

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Государственный университет управления»
(ГУУ)

На правах рукописи



Рыбакова Ирина Васильевна

**РАЗВИТИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ИНТЕГРИРОВАННОЙ
ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ МЕГАПОЛИСА
НА ОСНОВЕ КОНТАКТНОГО ГРАФИКА**

Специальность 2.9.9 – «Логистические транспортные системы»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент Покровская О.Д.

Москва 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ МЕГАПОЛИСОВ	15
1.1 Анализ научных работ отечественных и зарубежных авторов в области интегрированных пассажирских перевозок в мегаполисе	15
1.2 Анализ практики организации пассажиропотоков в интегрированной логистической транспортной системе мегаполиса	38
1.3 Анализ зарубежного опыта организации пассажирских перевозок в мегаполисе	66
1.4 Постановка научной задачи исследования	74
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	85
ГЛАВА 2 КОНТАКТНЫЙ ГРАФИК ДЛЯ ПАССАЖИРСКОГО ДВИЖЕНИЯ	88
2.1 Концептуально-теоретический подход к сущности и особенностям интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса	88
2.2 Анализ критериев развития интегрированной логистической транспортной системы мегаполиса.....	115
2.4 Назначение и основные элементы контактного графика движения в транспортно-пересадочном узле	155
2.5 Разработка пассажирского контактного графика для интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса.....	158
2.5.1 Алгоритм построения пассажирского контактного графика.....	158
2.5.2 Методика построения пассажирского контактного графика.....	170
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2	182
ГЛАВА 3 РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАССАЖИРСКОГО КОНТАКТНОГО ГРАФИКА ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕГАПОЛИСА	184
3.1 Анализ показателей использования подвижного состава в пассажирском движении.....	184
3.2 Количественные показатели пассажирского контактного графика.....	192
3.3 Качественные показатели пассажирского контактного графика	196
3.4 Алгоритм расчёта системы показателей пассажирского контактного графика.....	202

3.5 Пересадочные и межтранспортные интервалы пассажирского контактного графика.....	207
3.5.1 Теоретическое обоснование интервалов для пассажирского контактного графика.....	207
3.5.2 Система интервалов для пассажирского контактного графика.....	209
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3.....	221
ГЛАВА 4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ И АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛОЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА.....	224
4.1 Способ расчета экономической эффективности интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса.....	224
4.2 Расчёт показателей интегрированной логистической транспортной системы мегаполиса на примере муниципального округа в Санкт-Петербурге.....	235
4.3 Практические рекомендации по планированию и развитию интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса	240
4.3.1. Блок-схема работы программы	247
4.3.2. Описание работы программы.....	249
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4.....	252
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	255
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	260
ПРИЛОЖЕНИЯ	274

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования определяется долгосрочными целями Стратегии развития транспортной системы Российской Федерации до 2030 года и на прогнозный период до 2035 года. В частности, особое внимание уделено повышению пространственной связанности и транспортной доступности территорий, развитию мобильности населения, внутреннего туризма и внедрению мультимодальных логистических технологий. Достижение этих целей невозможно без создания эффективных транспортных систем в крупнейших городах страны. Развитие логистических транспортных систем мегаполисов стремится к максимальной интеграции всех компонентов, что позволяет обеспечить бесшовную перевозку пассажиров как внутри городской черты, так и за её пределами. Такая интеграция становится основой формирования интегрированных логистических транспортных систем мегаполисов (далее – ИЛТС мегаполиса).

Указанный тренд неизбежно приводит к усложнению задач планирования и организации пассажиропотоков в рамках ИЛТС мегаполиса. Это связано с необходимостью синхронизации множества параметров функционирования различных видов транспорта, их взаимодействия между собой и согласования расписаний. Для решения этих задач требуется современный инструментарий оперативного контроля и учета показателей работы всей системы. Этот инструментарий должен обеспечивать не только точное отслеживание состояния транспортных потоков, но и координацию разных видов транспорта посредством согласованного графика движения. Любые задержки в выполнении отдельных операций могут вызвать цепную реакцию: увеличение потребности в подвижном составе, сбой в расписании и рост времени ожидания транспорта со стороны пассажиров.

Кроме того, функционирование ИЛТС мегаполиса сталкивается с внутренним противоречием, которое требует внимательного подхода при проектировании и управлении системой. С одной стороны, необходимо

обеспечить максимально комфортные условия для пассажиров при пересадках между различными видами транспорта. С другой — важно сохранять ритмичность и регулярность движения транспортных средств, которые обладают разными технологическими характеристиками и временными затратами на выполнение операций. Это противоречие делает особенно важным применение гибких алгоритмов управления и адаптивных решений в области транспортной логистики, способных минимизировать конфликты интересов между комфортом пассажиров и стабильностью транспортного процесса. В данном случае возникает определённое **научное противоречие**, заключающееся в необходимости одновременного обеспечения высокой пропускной способности интегрированной линейно-транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса и соблюдения установленного расписания движения при минимально возможном времени пересадки пассажиров. Это противоречие связано с тем, что увеличение количества перевозимых пассажиров часто требует более плотного графика движения, что может привести к нарушению временных интервалов и увеличению времени ожидания при пересадках. В рамках настоящего исследования предлагается подход, основанный на использовании контактного графика для моделирования процессов пассажирских перевозок, который позволяет учитывать как временные параметры движения подвижного состава, так и поведение пассажиропотоков в узлах пересадки.

Научная задача исследования заключается в дальнейшем развитии методов планирования и организации пассажиропотоков в интегрированных логистических транспортных системах мегаполиса (ИЛТС мегаполиса) с целью повышения мобильности населения. Особое внимание при этом уделяется использованию пассажирского контактного графика как основы для согласования работы различных видов транспорта.

Достижение поставленной задачи предполагает разработку подходов, позволяющих учитывать динамику пассажиропотоков, обеспечивать синхронизацию перевозочных процессов и минимизировать время пересадок между различными видами транспорта. Это особенно важно в условиях

сложившейся практики функционирования ИЛТС мегаполиса, где взаимодействие компонентов системы требует высокой степени согласованности.

Степень разработанности темы исследования. Проблемы совершенствования и развития транспортных систем в разные периоды активно изучались отечественными учеными. Значительный вклад в исследование вопросов технологии и организации пассажирских перевозок внесли такие специалисты, как С.П. Вакуленко, Ф.П. Кочнев, В.Я. Негрей, Ю.О. Пазойский, Н.В. Правдин, И.Н. Шапкин и другие. Их работы легли в основу современных представлений о регулярности перевозок, оптимизации маршрутов и управлении подвижным составом.

В области моделирования интегрированных транспортных систем проводили исследования А.Э. Александров, А.Ф. Бородин, В.Г. Галабурда, В.Н. Зубков, П.А. Козлов, В.А. Персианов, Н.В. Правдин, Е.Н. Тимухина, Н.А. Тушин и ряд других ученых. Ими были разработаны методологические основы построения моделей транспортных потоков, а также предложены способы анализа взаимодействия различных видов транспорта на уровне городской инфраструктуры.

Изучением логистических принципов в управлении транспортными системами занимались такие исследователи, как Н.Ю. Евреенова, А.В. Кириченко, А.П. Кузнецов, С.М. Резер, Е.В. Климова, В.М. Курганов, Э.А. Мамаев, Л.Б. Миротин, Т.А. Прокофьева, И.Н. Пугачев, О.Н. Числов, В.В. Щербаков и многие другие. Их работы способствовали формированию теоретической базы для применения логистического подхода к управлению перевозками как грузовыми, так и пассажирскими.

Однако, несмотря на значительные достижения в указанных направлениях, вопросы обеспечения мобильности пассажиров в условиях функционирования интегрированных логистических транспортных систем мегаполиса остаются недостаточно изученными с точки зрения современной транспортной логистики. В частности, недостаточно проработаны методы формирования контактных графиков движения, учитывающих реальную динамику пассажиропотоков и

технологические особенности разных видов транспорта. Это обуславливает актуальность и научную значимость дальнейших исследований в данной области.

Объектом исследования является интегрированная логистическая транспортная система мегаполиса (ИЛТС мегаполиса), а **предметом** – технология планирования и организации пассажиропотоков в ИЛТС мегаполиса.

Область исследования соответствует паспорту научной специализации 2.9.9 «Логистические транспортные системы», п. 2 – «Технология планирования и организация логистических цепей грузопотоков и пассажиропотоков»; п. 13 – «Технологии организации потоковых процессов в системе грузоперевозок и (или) обеспечения мобильности населения с использованием видов транспорта».

Цель исследования: развитие методов планирования и организации пассажиропотоков в ИЛТС мегаполиса для обеспечения мобильности населения с использованием различных видов транспорта.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие **задачи:**

- провести анализ теории и практики организации и управления пассажирскими перевозками в мегаполисах;
- предложить подход к координации работы видов транспорта в ИЛТС мегаполиса на основе пассажирских контактных графиков движения транспортных средств;
- разработать логистические принципы и алгоритм анализа пассажирского контактного графика на основе предложенных классификаций интервалов движения и системы количественных и качественных показателей;
- разработать на основе предложенного подхода концепцию развития пассажирских перевозок, основанную на сформулированных критериях развития ИЛТС мегаполиса, и 4-х факторную классификацию пассажирских контактных графиков, а также алгоритм и методику построения контактных графиков движения пассажирских поездов с другими видами транспорта в ИЛТС мегаполиса;

– на основе концепции и критериев развития разработать способ комплексной оценки загруженности ИЛТС мегаполиса, автоматизированный в программе для ЭВМ;

– оценить экономическую эффективность функционирования ИЛТС мегаполиса на основе контактного графика.

Методы исследования. Используются методы статистического, математического, системного анализа, транспортной логистики, теории систем, натурального эксперимента, графоаналитические и экономико-математические методы. Для построения контактного графика применялись инструменты пакета программ AUTOCAD, для автоматизации задач использован язык программирования JAVA.

