеством перевозимых пассажиров, определяемым условием обеспечения качества транспортного обслуживания населения по параметру наполняемости салона.

В соответствии с методикой, изложенной в подразделе 2.2, произведён расчёт численных значений: положительного эффекта, получаемого в результате перевозки (обслуживания) одного пассажира; отрицательного эффекта, являющегося следствием отказа пассажира от услуг городского пассажирского транспорта и отрицательного эффекта, являющегося следствием наличия вакантного места в салоне транспортного средства. Результаты расчёта данных величин по формулам (2.11), (2.12) и (2.14) приведены в таблице 4.7.

Исходя из наличия значительных расхождений технико-эксплуатационных и экономических показателей двух рассматриваемых моделей транспортных средств, закреплённых за маршрутами, расчёт средних значений показателей, представленных в таблице 4.8, выполнен отдельно для каждой из рассматриваемых моделей.



Таблица 4.7 – Значения положительного и отрицательных эффектов, обусловленных соотношением спроса на транспортные услуги и провозной возможностью парка транспортных средств, закреплённых за маршрутами исследуемой выборки

Показатель	Порядковый номер маршрута									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номинальная пассажироместимость транспортных средств, обслуживающих маршрут, пасс.	105	105	105	60	60	60	60	60	60	60
Положительный эффект от перевозки одного пассажира $b_1$ , руб.	9,2	9,7	10,3	12,2	8,5	10,9	7,6	11	13,2	10,1
Отрицательный эффект, связанный с вероятным отказом пассажира от услуг пассажирского транспорта, при недостаточной провозной возможности парка $b_2$ , руб.	8,3	8,7	9,3	11	7,7	9,8	6,8	10,0	11,9	9,1
Отрицательный эффект, являющийся следствием наличия вакантного места в салоне транспортного средства, при наличии избыточной провозной возможности парка $b_3$ , руб.	18,0	19,7	17,7	19,6	24,5	22,2	24,6	20,9	19,8	22,3

Таблица 4.8 – Средние значения положительного и отрицательных эффектов, обусловленных соотношением спроса на транспортные услуги и провозной возможностью парка транспортных средств для рассматриваемых моделей транспортных средств

Показатель	Модель транспортного средства	
	МАЗ-206	ПАЗ-3204
Положительный эффект от перевозки одного пассажира $b_1$ , руб.	9,73	10,5
Отрицательный эффект, связанный с вероятным отказом пассажира от услуг пассажирского транспорта, при недостаточной провозной возможности парка $b_2$ , руб.	8,77	9,47
Отрицательный эффект, являющийся следствием наличия вакантного места в салоне транспортного средства, при наличии избыточной провозной возможности парка $b_3$ , руб.	18,47	21,99

#### **4.2 Распределение годового объёма перевозок по временным интервалам на регулярных пассажирских маршрутах города Краснодар**

Исследование, целью которого является определение характера распределения годового объёма перевозок по циклически изменяющимся временным периодам, выполнено на основе анализа данных, полученных на выборке исследуемых маршрутов.

В соответствии с методикой, описанной в подразделе 3.3, на основе данных распределения выручки исследован характер распределения годового объёма перевозок по неделям года и недельных объёмов перевозок по дням недели. Выявленное распределение годового объёма перевозок по неделям года, определённое по данным выборки исследуемых маршрутов, приведено на рисунке 4.2.

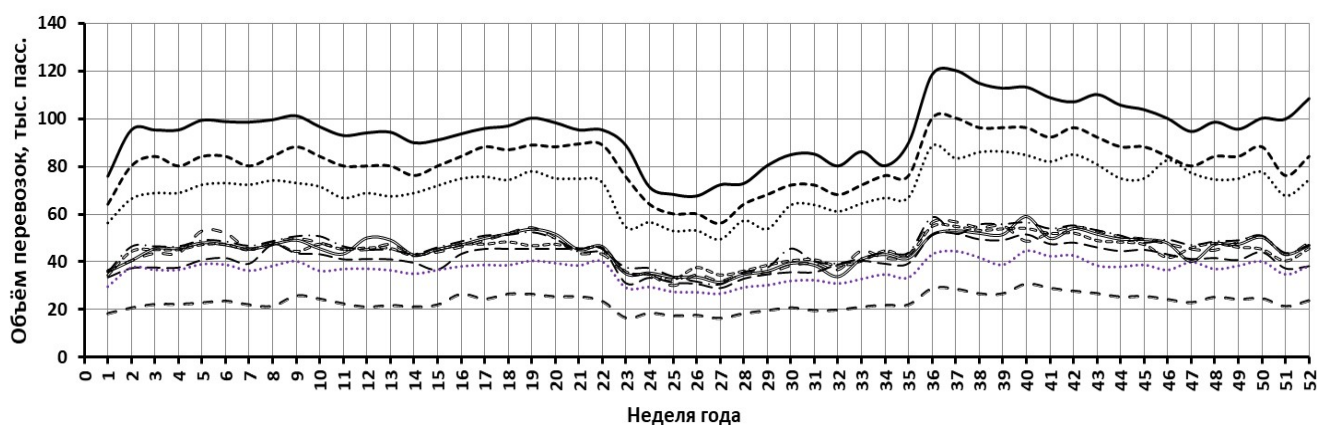


Рисунок 4.2 – Распределение годового объёма перевозок по неделям года

Делением недельного объёма перевозок на годовой объём определена доля годового объёма, приходящаяся на каждую неделю каждого исследуемого маршрута (коэффициенты распределения пассажиропотоков по неделям года). Полученные данные приведены в таблице 4.9.

На основе данных, приведённых в таблице 4.9 определены средние значения коэффициентов распределения годового объёма перевозок по неделям года. График, отражающий зависимость средней величины данного коэффициента от порядкового номера недели, представлен на рисунке 4.3.

Таблица 4.9 – Значения коэффициентов распределения пассажиропотоков по неделям года для выборки исследуемых маршрутов г. Краснодар

Неделя	Номер маршрута										Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,0153	0,0154	0,0153	0,0153	0,0156	0,0147	0,0156	0,0154	0,0154	0,0148	<b>0,0153</b>
2	0,0172	0,0174	0,0181	0,0173	0,0174	0,0189	0,0155	0,0173	0,0172	0,0193	<b>0,0190</b>
3	0,0181	0,0182	0,0183	0,0183	0,0178	0,0176	0,0183	0,0172	0,0176	0,0200	<b>0,0194</b>
4	0,0191	0,0194	0,0187	0,0185	0,0176	0,0192	0,0193	0,0195	0,0185	0,0193	<b>0,0195</b>
5	0,0201	0,0202	0,0197	0,0191	0,0191	0,0202	0,0205	0,0205	0,0225	0,0204	<b>0,0202</b>
6	0,0201	0,0201	0,0199	0,0197	0,0195	0,0202	0,0204	0,0202	0,0221	0,0202	<b>0,0202</b>
7	0,0191	0,0201	0,0191	0,0183	0,0183	0,0192	0,0191	0,0194	0,0193	0,0194	<b>0,0191</b>
8	0,0201	0,0203	0,0202	0,0179	0,0221	0,0205	0,0202	0,0202	0,0204	0,0202	<b>0,0202</b>
9	0,0210	0,0206	0,0212	0,0215	0,0204	0,0189	0,0212	0,0210	0,0211	0,0211	<b>0,0208</b>

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	0,0201	0,0197	0,0195	0,0204	0,0202	0,0202	0,0191	0,0195	0,0204	0,0211	<b>0,0200</b>
11	0,0191	0,0189	0,0181	0,0187	0,0192	0,0193	0,0195	0,0185	0,0193	0,0193	<b>0,0190</b>
12	0,0191	0,0191	0,0187	0,0176	0,0193	0,0196	0,0195	0,0214	0,0191	0,0187	<b>0,0192</b>
13	0,0191	0,0192	0,0183	0,0181	0,0192	0,0195	0,0192	0,0210	0,0201	0,0187	<b>0,0192</b>
14	0,0181	0,0183	0,0162	0,0176	0,0185	0,0182	0,0184	0,0183	0,0183	0,0180	<b>0,0180</b>
15	0,0191	0,0185	0,0196	0,0183	0,0172	0,0192	0,0193	0,0194	0,0187	0,0191	<b>0,0188</b>
16	0,0201	0,0191	0,0204	0,0221	0,0202	0,0202	0,0201	0,0202	0,0197	0,0202	<b>0,0202</b>
17	0,0210	0,0206	0,0206	0,0204	0,0212	0,0200	0,0204	0,0213	0,0208	0,0212	<b>0,0207</b>
18	0,0220	0,0211	0,0202	0,0221	0,0225	0,0224	0,0213	0,0221	0,0220	0,0213	<b>0,0217</b>
19	0,0229	0,0204	0,0218	0,0230	0,0234	0,0234	0,0257	0,0230	0,0230	0,0218	<b>0,0228</b>
20	0,0210	0,0215	0,0204	0,0212	0,0210	0,0211	0,0231	0,0221	0,0212	0,0206	<b>0,0213</b>
21	0,0191	0,0194	0,0183	0,0192	0,0192	0,0194	0,0193	0,0193	0,0185	0,0183	<b>0,0212</b>
22	0,0172	0,0168	0,0189	0,0175	0,0173	0,0173	0,0174	0,0168	0,0163	0,0153	<b>0,0210</b>
23	0,0153	0,0141	0,0148	0,0138	0,0145	0,0153	0,0154	0,0150	0,0150	0,0156	<b>0,0149</b>
24	0,0153	0,0145	0,0154	0,0154	0,0156	0,0148	0,0155	0,0151	0,0147	0,0155	<b>0,0152</b>
25	0,0143	0,0139	0,0144	0,0145	0,0147	0,0139	0,0144	0,0144	0,0128	0,0140	<b>0,0141</b>
26	0,0143	0,0138	0,0144	0,0147	0,0144	0,0160	0,0144	0,0144	0,0147	0,0132	<b>0,0144</b>
27	0,0134	0,0147	0,0134	0,0136	0,0136	0,0147	0,0140	0,0135	0,0136	0,0127	<b>0,0137</b>
28	0,0153	0,0148	0,0156	0,0153	0,0154	0,0154	0,0154	0,0148	0,0150	0,0148	<b>0,0152</b>
29	0,0162	0,0164	0,0146	0,0163	0,0162	0,0165	0,0159	0,0154	0,0149	0,0156	<b>0,0158</b>
30	0,0172	0,0173	0,0173	0,0173	0,0167	0,0173	0,0168	0,0168	0,0163	0,0189	<b>0,0172</b>
31	0,0172	0,0173	0,0174	0,0163	0,0167	0,0174	0,0170	0,0165	0,0167	0,0167	<b>0,0169</b>
32	0,0162	0,0163	0,0166	0,0166	0,0182	0,0164	0,0163	0,0145	0,0156	0,0164	<b>0,0163</b>
33	0,0172	0,0175	0,0175	0,0176	0,0189	0,0172	0,0173	0,0176	0,0189	0,0173	<b>0,0177</b>
34	0,0181	0,0163	0,0182	0,0182	0,0183	0,0191	0,0183	0,0184	0,0176	0,0183	<b>0,0181</b>
35	0,0181	0,0183	0,0182	0,0184	0,0184	0,0183	0,0176	0,0178	0,0183	0,0182	<b>0,0182</b>
36	0,0239	0,0241	0,0241	0,0241	0,0240	0,0234	0,0227	0,0220	0,0240	0,0244	<b>0,0237</b>
37	0,0239	0,0245	0,0227	0,0239	0,0242	0,0234	0,0234	0,0227	0,0241	0,0215	<b>0,0234</b>
38	0,0229	0,0234	0,0234	0,0222	0,0231	0,0227	0,0220	0,0222	0,0230	0,0231	<b>0,0228</b>
39	0,0229	0,0229	0,0234	0,0222	0,0230	0,0230	0,0204	0,0220	0,0234	0,0232	<b>0,0226</b>
40	0,0229	0,0230	0,0230	0,0257	0,0241	0,0230	0,0235	0,0252	0,0206	0,0235	<b>0,0235</b>
41	0,0220	0,0221	0,0223	0,0242	0,0222	0,0221	0,0223	0,0213	0,0222	0,0224	<b>0,0223</b>
42	0,0229	0,0218	0,0231	0,0232	0,0225	0,0222	0,0225	0,0231	0,0232	0,0229	<b>0,0227</b>
43	0,0220	0,0224	0,0220	0,0223	0,0215	0,0209	0,0202	0,0221	0,0225	0,0221	<b>0,0218</b>
44	0,0210	0,0215	0,0204	0,0211	0,0208	0,0206	0,0200	0,0212	0,0214	0,0212	<b>0,0209</b>
45	0,0210	0,0211	0,0204	0,0213	0,0211	0,0202	0,0204	0,0211	0,0210	0,0200	<b>0,0208</b>
46	0,0201	0,0204	0,0225	0,0202	0,0202	0,0179	0,0193	0,0205	0,0202	0,0205	<b>0,0201</b>
47	0,0191	0,0193	0,0210	0,0191	0,0193	0,0196	0,0210	0,0172	0,0193	0,0195	<b>0,0194</b>
48	0,0201	0,0201	0,0203	0,0211	0,0195	0,0204	0,0195	0,0202	0,0191	0,0202	<b>0,0200</b>
49	0,0201	0,0195	0,0204	0,0203	0,0191	0,0197	0,0202	0,0203	0,0205	0,0204	<b>0,0200</b>
50	0,0210	0,0204	0,0211	0,0206	0,0206	0,0193	0,0211	0,0215	0,0215	0,0212	<b>0,0208</b>
51	0,0181	0,0203	0,0184	0,0178	0,0174	0,0172	0,0183	0,0185	0,0182	0,0181	<b>0,0198</b>
52	0,0201	0,0221	0,0202	0,0199	0,0179	0,0195	0,0202	0,0201	0,0204	0,0195	<b>0,0200</b>

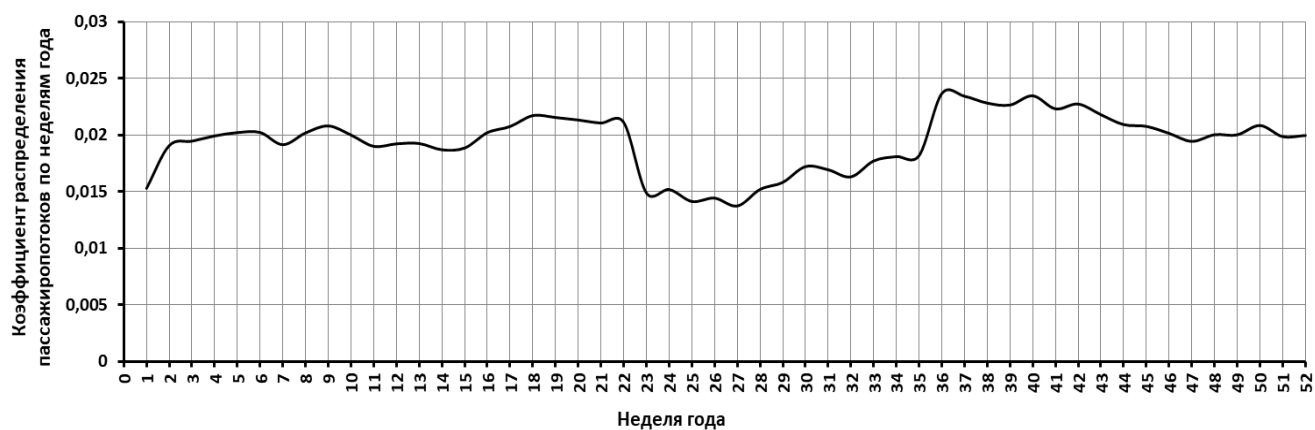


Рисунок 4.3 – График зависимости средней величины коэффициента распределения годового объёма перевозок по неделям года от порядкового номера недели

Исходя из полученных данных, можно сделать предварительное заключение о том, что для исследуемой городской территории можно выделить два периода, отличающиеся величиной суточных объёмов перевозок. Первый период с 1-ой по 22-ю недели и с 36-ой по 52-ю недели (с сентября по май, включительно); второй период – летние месяцы, с 23-й по 35-ю недели. Такое разделение обусловлено периодами начала и окончания занятий в учебных заведениях, а также периодами начала и окончания летних отпусков. Исходя из полученных данных и сделанного заключения, выдвинута гипотеза о том, что аналогичное распределение годового объёма перевозок по неделям года может быть характерно и для других городских территорий. Исключениями могут являться территории курортных зон и туристических объектов. Для данных видов городских территорий для определения характера распределения годового объёма перевозок по неделям года требуется проведение дополнительного обследования.

В рамках проводимого исследования принято, что определение численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта, целесообразно производить отдельно для летнего периода и для других месяцев года.