Научная новизна результатов исследования состоит в разработке новых научно обоснованных технологических решений, направленных на совершенствование методов планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков в ИЛТС мегаполиса, имеющих существенное значение для координации взаимодействия видов транспорта, «бесшовного» транспортно-логистического обслуживания и повышения мобильности населения страны на основе пассажирского контактного графика.

В частности, научная новизна представлена следующими результатами:

1. Разработан логистический подход к координации функционирования различных видов транспорта в условиях интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса при осуществлении пассажирских перевозок. Основой для реализации данного подхода послужили предложенные пассажирские контактные графики движения транспортных средств. Этот подход строится с учетом ключевых логистических принципов, таких как своевременность, надежность и эффективность доставки пассажиров, а также предусматривает комплексный анализ взаимодействия между различными модами транспорта. Особое внимание уделено согласованию расписаний, минимизации времени пересадок и обеспечению бесшовности транспортных процессов в многоуровневой системе города. Таким образом, предложенный подход отличается системностью и

целостностью оценки взаимосвязей между элементами транспортной системы мегаполиса при организации перевозок пассажиров. Подход обеспечивает рациональное использование пропускной способности транспортно-пересадочного узла (далее – ТПУ) и предусматривает интеграцию графиков движения и увязку расписаний движения видов транспорта.

2. Сформулированы логистические принципы и алгоритм анализа пассажирского контактного графика движения, основанные на предложенной системе количественных и качественных показателей и на классификации пересадочных и межтранспортных интервалов, обеспечивающих скоординированную работу и увязку графиков движения различных видов транспорта для минимизации времени ожидания пассажира с учетом загруженности ИЛТС.

3. Предложены методика и алгоритм построения пассажирского контактного графика в ИЛТС мегаполиса, основанные на 4-х факторной классификации контактных графиков, критериях и концепции развития пассажирских перевозок в ИЛТС мегаполиса. Методика направлена на рациональное использование подвижного состава и минимизацию времени ожидания пассажира. Методика позволяет установить целесообразность перенаправления, исключения или формирования маршрута при организации и планировании пассажирских перевозок в мегаполисе.

4. Разработан способ комплексной оценки загруженности ИЛТС, основанный на предложенном перечне критериев развития ИЛТС и автоматизированный в программе для ЭВМ. Способ позволяет рационально планировать развитие пассажирских перевозок для обеспечения мобильности населения мегаполиса. Способ отличается применением предложенного показателя загруженности, с учетом которого производится экономическая оценка функционирования ИЛТС мегаполиса на основе контактного графика.

Положения, выносимые на защиту:

– подход к координации работы видов транспорта в условиях ИЛТС мегаполиса на основе пассажирских контактных графиков, включающий

классификацию пассажирских контактных графиков движения транспортных средств и их интервалов;

– алгоритм и методика построения пассажирских контактных графиков;

– системы логистических принципов и критериев развития ИЛТС, показатели пассажирского контактного графика и основанный на них алгоритм анализа пассажирского контактного графика;

– способ комплексной оценки загруженности ИЛТС, автоматизированный в программе для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость проведенного исследования заключается в разработке новых алгоритмов, моделей и методических подходов, направленных на повышение эффективности функционирования интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса. Основным инструментом для достижения этой цели выступает предложенный пассажирский контактный график, который позволяет более точно учитывать пассажиропотоки, уровень загруженности отдельных участков транспортной сети и взаимодействие различных видов транспорта. Это, в свою очередь, обеспечивает более точное прогнозирование потребностей в развитии транспортной инфраструктуры и повышает обоснованность принимаемых управленческих решений. Внедрение данного подхода открывает возможность для синхронизации расписаний и согласования маршрутов разных видов транспорта, что способствует минимизации времени пересадок, снижению нагрузки на наиболее востребованные узлы транспортной сети и улучшению общего уровня сервиса для пассажиров. Кроме того, использование контактного графика позволяет учитывать сезонные и суточные колебания пассажиропотоков, а также оперативно реагировать на изменяющиеся условия городской среды. Разработанные модели и методы планирования и организации функционирования ИЛТС позволяют учитывать технологические особенности и степень развитости инфраструктуры каждого вида транспорта, обеспечивая их сбалансированное взаимодействие. Такой системный подход способствует не только повышению транспортной мобильности населения, но и улучшению экологической обстановки в городе за счет оптимизации транспортных потоков и снижения числа простаивающих транспортных средств. В конечном итоге

это создает предпосылки для устойчивого социально-экономического развития мегаполиса и повышения качества жизни его жителей.

Апробация результатов. Основные положения и результаты исследования были представлены и одобрены на следующих Международных научно-практических конференциях: «Транспорт России: проблемы и перспективы – 2021» (Москва, 2021), «Инновационные технологии на железнодорожном транспорте» (Москва, 2022), «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration» (Пекин, 2024); Международный научный форум «Наука и инновации - современные концепции» (Москва, 2024); Межвузовский международный конгресс «Высшая школа: научные исследования» (Москва, 2024); «Innovative scientific research» (Торонто, 2024); «Science in modern society» (Пекин, 2024); «Управление эксплуатационной работой на транспорте (УЭРТ-2024)» (Санкт-Петербург, 2024), а также на расширенных заседаниях кафедры «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО ПГУПС в 2023 и 2024 гг.

В 2018 году получен грант ОАО «РЖД» (распоряжение ОАО «РЖД» № 672р от 30.03.2018) на выполнение выпускной квалификационной работы на тему «Организация работы станции Санкт-Петербург-Витебский и железнодорожного вокзала Витебский при запуске Аэроэкспресса». Кроме того, результаты исследования используются в Октябрьской дирекции управления движением, Северо-Западном филиале АО «Федеральная пассажирская компания» и Региональном центре информационно-справочного сопровождения клиентов «Запад» железнодорожного вокзала Ладужский – подразделения Северо-Западной региональной дирекции железнодорожных вокзалов – филиала ОАО «РЖД», что подтверждается актами о внедрении.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 16 научных работ, в том числе 3 работы в изданиях из Перечня ВАК РФ, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем исследования. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 117 наименований и

4 приложений. Основное содержание работы изложено на 223 страницах машинописного текста, включая 17 таблиц и 43 рисунка.

Во введении работы обоснована актуальность выбранной темы исследования, которая учитывает ключевые стратегические приоритеты развития транспортной системы Российской Федерации. Особое внимание уделено направлениям, направленным на повышение пространственной связанности регионов, улучшение транспортной доступности территорий и обеспечение высокого уровня мобильности населения. В рамках поставленной цели сформулированы конкретные задачи исследования, охватывающие как глубокий теоретический анализ существующих подходов к организации пассажирских перевозок, так и разработку, и практическую апробацию новых решений. Для обеспечения научной обоснованности исследования выполнен подробный обзор отечественных и зарубежных исследований, посвящённых управлению транспортными потоками и интеграции различных видов транспорта в единую логистическую систему. Анализ позволил выявить существующие пробелы в подходах к организации пассажирских перевозок в условиях быстро развивающихся мегаполисов, где особенно остро стоит необходимость согласованного функционирования всех элементов транспортной системы. На основе полученных результатов анализа были обоснованно определены и применены методы исследования, сочетающие методы математического моделирования, статистического анализа данных, экспертных оценок и имитационного моделирования. Использование такого комплексного подхода дало возможность не только теоретически обосновать предлагаемые решения, но и проверить их эффективность в условиях, максимально приближенных к реальным.

Первая глава посвящена всестороннему исследованию теоретических основ и практических аспектов планирования и организации пассажирских перевозок в мегаполисе. В ней рассмотрены ключевые концепции управления транспортными потоками, проанализированы принципы формирования транспортных систем и их взаимодействия в городской среде. Особое внимание

уделено изучению отечественного и зарубежного опыта координации различных видов транспорта в рамках ИЛТС мегаполиса. Приведены примеры успешных практик реализации бесшовных перевозок, синхронизации расписаний и создания единых транспортных хабов, которые могут быть адаптированы для российских условий.

Вторая глава раскрывает логистический подход к управлению интегрированными транспортными системами мегаполиса, который рассматривается как эффективный механизм обеспечения согласованности и устойчивости функционирования всей системы. Центральным элементом данного подхода выступает пассажирский контактный график движения транспортных средств, предложенный автором в качестве ключевого инструмента управления. В этой главе описаны основные характеристики контактного графика, его отличие от традиционных расписаний, а также показаны преимущества его внедрения для повышения качества обслуживания пассажиров и снижения операционных издержек перевозчиков.

Третья глава содержит разработку комплекса показателей, принципов и алгоритма анализа пассажирского контактного графика в условиях ИЛТС мегаполиса. Предложенные показатели позволяют количественно оценить степень согласованности перевозочных процессов, уровень надёжности транспортной системы и удовлетворённость пассажиров. Разработанные принципы формирования контактного графика учитывают технологические особенности разных видов транспорта, сезонную динамику пассажиропотоков и необходимость минимизации времени пересадок. Алгоритм анализа графика включает этапы сбора данных, моделирования сценариев, оценки эффективности и корректировки параметров расписания.

Четвертая глава посвящена практической апробации разработанных научных положений и методик на примере реальной транспортной системы — интегрированной логистической транспортной системы Санкт-Петербурга. Для выбранного объекта исследования проведён детальный анализ текущего состояния организации пассажирских перевозок, выявлены «узкие места» и

слабые стороны существующих подходов. На основе полученных результатов сформулированы конкретные практические рекомендации по совершенствованию контактного графика и повышению координации между видами транспорта. Также выполнена оценка экономической эффективности предложенных мероприятий, которая подтверждает целесообразность их внедрения за счёт снижения эксплуатационных затрат и увеличения привлекательности общественного транспорта для населения.

В заключении диссертационной работы сформулированы итоговые выводы, основанные на результатах проведённых исследований, а также даны практические рекомендации по дальнейшему развитию и внедрению полученных результатов в реальную транспортную практику. В приложении 1 представлен контактный пассажирский график движения в интегрированной логистической транспортной системе (ИЛТС), который служит основой для организации эффективного взаимодействия различных видов транспорта. Приложение 2 содержит свидетельство о государственной регистрации разработанной программы для электронно-вычислительных машин, что подтверждает её научную и практическую значимость. Дополнительно можно отметить, что представленный в приложении график движения был разработан с учетом современных требований к транспортной логистике и обеспечивает синхронизацию перевозочных процессов между различными транспортными модами. Использование программного обеспечения, зарегистрированного в приложении 2, позволило повысить точность расчетов и оптимизировать параметры расписания. В приложении 3 приведен список научных публикаций соискателя, посвящённых теме исследования, что демонстрирует её вклад в развитие научных знаний в данной области. В приложении 4 представлены документы, подтверждающие практическое внедрение результатов диссертационного исследования, включая информацию о получении гранта от ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), (девичья фамилия соискателя — Сенчило). Данные материалы подтверждают как научную, так и прикладную ценность выполненной работы.

ГЛАВА 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ МЕГАПОЛИСОВ

1.1 Анализ научных работ отечественных и зарубежных авторов в области интегрированных пассажирских перевозок в мегаполисе

Вопросы логистики пассажирских транспортных систем, а также эффективного планирования, организации и управления пассажиропотоками в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ) мегаполисов при условии обеспечения синхронной работы различных видов транспорта нашли отражение в работах ряда отечественных учёных. Среди них можно выделить таких исследователей, как Агасьянц А.А.[1], Азаренкова З.В.[1], Белозёров В.Л.[2], Вакуленко С.П.[3], Галабурда В.Г. [4], Кочнев Ф.П. [5], Пазойский Ю.О. [6], Персианов В.А. [7], Резер С.М. [8], Сирина Н.Ф. [7] и другие. Их исследования способствовали формированию научной базы для анализа и оптимизации процессов взаимодействия транспортных компонентов в условиях плотной городской застройки.

В частности, вопросы совершенствования и развития транспортных систем изучались в разных аспектах:

в области технологии и организации пассажирских перевозок значительный вклад внесли такие учёные, как С.П. Вакуленко, Ф.П. Кочнев, В.Я. Негрей, Ю.О. Пазойский, Н.В. Правдин, И.Н. Шапкин и другие;

в сфере моделирования интегрированных транспортных систем проводили исследования А.Э. Александров, А.Ф. Бородин, В.Г. Галабурда, В.Н. Зубков, П.А. Козлов, В.А. Персианов, Н.В. Правдин, Н.А. Тушин и ряд других специалистов.

Кроме того, логистические принципы в управлении транспортными системами для пассажиров подробно рассматривали такие исследователи, как Евреенова Н.Ю., Кириченко А.В., Кузнецов А.П., Резер С.М., Климова Е.В.,

В.М. Курганов, Мамаев Э.А., Л.Б. Миротин, Т.А. Прокофьева, И.Н. Пугачев, О.Н. Числов, В.В. Щербаков и другие. Ими были разработаны основы логистического подхода к управлению перевозками, включая формирование единых транспортных цепочек, минимизацию времени пересадок и повышение общей устойчивости системы.

Однако, несмотря на широкое освещение данных проблем в научной литературе, с точки зрения современной транспортной логистики недостаточно изучены вопросы обеспечения мобильности пассажиров в интегрированных логистических транспортных системах мегаполиса (ИЛТС мегаполиса) . Особенно это касается комплексного подхода к управлению пассажирскими потоками с использованием контактных графиков движения, учитывающих динамику спроса и технологические особенности различных видов транспорта.

В Рекомендациях по модернизации транспортной системы городов [1] представлены типовые схемы и логистические решения, применимые в различных условиях функционирования транспортных систем агломераций. Такой подход обеспечивает возможность использования унифицированных решений при планировании и развитии инфраструктуры, независимо от специфики конкретного региона. Это особенно важно в условиях растущего межрегионального различия в уровне развития транспортной инфраструктуры и транспортной нагрузке. Также в документе подробно рассмотрены возможные варианты развития скоростных магистралей, что имеет особое значение для крупных городов, где наблюдается высокая плотность транспортных потоков. Реализация таких проектов способствует не только разгрузке дорожной сети, но и повышению общей транспортной устойчивости мегаполисов. При этом особое внимание уделено вопросам экологической безопасности и необходимости согласования строительства новых магистралей с градостроительными планами развития территорий. Предложенные методики прогнозирования транспортных потоков позволяют более точно моделировать поведение транспортной системы в будущем,

учитывая такие факторы, как рост численности населения, развитие застроенных зон и изменение характера трудовой и социальной мобильности. Благодаря этому можно принимать более обоснованные управленческие решения, направленные на долгосрочное развитие транспортной инфраструктуры. Внедрение цифровых технологий и big data аналитики также рассматривается как один из ключевых инструментов повышения точности прогнозов. Кроме того, в рекомендациях разработаны пути модернизации транспортно-пересадочных узлов, направленные на увеличение их пропускной способности и улучшение условий для пассажиров. Особый акцент сделан на создании комфортной среды для пересадки между различными видами транспорта, обеспечение беспрепятственного доступа маломобильных групп населения, а также оптимизацию процессов управления пассажирскими потоками. Эффективная организация транспортно-пересадочных узлов способствует повышению общей привлекательности общественного транспорта и снижению нагрузки на дорожную сеть.

Однако основное внимание в данных рекомендациях сосредоточено на технической реализации интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС), таких как строительство новых объектов инфраструктуры или модернизация существующих. При этом остаются недостаточно проработанными важные аспекты логистической организации перевозок, включая согласование графиков движения различных видов транспорта. В частности, вопросы координации расписаний между наземным и подземным общественным транспортом, а также между пригородными и дальними сообщениями требуют более детального рассмотрения. Ещё одной слабой стороной является недостаточная проработка мер, обеспечивающих бесшовность пассажирских перевозок, особенно на стыке разных видов транспорта. Такие аспекты, как единая билетная система, информационное сопровождение пассажиров и организация пересадок с минимальными временными затратами, в рекомендациях практически не затронуты.

В работе [9] было проведено исследование согласованности графиков движения поездов Московского центрального кольца (МЦК), Московских центральных диаметров (МЦД) и метрополитена в условиях стремительного развития транспортной инфраструктуры Московского железнодорожного узла. Анализ показал, что несмотря на значительные инвестиции в модернизацию транспортных объектов, до сих пор остаются нерешёнными ключевые вопросы взаимодействия различных видов транспорта. Авторы отмечают существующую проблему недостаточной интеграции различных видов транспорта, выявляя как частичную, так и полное отсутствие увязки расписаний. Это связано с тем, что планирование расписаний часто осуществляется отдельно для каждого вида транспорта, без учёта общей логистической структуры города. Это обстоятельство создает значительные неудобства для пассажиров при осуществлении пересадок. В частности, пассажирам приходится сталкиваться с длительными ожиданиями или необходимостью совершать дополнительные переходы между платформами. Особое внимание уделено важному аспекту — отсутствию системы сбалансированных критериев развития транспортных систем крупных городов, направленных на минимизацию общего времени пребывания пассажира в пути. На сегодняшний день многие мегаполисы сталкиваются с ростом транспортной нагрузки, что ещё больше обостряет проблему эффективности перемещения населения. Существующие подходы к планированию транспортной инфраструктуры зачастую не учитывают сложные взаимосвязи между различными видами транспорта и реальными пассажиропотоками. Между тем, внедрение комплексных показателей может существенно повысить качество транспортного обслуживания и снизить затраты времени граждан на дорогу. Особенно остро эта проблема стоит в городах с высокой плотностью населения и ограниченным пространством для расширения дорожной сети. Без чётко выстроенной системы критериев невозможно добиться устойчивого развития городской транспортной среды и обеспечения комфортной мобильности для всех слоёв населения. При этом

подчёркивается, что такие критерии должны учитывать не только технические параметры транспортных средств, но и поведенческие особенности пассажиров, а также пространственную организацию транспортной сети. Учитывая темпы урбанизации и рост городской застройки, данная проблема приобретает особую актуальность для современных интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС) мегаполисов.

В работах ряда учёных уделяется внимание разработке методического аппарата планирования и организации сложных мезологистических систем, таких как ИЛТС мегаполиса. Такие исследования направлены на формирование универсальных подходов к управлению перевозочными процессами в условиях высокой динамики и сложности городской среды. В частности, предложены формализованные алгоритмы, позволяющие согласовывать графики движения различных видов транспорта в рамках сложных транспортных систем. Данные алгоритмы базируются на математических моделях оптимизации и имитационного моделирования, которые позволяют учитывать множество переменных факторов, включая пассажиропотоки, интервалы движения и наличие пересадочных узлов. Например, в статье [10] подчёркивается необходимость обеспечения взаимосогласования перевозочных процессов в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ). В этих условиях особенно важно разрабатывать гибкие схемы управления движением, способные оперативно реагировать на изменение внешних условий. Такой подход позволяет повысить эффективность функционирования всей системы и снизить время ожидания пассажирами следующего вида транспорта. Кроме того, учёные акцентируют внимание на необходимости создания единого информационного пространства, обеспечивающего обмен данными между различными участниками транспортного процесса.

В монографии [11] проведены исследования, направленные на оптимизацию и систематизацию размещения железнодорожных

остановочных пунктов в крупных транспортных узлах. Подобный подход позволяет более эффективно интегрировать железнодорожную сеть в общую структуру городского транспорта. Авторами подчеркивается значимость усиления роли железнодорожного транспорта в рамках городской транспортной системы, что является одной из важнейших научно-практических задач при развитии интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС) мегаполиса. При этом необходимо учитывать современные тенденции урбанизации и рост пассажирских перевозок в городах. Особое внимание уделено необходимости согласования пространственного расположения объектов инфраструктуры с реальными и прогнозируемыми потребностями пассажиропотоков. Это позволяет не только повысить доступность железнодорожных станций, но и обеспечить более равномерное распределение нагрузки на транспортную сеть.