В соответствии с методикой, изложенной в подразделе 3.3, определён

характер распределения недельного объёма перевозок по дням недели. Для выявления данного распределения, выбраны пять недель года с типичными распределениями недельных объёмов перевозок по дням недели. Для исключения искажений выбраны недели осеннего, зимнего и весеннего сезона, не содержащие праздничных дней и дней с событиями, оказывающими существенное влияние на характер транспортных корреспонденций населения. Данным требованиям соответствуют 4, 16, 42, 47 и 50 неделям. Исходя из совокупных данных о суточной выручке, определены суточные объёмы перевозок для указанных недель на ранее описанной выборке маршрутов. Результаты обследования, позволяющие определить распределение недельных объёмов перевозок по дням недели, приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Распределение недельных объёмов перевозок (тыс. чел.) по дням недели для выборки исследуемых маршрутов

№ маршрута	№ недели	День недели							Недельный объём перевозок, тыс. чел.
		Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	13,158	12,596	12,355	12,676	13,751	8,524	7,233	80,229
	16	13,815	13,226	12,973	13,310	14,439	8,950	7,595	84,241
	42	15,789	15,115	14,826	15,211	16,502	10,229	8,680	96,275
	47	13,158	12,596	12,355	12,676	13,751	8,524	7,233	80,229
	50	14,473	13,856	13,591	13,944	15,126	9,377	7,957	88,252
2	4	15,634	14,967	14,681	15,062	16,340	10,129	8,595	95,331
	16	15,365	14,709	14,428	14,803	16,058	9,954	8,447	93,687
	42	17,560	16,810	16,489	16,917	18,352	11,376	9,653	107,071
	47	15,526	14,864	14,580	14,958	16,227	10,059	8,535	94,673
	50	16,435	15,734	15,433	15,834	17,177	10,648	9,035	100,214
3	4	11,298	10,816	10,609	10,885	11,808	7,319	6,211	68,890
	16	12,287	11,762	11,537	11,837	12,841	7,960	6,754	74,918
	42	13,945	13,350	13,095	13,435	14,574	9,034	7,666	85,030
	47	12,681	12,140	11,908	12,217	13,254	8,216	6,972	77,326
	50	12,745	12,201	11,968	12,279	13,320	8,257	7,006	77,712

Продолжение таблицы 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	4	3,647	3,491	3,424	3,513	3,811	2,362	2,005	22,235
	16	4,342	4,157	4,077	4,183	4,538	2,813	2,387	26,476
	42	4,556	4,362	4,278	4,390	4,762	2,952	2,505	27,782
	47	3,767	3,606	3,537	3,629	3,937	2,440	2,071	22,968
	50	4,053	3,880	3,805	3,904	4,235	2,625	2,228	24,711
5	4	6,172	5,909	5,796	5,947	6,451	3,999	3,393	37,637
	16	7,108	6,805	6,675	6,848	7,429	4,605	3,908	43,341
	42	7,890	7,553	7,409	7,601	8,246	5,112	4,337	48,109
	47	6,763	6,474	6,350	6,515	7,068	4,381	3,718	41,237
	50	7,232	6,924	6,791	6,968	7,559	4,686	3,976	44,100
6	4	7,403	7,087	6,952	7,133	7,737	4,796	4,070	45,143
	16	7,780	7,448	7,306	7,496	8,131	5,040	4,277	47,440
	42	8,558	8,192	8,036	8,245	8,944	5,544	4,705	52,181
	47	7,528	7,207	7,069	7,253	7,868	4,877	4,139	45,905
	50	7,440	7,123	6,987	7,168	7,776	4,820	4,090	45,367
7	4	6,018	5,762	5,651	5,798	6,290	3,899	3,309	36,698
	16	6,257	5,990	5,875	6,028	6,539	4,053	3,440	38,151
	42	7,008	6,708	6,580	6,751	7,324	4,540	3,852	42,729
	47	6,555	6,275	6,155	6,315	6,850	4,247	3,603	39,968
	50	6,587	6,306	6,186	6,346	6,885	4,268	3,621	40,168
8	4	7,478	7,159	7,022	7,205	7,816	4,845	4,111	45,599
	16	7,737	7,406	7,265	7,454	8,086	5,012	4,253	47,175
	42	8,860	8,481	8,319	8,535	9,259	5,740	4,870	54,021
	47	6,598	6,317	6,196	6,357	6,896	4,275	3,627	40,234
	50	8,258	7,906	7,755	7,956	8,631	5,350	4,540	50,356
9	4	7,171	6,865	6,734	6,909	7,494	4,646	3,942	43,725
	16	7,607	7,282	7,143	7,329	7,950	4,928	4,182	46,385
	42	8,960	8,578	8,414	8,632	9,364	5,805	4,926	54,634
	47	7,452	7,134	6,997	7,179	7,788	4,828	4,097	45,438
	50	8,319	7,964	7,812	8,015	8,694	5,390	4,573	50,726
10	4	7,630	7,304	7,164	7,350	7,974	4,943	4,194	46,522
	16	7,971	7,631	7,485	7,680	8,331	5,164	4,382	48,606
	42	9,074	8,687	8,521	8,742	9,483	5,879	4,988	55,329
	47	7,728	7,398	7,257	7,445	8,076	5,006	4,248	47,121
	50	8,376	8,018	7,865	8,069	8,754	5,426	4,605	51,073
Доля от недельного объёма перевозок, ед.		0,164	0,157	0,154	0,158	0,171	0,106	0,090	1,0

Относительное распределение недельных объёмов перевозок по дням недели, полученное на основании средних значений суточных объёмов перевозок, проиллюстрировано в виде диаграммы, представленной на рисунке 4.4.

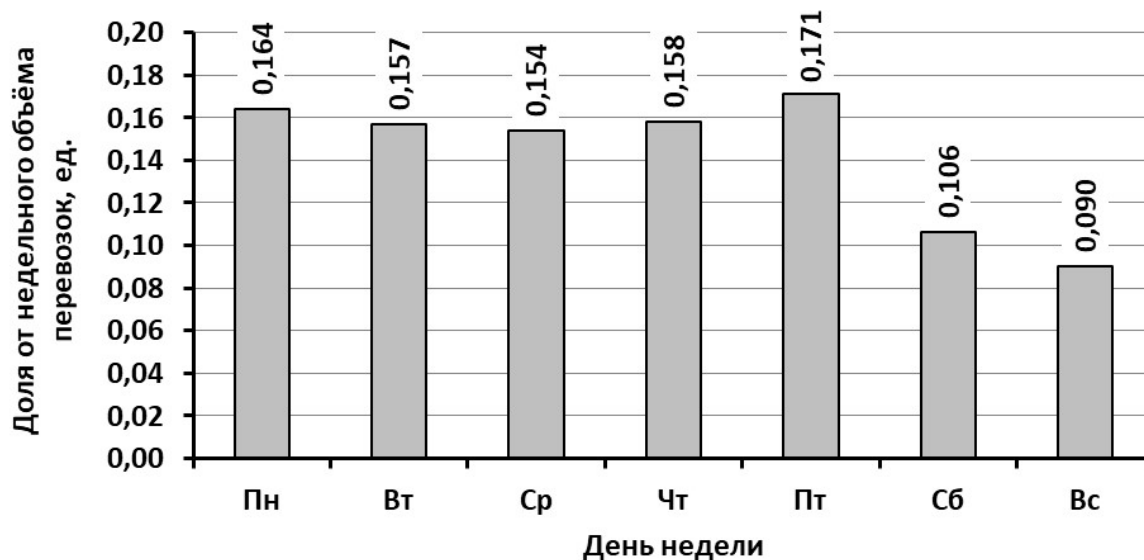


Рисунок 4.4 – Распределение недельного объёма перевозок по дням недели (Построено по средним значениям, определённым для выборки исследуемых маршрутов)

Исследование характера распределения суточных объёмов перевозок по часам суток произведено в соответствии с методикой, изложенной в подразделе 3.3. В соответствии с данной методикой, основой для производимой оценки являются данные об электронных платежах, совершаемых пассажирами через терминалы транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта. Так как часть платежей производится наличным расчётом, для точного учёта пассажиропотоков необходимо определить соотношение объёма суточной выручки, получаемой посредством электронных платежей к общему объёму суточной выручки. Анализ данных соотношений произведён в отношении выборки исследуемых маршрутов в рабочие и выходные дни. Объём предварительной выборки дней обследования принят в количестве по десять рабочих и выходных дней. Данные, полученные в результате проведённого обследования, представлены в таблице 4.11.



Таблица 4.11 – Результаты исследования соотношения общего объёма суточной выручки к объёму суточной выручки, полученной посредством электронных платежей

Маршрут	Рабочие дни										Среднее значение для маршрута
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1,2304	1,2558	1,3319	1,2811	1,2050	1,2177	1,2938	1,2431	1,3065	1,3192	1,2684
2	1,2414	1,3189	1,3448	1,2801	1,3577	1,3319	1,2672	1,2414	1,3189	1,2284	1,2931
3	1,2436	1,1582	1,1704	1,2436	1,2801	1,2558	1,2680	1,2070	1,1948	1,1704	1,2192
4	1,1350	1,2059	1,1704	1,2059	1,1231	1,2414	1,2177	1,1350	1,2295	1,1586	1,1822
5	1,1348	1,2543	1,2304	1,1468	1,2423	1,1707	1,1468	1,2184	1,1826	1,2184	1,1946
6	1,2177	1,3192	1,2431	1,3065	1,2050	1,3319	1,2938	1,2558	1,2938	1,2177	1,2684
7	1,1933	1,3189	1,2813	1,2436	1,2310	1,2938	1,2059	1,3064	1,2813	1,2059	1,2561
8	1,2284	1,1933	1,1582	1,2050	1,1231	1,1231	1,2167	1,1114	1,1465	1,1933	1,1699
9	1,2059	1,1704	1,2414	1,1350	1,2295	1,1586	1,1231	1,2059	1,2177	1,1350	1,1822
10	1,2295	1,3320	1,3064	1,3448	1,2295	1,3064	1,2680	1,2551	1,2167	1,3192	1,2808
Среднее значение для выборки маршрутов по рабочим дням											<b>1,2315</b>
Маршрут	Выходные дни										Среднее значение для маршрута
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1,2426	1,2682	1,3451	1,2938	1,2170	1,2298	1,3066	1,2554	1,3194	1,3323	1,2810
2	1,2536	1,3320	1,3581	1,2928	1,3712	1,3451	1,2798	1,2536	1,3320	1,2406	1,3059
3	1,2559	1,1697	1,1820	1,2559	1,2928	1,2682	1,2805	1,2190	1,2066	1,1820	1,2313
4	1,1462	1,2178	1,1820	1,2178	1,1343	1,2536	1,2298	1,1462	1,2417	1,1701	1,1940
5	1,1461	1,2667	1,2426	1,1581	1,2546	1,1823	1,1581	1,2305	1,1943	1,2305	1,2064
6	1,2298	1,3323	1,2554	1,3194	1,2170	1,3451	1,3066	1,2682	1,3066	1,2298	1,2810
7	1,2051	1,3320	1,2939	1,2559	1,2432	1,3066	1,2178	1,3193	1,2939	1,2178	1,2686
8	1,2406	1,2051	1,1697	1,2170	1,1343	1,1343	1,2288	1,1224	1,1579	1,2051	1,1815
9	1,2178	1,1820	1,2536	1,1462	1,2417	1,1701	1,1343	1,2178	1,2298	1,1462	1,1940
10	1,2417	1,3452	1,3193	1,3581	1,2417	1,3193	1,2805	1,2676	1,2288	1,3323	1,2934
Среднее значение для выборки маршрутов по выходным дням											<b>1,2437</b>

Выборочная дисперсия полученных данных (формула (3.2)), составляет:

- для рабочих дней  $S_{РАБ.ЭЛ} = 0,0473$ ;

- для выходных дней  $S_{ВЫХ.ЭЛ} = 0,0468$ .

Для полученных значений дисперсии, объём выборки, обеспечивающей получение достоверных данных при предельно-допустимом отклонении исследуемой величины не более 10 % составляет 8 значений. Следовательно проведения дополнительного исследования не требуется.

Расхождение между значениями, полученными для рабочих и выходных дней, составляет 0,9 %. Среднее значение соотношения общего объёма выручки к объёму выручки, полученному посредством электронных платежей, определённое для всей совокупности исследованных дней, по всей выборке маршрутов составляет:

$$\frac{D_{CVT}}{D_{ЭЛ}} = 1,2376.$$

В качестве примера, на рисунках 4.5, 4.6 и 4.7 приведено распределение суточного объёма перевозок по времени суток, полученное для одного из регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар.

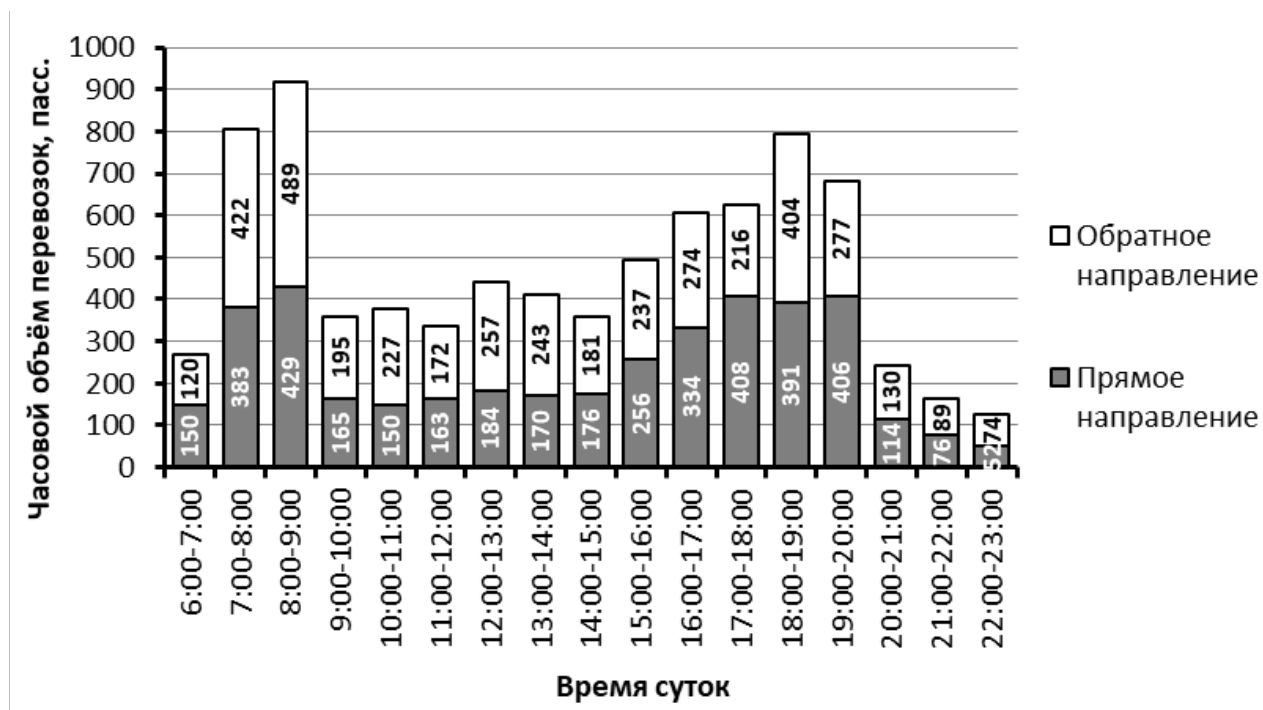


Рисунок 4.5 – Распределение суточного объёма перевозок по времени суток регулярного маршрута городского пассажирского транспорта г. Краснодар, рабочий день

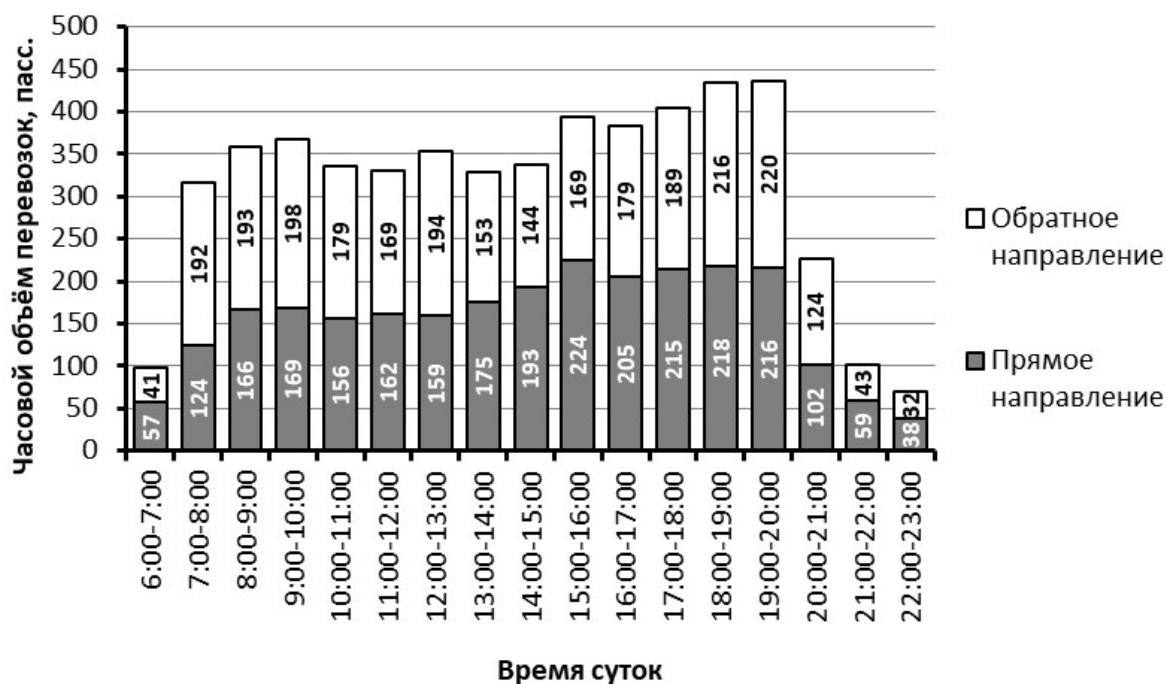


Рисунок 4.6 – Распределение суточного объёма перевозок по времени суток регулярного маршрута городского пассажирского транспорта г. Краснодар, субботний день