Работа [12] предлагает использовать матрицы расчёта межрайонных корреспонденций в качестве инструмента для анализа текущего состояния и перспектив развития направлений маршрутов общественного транспорта. Это позволяет более точно оценивать пассажиропотоки между различными районами города и выявлять зоны с высокой или, наоборот, недостаточной транспортной доступностью. Благодаря этому можно эффективнее планировать изменения в маршрутной сети и оптимизировать логистику перевозок. Данный подход даёт возможность не только выявлять проблемные участки и неэффективные направления, но и прогнозировать изменение транспортных потоков при модернизации инфраструктуры или изменении социальной застройки района. Кроме того, в работе подробно описаны этапы проектирования транспортных систем мегаполиса, начиная от сбора исходных данных и заканчивая моделированием функционирования всей системы в целом. Такое структурированное описание процессов может служить основой для разработки унифицированных методик проектирования в других крупных городах. Однако стоит отметить, что вопросы кроссфункционального взаимодействия различных видов транспорта —

таких как метро, наземный электротранспорт, скоростной трамвай и пригородные железные дороги — при формировании комплексных логистических схем пассажиропотоков в данной работе не рассматриваются. Это ограничивает её применимость в условиях современных подходов к управлению интегрированными логистическими транспортными системами (ИЛТС), где ключевым является согласованное функционирование всех компонентов транспортной сети. В частности, отсутствует анализ возможностей синхронизации графиков движения, организации пересадочных узлов и единых принципов тарифной политики, что снижает практическую ценность предложенных решений при реализации городских транспортных стратегий.

В работе [13] представлен всесторонний анализ современной мультимодальной пассажирской транспортной системы, охватывающий как текущее состояние инфраструктуры, так и качество предоставляемых транспортных услуг. Особое внимание уделено ключевым критериям оценки эффективности функционирования системы, таким как регулярность движения, доступность остановочных пунктов, уровень комфорта подвижного состава и информированность пассажиров. Эти параметры напрямую влияют на удовлетворённость пользователей и в целом на готовность населения выбрать общественный транспорт вместо личного автомобиля. Кроме того, исследование рассматривает возможности более рационального использования уже существующей транспортной инфраструктуры, что особенно актуально для городов с ограниченными возможностями для расширения сети. Предложенные подходы к оптимизации позволяют повысить пропускную способность без значительных капитальных вложений, за счёт изменения режимов движения, перераспределения нагрузки между видами транспорта и внедрения элементов интеллектуальных транспортных систем. Исследование также подчеркивает важность интеграции различных компонентов транспортной системы — от метро и наземного электротранспорта до пригородного

железнодорожного сообщения и такси — в единую согласованную сеть. Это позволяет обеспечить бесшовность перемещений пассажиров, снизить общее время поездок и равномернее распределить нагрузку на отдельные виды транспорта, особенно в часы пик. Такой подход становится основой для формирования устойчивой и эффективной модели городской мобильности.

Работа [14] также посвящена вопросам управления пассажирскими перевозками в условиях современной транспортной логистики, акцентируя внимание на необходимости комплексного подхода к организации транспортных процессов. В рамках проведенного исследования был выполнен детальный анализ пригородных пассажирских перевозок. В ходе работы была осуществлена всесторонняя оценка состояния транспортной инфраструктуры, включая техническое состояние железнодорожных линий и станций, а также проанализирована степень загруженности существующих маршрутов и уровень комфортности для пассажиров. Опросы и сбор обратной связи позволили получить данные об уровне удовлетворённости населения качеством транспортного обслуживания. Особое внимание в исследовании было уделено взаимодействию пригородного железнодорожного транспорта с различными видами городского общественного транспорта, поскольку именно на стыке этих систем часто возникают наиболее острые проблемы. С этой целью проведен анализ функционирования транспортно-пересадочных узлов, включающий изучение логистики пассажиропотоков, удобства пересадок, организации пешеходных путей и информационного обеспечения. Также были рассмотрены вопросы доступности узлов для маломобильных групп населения и обеспечение безопасности на переходах и платформах. Целью данного анализа стало выявление ключевых проблемных зон и разработка предложений по повышению качества обслуживания пассажиров как в пригородном, так и во взаимодействующем с ним городском транспорте. Особое значение в работе уделено оптимизации функционирования транспортно-пересадочных узлов, через которые осуществляется переход между пригородными

железнодорожными линиями и видами городского транспорта. Предложены меры по улучшению планировки пересадочных площадок, организации информационного сопровождения пассажиров и упрощению процессов пересадки, что в совокупности способствует снижению временных затрат и повышению удобства перемещений. Особое внимание уделено согласованному расписанию движения пригородных поездов и городского пассажирского транспорта, что является важным элементом обеспечения бесшовности перевозок. Авторы подчёркивают необходимость синхронизации графиков движения для минимизации времени ожидания и повышения регулярности сообщений.

В статье [15] рассмотрен практический опыт организации «Городской электрички» в условиях мегаполисов, представлены особенности её функционирования и проанализировано влияние на общую транспортную систему города. Авторы отмечают значительный положительный эффект от внедрения данного вида транспорта, включая повышение доступности удалённых районов, снижение нагрузки на метрополитен и улучшение транспортной связанности различных частей города. Благодаря высокой пропускной способности и возможности интеграции с существующей железнодорожной инфраструктурой, городская электричка становится важным элементом многоуровневой транспортной системы. Особое внимание уделено технической реализации движения — параметрам подвижного состава, особенностям графика движения, организации остановок и стыковки с другими видами транспорта. Представлены данные по увеличению пассажиропотока на соответствующих направлениях и улучшении общей регулярности перевозок. При этом авторы акцентируют эффективность использования уже существующих железных дорог для нужд городской мобильности, что позволяет снизить затраты на строительство новой инфраструктуры. Однако исследование сосредоточено исключительно на технической стороне организации движения, тогда как логистический аспект управления пассажиропотоками рассмотрен недостаточно. Не

анализируются механизмы распределения пассажиров между различными видами транспорта, отсутствует оценка влияния городской электрички на общую схему пересадок и маршрутизации в интегрированной транспортной сети. Также не рассматриваются вопросы согласования расписаний с метрополитеном, наземным общественным транспортом и пригородными поездами, что является ключевым фактором при построении единой системы ИЛТС.

В работе [16] рассматривается развитие пассажирских перевозок в условиях Москвы и корреспонденции пассажиропотоков, управление которыми предлагается выполнять с помощью имитационного моделирования.

Власов Д.Н. [17], Вакуленко С.П. [18], Покровская О.Д. [19], Lester.A., Magda Pitsiava-Latinopoulou [20] и др. в своих работах затрагивают логистические проблемы эксплуатации транспортно-пересадочных узлов.

Так, например, в монографии [17] на примере г. Москва рассмотрен круг актуальных проблем при создании системы ТПУ и их взаимодействии с застройкой мегаполиса.

Мероприятия по развитию ТПУ для обеспечения качественного обслуживания пассажиров предлагаются в работе [21].

Исследование Вакуленко С.П. и Еврееновой Н.Ю. раскрывает вопросы получения с использованием имитационной модели зависимости между основными параметрами передвижения пассажиропотоков в ТПУ [18].

В работе [20] исследуется, как уровень обслуживания пассажиров интермодальными перевозками влияет на поведение пассажиров в отношении выбора вида транспорта.

Авторами статьи [22] описаны основные логистические стратегии, рассматривается использование контактного графика, однако, только в грузовой работе.

В.Г. Галабурда, В.А. Персианов и А.А. Тимошин внесли значительный вклад в развитие научных основ управления пассажиропотоками и

транспортной подвижностью населения. Их работы легли в основу современных подходов к организации перевозок и планированию транспортных систем мегаполисов, обеспечив теоретическую и методологическую базу для дальнейших исследований в области логистики пассажирских перевозок [7].

В монографии С.М. Резера подробно рассмотрены основы пассажирских перевозок с точки зрения логистических принципов, что позволяет взглянуть на организацию транспортных процессов через призму системного подхода и управления цепочками поставок в сфере услуг. Автор подчеркивает важность интеграции различных элементов транспортной системы для обеспечения бесперебойности и регулярности перевозок, а также повышения уровня сервиса для пассажиров. Представлены также подходы к эксплуатационной работе, включающие методики расчёта эффективности перевозок, которые позволяют оценивать как текущее состояние системы, так и перспективы её развития. Использование количественных показателей даёт возможность объективно сравнивать различные варианты организации движения, выявлять узкие места и оптимизировать ресурсное обеспечение перевозочного процесса. Это особенно важно при планировании бюджета городской транспортной системы и распределении финансирования между различными видами транспорта. Автором проведен глубокий анализ зарубежного опыта в области пассажирской логистики и организации сообщения, что позволило выделить универсальные тенденции, применимые в различных социально-экономических и географических условиях. Особый интерес вызывает опыт стран Европы и Азии, где уже реализованы передовые практики построения интегрированных транспортных систем, включая единые билетные платформы, цифровое управление движением и высокую степень автоматизации процессов. Эти примеры рассматриваются с точки зрения возможности их адаптации под российские условия, учитывая особенности городской застройки, плотности населения и существующей транспортной

инфраструктуры. Особое внимание в монографии уделено представлению процесса управления перевозками как логистической информационной системы, в которой ключевую роль играют данные, прогнозирование и оперативное реагирование на изменяющиеся условия внешней среды. Такой подход открывает возможности для внедрения цифровых технологий, таких как big data, искусственный интеллект и интернет вещей, в транспортную отрасль. Интеграция этих решений способствует не только повышению точности планирования, но и улучшению качества обслуживания пассажиров за счёт более точного предсказания пассажиропотоков и динамического изменения режимов работы транспорта. Для моделирования логистических процессов в сфере перевозок автор использует широкий спектр математических методов — от статистического анализа и построения регрессионных моделей до имитационного моделирования и применения алгоритмов оптимизации. Эти подходы позволяют более точно прогнозировать транспортные потоки, учитывать множество переменных факторов и повышать эффективность логистических операций. В частности, такие методики находят применение при проектировании новых транспортных маршрутов, корректировке графиков движения, а также при распределении подвижного состава по направлениям с учетом сезонных и временных колебаний спроса. Кроме того, использование математических моделей способствует минимизации влияния субъективных оценок и интуитивных решений, что особенно важно в условиях высокой динамики и неопределенности внешней среды. С их помощью можно также оценивать различные сценарии развития событий и выбирать наиболее рациональные варианты действий, обеспечивая тем самым гибкость и устойчивость логистической системы [8].