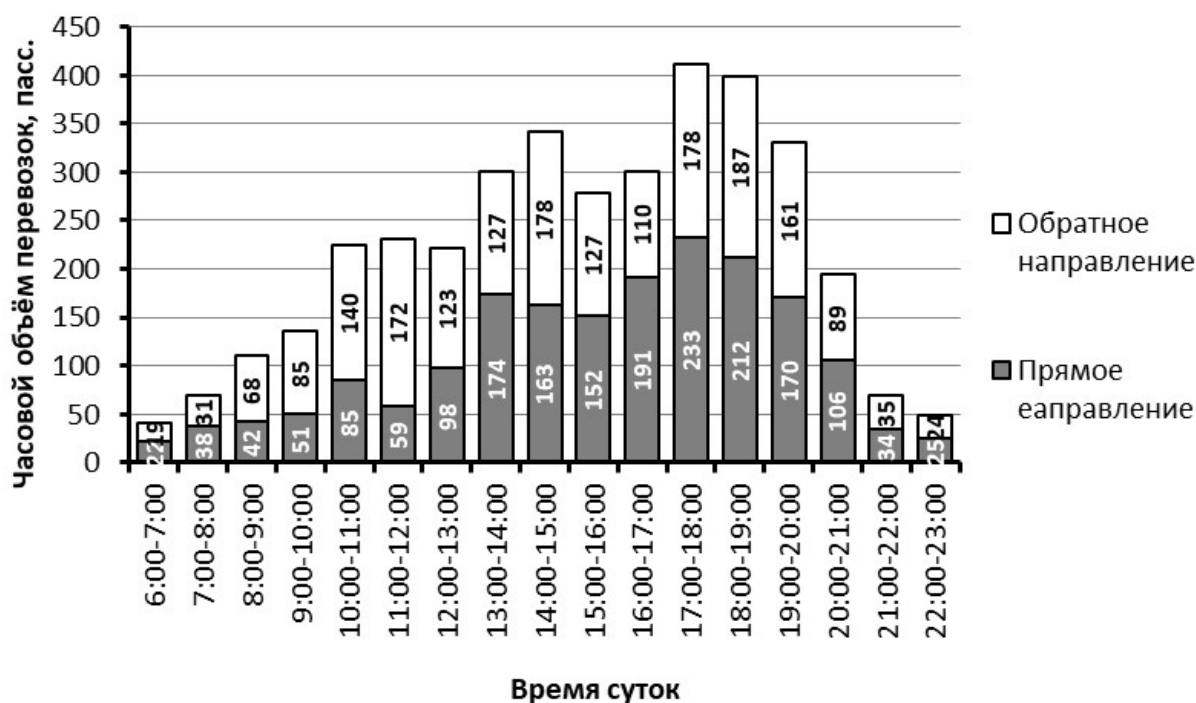


Рисунок 4.7 – Распределение суточного объёма перевозок по времени суток регулярного маршрута городского пассажирского транспорта г. Краснодар, воскресный день

Аналогичные распределения суточных объёмов перевозок по часам суток определены для других маршрутов исследуемой выборки. На основании полученных данных произведён расчёт значений коэффициентов распределения суточных объёмов перевозок по часам суток, определяемых как отношение суммарного часового объёма перевозок к суточному объёму. Полученные результаты, сформированные отдельно для рабочих, субботних и воскресных дней, представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Значения коэффициентов распределения суточных объёмов перевозок по часам суток

Маршрут	Рабочие дни (время суток)																	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	0,0337	0,1004	0,1145	0,0449	0,047	0,0418	0,055	0,0515	0,0445	0,0615	0,0759	0,0779	0,0992	0,0852	0,0304	0,0206	0,0157	
2	0,033	0,1025	0,1134	0,0454	0,0456	0,0403	0,0567	0,0536	0,0434	0,0605	0,0774	0,0802	0,0979	0,0835	0,0304	0,0202	0,0159	
3	0,0328	0,0988	0,1168	0,0463	0,0456	0,0403	0,0539	0,0526	0,0441	0,0621	0,0782	0,081	0,0979	0,0835	0,0304	0,02	0,0155	
4	0,0347	0,0974	0,1105	0,0467	0,0464	0,041	0,0539	0,0526	0,0445	0,0603	0,0769	0,078	0,101	0,0882	0,0298	0,021	0,017	
5	0,0325	0,0971	0,1191	0,0443	0,0461	0,041	0,0561	0,0515	0,0437	0,0622	0,0751	0,0786	0,1029	0,0835	0,0303	0,02	0,016	
6	0,0344	0,1003	0,1123	0,0455	0,0466	0,0422	0,0571	0,0505	0,0443	0,0634	0,0781	0,0755	0,0957	0,0885	0,0301	0,0202	0,0154	
7	0,0337	0,0984	0,116	0,0445	0,0475	0,0433	0,0539	0,0512	0,0459	0,0634	0,0736	0,0751	0,1032	0,0841	0,0298	0,0202	0,016	
8	0,0330	0,0984	0,1144	0,0440	0,0475	0,0431	0,0561	0,0522	0,0441	0,0618	0,0732	0,0774	0,1029	0,0835	0,0314	0,0214	0,0155	
9	0,0349	0,0984	0,118	0,0467	0,0464	0,041	0,0527	0,0515	0,0437	0,0621	0,078	0,0794	0,1	0,0844	0,0273	0,0199	0,0156	
10	0,033	0,0984	0,1144	0,044	0,0475	0,0431	0,0561	0,0522	0,0441	0,0597	0,0732	0,0774	0,105	0,0835	0,0314	0,0214	0,0155	

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Средние значения	Субботные дни (время суток)																	
	Машрут	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0,0336	6:00-7:00	0,0186	0,0190	0,0190	0,0188	0,0186	0,0190	0,0182	0,0190	0,0193	0,0182	0,0190	0,0187	0,0190	0,0190	0,0190	0,0190	0,0190
0,099	7:00-8:00	0,0599	0,0599	0,0599	0,0621	0,0587	0,0599	0,0587	0,0607	0,0587	0,0607	0,0587	0,0597	0,0607	0,0607	0,0607	0,0607	0,0607
0,115	8:00-9:00	0,0681	0,0667	0,0667	0,0667	0,0690	0,0660	0,0680	0,0674	0,0701	0,0680	0,0674	0,0677	0,0674	0,0674	0,0674	0,0674	0,0674
0,0452	9:00-10:00	0,0696	0,0705	0,0705	0,0692	0,0689	0,0672	0,0682	0,0675	0,0724	0,0682	0,0675	0,0692	0,0675	0,0675	0,0675	0,0675	0,0675
0,0466	10:00-11:00	0,0635	0,0629	0,0629	0,0654	0,0642	0,0661	0,0642	0,0613	0,0627	0,0642	0,0613	0,0637	0,0613	0,0613	0,0613	0,0613	0,0613
0,0417	11:00-12:00	0,0628	0,0634	0,0634	0,0647	0,0651	0,0651	0,0647	0,0624	0,0615	0,0647	0,0624	0,0638	0,0624	0,0624	0,0624	0,0624	0,0624
0,0552	12:00-13:00	0,0669	0,0694	0,0694	0,0649	0,0656	0,0656	0,0685	0,0694	0,0656	0,0683	0,0694	0,0674	0,0694	0,0694	0,0694	0,0694	0,0694
0,0519	13:00-14:00	0,0622	0,0610	0,0610	0,0600	0,0618	0,0610	0,0630	0,0610	0,0621	0,0630	0,0610	0,0616	0,0610	0,0610	0,0610	0,0610	0,0610
0,0442	14:00-15:00	0,0639	0,0635	0,0635	0,0665	0,0658	0,0626	0,0635	0,0658	0,0626	0,0633	0,0658	0,0641	0,0658	0,0658	0,0658	0,0658	0,0658
0,0617	15:00-16:00	0,0745	0,0768	0,0768	0,0736	0,0768	0,0755	0,0723	0,0775	0,0753	0,0723	0,0775	0,0751	0,0753	0,0753	0,0753	0,0753	0,0753
0,076	16:00-17:00	0,0728	0,0750	0,0750	0,0714	0,0706	0,0721	0,0703	0,0719	0,0750	0,0702	0,0719	0,0724	0,0750	0,0750	0,0750	0,0750	0,0750
0,0781	17:00-18:00	0,0766	0,0743	0,0743	0,0751	0,0739	0,0774	0,0766	0,0751	0,0781	0,0762	0,0751	0,0758	0,0781	0,0781	0,0781	0,0781	0,0781
0,1006	18:00-19:00	0,0823	0,0794	0,0794	0,0840	0,0856	0,0854	0,0854	0,0807	0,0834	0,0854	0,0807	0,0831	0,0834	0,0834	0,0834	0,0834	0,0834
0,0848	19:00-20:00	0,0827	0,0860	0,0840	0,0826	0,0816	0,0810	0,0810	0,0826	0,0819	0,0821	0,0826	0,0826	0,0819	0,0819	0,0819	0,0819	0,0819
0,0301	20:00-21:00	0,0429	0,0413	0,0423	0,0424	0,0413	0,0426	0,0441	0,0446	0,0416	0,0441	0,0446	0,0427	0,0416	0,0416	0,0416	0,0416	0,0416
0,0205	21:00-22:00	0,0193	0,0190	0,0190	0,0196	0,0190	0,0199	0,0201	0,0195	0,0184	0,0201	0,0195	0,0194	0,0184	0,0184	0,0184	0,0184	0,0184
0,0158	22:00-23:00	0,0133	0,0120	0,0130	0,0131	0,0135	0,0137	0,0131	0,0137	0,0112	0,0131	0,0137	0,0113	0,0112	0,0112	0,0112	0,0112	0,0112

Продолжение таблицы 4.12

Средние значения	Воскресные дни (время суток)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Маршрут																			
0,0111	0,01128	0,01146	0,01146	0,01072	0,01083	0,01083	0,01128	0,01146	0,01083	0,01083	0,01083	0,01083	0,01146	0,01083	0,01083	0,01083	0,01128	0,01146	0,01128
0,0184	0,01885	0,01823	0,01823	0,01795	0,01849	0,01823	0,01885	0,01823	0,01858	0,01823	0,01823	0,01823	0,01823	0,01858	0,01823	0,01823	0,01885	0,01823	0,01858
0,03	0,02936	0,03055	0,02948	0,03084	0,03355	0,02906	0,02936	0,03055	0,02906	0,02906	0,02906	0,02936	0,02948	0,02906	0,02906	0,02906	0,02936	0,02948	0,02906
0,037	0,03557	0,03813	0,03777	0,03619	0,03720	0,03714	0,03557	0,03714	0,03703	0,03703	0,03714	0,03557	0,03777	0,03714	0,03714	0,03714	0,03557	0,03777	0,03714
0,0603	0,05854	0,05987	0,06248	0,05945	0,05970	0,06006	0,05854	0,06006	0,06248	0,06248	0,06006	0,05987	0,06248	0,06006	0,06006	0,06006	0,05854	0,06248	0,06006
0,0616	0,06191	0,06104	0,06041	0,06104	0,06010	0,06290	0,06191	0,06104	0,06353	0,06353	0,06290	0,06104	0,06041	0,06290	0,06290	0,06290	0,06191	0,06041	0,06290
0,0604	0,06179	0,05839	0,05750	0,06078	0,06197	0,06179	0,06179	0,05839	0,06036	0,06036	0,06179	0,05839	0,05750	0,06179	0,06179	0,06179	0,06179	0,05839	0,06179
0,081	0,07953	0,08107	0,08440	0,08107	0,08010	0,07953	0,07953	0,08107	0,08034	0,08034	0,07953	0,08107	0,08440	0,07953	0,07953	0,07953	0,07953	0,08107	0,07953
0,0913	0,09470	0,09010	0,09074	0,09006	0,09010	0,09139	0,09469	0,09010	0,08918	0,08918	0,09139	0,09010	0,09074	0,09139	0,09139	0,09139	0,09010	0,09074	0,09139
0,0756	0,07823	0,07597	0,07372	0,07560	0,07372	0,07748	0,07823	0,07597	0,07140	0,07140	0,07748	0,07597	0,07372	0,07748	0,07748	0,07748	0,07597	0,07372	0,07748
0,0818	0,08010	0,08359	0,07953	0,08034	0,08292	0,08359	0,08410	0,08359	0,08067	0,08067	0,08359	0,08410	0,07953	0,08359	0,08359	0,08359	0,08359	0,08067	0,08359
0,1117	0,10860	0,11303	0,11410	0,11192	0,11070	0,11280	0,10860	0,11303	0,11491	0,11491	0,11280	0,10860	0,11410	0,11280	0,11280	0,11280	0,11303	0,11410	0,11280
0,1071	0,10790	0,10897	0,10747	0,11156	0,10557	0,10720	0,10542	0,10897	0,10542	0,10542	0,10720	0,10542	0,10747	0,10720	0,10720	0,10720	0,10542	0,10747	0,10720
0,0889	0,08915	0,08835	0,08746	0,08746	0,09040	0,08657	0,08915	0,08835	0,09020	0,09020	0,08657	0,08915	0,08746	0,08657	0,08657	0,08657	0,08835	0,08746	0,08657
0,0521	0,05152	0,05100	0,05326	0,05226	0,05205	0,05010	0,05152	0,05100	0,05468	0,05468	0,05010	0,05152	0,05326	0,05010	0,05010	0,05010	0,05152	0,05326	0,05010
0,0185	0,01879	0,01710	0,01863	0,01916	0,01892	0,01925	0,01820	0,01710	0,01836	0,01836	0,01925	0,01820	0,01863	0,01925	0,01925	0,01925	0,01710	0,01863	0,01925
0,0133	0,01420	0,01313	0,01334	0,01361	0,01370	0,01210	0,01330	0,01313	0,01295	0,01295	0,01210	0,01330	0,01334	0,01210	0,01210	0,01210	0,01313	0,01334	0,01210

Полученные значения распределений проиллюстрированы при помощи графиков, представленных на рисунке 4.8.

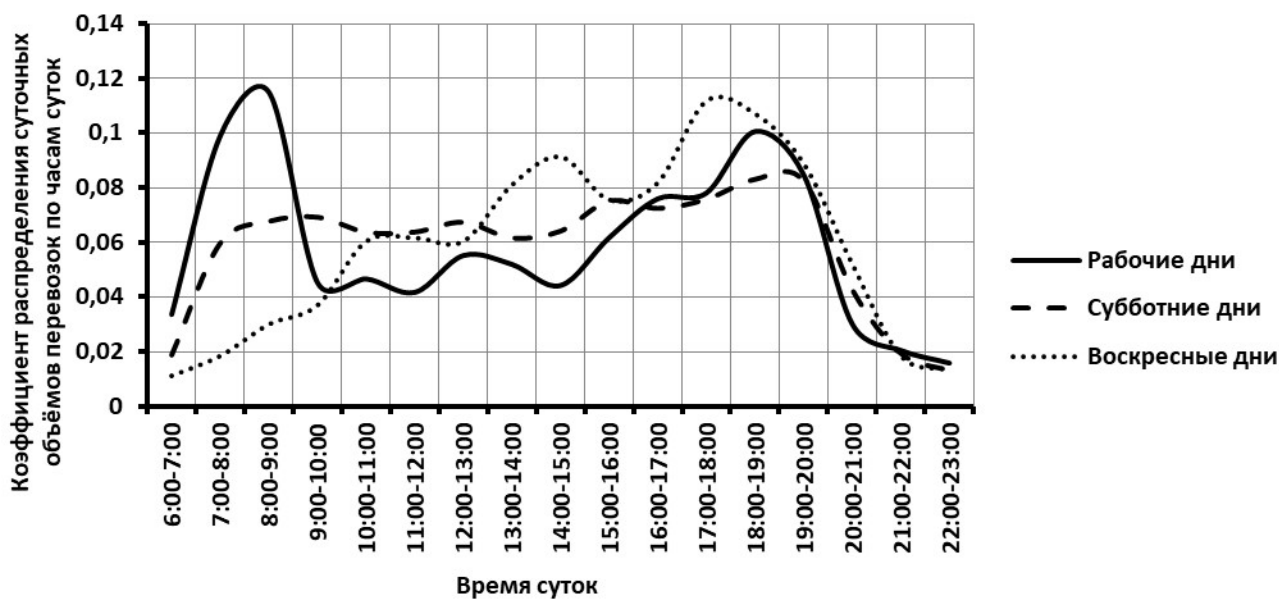


Рисунок 4.8 — Зависимости средних значений коэффициента распределения суточного объёма перевозок по часам суток от времени суток

В соответствии с методикой, изложенной в подразделе 3.2, определены значения выборочной дисперсии для рабочих, субботних и воскресных дней по совокупности маршрутов, включённых в исследуемую выборку:

- для рабочих дней  $S_{РАБ. ЧАС} = 0,0662$ ;
- для субботних дней  $S_{СУБ. ЧАС} = 0,0527$ ;
- для воскресных дней  $S_{ВС. ЧАС} = 0,0492$ .

Для данных значений дисперсии необходимый объём выборки для установленной величины предельно-допустимого отклонения не более 10 % составляет 10 значений. Следовательно, полученные данные можно считать достоверными, а выборку из десяти обследованных маршрутов репрезентативной.

Таким образом, получены данные, позволившие выявить наиболее нагруженные временные периоды в рамках системы городского пассажирского транспорта г. Краснодар. Данные о пассажиропотоках, формируемых в эти периоды, являются основой для расчёта численности транспортных средств,

закреплённых за маршрутом исходя из условия полного удовлетворения спроса на транспортные услуги.

В рамках исследуемого периода (один год), на исследуемой выборке регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар наибольший объём перевозок производится на 36-й неделе; наиболее нагруженным днём недели является пятница; максимальный пассажиропоток формируется в утренние часы пик с 8:00 до 9:00.