Интеграция различных видов транспорта — таких как автобусы, метро и такси — подробно рассмотрена в исследовании [23], где авторы анализируют модели взаимодействия нескольких транспортных мод. Особое внимание уделено динамике пространственно-временных изменений в

функционировании транспортной системы. При этом учитывается влияние колебаний числа пассажиров на эффективность работы отдельных видов транспорта и всей системы в целом. Также изучается взаимосвязь между пассажирскими потоками и особенностями городской инфраструктуры, включая плотность застройки, расположение ключевых объектов инфраструктуры и доступность остановочных пунктов. Для анализа данных применялся метод кластеризации, позволивший выявить типовые сценарии взаимодействия транспортных компонентов в зависимости от времени суток и дней недели. Было установлено, что характер пассажиропотоков существенно различается в часы пик и в межпиковое время, что требует гибкой адаптации расписаний и маршрутов. Один из ключевых выводов исследования заключается в том, что для большинства пассажиров решающим фактором при выборе вида транспорта является не стоимость проезда, а общее время в пути. Этот результат подчеркивает важность минимизации временных затрат при планировании стратегий развития интеллектуальных логистических транспортных систем (ИЛТС), включая оптимизацию пересадок и синхронизацию графика движения разных видов транспорта.

В работе «15-минутная станция: тематическое исследование для оценки пешеходной доступности железнодорожного транспорта на Юге Италии» представлен оригинальный метод анализа доступности железнодорожных станций. Авторы исследования демонстрируют, что для каждой станции можно выделить зону обслуживания, соответствующую 15-минутной пешей доступности, с учетом как действующей пешеходной инфраструктуры, так и возможностей её модернизации. Такой подход позволяет более точно оценивать реальные возможности населения в использовании железнодорожного транспорта как части повседневной маршрутной сети. Для реализации этой идеи используется метод пространственного анализа пешеходной сети, который учитывает характеристики отдельных участков (звеньев) — такие как безопасность,

удобство передвижения и степень извилистости маршрутов. Это дает возможность не только количественно оценить доступность станций, но и выявить проблемные участки, требующие улучшений в городской среде. Предложенный метод был апробирован в ходе исследования на территории Сицилии (Италия), где позволил разработать эффективную систему поддержки принятия решений. Эта система направлена на оптимизацию планирования транспортных линий и повышение общей доступности железнодорожного сообщения, особенно в условиях сложившейся городской застройки, где развитие транспортной инфраструктуры сталкивается с рядом градостроительных ограничений. Полученные результаты могут быть полезны при разработке стратегий развития общественного транспорта в других регионах с аналогичными условиями [24].

Приведённые исследования демонстрируют разнообразие подходов к анализу и управлению пассажирскими перевозками в современных условиях. Они подчеркивают важность пространственной и временной согласованности, необходимости использования количественных методов анализа, а также учёта потребностей пассажиров при проектировании и модернизации транспортных систем. Однако, несмотря на наличие отдельных успешных разработок, вопросы комплексного логистического управления пассажирскими потоками в рамках ИЛТС мегаполиса остаются недостаточно систематизированными и требуют дальнейшей научной проработки.

В исследовании [25] подробно рассмотрена концепция «умного города» в контексте планирования и организации пассажирских перевозок. Особое внимание уделено интеграции железнодорожных станций в эту концепцию как ключевых элементов транспортной системы мегаполиса. Авторы подчёркивают, что цифровизация, использование больших данных и автоматизация процессов управления позволяют значительно повысить эффективность функционирования ИЛТС мегаполиса. Интеграция железнодорожных станций в систему «умного города» способствует

улучшению транспортной доступности, повышению мобильности населения и созданию условий для более равномерного распределения пассажиропотоков по различным видам транспорта.

Железнодорожные вокзалы всё чаще рассматриваются не только как традиционные объекты транспортной инфраструктуры, но и как многофункциональные транспортно-пересадочные узлы (ТПУ), играющие ключевую роль в организации городской и пригородной перевозок. Такой подход позволяет интегрировать различные виды транспорта — наземный, подземный, автомобильный и даже велосипедный — в единую логистическую систему. Особое значение в этой концепции придаётся развитию интермодальности, то есть возможности бесшовного перехода между разными видами транспорта, что существенно повышает эффективность и удобство передвижения для пассажиров. Реализация принципов интермодальности требует тщательного планирования пространственной организации вокзалов, а также координации графиков движения и информационного сопровождения пассажиров. Кроме того, современные ТПУ становятся центрами экономической и социальной активности, включающими в себя торговые, деловые и рекреационные зоны. Это усиливает их роль как точек притяжения населения и драйверов устойчивого развития городской среды. Эффективно спроектированные железнодорожные вокзалы способны не только повысить транспортную доступность, но и стать важным элементом городской инфраструктуры, способствующим улучшению качества жизни горожан. В работе [26] показано, что такие узлы могут выступать логистическими драйверами в структуре ИЛТС мегаполисов. Это связано с их центральным положением, высокой пропускной способностью и возможностью обеспечивать связь между пригородным, городским и дальним сообщением. Эффективное управление такими ТПУ позволяет минимизировать время пересадок, повысить уровень комфорта и удовлетворённости пассажиров, а также оптимизировать логистические процессы в целом.

Исследование, проведённое в Норвегии [27], акцентирует внимание на важности шаговой доступности остановочных пунктов и её влиянии на выбор населением вида транспорта. Было установлено, что для большинства граждан решающим фактором является частота движения общественного транспорта, чем близость остановки к месту проживания или работы. При этом короткие поездки, особенно в рамках ежедневных поездок на работу, увеличивают вероятность того, что пассажир предпочтёт общественный транспорт личному автомобилю. Результаты опроса показали, что высокая регулярность рейсов положительно влияет на формирование устойчивых пассажирских потоков и способствует повышению конкурентоспособности общественного транспорта.

Работа [28] выявляет преимущества создания городской железной дороги, определяет возможности взаимодействия с логистическими центрами и другими видами транспорта, а также анализирует примеры эффективного государственно-частного партнерства в этом процессе. Определены факторы, определяющие эффективность функционирования такого логистического звена, как городская электричка.

Проблемы логистической координации работы транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) активно изучаются и в зарубежной научной литературе. В частности, исследования Линна Ли и Беки П.Ю. Лоо [29] посвящены анализу влияния мультимодальной интеграции на качество пассажирских перевозок. Авторы доказывают, что эффективная интеграция различных видов транспорта в ТПУ не только обеспечивает пассажирам удобство и сокращает время в пути, но и приводит к снижению общих транспортных издержек. Это достигается за счёт оптимизации логистических процессов, минимизации задержек и повышения регулярности перевозок. Их работа подчёркивает важность создания унифицированных стандартов функционирования ТПУ, а также необходимость внедрения цифровых технологий для управления пассажирскими потоками.

Ещё один интересный подход к оценке качества транспортного обслуживания в условиях ИЛТС предложен группой исследователей — Чжоу Цзыи, Мин Ян, Лонг Чэн, Ялонг Юань и Цзосянь Ган [30]. Для выявления ключевых барьеров, препятствующих повышению эффективности транспортных систем, они используют модель Раша, широко применяемую в социальных науках для анализа качественных данных. Данный метод позволил авторам количественно оценить уровень удовлетворённости пассажиров и выделить наиболее значимые факторы, влияющие на восприятие качества транспортного обслуживания. Полученные результаты могут быть использованы при разработке мер по улучшению координации между различными видами транспорта и повышению уровня сервиса в ТПУ.

В работе [31] проведено исследование факторов, влияющих на качество обслуживания в мультимодальном транспортном узле Ананд Вихар в Дели (Индия). Авторы подробно рассмотрели как технические, так и организационные аспекты функционирования узла, проанализировали последствия существующих недостатков в организации перевозок и обслуживания пассажиров. Однако, несмотря на глубокую диагностику проблем, в данной работе не были затронуты вопросы повышения степени координации между видами транспорта внутри ТПУ, что ограничивает её практическую ценность в контексте развития интегрированных логистических транспортных систем.

Авторы работы [32] считают, что транспортные расходы имеют гораздо большее значение, чем время в пути, и использование автономных транспортных средств положительно оценивается как вид транспорта первой / последней мили в современных мегаполисах.

Как показывает анализ литературных источников, например, [33], суммарное время нахождения пассажира в пути является определяющим фактором выбора маршрута. Их модель показала высокую результативность при прогнозировании общей удовлетворенности услугами и пересадкой в ТПУ Монклоа (Мадрид, Испания) [33].

В исследовании [34] анализируются факторы успеха внедрения системы интермодальных междугородних пассажирских перевозок в регионе Кюсю, Япония. Эта система, получившая название «B & S Miyazaki», объединяет междугороднее автобусное сообщение с высокоскоростным железнодорожным сообщением, соединяющим города Миядзаки и Фукуока. Авторы выявили пять факторов успешности логистических схем: 1) принятие новой интермодальной системы на рынке междугородних перевозок как пользователями, так и поставщиками; 2) четкие стимулы для сотрудничества между заинтересованными сторонами с ожидаемыми выгодами от совместного использования активов и совместных маркетинговых мероприятий; 3) пакет интермодальных услуг, включающий короткие расстояния трансфера, единую систему продажи билетов, интегрированное расписание и корректировку расписания, специальные скидки и согласованный дизайн кузовов поездов и автобусов; 4) взаимное нивелирование недостатков существующих видов транспорта за счет достоинств других; 5) гибкая корректировка ценовой стратегии оператора [34].

Французские ученые МоинсДилан и Ален Л'Остис сформулировали следующие гипотезы: 1. Пользователи, сочетающие микромобили и общественный транспорт, обычно преодолевают расстояние, превышающее расстояние ходьбы, которое составляет более одного километра. 2. Пользователи интермодальных поездок, которые используют альтернативные логистические схемы и остановки во время поездки на микромобилях, выигрывают время и / или расстояние по сравнению с поездкой без объездов и остановок. 3. Выявленные альтернативы сопровождаются геометрическими формами, такими как инверсия пространства, которые, однако, не подрывают пространственно-временную оптимизацию. 4. Альтернативы и перерывы различаются в зависимости от характеристик интермодального путешествия, альтернативы необходимы для того, чтобы избежать неудобных пересадок через транзитную сеть, в то

время как перерывы в основном используются для повышения производительности в поездке [35].

Опыт ученых Гамбурга (Германия) показывает, что интермодальный транспорт является многообещающей концепцией для переключения горожан с личных автомобилей на общественный транспорт и повышения устойчивости городского движения. Руссе Маттиас и Гюнтер Гаст разработали систему планирования городских логистических маршрутов, который включает режимы работы реальных городских транспортных сетей, включая автомобили, поезда и автобусы, обмен велосипедами на станциях, скутеры [36]. Однако, предложенные ими решения не имеют графоаналитического инструментария для удобства анализа, ведения, контроля и мониторинга обстановки в ИЛТС мегаполиса.

В работе [37] изучены отдельные элементы интеллектуальной транспортной системы и создание центра управления движением на основе единой платформы, объединяющей существующие информационные системы [37].

В Германии функционирует Министерство транспорта, данный орган ведет управление и контроль за транспортной системой, а также ведет планирование перевозок и координацию всех видов транспорта. Функционирует центр управления движением, который занимается мониторингом и контролем транспортной системы города, интегрирующими видами транспорта для эффективной работы всех подразделений и удобства пассажиров, система отслеживает также индивидуальный и коммерческий транспорт [38]. Анализ работы транспортной системы позволяет оценить качество системы и выработать методы по развитию управленческих решений и решению транспортных проблем в мегаполисе, таком, как Берлин. Центр управления движением ведет интермодальную маршрутизацию, что позволяет интегрировать индивидуальный транспорт в систему общественного транспорта, а также оценивать дорожную ситуацию, планировать подходящее расписание движения транспорта, производить

оценку трафика данных на инфраструктуре Берлина, прогнозировать пассажиропотоки для интеграции различных видов транспорта и уменьшения времени в пути. Перечисленный функционал может и должен быть реализован как лучшая практика и в мегаполисах Российской Федерации.

В статье [39] исследуется транспортная схема маршрута, сформированная у пассажира в момент планирования поездки с учетом всех услуг, предоставляемых транспортной системой, и условий выбранного маршрута. Предлагается при проектировании или реконструкции ТПУ основываться на принципе «сухие ноги» для комфортной пересадки пассажиров [39].

Таким образом, накопленный как отечественный, так и зарубежный практический опыт в области организации пассажирских перевозок и управления транспортными системами, может быть, с успехом использован при совершенствовании автоматизированных систем управления железнодорожным транспортом в условиях мегаполисов. Этот опыт включает в себя не только технические решения по модернизации инфраструктуры, но и методологические подходы к логистическому управлению перевозками, координации расписаний, а также внедрению цифровых технологий в процессы планирования и диспетчеризации.

Особую актуальность приобретает задача повышения степени координации между различными видами транспорта — железнодорожным, метрополитеном, наземным общественным транспортом и пригородными сообщениями — с целью обеспечения «бесшовных» сквозных перевозок в интегрированных логистических транспортных системах (ИЛТС) мегаполисов Российской Федерации. Такая интеграция способствует снижению времени пересадок, улучшению регулярности сообщений и повышению общей привлекательности общественного транспорта для населения.

Важным условием реализации этих целей является разработка и внедрение единой информационно-аналитической системы управления

расписаниями движения транспортных средств. Такая система должна стать центральным элементом цифровой транспортной инфраструктуры, объединяющим данные о пассажиропотоках, состоянии подвижного состава, дорожной обстановке и внешних факторах, влияющих на транспортные процессы. Её внедрение позволит не только синхронизировать работу различных перевозчиков, действующих в рамках единой городской агломерации, но и обеспечить гибкость в реагировании на изменяющиеся условия.

Кроме того, данная система предоставит возможность оперативно корректировать графики движения в зависимости от текущего спроса, проводить прогнозирование нагрузки на сеть и моделировать различные сценарии развития транспортных ситуаций. Это, в свою очередь, повысит устойчивость транспортной системы к внешним воздействиям, таким как чрезвычайные ситуации, сезонные колебания или массовые мероприятия, и обеспечит стабильное качество обслуживания пассажиров.

Ещё одним важным аспектом является интеграция единой информационно-аналитической системы с платформами электронной продажи билетов и навигации, что создаст единое цифровое пространство мобильности. Пассажиры смогут планировать свои маршруты с учётом всех доступных видов транспорта, приобретать единые билеты, получать актуальную информацию о задержках и изменениях в расписании, а также использовать сервисы персонализированной навигации и оповещения.

Реализация такой системы невозможна без использования современных аппаратно-программных комплексов, способных обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени. В качестве одной из перспективных основ для построения такой системы выступает ГИД «Урал-ВНИИЖТ» — ключевая автоматизированная система управления железнодорожным транспортом, разработанная специалистами Уральского филиала ВНИИЖТ. Данный программный продукт уже показывает высокую эффективность в управлении движением поездов и планировании

перевозочных процессов, что открывает возможности для его модернизации и интеграции в более широкую ИЛТС-инфраструктуру.

Сравнительные результаты выполненного литературного обзора представлен ниже в табл.1.1.

Таблица 1.1 – Критический анализ теоретического состояния вопроса развития пассажирских перевозок в мегаполисах

Авторы исследования	Направление и результат исследования	«Белые поля» исследования
Развитие интегрированных логистических транспортных систем		
Ю.П. Бочаров, А.А. Агасьянц [1]	Рассмотрены версии решения транспортных проблем в различных видах логистических транспортных систем. Выявлены основные схемы развития скоростных магистралей, приведены принципы прогнозирования транспортных потоков, рассмотрены логистические процессы различных видов пассажирского транспорта, предложены решения модернизации транспортно-пересадочных узлов	Не показаны причинно-следственные связи между загруженностью транспортной системы и развития ТПУ
Р.А. Ефимов, А.Е.Полякова [9-10]	Проанализировано взаимодействие рельсового наземного подземного транспорта, замечена малая согласованность в эксплуатационной работе	Не затронута интеграция железнодорожного транспорта и общественного нерельсового; не предложено графическое изображение интеграции взаимодействующих видов транспорта
Вакуленко С.П., Колин А.В., Роменский Д.Ю., Свириденкова В.Э., Чекмарёв А.Е. [11]	Оптимизация и систематизация размещения железнодорожных остановочных пунктов в крупных транспортных узлах	Разные виды транспорта не увязаны в единый график
Н.В. Булычева, Л.А. Лосин [12]	Проведен анализ проблемных зон, транспортного обслуживания, неэффективных пассажирских корреспонденций	Не учитываются потери времени пассажира
А.С. Романов [13]	Посвящена исследованию мультимодальным перевозкам пассажиров к качеству предоставляемых транспортных услуг и обеспечивающей рациональное использование ресурсов	Использование терминов грузовой логистики, не полностью раскрывающих смысл

Авторы исследования	Направление и результат исследования	«Белые поля» исследования
		пассажирской логистики в мегаполисе
Развитие технологии эксплуатации транспортно-пересадочных узлов		
И.К.Чередников, Р.В Панк [14]	Рассмотрены вопросы логистики перевозки пригородных пассажиров и улучшение эффективной работы с пассажирами в ТПУ, сокращения времени ожидания автобусов в пунктах пересадки	Не рассмотрена увязка интегрированных видов транспорта по графику
А.И. Хашев, Н.А. Ковалева [15]	Использование городской электрички в мультимодальной системе города	Не предложены логистические решения по стыкованию расписания пригородного электропоезда с общественным транспортом
С.П. Вакуленко, Н.Ю. Евреенкова, Тихонов Д.П., А.А. Горбунов [16]	На основе имитационного моделирования предлагается организовывать потоки пассажиров в ТПУ	Не рассматривается вопрос загруженности транспортной системы мегаполиса
Развитие организации пассажиропотоков		
В.Г. Галабурда, В.А. Персианов, А.А. Тимошин [7]	Основы характеристики основных пассажиропотоков и подвижности населения, а также показателей качества пассажирского обслуживания	Не рассматриваются вопросы организации единого информационно-аналитического пространства на основе ведения единого графика
С.М. Резер [8]	Описаны основы и концептуальные логистические концепции в отношении пассажирских перевозок	Не рассматривается проблематика управления городскими перевозками разными видами транспорта в мегаполисах
Л. А. Дубешко [37]	Проведен анализ развития автоматизированных систем управления (АСУ), предложено на базе АСУ формирование центра управления движением	Не рассматривается увязка работы и показателей видов транспорта в единый график автоматического ведения

Можно констатировать, что данные, приведенные в таблице 1.1, свидетельствуют о наличии «белых полей» в области планирования и организации пассажиропотоков и ИЛТС мегаполисов.