Установлено, что проведение дальнейших исследований с целью определения наиболее нагруженного участка маршрута целесообразно в течение временного интервала, соответствующего обозначенным параметрам.

#### **4.3 Исследование распределения пассажиропотоков по участкам регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта**

Величина пассажиропотока на наиболее нагруженном участке маршрута является ключевым параметром, используемым при расчёте целесообразной численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта.

Исследование проведено в соответствии с методикой, описание которой приведено в подразделе 3.4 данной работы. Методикой предусмотрено два этапа проведения натурных обследований. На первом этапе в салонах части транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, размещены счётчики, фиксирующие в специальных протоколах количество входящих и выходящих пассажиров на каждом остановочном пункте. Исследование проведено в периоды времени, характеризующиеся наибольшим спросом на услуги городского пассажирского транспорта (осенне-зимний период, рабочие дни, утренние часы пик).

В качестве примера, в таблице 4.13 приведены результаты обследования пассажиропотоков на одном из регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар.



Таблица 4.13 – Результаты обследования пассажиропотоков на одном из регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар

Остановочный пункт	Прямое направление				Обратное направление			
	Вышло	Вошло	Проехало на перегоне	Длина перегона, км	Вышло	Вошло	Проехало на перегоне	Длина перегона, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ж/Д вокзал «Краснодар 1»	0	2	2	0,56	6	0	6	0,36
МУП «КТТУ»	0	1			0	0		
Ул. Суворова	0	2	3	0,4	1	1	6	0,77
Ул. Коммунаров	0	6	5	0,55	4	1	6	0,58
Музыкальный театр	1	8	11	0,59	8	0	9	0,88
Филармония им. Г. Пономаренко	1	11	18	0,69	4	1	17	0,64
Ул. Горького	4	3	28	0,71	7	1	20	0,82
Главная городская площадь	6	2	27	0,51	0	2	26	0,55
Ул. Хакурате	3	5	23	0,51	3	4	24	0,37
Дом Союзов	5	0	25	0,78	3	4	23	0,6
Ул. Одесская	2	0	20	0,64	3	1	25	0,8
Ул. Гаврилова	2	0	18	0,64	1	4	22	0,5
Кинотеатр «Аврора»	2	2	18	0,86	1	2	21	0,51
Завод «Нефтемаш»	2	0	16	0,84	-	-		
Ул. Свободы	2	0	14	0,36	-	-		
Ул. Свободы	2	2	14	0,31	-	-		
Ул. Лузана	3	8	14	0,31	-	-		
Ул. Лузана	3	8	19	0,54	-	-		

Продолжение таблицы 4.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ул. Дзержинского	3	2	18	0,53	-	-	18	0,48
Ул. Морская	-	-			1	4		
Ул. Офицерская	-	-			5	2	21	0,78
Ул. Дальняя	-	-			2	1	22	0,77
Троллейбусное депо №1	18	0			0	22		
Итого	54	54		10,01			-	9,94

На основе полученных данных, с учётом доли обследованных транспортных средств и количества транспортных средств, фактически обслуживающих маршрут в период обследования (формула (3.6)), произведён расчёт величины пассажиропотоков на участках маршрута. На основании результатов расчёта построена диаграмма, представленная на рисунке 4.9.

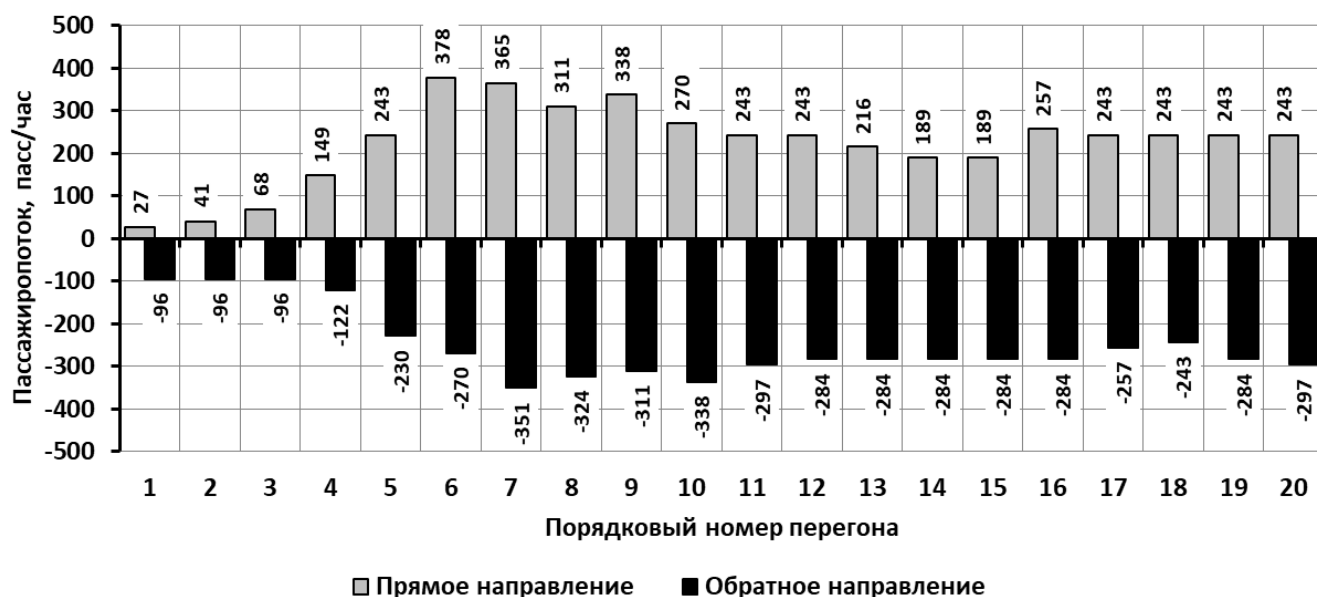


Рисунок 4.9 – Распределение часового пассажиропотока по участкам одного из регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар

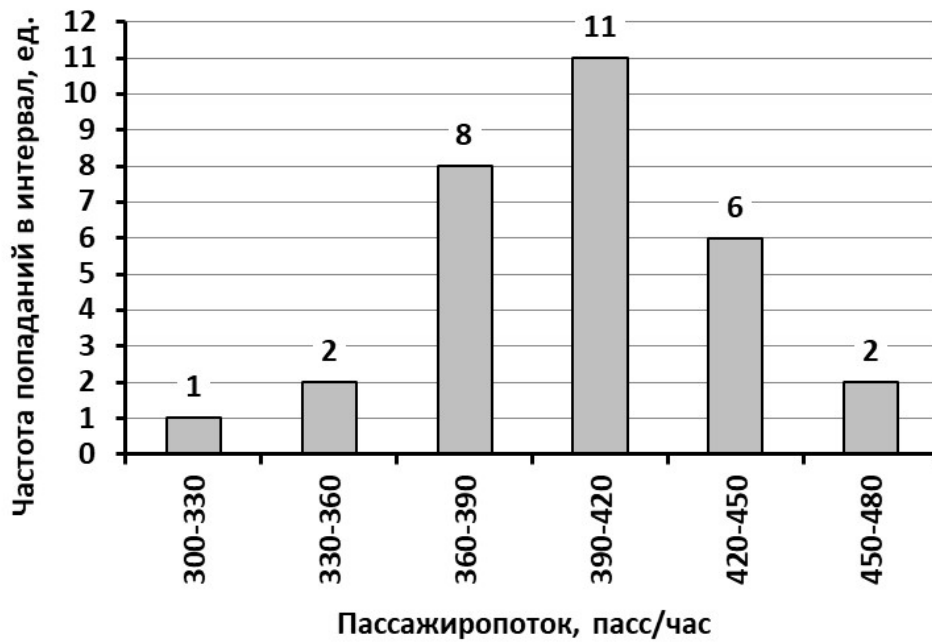
Для исследуемого маршрута установлены наиболее нагруженные в пиковое время участки (перегоны 6 и 7, прямое направление).

В отношении данных перегонов (в соответствии с методикой, описанной в подразделе 3.4) произведено обследование спроса на услуги городского пассажирского транспорта в рамках исследуемого маршрута. Для формирования предварительной выборки данных принят период обследования продолжительностью полтора месяца (36, 37, 38, 39, 40 и 41 недели года), охватывающий 30 рабочих дней.

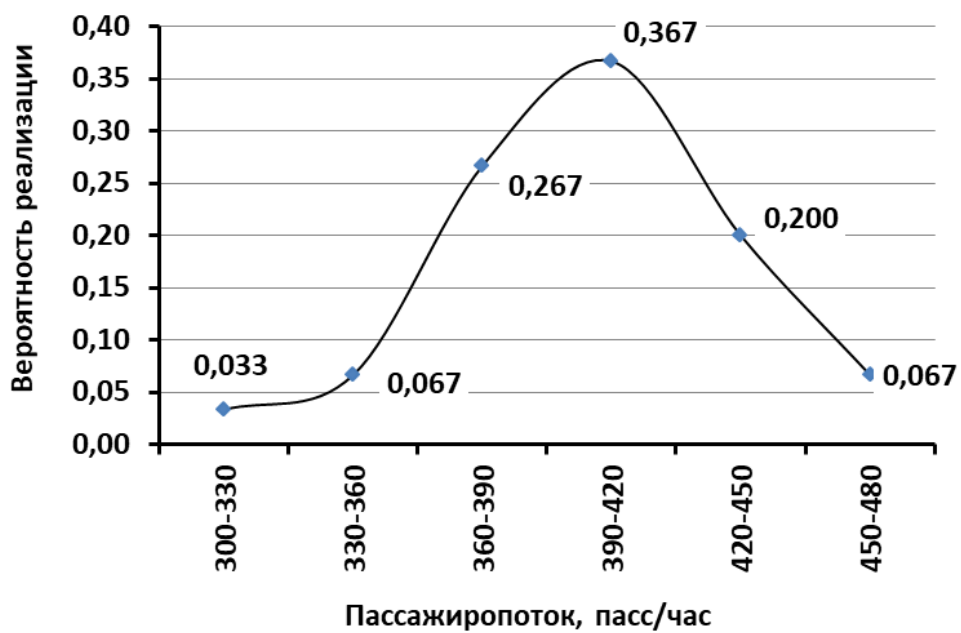
За исследуемый период зафиксировано минимальное значение пассажиропотока 327 пасс./час и максимальное значение 458 пасс./час. В соответствии с разработанной методикой, выявленный диапазон разбит на пять интервалов. Установлена частота попаданий полученных результатов наблюдений в каждый обозначенный интервал.

Диаграмма, отражающая данное распределение приведена на рисунке 4.10 (а). Распределение вероятностей реализации пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке исследуемого маршрута приведено на рисунке 4.10 (б).

Аналогичные исследования спроса на услуги пассажирского транспорта проведены для других нагруженных участков сформированной выборки маршрутов. Полученные результаты представлены на рисунках 4.11-4.20.



а)



б)

а – частота попаданий величины пассажиропотока в заданный интервал;  
 б – распределение вероятностей пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке маршрута

Рисунок 4.10 – Результаты исследования вероятностных характеристик пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке маршрута в пиковое время

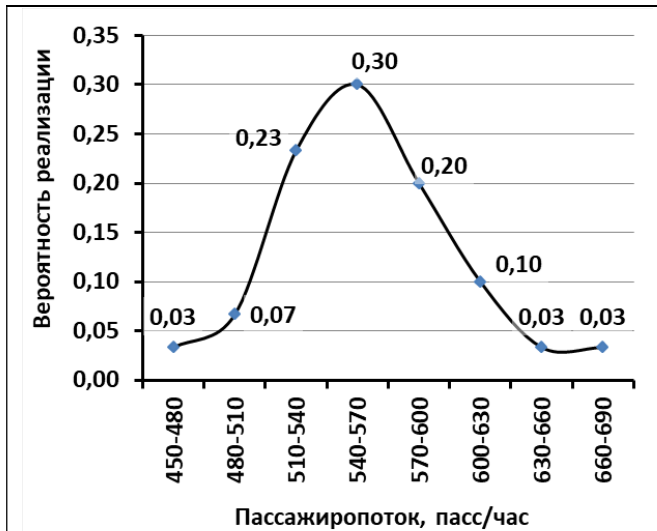


Рисунок 4.11 – Распределение вероятностей пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке маршрута 1

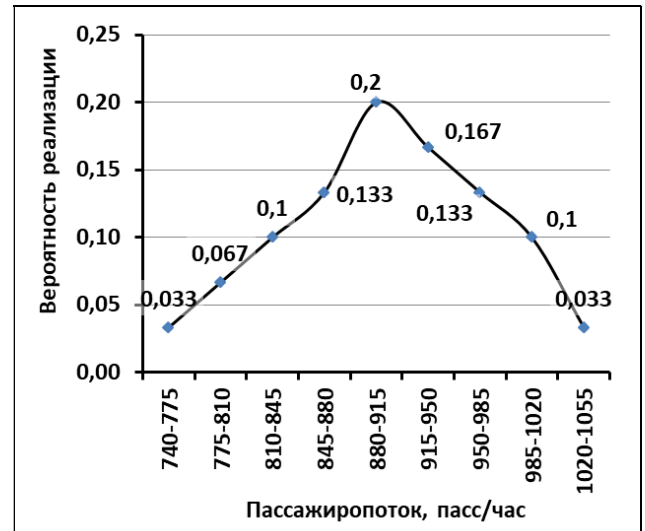


Рисунок 4.12 – Распределение вероятностей пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке маршрута 2

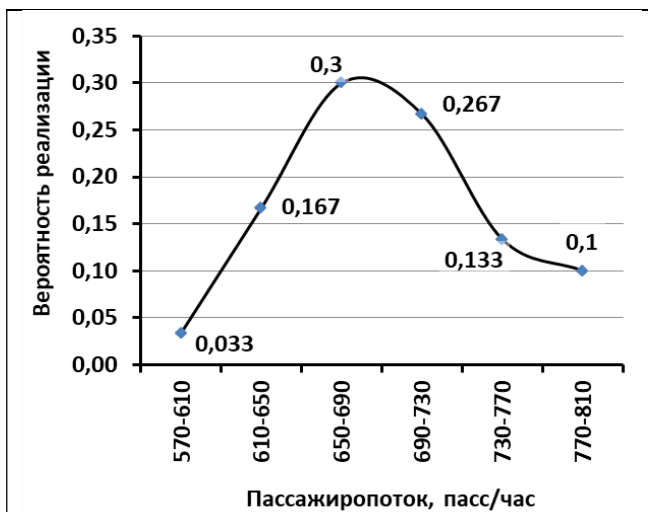


Рисунок 4.13 – Распределение вероятностей пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке маршрута 3

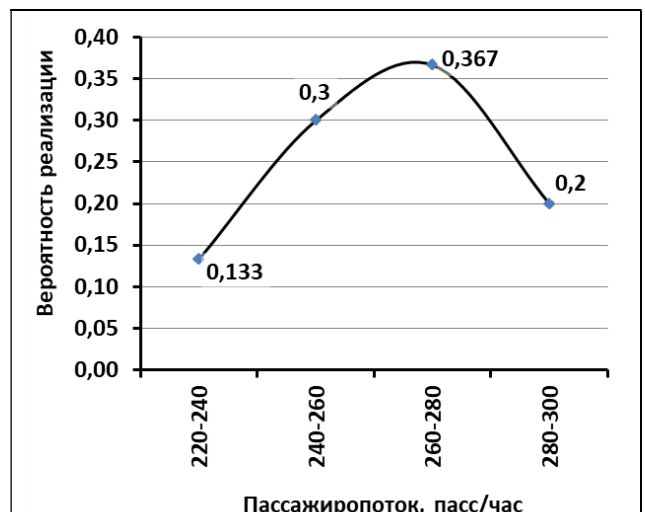
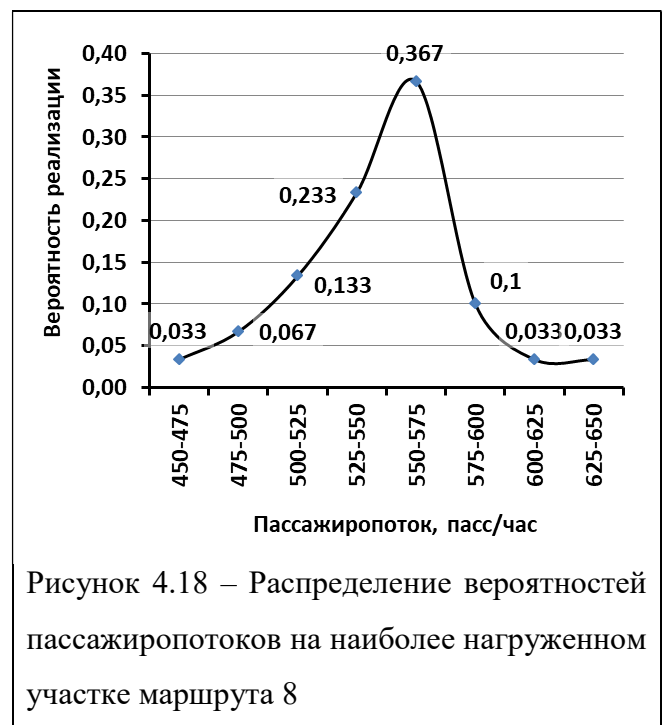
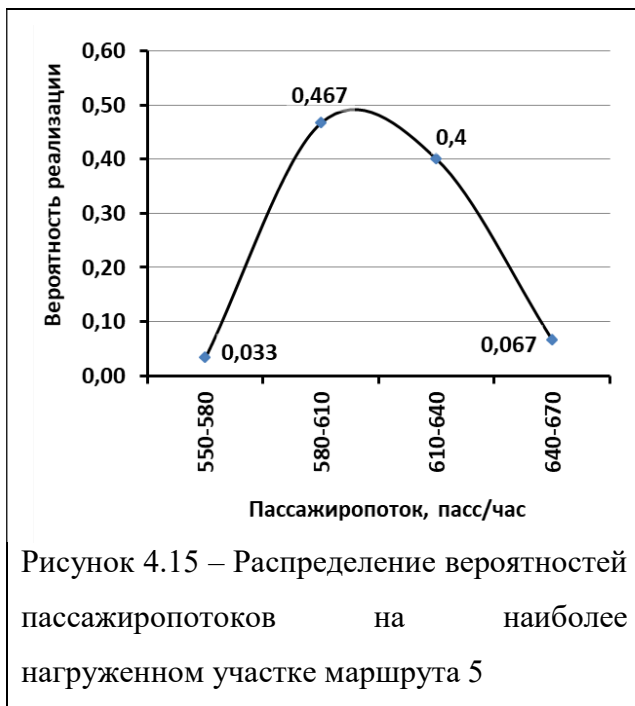
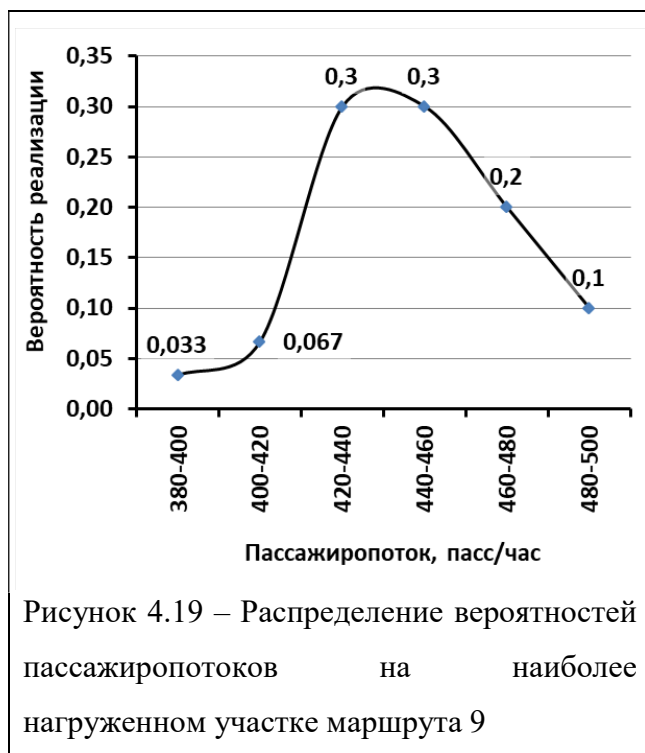


Рисунок 4.14 – Распределение вероятностей пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке маршрута 4





Таким образом, обоснована практическая возможность определения характера распределения годовых объёмов перевозок по вложенным, циклически изменяющимся временным интервалам. Подтверждена ранее выдвинутая гипотеза о том, что пассажиропоток на любом участке маршрута в заданный момент времени является случайной величиной, формируемой под влиянием множества стохастических факторов. Следовательно, пассажиропоток на наиболее нагруженном участке маршрута в пиковое время также может рассматриваться как случайная величина с параметрами распределения, определяемыми в ходе натурных исследований.

Данное утверждение положено в основу предлагаемого подхода, предполагающего учёт вероятностных характеристик пассажиропотоков при определении численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта.

#### **4.4 Исследование влияния вероятностных характеристик пассажиропотоков на численность транспортных средств, обеспечивающую минимальное значение совокупного ущерба**

Исходя из того, что пассажиропоток, измеряемый на наиболее нагруженном участке маршрута в пиковое время, является случайной величиной, формируемой под влиянием совокупности внешних факторов, несомненный научный и практический интерес представляют зависимости, описывающие влияние вероятностных характеристик данной величины на оптимизированную численность транспортных средств, закреплённых за регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта.

Для получения данных зависимостей, на основе расчётной методики, описанной во втором разделе данной работы, в соответствии с алгоритмом, представленным на рисунке 2.8, разработана математическая модель, позволяющая определить оптимизированную численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом городского пассажирского транспорта. Оптимизированная численность транспортных средств соответствует условию минимума совокупного ущерба, определяемого на основе соотношения спроса на услуги городского пассажирского транспорта и провозной возможности парка транспортных средств, закреплённых за маршрутом.

В результате проведения натурных наблюдений получены статистические данные, позволяющие выявить вероятностные характеристики максимальных пассажиропотоков. Полученные значения пассажиропотоков выражены в абсолютном исчислении, что затрудняет сопоставление их вероятностных характеристик между собой (рисунки 4.11-4.20).

Для сопоставления разброса случайной величины относительно среднего значения для маршрутов, имеющих различную величину пассажиропотоков, целесообразно воспользоваться безразмерным статистическим параметром – коэффициентом вариации. Величина коэффициента вариации характеризует амплитуду относительного изменения пассажиропотоков относительно среднего



значения. Формула для расчёта данного коэффициента имеет вид:

$$V = \frac{\sigma_{\text{ПП}}}{\overline{\text{ПП}}} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

где  $V$  – коэффициент вариации, %;

$\sigma_{\text{ПП}}$  – среднее квадратическое отклонение пассажиропотоков, пасс/час;

$\overline{\text{ПП}}$  – средняя величина пассажиропотоков, пасс/час.

Расчёт среднего квадратического отклонения производится по формуле:

$$\sigma_{\text{ПП}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{ПП}_i - \overline{\text{ПП}})^2}{n}}, \quad (4.2)$$

где  $n$  – количество наблюдений, ед.;

$\text{ПП}_i$  – значение пассажиропотока, определённого по результатам  $i$ -го наблюдения, пасс/час.

Для определения диапазона моделирования произведён расчёт значений коэффициента вариации пассажиропотока на наиболее нагруженном участке, для выборки исследуемых маршрутов. Промежуточные данные, используемые в расчёте, и результаты расчёта коэффициента вариации представлены в таблице 4.14. На основании анализа данных, представленных в таблице 4.13, сделано заключение о том, что коэффициент вариации в рамках выборки меняется в пределах от 3,29 до 10,38 %.

Таблица 4.14 – Значения коэффициента вариации пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке выборки исследуемых маршрутов

Порядковый номер маршрута	Среднее квадратическое отклонение пассажиропотока, пасс/час ( $\sigma_{III}$ )	Средняя величина пассажиропотоков, пасс/час. ( $\overline{III}$ )	Коэффициент вариации ( $V$ ), %
1	44,6	560	7,96
2	71,9	911	7,89
3	51,2	694	7,38
4	19,0	263	7,22
5	20,1	611	3,29
6	31,7	328	9,65
7	44,6	429	10,38
8	36,3	546	6,65
9	24,1	447	5,38
10	20,2	392	5,14

Исходя из того, что фактический годовой цикл обслуживания регулярных маршрутов в значительной степени превышает период проведения натурного обследования, и обследование проведено на выборке, а не на всей совокупности маршрутов, существует вероятность расширения выявленного диапазона возможных значений коэффициента вариации пассажиропотоков на наиболее нагруженных участках маршрутов городского пассажирского транспорта.

Для проведения моделирования, целью которого является исследование влияния вероятностных характеристик пассажиропотоков на численность транспортных средств, обеспечивающую минимальное значение совокупного ущерба, принят диапазон изменения коэффициента вариации от 0 до 14 % с шагом 2 %.

В качестве типового маршрута, параметры которого использованы в качестве постоянных величин, формирующих модель проводимого

исследования, принят маршрут, формирующий минимальное значение дискретности изменения провозной возможности парка, обусловленной изменением численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом на одну единицу. Минимальная величина дискретности определяет более высокую информативность полученных результатов. С учётом обозначенного подхода, в качестве модельного маршрута принят маршрут 7 исследуемой выборки маршрутов. Параметры данного маршрута приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Основные параметры регулярного маршрута городского пассажирского транспорта, принятые в качестве основы для формирования математической модели

Параметр	Значение
Протяжённость оборотного рейса, км.	36
Пассажировместимость транспортных средств, обслуживающих маршрут, чел.	60
Модель транспортных средств, обслуживающих маршрут	ПА3-3204
Годовой объём перевозок, тыс. пасс.	1 902,1
Средняя величина пассажиропотока на наиболее нагруженном участке маршрута, пасс/час	429
Общий годовой пробег транспортных средств, обслуживающих маршрут, км	1 000 742
Среднее количество оборотных рейсов, совершаемых транспортным средством за рабочий день, ед.	4,7
Численность транспортных средств, обслуживающих маршрут в пиковое время, ед.	18
Себестоимость 1 км пробега транспортных средств на маршруте, руб.	52,0
Себестоимость перевозки одного пассажира, руб.	27,4
Тариф на перевозку одного пассажира, руб.	35
Положительный эффект от перевозки одного пассажира $b_1$ , руб.	7,6
Отрицательный эффект, связанный с вероятным отказом пассажира от услуг городского пассажирского транспорта, при недостаточной провозной возможности парка $b_2$ , руб.	6,8
Отрицательный эффект, являющийся следствием наличия вакантного места в салоне транспортного средства, при наличии избыточной провозной возможности парка $b_3$ , руб.	24,6

При проведении моделирования принято, что в рамках заданной вариации распределение вероятностей пассажиропотоков соответствует нормальному закону. Плотность вероятностей в соответствии с нормальным законом описывается выражением:

$$f(III) = \frac{1}{\sigma_{III} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(III_i - \overline{III})^2}{2\sigma_{III}^2}}, \quad (4.3)$$

где  $\sigma_{III}$  – среднее квадратическое отклонение, пасс./час;

$III_i$  –  $i$ -е значение пассажиропотоков, пасс./час;

$\overline{III}$  – средняя арифметическая величина пассажиропотоков, пасс./час.

При известном значении плотности вероятности вероятность попадания случайной величины в заданный интервал определяется из выражения:

$$P_{\Delta III_i} = \Delta III_i \cdot f(III_i), \quad (4.4)$$

где  $\Delta III_i$  – ширина интервала, включающего в себя  $i$ -е значение пассажиропотока ( $III_i$ ), пасс/час.

Для проведения моделирования произведён расчёт значений среднего квадратического отклонения соответствующих заданным значениям коэффициента вариации. Расчёт произведён по формуле, полученной в результате преобразования выражения (4.1):

$$\sigma_{III} = \frac{V \cdot \overline{III}}{100\%}, \quad (4.5)$$

Результаты расчёта для средней величины пассажиропотока  $\overline{III} = 429$  пасс./час, сведены в таблицу 4.16.

Результаты расчёта вероятностей пассажиропотоков для моделируемого маршрута, выполненные при помощи выражения (4.4), сведены в таблицу 4.17.

Таблица 4.16 – Результаты расчёта значений среднего квадратического отклонения пассажиропотоков моделируемого маршрута

Коэффициент вариации, %	0	2	4	6	8	10	12	14
Среднее квадратическое отклонение пассажиропотоков, пасс./час	0	8,58	17,16	25,74	34,32	42,9	51,48	60,06

Таблица 4.17 – Результаты расчёта вероятностей пассажиропотоков для моделируемого маршрута при заданной величине среднего квадратического отклонения

Среднее квадратическое отклонение пассажиропотоков, пасс./час	Интервалы значений пассажиропотока на наиболее нагруженном участке маршрута, пасс./час										
	320-340	340-360	360-380	380-400	400-420	420-440	440-460	460-480	480-500	500-520	520-540
8,58	0	0	0	0	0,014	0,972	0,014	0	0	0	0
17,16	0	0	0,001	0,035	0,252	0,464	0,220	0,0268	0,001	0	0
25,74	0	0,003	0,022	0,098	0,236	0,310	0,222	0,087	0,019	0,002	0
34,32	0,004	0,016	0,053	0,122	0,199	0,232	0,193	0,114	0,048	0,014	0,003
42,9	0,013	0,034	0,072	0,123	0,169	0,186	0,165	0,118	0,068	0,031	0,012
51,48	0,024	0,048	0,080	0,116	0,145	0,155	0,143	0,113	0,077	0,045	0,023
60,06	0,034	0,056	0,082	0,108	0,126	0,1328	0,125	0,1052	0,0793	0,0535	0,0323

Полученные значения вероятностей пассажиропотоков приняты в качестве исходных данных для исследования влияния вероятностных характеристик пассажиропотоков на численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом при условии обеспечения минимальной величины совокупного ущерба. По результатам моделирования проводится сравнение численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, при её определении типовыми, общепринятыми методами и при помощи методики, представленной в данной работе.

Типовая методика предполагает выполнение расчёта численности транспортных средств, исходя из максимальной величины пассажиропотока (формула (2.4)). При этом возможна реализация двух подходов. Первый подход предполагает обеспечение физической возможности удовлетворения спроса на услуги пассажирского транспорта, второй подход предполагает соблюдение требований к качеству транспортного обслуживания населения по параметру пассажироместимости (5 человек на 1 м<sup>2</sup> свободной площади салона).

Параметры моделируемого маршрута, приведенные в таблице 4.15, использованы в качестве постоянных величин при проведении исследования. В качестве переменной величины принят коэффициент вариации пассажиропотоков. При фиксированном среднем значении пассажиропотока его максимальная величина зависит от вариации, то есть подлежит дополнительному расчёту. При проведении расчёта принято в качестве максимальной величины пассажиропотока использовать значение, вероятность реализации которого составляет около 5 % на интервале шириной 20 пасс/час. Такое допущение принято исходя из того, что точность 5 % является достаточной при выполнении расчётов технико-экономических параметров.

В таблице 4.18 приведены значения максимальных пассажиропотоков, установленных для различных значений коэффициента вариации.

Исходя из полученных данных, выполнен расчёт численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом в соответствии с предложенной методикой.

Таблица 4.18 – Значения максимальных пассажиропотоков, соответствующие заданным значениям коэффициента вариации

Коэффициент вариации пассажиропотоков, %	Среднее квадратическое отклонение пассажиропотоков, пасс./час	Максимальное значение пассажиропотоков, реализуемое с вероятностью 5 % на интервале шириной 20 пасс./час, пасс./час
2	8,58	450
4	17,16	465
6	25,74	478
8	34,32	489
10	42,9	499
12	51,48	507
14	60,06	513

В качестве примера, в таблице 4.19 представлена платёжная матрица (подраздел 2.2, таблица 2.1), составленная для распределения спроса на транспортные услуги, с коэффициентом вариации  $V = 8$ .

В таблице 4.20 приведена матрица итоговых значений, позволившая определить оптимальную численность транспортных средств в соответствии с разработанной методикой.

Аналогично выполнен расчёт для распределений пассажиропотоков для распределений вероятностей пассажиропотока, характеризующихся другими заданными значениями коэффициента вариации. Результаты расчёта сведены в таблицу 4.21.

Для сравнения выполнен расчёт численности транспортных средств, исходя из максимальной величины пассажиропотоков в условиях реализации двух условий: удовлетворения спроса на услуги городского пассажирского транспорта и соблюдение требований качеству транспортного обслуживания населения по параметру наполняемости салона транспортных средств. Результаты расчёта так же сведены в таблицу 4.21.

Таблица 4.19 – Платёжная матрица для исследуемого маршрута при распределении с коэффициентом вариации  $V = 8$

Оценка сочетания стратегий $A_i$ и $\Pi_j$	Спрос на услуги пассажирского транспорта, пасс./час							
	$\Pi_j \rightarrow$	$\Pi_1 = 370$	$\Pi_2 = 390$	$\Pi_3 = 410$	$\Pi_4 = 430$	$\Pi_5 = 450$	$\Pi_6 = 470$	$\Pi_7 = 490$
Провозная возможность парка, пасс./час	$A_i$ ↓							
	$N_{A1}=14$ ед. $A_1=364$	2726	2590	2454	2318	2182	2046	1910
	$N_{A2}=15$ ед. $A_2=390$	2320	2964	2828	2692	2556	2420	2284
	$N_{A3}=16$ $A_3=416$	1680,4	2324,4	2968,4	2817,2	2930,4	2794,4	2658,4
	$N_{A4}=17$ $A_4=442$	1040,8	1684,8	2328,8	2972,8	3304,8	3168,8	3032,8
	$N_{A5}=18$ $A_5=468$	401,2	1045,2	1689,2	2333,2	2977,2	3543,2	3407,2
	$N_{A6}=19$ $A_6=494$	-238,4	405,6	1049,6	1693,6	2337,6	2981,6	3625,6
	Вероятность спроса на транспортные услуги	0,053	0,122	0,199	0,232	0,193	0,114	0,048

Таблица 4.20 – Матрица итоговых значений суммарного эффекта для исследуемого маршрута при распределении с коэффициентом вариации  $V = 8$

$A_i \backslash \Pi_j$	Выигрыши сочетаний							Суммарный эффект
	$\Pi_1 = 370$	$\Pi_2 = 390$	$\Pi_3 = 410$	$\Pi_4 = 430$	$\Pi_5 = 450$	$\Pi_6 = 470$	$\Pi_7 = 490$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N_{A1}=14$ ед. $A_1=364$	144,5	315,98	488,3	537,8	421,1	233,2	91,7	2232,58
$N_{A2}=15$ ед. $A_2=390$	122,96	361,6	562,8	624,5	493,3	275,9	109,6	2550,66



Продолжение таблицы 4.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b><math>N_{A3}=16</math></b> $A_3=416$	89,1	283,6	590,7	653,6	565,6	318,6	127,6	<b><u>2628,8</u></b>
$N_{A4}=17$ $A_4=442$	55,2	205,5	463,4	689,7	637,8	361,2	145,6	2558,4
$N_{A5}=18$ $A_5=468$	21,3	127,5	336,2	541,3	574,6	403,9	163,5	2168,3
$N_{A6}=19$ $A_6=494$	-12,6	49,5	208,9	392,9	451,2	339,9	174,0	1603,8

Таблица 4.21 – Сравнительная оценка результатов расчёта численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта

Коэффициент вариации	Максимальный пассажиропоток на наиболее нагруженном участке маршрута, пасс./час	Численность транспортных средств в соответствии с разработанной методикой ( $N_{ОПТ}$ ), ед.	Численность транспортных средств, исходя из условия полного удовлетворения спроса на услуги пассажирского транспорта ( $N_{\gamma=1}$ ), ед.	Расхождение: $\Delta N = N_{ОПТ} - N_{\gamma=1}$	Численность транспортных средств, исходя из условия обеспечения качества транспортного обслуживания населения, ед.	Расхождение: $\Delta N = N_{ОПТ} - N_{\gamma=0,78}$
2	450	14	14	0	18	-4
4	465	15	14	1	18	-3
6	478	16	15	1	19	-3
8	489	16	15	1	19	-3
10	499	17	15	2	20	-3
12	507	18	16	2	20	-2
14	513	18	16	2	20	-2

Исходя из данных, полученных при помощи разработанной математической модели, построены графики, отражающие зависимость изменения относительной оптимизированной численности транспортных средств от коэффициента вариации пассажиропотоков. Данные графики представлены на рисунке 4.21.