1.2 Анализ практики организации пассажиропотоков в интегрированной логистической транспортной системе мегаполиса

По данным отчета «Мировые перспективы урбанизации: пересмотренное издание 2014 года», подготовленного Отделом по вопросам народонаселения Департамента экономического и социального развития Организации Объединённых Наций (ООН), сегодня в городских агломерациях проживает более половины населения планеты — около 3,9 миллиардов человек. Это означает, что урбанизация уже стала ключевым трендом глобального демографического развития. Такой рост городского населения связан не только с естественным приростом, но и с активной миграцией людей из сельской местности в поисках лучших условий жизни, образования и работы. Этот показатель свидетельствует о значительной трансформации демографической структуры мира, происходящей под влиянием социально-экономических процессов и миграционных потоков. Особенно заметно урбанизация проявляется в развивающихся странах, где темпы роста городов значительно превышают аналогичные показатели в странах с развитой экономикой. Вместе с тем, рост городов несёт как возможности для развития, так и вызовы, связанные с обеспечением инфраструктурой, жилищем, экологией и социальной справедливостью. При этом к 2050 году ожидается, что число городских жителей превысит 6 миллиардов человек, что подчеркивает ускоряющиеся темпы урбанизации по всему миру. Такой рост населения в городах неизбежно сопровождается увеличением нагрузки на существующую инфраструктуру и требует кардинального пересмотра подходов к организации городского пространства.

Такие изменения создают новые вызовы для транспортной инфраструктуры, поскольку традиционные модели перевозок становятся недостаточно эффективными для обслуживания растущих пассажиропотоков. Одновременно с этим возрастает давление на экосистемы городов,

проявляющееся в повышении уровня загрязнения воздуха, дефиците зелёных зон и ухудшении общего состояния окружающей среды. Кроме того, вопросы качества жизни городских жителей выходят на первый план, включая доступность жилья, безопасность, уровень сервиса и удобство перемещения внутри города. Все эти аспекты требуют комплексного подхода при планировании и развитии современных мегаполисов, особенно в контексте формирования устойчивых и интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС).

Современный мегаполис приобретает всё более сложную многофункциональную структуру, которая характеризуется высокой плотностью населения, развитием многоотраслевой экономики и усложнением транспортных систем. Вместе с ростом городской агломерации увеличивается не только объём перевозок, но и разнообразие потребностей пассажиров — от повседневных поездок «дом-работа» до временных и сезонных перемещений, связанных с образованием, торговлей, культурными и спортивными событиями.

В этих условиях взаимодействие различных видов транспорта — железнодорожного, метрополитена, наземного электротранспорта, скоростного трамвая, автомобильного и водного — становится ключевым фактором устойчивого развития города. Эффективная интеграция этих компонентов позволяет снизить нагрузку на отдельные участки сети, минимизировать время в пути и повысить общую доступность транспортных услуг для всех категорий населения, включая социально уязвимые группы.

Кроме того, всё большее значение приобретают принципы организации транспортных процессов, основанные на логистических подходах, цифровизации и пользовательской ориентированности. Это включает в себя согласование расписаний, унификацию билетной системы, развитие информационного сопровождения и внедрение технологий прогнозирования пассажиропотоков, что в совокупности способствует повышению качества обслуживания и снижению транспортной напряжённости.

Конкурентоспособность и эффективность мегаполиса во многом зависят от степени развития его интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) и уровня её функционирования. Города, которые сумели создать хорошо скоординированную и гибкую транспортную среду, демонстрируют более высокие показатели экономического роста, экологической устойчивости и качества жизни. Именно поэтому модернизация ИЛТС должна рассматриваться как стратегический приоритет в городском планировании и управлении территориальным развитием.

Фокус современных логистических концепций пространственного и транспортного развития интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС) мегаполисов всё более ориентирован на достижение синергетического взаимодействия между различными видами транспорта, направленного на обеспечение максимальной «бесшовности» перевозок. Это означает, что транспортные системы должны работать не изолированно друг от друга, а как единый согласованный механизм, где каждый элемент усиливает эффективность целого. Такой подход предполагает не просто физическое соединение транспортных сетей, но и согласованное функционирование всех компонентов системы в едином информационном и технологическом пространстве. Важным аспектом становится цифровизация процессов управления и контроля — использование современных систем навигации, автоматизированного диспетчерского управления и big data для анализа пассажиропотоков. Такие меры позволяют сделать транспортную систему более предсказуемой, удобной и привлекательной для широкого круга пользователей. В рамках этой модели особое значение приобретают единые стандарты обслуживания на всех уровнях транспортной сети, внедрение унифицированной билетной системы, обеспечивающей безбарьерный доступ к различным видам транспорта, а также организация прозрачного и своевременного информирования пассажиров о маршрутах, расписаниях и возможных изменениях. Все эти элементы способствуют формированию комфортной и логически выстроенной

транспортной среды, которая отвечает современным требованиям устойчивого городского развития.

Особое внимание уделяется снижению временных потерь в пути и на транзитных участках, что является важнейшим показателем эффективности транспортной системы. Повышение скорости и регулярности сообщения становится ключевым фактором в обеспечении конкурентоспособности городской транспортной сети. При этом учитывается не только техническая сторона вопроса — интервалы движения, пропускная способность узлов, — но и пользовательский опыт: удобство маршрутов, доступность информации, комфорт в поездке. Такие подходы позволяют создавать более устойчивые и адаптивные транспортные системы, способные отвечать вызовам растущего населения и динамично меняющейся городской среды.

Как показывает проведённый анализ, эффективно организованные пассажирские перевозки в ИЛТС оказывают многоплановое положительное влияние на городскую среду и социально-экономическое развитие мегаполиса:

- Повышают качество жизни населения, обеспечивая комфортные условия передвижения, снижение стрессовых факторов и улучшение экологической обстановки за счёт рационального использования общественного транспорта;

- Ускоряют транспортно-логистические процессы в мегаполисе, что способствует повышению мобильности рабочей силы, оптимизации грузовых и пассажирских потоков, а также снижению транспортных задержек;

- Способствуют росту уровня благосостояния транспортных компаний, работающих на рынке городских перевозок, а также торговых и других предприятий, чья деятельность напрямую связана с доступностью и регулярностью транспортного обслуживания;

- Обеспечивают жителям доступность к ключевым объектам городской инфраструктуры: местам работы, образовательным учреждениям, медицинским центрам, торговым точкам, зонам отдыха, государственным органам и организациям сферы услуг.

Согласно данным, приведённым в отчёте компании McKinsey, существует комплекс критериев, позволяющих оценить степень развития интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса. Эти критерии охватывают такие аспекты, как доступность и регулярность перевозок, уровень мобильности населения, качество транспортного сервиса, плотность маршрутной сети, степень мультимодальной интеграции и устойчивость функционирования системы в условиях пиковых нагрузок. Их анализ позволяет выявить слабые места и сформировать стратегию дальнейшего развития транспортной системы.

Сформированность интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса можно определить по способности транспортной сети обеспечивать устойчивое и бесперебойное перемещение крупных пассажиропотоков в режиме ежедневной цикличности. Это означает, что система должна эффективно справляться с регулярными пиковыми нагрузками, возникающими в утренние и вечерние часы пассажирской активности, когда происходит массовое передвижение населения к местам работы, учёбы, отдыха и другим функциональным зонам города. Кроме того, высокий уровень сформированности ИЛТС проявляется в способности системы адаптироваться к изменяющимся условиям — таким как сезонные колебания пассажиропотоков, проведение массовых мероприятий или чрезвычайные ситуации. Важным критерием является также наличие развитой инфраструктуры пересадочных узлов, обеспечивающих удобное и быстрое переключение между различными видами транспорта. Эффективная организация таких процессов позволяет значительно повысить общую пропускную способность транспортной системы и снизить уровень транспортной напряжённости в городе. Ключевым условием достижения этой устойчивости является рациональное планирование и организация пассажиропотоков, включающее прогнозирование спроса, согласование расписаний, оптимизацию маршрутов и управление пересадочными узлами [40].

Одним из основных элементов ИЛТС мегаполиса является метрополитен, который играет центральную роль в перевозке пассажиров. Рельсовый транспорт

обладает рядом преимуществ: он не зависит от дорожных заторов, характеризуется высокой скоростью, безопасностью и вместимостью, что делает его особенно эффективным в условиях плотной городской застройки. Метрополитен, в сочетании с другими видами рельсового транспорта — такими как трамваи с выделенными полосами движения, — играет ключевую роль в реализации современных логистических принципов интегрированных транспортных систем. В частности, такие подходы, как «от двери до двери», «точно-в-срок» и «сухие ноги», направлены на обеспечение максимального комфорта, надежности и предсказуемости перемещения пассажиров в городской среде. Эти принципы позволяют минимизировать влияние внешних факторов, таких как дорожные пробки или неблагоприятные погодные условия, за счет использования устойчивой и регулярной транспортной инфраструктуры. В этом контексте метро выступает фундаментальным элементом транспортной системы, обеспечивая стабильное функционирование всего узла благодаря высокой пропускной способности и четко выстроенному графику движения. Регулярность отправления поездов с интервалом 2–3 минуты является уникальным преимуществом, недостижимым для большинства других видов городского транспорта. Такая частота позволяет эффективно перевозить значительные потоки пассажиров даже в условиях плотной городской застройки и высокой загруженности наземных магистралей. Интеграция метрополитена с пригородными железными дорогами и скоростным трамваем усиливает связность транспортной сети и повышает доступность удалённых районов города. Это делает подземный транспорт не просто средством передвижения, но важнейшей основой устойчивого развития городской инфраструктуры и экологической оптимизации транспортных потоков. Кроме того, возможность синхронизации графиков движения метрополитена с пригородными поездами, МЦД, автобусами и трамваями усиливает эффект бесшовных пересадок и повышает общую привлекательность общественного транспорта для населения. Такая координация позволяет не только сократить время в пути, но и повысить

уровень доступности различных районов города, формируя устойчивую и удобную транспортную экосистему мегаполиса.