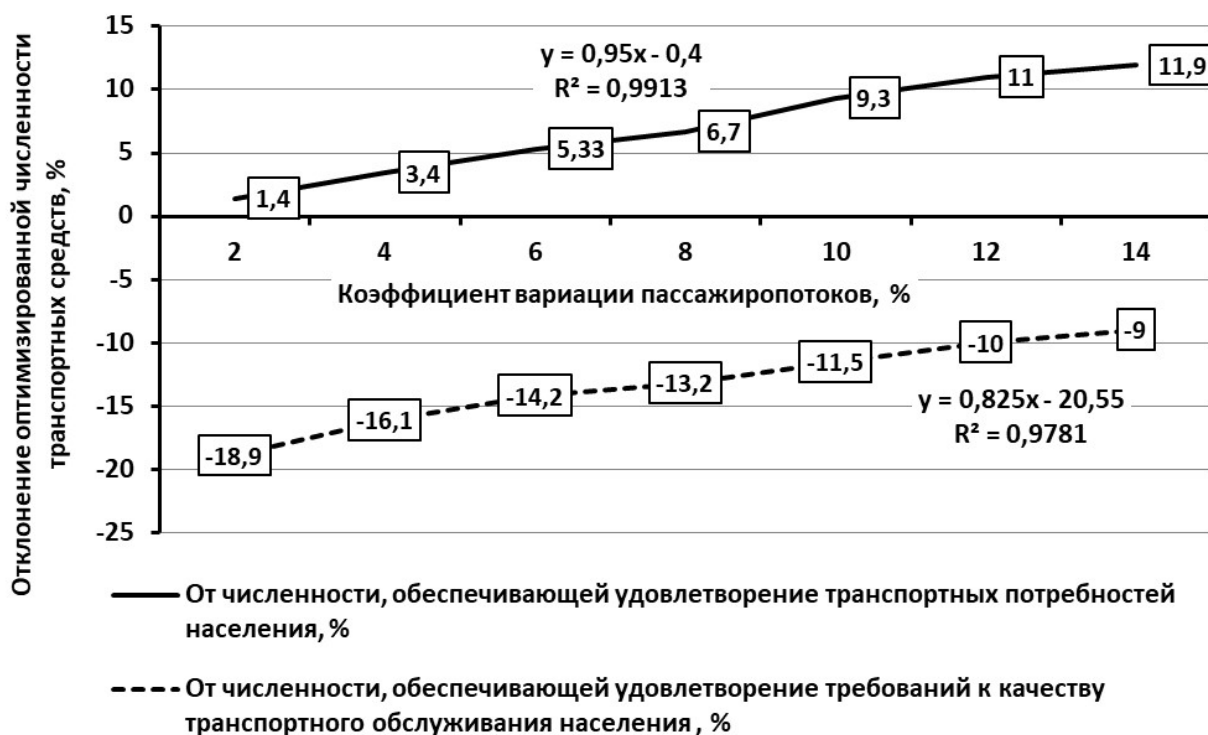


Рисунок 4.21 – Зависимости относительной оптимизированной численности транспортных средств от коэффициента вариации пассажиропотоков

На графиках, представленных на рисунке 4.21, приведены уравнения аппроксимации, позволяющие произвести предварительный расчёт оптимизированной численности транспортных средств, обслуживающих маршрут, при известной вариации пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке в пиковое время. Полученные данные являются одним из пунктов научной новизны проведённого исследования.

## **5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **5.1 Применение разработанной методики в отношении выборки регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта города Краснодар**

По результатам комплексного обследования выборки регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта г. Краснодар получены данные, обеспечивающие возможность практического применения разработанной методики в отношении данных маршрутов и оценки эффективности полученных результатов.

На основе данных, полученных по результатам выполненных натурных экспериментов и аналитических исследований, произведён расчёт себестоимости перевозки одного пассажира и значения положительного и отрицательных эффектов, обусловленных соотношением спроса на транспортные услуги и провозной возможностью парка транспортных средств, закреплённых за маршрутами исследуемой выборки. Указанные данные представлены в таблицах 4.6 и 4.7 данной работы.

На рисунках 4.11 – 4.20 приведены данные, отражающие распределение вероятностей пассажиропотоков на наиболее нагруженных участках данных маршрутов в пиковое время.

При помощи выражений (2.6) – (2.9) произведён расчёт диапазона исследуемых значений численности и провозной возможности транспортных средств, закреплённых за каждым из маршрутов, включённых в выборку. Исходные данные к расчёту и его результаты приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты расчёта значений провозной возможности парка, используемых для построения платёжных матриц

Маршрут	Протяжённость оборотного рейса, км.	Максимальное значение пассажиропотока на наиболее нагруженном участке маршрута, пасс./час	Пассажировместимость единицы подвижного состава, пасс.	Минимальная численность транспортных средств, ед.	Максимальная численность транспортных средств, ед.	Минимальная провозная возможность парка, пасс./час	Максимальная провозная возможность парка, пасс./час	Дискретность (шаг) построения платёжной матрицы, пасс./час
1	48	630	105	15	20	473	630	32
2	40	1020	105	20	27	756	1021	38
3	36	790	105	14	19	588	798	42
4	40	290	60	10	13	234	305	24
5	28	655	60	16	20	535	669	34
6	41	390	60	14	18	320	411	23
7	36	500	60	15	20	390	520	26
8	34	600	60	17	22	468	606	28
9	37	490	60	16	20	405	506	26
10	46	420	60	17	21	346	428	21

При проведении расчёта принято значение средней скорости движения транспортных средств на маршрутах  $V_{МАРШ}^{CP} = 20$  км/ч. Для автобусов пассажироместимостью 105 чел. коэффициент наполнения салона, определённый исходя из условия выполнения требований к качеству транспортного обслуживания населения, составляет  $\gamma = 0,72$ . Для транспортных средств пассажироместимостью 60 чел. аналогичный показатель  $\gamma = 0,78$ . Максимальное значение пассажиропотока на наиболее нагруженном участке

маршрута определено на основании статистических исследований и соответствует значению, реализуемому с вероятностью более 5 %.

В соответствии с разработанной методикой (схема алгоритма на рисунке 2.8), на основе полученных данных сформированы так называемые «платёжные матрицы» для каждого из маршрутов исследуемой выборки. В качестве примера в таблице 5.2 представлена платёжная матрица, разработанная для маршрута с порядковым номером 1 (таблица 5.1). В таблице 5.3 приведена матрица итоговых значений суммарного эффекта, сформированная для того же маршрута.

Таблица 5.2 – Платёжная матрица для маршрута с порядковым номером 1

Оценка сочетания стратегий $A_i$ и $\Pi_j$	Спрос на услуги пассажирского транспорта, пасс./час					
	$\Pi_j \rightarrow$	$\Pi_1=502$	$\Pi_2=534$	$\Pi_3=566$	$\Pi_4=598$	$\Pi_5=630$
Провозная возможность парка, пасс./час	$A_i$ ↓					
	$N_{A1}=15$ ед. $A_1=473$	4111	3845	3580	3314	3049
	$N_{A2}=16$ ед. $A_2=505$	4564	4405	4140	3874	3608
	$N_{A3}=17$ $A_3=537$	3988	4859	4700	4434	4168
	$N_{A4}=18$ $A_4=569$	3412	4283	5153	4944	4679
	$N_{A5}=19$ $A_5=601$	2836	3707	4577	5448	5289
	$N_{A6}=20$ $A_6=633$	2260	3131	4001	4872	5742
	Вероятность спроса на транспортные услуги	0,06	0,23	0,28	0,15	0,06

Таблица 5.3 – Матрица итоговых значений суммарного эффекта для маршрута с порядковым номером 1

A <sub>i</sub> \ П <sub>j</sub>	Выигрыши сочетаний					Суммарный эффект
	П <sub>1</sub> = 502 пасс/час	П <sub>2</sub> = 534 пасс/час	П <sub>3</sub> = 566 пасс/час	П <sub>4</sub> = 598 пасс/час	П <sub>5</sub> =630 пасс/час	
N <sub>A1</sub> =15 ед. A <sub>1</sub> =473 пасс/час	246,7	884,4	1002,4	497,1	182,9	2813,5
N <sub>A2</sub> =16 ед. A <sub>2</sub> =505 пасс/час	273,8	1013,2	1159,2	581,1	216,5	3243,8
N <sub>A3</sub> =17 A <sub>3</sub> =537	239,3	1117,6	1316,0	665,1	250,1	3588,1
<b><u>N<sub>A4</sub>=18</u></b> A <sub>4</sub> =569 пасс/час	204,7	985,1	1442,8	741,6	280,8	<b><u>3655</u></b>
N <sub>A5</sub> =19 A <sub>5</sub> =601 пасс/час	170,2	852,6	1281,6	817,2	317,3	3438,9
N <sub>A6</sub> =20 A <sub>6</sub> =633 пасс/час	135,6	720,1	1120,3	730,8	344,5	3051,3

В соответствии с результатами расчёта установлено, что максимальное значение суммарного эффекта достигается при численности транспортных средств, обслуживающих маршрут в пиковое время  $N_A = 18$  ед., что соответствует их фактической численности.

Аналогичные расчёты выполнены для других маршрутов выборки. Результаты расчёта сведены в таблицу 5.4.

Для проверки гипотезы о возможности применения зависимостей, полученных по результатам моделирования (рисунок 4.21), в отношении всей совокупности регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта, произведён расчёт оптимизированной численности транспортных средств,

закреплённых за маршрутами, исходя из влияния вероятностных характеристик пассажиропотоков, определяемых этими зависимостями. Результаты расчёта так же сведены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчёта оптимизированной численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта исследуемой выборки в пиковое время

Маршрут	Фактическая численность ТС, обслуживающих маршрут в пиковое время, ед.	Численность ТС, определённая при помощи разработанной методики, ед.	Численность ТС, обеспечивающая удовлетворение спроса на услуги городского пассажирского транспорта, ед.	Численность ТС, обеспечивающая удовлетворение требований к качеству транспортного обслуживания населения, ед.	Оптимизация по обобщённому графику (рис. 4.21)		Расхождение фактической и оптимизированной в соответствии с разработанной методикой численности ТС, ед.	Расхождение результатов оптимизации (данные в столбцах 3 и 6)	Расхождение результатов оптимизации (данные в столбцах 3 и 7)
					Оптимизированная численность ТС, относительно численности, указанной в столбце 4, ед	Оптимизированная численность ТС, относительно численности, указанной в столбце 5, ед			
1	18	18	15	20	17	18	0	1	0
2	24	23	20	27	22	24	-1	1	-1
3	16	16	14	19	15	17	0	1	-1
4	12	12	10	13	11	12	0	1	0
5	20	17	16	20	17	17	-3	0	0
6	16	16	14	18	16	16	0	0	0
7	18	18	15	20	17	18	0	1	0
8	22	19	17	22	19	19	-3	0	0
9	19	17	16	20	17	17	-2	0	0
10	21	18	17	21	18	18	-3	0	0
ИТОГО							-12	5	-2

Исходя из полученных данных, можно сделать заключение о том, что применение разработанной методики позволяет произвести оценку целесообразности закрепления за маршрутом фактически эксплуатируемых транспортных средств и, в ряде случаев, произвести сокращение их численности.

Использование обобщённых графиков для корректировки численности транспортных средств, закреплённых за маршрутом, относительно численности транспортных средств, обеспечивающих полное удовлетворение спроса на транспортные услуги и численности транспортных средств, обеспечивающих удовлетворение требований к качеству транспортного обслуживания населения, также является оправданным, так как позволяет получить адекватные результаты при значительном снижении трудоёмкости выполняемых расчётов.

Наибольшую точность обеспечивает совместное применение зависимостей, представленных на рисунке 4.21, при последующем определении численности транспортных средств как среднего значения полученных результатов, округлённого до целого числа в большую сторону. Определение оптимизированной численности транспортных средств, закреплённых за регулярным маршрутом городского пассажирского транспорта, при этом предполагает выполнение следующих операций:

- выявление периода пиковых пассажиропотоков;
- определение пассажиропотоков на наиболее нагруженном участке исследуемого маршрута в пиковое время, исследование статистических характеристик пассажиропотоков;
- расчёт среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации пассажиропотоков как случайной величины;
- определение максимальной величины пассажиропотоков с учётом выявленной вариации при условии их реализации с вероятностью более 5 %;
- расчёт численности транспортных средств, обслуживающих маршрут, исходя из условия полного удовлетворения спроса на услуги городского пассажирского транспорта;



- корректировка полученного значения при помощи выражения, являющегося функцией аппроксимации верхнего графика, представленного на рисунке 4.21;

- расчёт численности транспортных средств, обслуживающих маршрут, исходя из условия удовлетворения требований к качеству транспортного обслуживания населения;

- корректировка полученного значения при помощи выражения, являющегося функцией аппроксимации нижнего графика, представленного на рисунке 4.21;

- вычисление численности транспортных средств, обслуживающих исследуемый маршрут в пиковое время как среднего значения полученных скорректированных величин, округлённого до целого числа в большую сторону.

## **5.2 Расчёт показателей эффективности проектных решений**

По результатам оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих маршруты исследуемой выборки в пиковое время, установлено, что на пяти маршрутах фактическая численность транспортных средств соответствует оптимальным значениям, определённым в ходе исследования. На маршрутах с порядковыми номерами 2, 5, 8, 9 и 10 целесообразно сокращение численности транспортных средств, обслуживающих маршрут в пиковое время на 1, 3, 3, 2 и 3 единицы соответственно, что составляет соответственно 4,1; 15; 13,6; 10,5 и 14,2 % от первоначальной численности.

Для фактически существующей и скорректированной численности транспортных средств, обслуживающих маршрут в пиковое время, выполнен расчёт технико-экономических показателей эксплуатации парка, закреплённого за регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта до и после реализации проектных решений. Результаты расчёта приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Технико-экономические показатели эксплуатации парка транспортных средств, на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта, включённых в исследуемую выборку

Показатель	Текущие значения по маршрутам					Проектные значения по маршрутам				
	2	5	8	9	10	2	5	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Численность транспортных средств, обслуживающих маршрут в пиковое время, ед.	24	20	22	19	21	23	17	19	17	18
Численность транспортных средств, закреплённых за маршрутом, ед.	28	23	26	22	25	27	20	22	20	21
Годовой объём перевозок, тыс. пасс	4 916,8	2 141,6	2 340,3	2 359,8	2 411,3	4 916,8	2 141,6	2 340,3	2 359,8	2 411,3
Годовое количество оборотных рейсов, ед.	28 145 875	39 144 679	30 835 206	27 047 081	24 863 152	28 145 619	39 143 581	30 834 302	27 046 528	24 862 484
Общий годовой пробег транспортных средств, тыс. км.	1 125 835	1 096 051	1 048 397	1 000 742	1 143 705	1 125 825	1 096 020	1 048 366	1 000 721	1 143 674

Продолжение таблицы 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Общие годовые затраты на эксплуатацию транспортных средств, тыс. руб.	124 395	56 752	56 167	51 444	60 041	120 462	55 467	54 295	49 792	57 389
Себестоимость перевозки одного пассажира, руб.	25,3	26,5	24,0	21,8	24,9	24,5	25,9	23,2	21,1	23,8
Средняя себестоимость перевозки одного пассажира, руб.	24,5					23,7				
Общий годовой эффект от реализации проектных мероприятий, тыс. руб.	-	-	-	-	-	3933	1285	1872	1652	2652
Суммарный годовой эффект от реализации проектных мероприятий, тыс. руб.						11394				

Полученные результаты позволяют сделать заключение о целесообразности практического применения разработанной методики. Для пяти из десяти маршрутов, включённых в исследуемую выборку, установлена целесообразность корректировки численности транспортных средств, обслуживающих маршрут в пиковое время. По результатам корректировки установлена целесообразность сокращения суммарной численности

транспортных средств на 12 единиц, что составляет 6,45 % от численности транспортных средств всей выборки или 11,3 % от численности транспортных средств корректируемых маршрутов.

За счёт снижения численности транспортных средств достигнуто снижение общего пробега транспортных средств, обслуживающих маршрут, амортизационных отчислений на восстановление подвижного состава, затрат на оплату труда и ряда других затратных статей. Общая экономия эксплуатационных затрат составила 11,394 млн. руб.

### **5.3 Направление дальнейших исследований**

Предложенный в работе метод оптимизации структурных параметров парка пассажирских транспортных средств в условиях спроса, формируемого под влиянием совокупности случайных факторов, может быть применён в отношении других видов перевозок и других видов транспорта.

Определённый интерес представляет применение метода в разнообразных сферах производственной деятельности, характеризующихся взаимодействием со стохастическими материальными потоками, рассматриваемыми как случайная величина, описанная типовыми статистическими параметрами.

В частности, методика может быть использована при оптимизации парка транспортных средств, обслуживающих регулярные пригородные и междугородные маршруты пассажирского транспорта.

Значительный интерес представляет применение данного метода при оптимизации структурных параметров производственно-технической базы транспортных и сервисных предприятий, для которых поток отказов и неисправностей (как и поток обращений в сервисное предприятие) является случайной величиной, описываемой вероятностными характеристиками.

## 5.4 Выводы по пятому разделу

Содержание пятого раздела диссертационной работы отражает решение заключительной задачи из перечня, сформулированного на начальном этапе исследования.

В данном разделе представлены промежуточные и итоговые результаты применения разработанной методики в отношении случайно сформированной выборки регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта города Краснодар, включающей в себя десять обследованных маршрутов.

В процессе оптимизации, в соответствии с разработанной методикой, для каждого маршрута выборки составлена платёжная матрица и матрица итоговых значений. На основе полученных результатов определены маршруты, в отношении которых целесообразна корректировка численности транспортных средств, определены оптимальные значения численности транспортных средств, обслуживающих исследуемые маршруты в периоды пиковых пассажиропотоков.

Полученные данные использованы для оценки достоверности зависимостей, полученных по итогам моделирования, и возможности их применения для всей совокупности городских пассажирских маршрутов. Результаты оценки позволили сделать заключение о сходимости результатов, полученных при помощи разработанной методики с результатами, полученными при помощи зависимостей относительно оптимизированной численности транспортных средств от величины коэффициента вариации пассажиропотоков. Наиболее точным результатом применения полученных графиков является среднее арифметическое значений, полученных на основе применения двух графиков, представленных на рисунке 4.21. Применение данных графиков позволяет значительно сократить трудоёмкость вычислительных операций при определении оптимизированной численности транспортных средств, обслуживающих маршруты городского пассажирского транспорта, в пиковое время.

По итогам выполненного исследования установлено, что рекомендуемое сокращение количества транспортных средств, обслуживающих выборку из десяти регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта, составляет 12 единиц или 6,45 % от общей численности транспортных средств.

Установлено, что в результате рекомендуемого сокращения парка транспортных средств достигается экономический эффект в объёме 11,394 млн. руб. в год при полном удовлетворении спроса на услуги городского пассажирского транспорта.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о целесообразности более широкого применения разработанных методов в отношении других маршрутов городского пассажирского транспорта как города Краснодар, так и маршрутов других муниципальных образований.

В заключительной части пятого раздела выдвинуто предположение о целесообразности применения разработанного метода в других областях научной и практической деятельности, связанных с удовлетворением случайного спроса на оказываемые виды услуг (работ).

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

По результатам анализа содержания диссертационной работы сформулированы выводы, отражающие решение поставленных задач.

1. На основании выполненного литературного обзора и результатов натурных наблюдений установлен вероятностный характер формирования пассажиропотоков регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта. Установлено, что известные методы определения численности транспортных средств, закреплённых за городскими маршрутами, не в полной мере учитывают эту особенность, что отрицательно отражается на эффективности транспортного обслуживания населения.

2. Для оптимизации численности транспортных средств, закреплённых за регулярными маршрутами городского пассажирского транспорта, с учётом вероятностного характера формирования пассажиропотоков, разработана методика, позволяющая установить оптимальную численность транспортных средств с учётом вероятных несоответствий провозной возможности парка и спроса на услуги пассажирского транспорта.

3. Для практической реализации разработанной методики на выборке регулярных маршрутов города Краснодар проведены расчётно-аналитические исследования, по результатам которых определены: распределение пассажиропотоков по циклически повторяющимся вложенным временным интервалам и участкам обследованных маршрутов; вероятностные характеристики пассажиропотоков, формируемых на наиболее нагруженных участках маршрутов; технико-экономические характеристики используемых моделей транспортных средств и ряд других величин. Полученные данные и результаты их обработки обеспечили возможность практического применения разработанной методики и возможность создания математической модели на её основе.

4. По результатам оценки эффективности практического применения разработанных методов обоснована целесообразность изменения численности

транспортных средств на пяти из десяти маршрутов, включённых в обследованную выборку. Рекомендовано сокращение парка транспортных средств на 6,45 % (12 единиц) относительно их общей численности. По результатам оптимизации достигнуто снижение средней себестоимости перевозки одного пассажира с 24,5 руб. до 23,7 руб., что обеспечивает годовой экономический эффект в объёме 11,394 млн. руб.

Полученные результаты позволяют сделать заключение о достижении цели исследования: повышение эффективности транспортного обслуживания населения за счёт оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярные городские маршруты в периоды пиковых нагрузок.

Оценка влияния вероятностных характеристик спроса на эффективность функционирования производственно-технических и транспортных систем свидетельствуют о перспективности расширения спектра научных и прикладных исследований в данном направлении. В частности, целесообразно применение данных методов в отношении: различных видов пассажирских транспортных систем; производственной базы предприятий, обеспечивающих поддержание в исправном состоянии сложных технических объектов; производственно-технической базы сервисных предприятий и других аналогичных производств.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Айвазян, С.А. Классификация многомерных наблюдений / С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов. – М.: Статистика, 1974. – 240 с.
2. Айвазян, С.А. Прикладная статистика в задачах и упражнениях: учебник для вузов / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 270 с.
3. Алексеева, И.М. Статистика автомобильного транспорта: учебник для вузов / И.М. Алексеева, О.И. Ганченко, Е.В. Петрова. – М.: Экзамен, 2005. – 352 с.
4. Андрианов, Ю.В. Введение в оценку транспортных средств: учебно-методическое пособие / Ю. В. Андрианов. – М.: Дело, 1998. – 256 с.
5. Антошвили, М.Е. Оптимизация городских автобусных перевозок / М.Е. Антошвили, С.Ю. Либерман, И.В. Спирин. – М.: Транспорт, 1985. – 102 с.
6. Бачурин, А.А. Анализ производственно-хозяйственной деятельности автотранспортных организаций: учебное пособие для вузов / А.А. Бачурин; под ред. З.И. Аксеновой. – 2-е изд. – М.: Академия, 2005. – 320 с.
7. Богомолов, А.А. Оптимизация маршрутов городского пассажирского транспорта в средних городах: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.А. Богомолов. – Санкт-Петербург, 2002. – 21 с.
8. Бойко, Г.В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Г.В. Бойко. – Волгоград: 2006. – 19 с.
9. Бонсалл, П.У. Моделирование пассажиропотоков в транспортной системе / П.У. Бонсалл, А.Ф. Чемперноун, А.К. Мейсон, А.Г. Уильсон. – М.: Транспорт, 1982. – 205 с.
10. Брайловский, И.О. Моделирование транспортных систем / И.О. Брайловский, Б.И. Грановский. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
11. Валдин, В.В. Пассажирские перевозки: особенности применения брутто-контрактов. Режим доступа: [https://dzen.ru/a/ZDhGE\\_s0kEpcO-BV](https://dzen.ru/a/ZDhGE_s0kEpcO-BV).

12. Варелопуло, Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г.А. Варелопуло. – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
13. Вельможин, А.В. Теория транспортных процессов и систем: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. – М.: Транспорт, 1998. – 167 с.
14. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и её инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.
15. Вильсон, А.Д. Энтропийные методы моделирования сложных систем / А.Д. Вильсон. – М.: Наука, 1978. – 248 с.
16. Власов, Ю.Л. Моделирование спроса на различные типы пассажирских транспортных средств / Ю.Л. Власов, В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 6. – С. 205-211.
17. Власов, Ю.Л. Обоснование и рациональное распределение по маршрутам парка городского пассажирского транспорта: дисс. ... канд. техн. наук, спец. 05.22.10 / Ю.Л. Власов. – Оренбург, 2006. – 170 с.
18. Володин, Е.П. Организация и планирование перевозок пассажиров автомобильным транспортом: учебник для вузов / Е.П. Володин, Н.Н. Громов. – М.: Транспорт, 1982. – 223 с.
19. Володченко, С.В. Моделирование распределения пассажирских потоков в крупных городах: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / С.В. Володченко. – Санкт-Петербург, СПбГАСУ. 2005. – 17 с.
20. Володькин, П.П. Оптимизация транспортного обслуживания населения муниципальных образований с учетом социальных факторов: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / П.П. Володькин. – Волгоград: 2011. – 42 с.
21. Володькин, П.П. Определение необходимого количества автобусов на маршрутах, исходя из интервала движения, на примере г. Хабаровска / П.П. Володькин, О.М. Дьячкова, А.С. Рыжова // Транспорт: наука, техника,

- управление. – 2015. – № 3. – С. 28-32.
22. Володькин, П.П. Управление и оптимизация деятельности городского пассажирского транспорта в условиях бюджетных ограничений: дис. ... канд. техн. наук / П.П. Володькин; Хабаровский государственный технический университет. – Хабаровск, 1999. – 214 с.
  23. Володькин, П.П. Экономические предпосылки создания транспортно-логистических систем в ДВФО / П.П. Володькин, Г.В. Кожин // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. – 2014. – № 1. – С. 76-81.
  24. Гамецкий, А.Ф. Математическое моделирование микроэкономических процессов / А.Ф. Гамецкий, Д.И. Соломон. – Кишинев: Штиинца, 1996. – 280 с.
  25. Герами, В.Д. Методология формирования системы городского пассажирского общественного транспорта: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / В.Д. Герами. – М.: МАДИ, 2001. – 328 с.
  26. Геронимус, Б.Л. Математико-статистический метод выборочного обследования пассажиропотоков / Б.Л. Геронимус, Д.Д. Джумаев // Автомобильный транспорт. 1966. – № 4. – С. 43-44.
  27. Геронимус, Б.Л. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте: учебник / Б.Л. Геронимус. – М.: Транспорт, 1977. – 160 с.
  28. Геронимус, Б.Л. Совершенствование планирования на автомобильном транспорте / Б.Л. Геронимус. – М.: Транспорт, 1985. – 224 с.
  29. Гилл, Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт; под ред. А.А. Петровой. – М.: Мир, 1985. – 340 с.
  30. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 1997. – 479 с.
  31. Гомоненко, Ю.В. Совершенствование управления автобусными перевозками в городах с прямоугольно-линейной планировочной структурой (на примере г. Красноярск): автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Ю.В. Гомоненко. – Москва, 2004. – 24 с.

32. 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.
33. Гудков, В.А. Совершенствование технологии, организации и управления доставки грузов и пассажиров автомобильным транспортом: Теория и практика: дисс. ... д-ра техн. наук / В.А. Гудков. – Волгоград, 1999. – 48 с.
34. Гудков, В.А. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник / В.А. Гудков, Л.Б.Миротин. – М.: Транспорт, 1997. – 254 с.
35. Гузенко, А.В. Государственное регулирование логистической системы городского пассажирского транспорта: автореф. дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / А.В. Гузенко. – Ростов-на-Дону, 2009. – 27 с.
36. Гуляев, В. Достоверность оценки пассажиропотоков / В. Гуляев // Автомобильный транспорт. – 1987. – № 8. – С. 15-16.
37. Гусынин, А.Б. Теория выборочных обследований / А.Б. Гусынин, В.Г. Минашкин. – М.: Московский гос. ун-т экономики, статистики и информатики, 2003. – 67с.
38. Гутер, Р.С. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта / Р.С. Гутер, Б.В. Овчинский. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1970. – 432 с.
39. Давыдов, А.А. Системная социология: введение в анализ динамики социума / А.А. Давыдов. – М.: URSS, 2007. – 245 с.
40. Дедюкин, В.В. Городской пассажирский транспорт: учебное пособие для вузов / В.В. Дедюкин, А.И. Петров, В.Н. Карнаухов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2008. – 272 с.
41. Дрючин, Д.А. Результаты моделирования затрат на эксплуатацию автобусов / Д.А. Дрючин, Н.Н. Якунин, А.В. Артамкин, С.Н. Якунин, В.А. Погорелов // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин: материалы международной научно-технической конференции. – Ч. 2. – Тюмень: ТюмГНГУ. 2007. – С. 98-102.

42. Дрючин, Д.А. Анализ скоростных режимов работы транспортных средств на регулярных автобусных маршрутах / Д.А. Дрючин, А.Ф. Фаттахова, С.В. Баловнев // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – № 8. – С. 95-98.
43. Дьячкова, О.М. Оптимизация структуры парка как одно из решений реформирования организационно-финансового механизма городского пассажирского транспорта / О.М. Дьячкова, П.П. Володькин // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: материалы 4-й международной научно-технической конференции. – Ч 1. – Пенза: ПГУАС, 2006. – С. 307-310.
44. Евсюков, В.Н. Методика работы над кандидатской диссертацией: практическое пособие для аспирантов и магистрантов / В.Н. Евсюков. – 5-е изд., доп. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – 532 с.
45. Енин, Д.В. Модели и алгоритмы управления городскими пассажирскими перевозками (на примере г. Воронежа): автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Д.В. Енин. – Воронеж: ВГЛТА, 2004. – 19 с.
46. Ефремов, И.С. Теория городских пассажирских перевозок: учебное пособие для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. – М.: Высшая школа, 1980. – 536 с.
47. Замков, О.О. Математические методы в экономике / О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.Н. Черемных. – М.: Дело и Сервис, 2001. – 365 с.
48. Захаров Д.А., Фадюшин А.А., Петров А.И., Писцов А.В. Моделирование транспортных процессов: монография. – Тюмень: ТИУ, 2021. – 159 с., ил.
49. Зенгбуш, М.В. Пассажиропотоки в городах / М.В. Зенгбуш, А.Ю. Белинский, А.Г. Дынкин. – М.: Транспорт, 1974. – 137 с.
50. Игнатенко, А.С. Исследование потоков пассажиров, перевозимых автобусами на городских маршрутах: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / А.С. Игнатенко. – Киев, 1978. – 18 с.
51. Иохин, В.Я. Экономическая теория: учебник / В.Я. Иохин. – М.: Юристъ, 2000. – 861 с.

52. Колемаев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика / В.А. Колемаев. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 302 с.
53. Коновалова, Т.В. Методы и результаты оценки эффективности системы городского пассажирского транспорта / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, С.В. Коцурба // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы XVII международной научно-практической конференции, Оренбург, 17–18 ноября 2022 г. – Оренбург: ОГУ, 2022. – С. 286-292.
54. Корягин, М.Е. Оптимизация управления городскими пассажирскими перевозками на основе конфликтно-устойчивых решений: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.13.10 / М.Е. Корягин. – Новокузнецк, 2011. – 39 с.
55. Котиков, Ю.Г. Основы системного анализа транспортных систем / Ю.Г. Котиков. – СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 164 с.
56. Кравченко, А.Е. Разработка методики повышения провозных возможностей маршрутных автобусов и качества обслуживания пассажиров в городах курортных зон: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / А.Е. Кравченко. – Волгоград, 2004. – 16 с.
57. Крупник, В.Ш. Совершенствование технологии составления расписаний движения городского пассажирского транспорта с целью повышения эффективности его работы: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / В.Ш. Крупник. – М, 1980. – 19 с.
58. Курганов, В.М. Управление автомобильными перевозками на основе ситуационного подхода: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / В.М. Курганов. – М.: МАДИ, 2004. – 33 с.
59. Курганов, В.М. Логистика. Управление автомобильными перевозками. Практический опыт / В.М. Курганов. – М.: Книжный мир. – 2007. – 448 с.
60. Ларин, О.Н. Методологические основы организации и функционирования транспортной системы региона: монография / О.Н. Ларин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 207 с.
61. Ларин, О.Н. Организация пассажирских перевозок: учебное пособие /

- О.Н. Ларин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 104 с.
62. Линник, Г.Д. Разработка эффективных процессов оперативного управления маршрутными автобусами: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Г.Д. Линник. – Волгоград, 2000. – 18 с.
  63. Логистика: общественный пассажирский транспорт / под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2003. – 224 с.
  64. Логистика качества пассажирских перевозок в транспортной системе города / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.П. Миронова, С.В. Коцурба // Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса: сборник научных трудов VIII международной научно-практической конференции, Донецк, 25 мая 2022 г. / Донецкая академия транспорта. – Донецк: Донецкая академия транспорта, 2022. – С. 25-27.
  65. Лопатин, А.П. Моделирование перевозочного процесса на городском пассажирском транспорте / А.П. Лопатин. – М.: Транспорт, 1985. – 144 с.
  66. Максимов, В.А. Научные основы повышения эффективности использования городских автобусов средствами инженерно-технической службы: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 / В.А. Максимов. – Москва, 2000. – 442 с.
  67. Максимов, В.А. Оценка эффективности автобусных перевозок в городах / В.А. Максимов, Е.С. Кузнецов. // Автомобильные перевозки: обзорная информация. Информавтотранс. – Вып. 10. – М.: Мир, 1991. – 52 с.
  68. Матанцева, О.Ю. Основы экономики автомобильного транспорта: учебное пособие / О.Ю. Матанцева. – М.: Юстицинформ, 2020. – 256 с.
  69. Мелентьев, Д.Ю. Единая система логистики городского пассажирского транспорта: основы построения / Д.Ю. Мелентьев // Весник экономики транспорта и промышленности. – 2012. – № 39. – С. 144-148.
  70. Мельников, В.П. Логистика: учебник для вузов / В.П. Мельников, А.Г. Схиртладзе, А.К. Антонюк; под общей редакцией В.П. Мельникова. – М.: Издательство Юрайт, 2022. – 288 с.

71. Методики комплексного обследования подвижности населения и пассажиропотоков: утв. приказом Минавтотранса РСФСР № 181-ц. 4.07.72 г. – 38 с.
72. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. – Изд. офиц., 2-я ред. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.
73. Методические рекомендации по расчёту экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования / Распоряжение Министерства транспорта Российской Федерации от 18 апреля 2013 г. № НА-37-р. Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=249183>.
74. Методические указания по резервированию подвижного состава на городском автобусном транспорте. – М.: Минавтотранс РСФСР, 1980.
75. Минин, Б.А. Качество как социально-экономическая категория. Теоретический и практический аспекты оценки качества и сертификация услуг: автореф. дисс. ... д-ра экон. наук. – М.: ВНИИС. – 1994. – 27 с.
76. Миротин, Л.Б. Эффективная логистика / Л.Б. Миротин, Ы.Э. Ташбаев. – М.: Экзамен, 2003. – 160 с.
77. Миротин, Л.Б. Логистика: общественный пассажирский транспорт: учебник для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М.: Изд-во «Экзамен», 2003. – 224 с.
78. Моргенштерн, О. О точности экономико-статистических наблюдений / О. Моргенштерн. – М.: Статистика, 1968. – 293 с.
79. Мулен, Э. Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели / Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 464 с.
80. Надирян, С.Л. Анализ транспортных проблем крупных и крупнейших городов / С.Л. Надирян, Т.В. Коновалова, И.С. Сенин, И.Н. Котенкова // International Journal of Advanced Studies. – 2023. – Т. 13. – № 1. – С. 126-136.
81. Надирян, С.Л. Использование теории игр для оптимизации численности



- транспортных средств, обслуживающих маршруты городского пассажирского транспорта / Д.А. Дрючин, С.Л. Надирян, В.И. Рассоха, // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник трудов XVIII международной научно-практической конференции, Оренбург, 15-17 ноября 2023 г. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2023. – С. 158-166.
82. 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.
83. Надирян, С.Л. Оптимизация структуры парка безрельсовых транспортных средств, обслуживающих городские пассажирские маршруты, на основе результатов математического моделирования / С.Л. Надирян, В.И. Рассоха, Д.А. Дрючин // International Journal of Advanced Studies. – 2023. – Том 13, № 3. – С. 180-202.
84. Надирян, С.Л. Учёт внутранспортного эффекта при оценке инвестиций в городской пассажирский транспорт / С.Л. Надирян, Т.В. Коновалова, М. В. Папазян // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10 (171). – С. 241-143.
85. Нестеренко, Д.Х. Методика повышения привлекательности городских пассажирских автомобильных перевозок на основе управления структурой транспортных потоков: дис. ... канд. техн. наук: 2.9.5 / Д. Х. Нестеренко. – Оренбург, 2021. – 118 с.
86. Новосёлов, Д.М. Определение максимального количества и вместимости подвижного состава на городском маршруте: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Д.М. Новоселов. – Тюмень, 2009. – 18 с.
87. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте: с 1 января 2008 г. (ред. от 30.09.2021). – М.: ИНФРА-М, 2022. – 126 с.
88. Организация управления автомобильным транспортом: монография / В.М.

- Курганов, Ю.И. Куликов, И.Н. Пугачев, В.Н. Шпаков, Л.Б. Миротин и др. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 400 с.
89. Основы логистики: учебник для вузов / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, С.А. Ширяев, Д.В. Гудков; под ред. В.А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 351 с.
90. Особенности экономического прогнозирования пассажиропотоков (на примере Краснодарского края) / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, Ю.П. Миронова, М.П. Миронова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 1(47). – С. 109-116.
91. Папаскуа, А.А. Совершенствование организации пассажирского автомобильного транспорта в загруженных районах городов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / А.А. Папаскуа. – Волгоград, 2004. – 16 с.
92. Петров А.И. Особенности энтропийной организованности перевозочного процесса на типичных маршрутах городского общественного транспорта // Транспорт Урала. – 2020. – № 2 (65). – С. 3-9.
93. Петров А.И. Социологические аспекты среднесрочной динамики организованности перевозочного процесса на городских автобусных маршрутах Тюмени // Транспорт Урала. – 2022. – № 2 (73). – С. 9-16.
94. Подходы к оценке эффективности системы городского пассажирского транспорта / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, С.В. Коцурба, А.Е. Арешкина // Механика, оборудование, материалы и технологии: электронный сборник научных статей по материалам международной научно-практической конференции, Краснодар, 29–30 ноября 2022 г. – Краснодар: ООО «ПринтТерра», 2022. – С. 833-840.
95. Правила перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (С изменениями и дополнениями от: 25 августа 2021 г.). Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 1 октября 2020 г. № 1586. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://base.garant.ru/74714924/> .

96. Попова, Е.Е. Развитие региональных транспортно-логистических систем на пассажирском транспорте: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Е.Е. Попова. – Иркутск: ФГБОУ ВПО БГУ, 2015. – 147 с.
97. Приказ Министерства транспорта РФ от 30 апреля 2021 г. № 145 «Об утверждении Правил обеспечения безопасности перевозок автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом». Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400735637/>.
98. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов: в 2 т. – Т. 1. / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.
99. Прохоров, В.Н. Научные основы управления эффективностью эксплуатации городских автобусов: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук / В.Н. Прохоров. – Владимир, 2009. – 38 с.
100. Пугачев, И.Н. Теоретические принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / И.Н. Пугачев. – Екатеринбург, 2010. – 39 с.
101. Распоряжение Министерства транспорта РФ от 31 января 2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом». Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71508414/#:~:text=Качество%20транспортного%20обслуживания%20населения%20представляет,характеристик%20надежности%2С%20доступности%20и%20комфортности.>
102. Рассоха, В.И. Ситуационное управление автотранспортными системами. Схема и сценарии управления городским пассажирским транспортом / В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 4. – С. 142-146.

103. Рассоха, В.И. Совершенствование системы городского пассажирского транспорта на основе спроса пассажиров на транспортные средства / В.И. Рассоха, Ю.Л. Власов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – № 3. – С. 135-140.
104. Рафикова, Н.Т. Основы статистики: учебное пособие / Н.Т. Рафикова. – Москва: Финансы и статистика, 2007. – 352 с.
105. Рихтер, К.Ю. Статистические методы в транспортных исследованиях / К.Ю. Рихтер. – М.: Транспорт, 1982. – 72 с.
106. Российская автотранспортная энциклопедия: в 4 т. / Техн. эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспорт. средств / Под ред. Е.С. Кузнецова. – М.: Просвещение, 2001. – (Б-ка бухгалтера и предпринимателя; Вып. 2).
107. Самуэльсон, Л. Теория игр в экономической науке и не только / Л. Самуэльсон; пер. с англ. О. Волковой // Вопросы экономики, 2017. – № 5. – С. 89-115.
108. Сафронов, Э.А. Научно-методические основы развития систем городского пассажирского транспорта (города от 100 до 1500 тыс. жителей): автореф. дисс. ... д-ра тех. наук: 05.22.10 / Э.А. Сафронов. – Омск: СибАДИ, 1992. – 49 с.
109. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023668943. Программа расчёта себестоимости перевозки пассажиров по муниципальным маршрутам регулярных перевозок / С.Л. Надирян, Д.А. Дрючин, В.И. Рассоха; заявитель и правообладатель Гос. образоват. учреждение Кубанский гос. технолог. ун-т. – Заявка № 2023667650; зарег. 06.09.2023.
110. Сизова, Т.М. Статистика: учебное пособие. – СПб.: СПб НИУ ИТМО, 2013. – 176 с.
111. Спирин, И.В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / И.В. Спирин. – М., 2007. – 421 с.
112. Спирин, И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными

- перевозками: учебник для студ. сред. проф. образ. / И.В. Спирин. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 400 с.
113. Спирин, И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: справочное пособие / И.В. Спирин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 413 с.
114. Ставничий, Ю.А. Транспортные системы городов / Ю.А. Ставничий. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
115. Теория игр и экономическое поведение: монография / Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн. Перев. с англ. под ред. и с доб. Н.Н. Воробьева. – М.: Наука, 1970. – 708 с.
116. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / под ред. Е.С. Кузнецова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 2004. – 535 с.
117. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>.
118. Трудовой кодекс Российской Федерации: по сост. на 15 июня 2009 г. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2009. – 191 с.
119. Фадеев, А.И. Методика решения задачи определения оптимальной структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования / А.И. Фадеев, Е.В. Фомин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – № 1. – С. 218-227.
120. Фадеев, А.И. Методология проектирования перевозок и управления наземным пассажирским транспортом общего пользования: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.10 / А.И. Фадеев. – Красноярск, 2021. – 434 с.
121. Фадеев, А.И. Определение предельно допустимого коэффициента использования вместимости городского пассажирского транспорта / А.И. Фадеев, Е.В. Фомин, С. Алхуссейни // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2019. – Т. 16.

– № 3 (67). – С. 290-301.

122. Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные акты Российской Федерации» (с изменениями на 21 ноября 2022 года) Принят Государственной Думой 30 июня 2015 года. № 220-ФЗ Одобрен Советом Федерации 8 июля 2015 года. (Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document/420287403>).
123. Шеллинг, Т. Стратегия конфликта / Т. Шеллинг. – М.: ИРИСЭН, 2007. – 366 с.
124. Шефтер, Я.И. Рекомендации по показателям временных минимальных стандартов транспортной подвижности населения в городах и качества услуг / Я.И. Шефтер, К.В. Трякин. – М.: Транспорт, 2002. – 183 с.
125. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта: монография / А.В. Вельможин [и др.]. – Волгоград: ВолгГТУ, 2002. – 256 с.
126. Якимов, М.Р. Организация пассажирских перевозок. Брутто контракты / LIVEJOURNAL 14 мая 2018 года. Режим доступа: <https://yakimovmihail.livejournal.com/216076.html>.
127. Якунин, Н.Н. Концептуальные положения организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок / Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина // Materialy mezinarodni vedecko-praktika conference «Dny vedy – 2012» – Dil 90. Technicke vedy: Praha. – С. 17-21.
128. Якунин, Н.Н. Модель организации транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок / Н.Н. Якунин, Н.В. Якунина, А.В. Спирин // Грузовое и пассажирское хозяйство. – 2013. – № 3. – С.78-83.
129. Якунина, Н.В. Критерии определения структуры подвижного состава городского пассажирского транспорта / Н.В. Якунина // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 2 (33). – С.112-119.

130. Якунина, Н.В. Методология повышения качества перевозок пассажиров автомобильным транспортом по регулярным маршрутам: дис. ... д-ра тех. наук / Н.В. Якунина. – Оренбург, 2015. – 458 с.
131. Якунина, Н.В. Организация перевозок пассажиров городским общественным транспортом на основе брутто-контракта / Н.В. Якунина, В.А. Студеникин // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы XVI международной научно-практической конференции, 11-13 ноября 2021 г. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2021. – С. 606-611.
132. Якунина, Н.В. Расчёт структуры подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта на регулярных городских маршрутах с ограничениями, накладываемыми улично-дорожной сетью / Н.В. Якунина, Н.Н. Якунин, Р.Ф. Аминев // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2012. – № 3. – С. 65-70.
133. Якунина, Н.В. Совершенствование методологии определения структуры подвижного состава городского пассажирского автомобильного транспорта / Н.В. Якунина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 10 (129). – С.13-19.
134. John Nash, Non-Cooperative Games / J Nash // The Annals of Mathematics, Second Series, Vol. 54, No. 2, (Sep., 1951), pp. 286-295.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
**(Акты внедрения результатов исследования)**



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования  
«Кубанский государственный технологический  
университет»  
(КубГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
Т.В. Коновалова

10 2023 г.



154 АКТ  
№ 18.10.23  
г. Краснодар  
о внедрении результатов научно-  
исследовательских разработок в учебный процесс

Комиссия в составе: председатель метод комиссии института механики, робототехники, инженерии транспортных и технических систем – кандидат технических наук, доцент Хомутов М.П.; доктор технических наук, доцент; директор института механики, робототехники, инженерии транспортных и технических систем Гукасян А.В.; кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортных процессов и технологических комплексов Коновалова Т.В.; доктор технических наук, профессор, кафедры транспортных процессов и технологических комплексов Лебедев Е.А. – составили настоящий акт о том, что в учебном процессе направления 230301 – Технология транспортных процессов используются основные положения методики определения численности транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта, разработанной старшим преподавателем кафедры транспортных процессов и технологических комплексов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» С.Л. Надирян и доктором технических наук, доцентом кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» В.И. Рассохой.

Разработанная методика используется при преподавании дисциплин «Пассажирские перевозки», «Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса», «Теория транспортных процессов и систем» включает в себя алгоритм расчёта численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, реализованный в виде электронной таблицы и пояснительную записку с приложениями, содержащими справочный материал

Директор ИМРИТТС,  
д.т.н., доцент,

А.В. Гукасян

Председатель метод  
комиссии ИМРИТТС,  
к.т.н., доцент

М.П. Хомутов

Зав. кафедрой ТП и ТК,  
к.эк.н., доцент

Т.В. Коновалова

Профессор кафедры ТП и ТК,  
д.т.н., профессор

Е.А. Лебедев

## Акт внедрения

Методики определения численности транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта

Мы, ниже подписавшиеся, представители муниципального унитарного предприятия «Краснодарское трамвайно-троллейбусное управление» (МУП «КТТУ»), заместитель директора по эксплуатации Р.Ю. Довгалёв и начальник Службы движения С.П. Вершиловский, составили настоящий акт о внедрении методики определения численности транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта, созданной старшим преподавателем транспортных процессов и технологических комплексов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» С.Л. Надирян и доктором технических наук, доцентом кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» В.И. Рассохой.

Методика используется при определении численности транспортных средств МУП «КТТУ», обслуживающих муниципальные маршруты регулярных перевозок пассажиров города Краснодара.

Методика включает алгоритм расчёта численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, реализованный в виде электронной таблицы и пояснительную записку с приложениями, содержащими справочный материал.

Заместитель директора  
МУП «КТТУ» по эксплуатации

Р.Ю. Довгалёв

Начальник службы движения

С.П. Вершиловский



# Акт внедрения

## Методики определения численности транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта

Мы, нижеподписавшиеся, представители ООО «КУБАНЬГРУЗСЕРВИС», генеральный директор Пискунов Сергей Анатольевич и главный инженер Кашкин Александр Сергеевич, составили настоящий акт о внедрении методики определения численности транспортных средств на регулярных маршрутах городского пассажирского транспорта, созданной старшим преподавателем кафедры транспортных процессов и технологических комплексов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» С.Л. Надирян и доктором технических наук, доцентом кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» В.И. Рассохой.

Методика используется при определении численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты пассажирского транспорта города Краснодар.

Методика включает алгоритм расчёта численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта, реализованный в виде электронной таблицы и пояснительную записку с приложениями, содержащими справочный материал.

Генеральный директор  
ООО «КУБАНЬГРУЗСЕРВИС»

Пискунов С.А.

Главный инженер  
ООО «КУБАНЬГРУЗСЕРВИС»

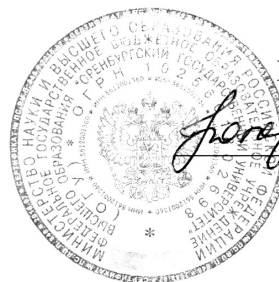
Кашкин А.С.





МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(ОГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор

С.В. Нотова

АКТ

01.02.2024 № 13276

г. Оренбург

о внедрении результатов научно-  
исследовательских разработок  
в учебный процесс

Комиссия в составе: председатель – зам. декана транспортного факультета ОГУ, канд. техн. наук, доцент Горбачёв С.В., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой автомобильного транспорта Якунин Н.Н., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей Мельников А.Н. – составили настоящий акт о том, что в учебном процессе кафедр автомобильного транспорта и технической эксплуатации и ремонта автомобилей транспортного факультета используется методика оптимизации численности транспортных средств, обслуживающих регулярные маршруты городского пассажирского транспорта. Методика разработана д-ром техн. наук, доцентом, профессором кафедры автомобильного транспорта ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» Рассохой Владимиром Ивановичем и старшим преподавателем кафедры транспортных процессов и технологических комплексов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технический университет» Надирян Софией Левоновной.

Методика включает в себя локальные алгоритмы определения оптимальной численности транспортных средств и программу для ЭВМ, обеспечивающую выполнение расчёта себестоимости перевозки одного пассажира. Методический материал и прикладная программа используется в учебном процессе подготовки бакалавров и специалистов по направлениям: 23.03.01 Технология транспортных процессов; 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства. Материалы исследования включены в программы учебных дисциплин: «Управление техническими системами», «Моделирование объектов автомобильного транспорта», «Городской транспортный комплекс», «Организация и технология перевозки пассажиров».

Зам. декана транспортного факультета,  
к.т.н., доцент

С.В. Горбачев

Зав. кафедрой автомобильного транспорта,  
д.т.н., профессор

Н.Н. Якунин

Доцент кафедры технической эксплуатации  
и ремонта автомобилей, к.т.н., доцент

А.Н. Мельников