Для наглядной оценки состояния ИЛТС Санкт-Петербурга использован подход, представленный на рис. 1.1, в рамках которого проведён краткий анализ функционирования транспортной системы города. Анализ работы метрополитена показал, что в часы пик подвижной состав испытывает значительные перегрузки, превышающие установленные нормативы. Особенно остро эта проблема ощущается в отдельных направлениях и на наиболее загруженных участках сети. Помимо этого, наблюдается повышенная нагрузка на вестибюли станций, где скапливаются большие потоки пассажиров, что приводит к образованию очередей на входе. Наиболее выражена ситуация в станциях, расположенных в густо населённых и деловых районах города. Это свидетельствует о необходимости усиления мер по оптимизации пассажиропотока и повышению пропускной способности, как отдельных станций, так и системы метрополитена в целом.

По состоянию на момент исследования, Петербургский метрополитен насчитывает:

5 линий общей протяжённостью 125 км;

72 станции;

83 вестибюля;

7 пересадочных узлов, обеспечивающих взаимосвязь между линиями [41].

Эти данные свидетельствуют о значительной развитости подземной транспортной инфраструктуры, однако нагрузка на систему продолжает расти, что требует не только модернизации существующих объектов, но и разработки новых решений по координации всех компонентов ИЛТС мегаполиса.

Анализ также подчеркивает необходимость углубления интеграции метрополитена с другими видами транспорта — наземным общественным, железнодорожным, включая пригородные поезда, а также пешеходной и велосипедной инфраструктурой. Это позволит повысить общую устойчивость

системы, снизить время пересадок и увеличить доступность ключевых зон города для населения.



Рисунок 1.1 – Основные оценочные критерии достаточности развития ИЛТС мегаполиса (на основе данных официального сайта ¹).

Очевидно, что текущее развитие линий метрополитена в Санкт-Петербурге не охватывает всю территорию мегаполиса — по данным на

1

https://www.mckinsey.com/ru/~/_media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Elements%20of%20success%20Urban%20transportation%20systems%20of%202024%20global%20cities/Urban-transportation-systems_rus_e-version.ashx

момент исследования, зона пешеходной доступности станций метро составляет примерно 37% от общей площади застройки [41]. Это приводит к тому, что значительная часть населения вынуждена использовать альтернативные виды транспорта, такие как наземный общественный транспорт и личный автомобиль, что в свою очередь увеличивает нагрузку на дорожную сеть и снижает общую эффективность ИЛТС.

Наиболее высокое покрытие станциями метро наблюдается в центральных районах города, где плотность застройки и численность населения особенно велика. Однако именно в этих зонах фиксируется повышенная загруженность как подвижного состава, так и инфраструктуры станций. Основной причиной концентрации пассажиропотоков в центральной части является отсутствие кольцевой линии, из-за чего все радиальные линии пересекаются в центре, создавая узкие места в транспортной системе. Вместо кольца функцию связующего элемента выполняет прямоугольная конфигурация существующих линий, обеспечивающая пересадки между ними при относительно высокой плотности остановочных пунктов.

В районах, не обслуживаемых метрополитеном, широко развиты трамвайные линии, которые частично компенсируют недостаток рельсового сообщения. Эти линии играют важную роль в обеспечении транспортной доступности удалённых микрорайонов и пригородных зон. Следует отметить, что трамвайный транспорт отличается высокой экологичностью и экономичностью по сравнению с автобусным парком. В планах развития транспортной системы предусмотрено строительство трёх новых трамвайных линий, а также реализация масштабной программы модернизации: к 2030 году планируется ввод 26 объектов (станции и депо), а также закупка 950 новых трамвайных вагонов. Новые маршруты и обновлённая инфраструктура позволят улучшить связь между районами и повысить регулярность движения. Такое расширение инфраструктуры позволит значительно повысить пропускную способность сети и снизить уровень пассажирских

перегрузок. Кроме того, будет повышена надежность перевозок за счёт использования цифровых систем управления движением и автоматизированного контроля состояния подвижного состава. Эти меры направлены на повышение качества перевозок и расширение зоны действия рельсового транспорта. Помимо этого, ожидается улучшение экологической обстановки за счёт использования более современных и энергоэффективных подвижных составов. Также запланировано строительство и реконструкция 61 транспортно-пересадочного узла (ТПУ), часть из которых уже введена в эксплуатацию, что способствует формированию более устойчивой и связанной ИЛТС мегаполиса [41]. Развитие ТПУ особенно важно для интеграции разных видов транспорта и снижения времени пересадок между маршрутами. Удобные пересадки между различными типами транспорта позволяют сократить общее время в пути и повысить комфорт пользователей.

Ядро интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) Санкт-Петербурга совпадает с ядром самого мегаполиса и имеет сложную структуру. Оно формирует основу транспортной сети, обеспечивая связь между ключевыми районами города и пригородами. Сеть метро и других видов общественного транспорта в центре города пересекается и взаимодействует друг с другом, создавая плотный транспортный узел. Логистическая схема состоит из четырех с половиной диаметров, образующих в центре прямоугольник, который временно заменяет кольцевую линию. Это решение было принято ввиду сложностей градостроительного характера и высокой плотности застройки исторического центра. Подобная конфигурация позволяет организовать эффективное взаимодействие между радиальными направлениями и обеспечивает пассажирам возможность без пересадок перемещаться по разным направлениям. Эта конфигурация обеспечивает возможность пересадок между линиями метрополитена, однако из-за высокой плотности станций и сосредоточенности объектов городского значения в центре возникает избыточная нагрузка на центральные ТПУ. Особенно это проявляется в часы

пик, когда потоки пассажиров достигают максимальных значений. В результате наблюдается перегруженность пассажиропотока, что снижает комфорт и эффективность передвижения. Для решения этой проблемы рассматриваются варианты строительства дополнительных выходов и увеличения пропускной способности платформ.

Несмотря на значимость центрального узла, он остаётся недостаточно покрытым сетью метрополитена. Некоторые территории, например, Адмиралтейский район, испытывают дефицит метроинфраструктуры, что отрицательно сказывается на транспортной доступности. Проблема усугубляется тем, что многие жилые и административные комплексы расположены вне непосредственной досягаемости действующих станций. Некоторые районы получают транспортное обслуживание лишь через наземные маршруты, что не всегда соответствует стандартам скорости и комфорта. Например, до сих пор не открыта станция «Театральная», которая могла бы стать важным элементом разгрузки Адмиралтейского района и улучшить транспортное обслуживание культурных и деловых объектов. Её появление положительно сказалось бы не только на логистике пассажиров, но и на туристической привлекательности района. Благодаря близости к таким достопримечательностям, как Мариинский театр и Эрмитаж, новая станция может стать одной из самых загруженных в городе. Наземный транспорт частично компенсирует отсутствие метро в этих зонах, но при этом создаёт дополнительные проблемы: увеличение нагрузки на улично-дорожную сеть, рост уровня загрязнения воздуха, снижение скорости движения и повышенную аварийность. Зачастую автобусы и троллейбусы попадают в дорожные пробки, что делает их менее предсказуемым средством передвижения. Таким образом, дальнейшее развитие подземных маршрутов является необходимым шагом для устранения дисбаланса в транспортном обеспечении центральных районов города. Только комплексный подход, включающий расширение метрополитена и оптимизацию наземных

маршрутов, позволит создать эффективную и устойчивую транспортную систему.

Отсутствие кольцевой линии также приводит к скачкообразному характеру пассажиропотоков в центральной части города. Пассажиры, следующие с окраин в противоположные направления, вынуждены проходить через центр, что значительно увеличивает время нахождения в пути и вызывает скопление людей в центральных ТПУ. Такая ситуация снижает уровень комфорта и надёжности перевозок, особенно в часы пик.

Кроме того, в ядре интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) Санкт-Петербурга наблюдается значительное накопление и пересечение пассажиропотоков, обусловленных разнообразными целями поездок: работа, учёба, отдых, шопинг, а также посещение культурных учреждений, таких как театры и музеи. Такое разнообразие направлений и графиков перемещений требует более гибкого и комплексного подхода к организации перевозок. Особенно остро эта проблема проявляется в центральных районах города, где плотность застройки высока, а пропускная способность улично-дорожной сети ограничена. Примером может служить проблема с доступностью Мариинского театра в часы пик: добраться до него без задержек и опозданий без наличия полноценной станции метро вблизи сложно даже для опытных горожан. Вместе с тем, развитие малоэтажной железнодорожной инфраструктуры и создание новых точек пересадки между видами транспорта могли бы частично разрешить эту ситуацию. Таким образом, необходимо не только совершенствовать существующую транспортную сеть, но и учитывать специфику функционального назначения территорий при планировании развития ИЛТС.

Анализируя транспортную ситуацию в обозначенной зоне мегаполиса, можно констатировать, что в Адмиралтейском районе наблюдается высокая загруженность станций «Сенная площадь», «Садовая» и «Спаская». Это связано с их расположением в непосредственной близости от крупных объектов городской инфраструктуры: университетов, торговых комплексов,

административных зданий и культурных учреждений. Такие локации формируют значительные пассажиропотоки как в рабочее время, так и в выходные дни, что требует особого внимания при планировании и организации перевозок.

На основании результатов исследований [42, 43], можно сделать важный вывод: проблемы перегрузки и недостаточной устойчивости ИЛТС мегаполиса наблюдаются не только на его периферии, но и в самом ядре транспортной системы. Традиционно считается, что наибольшие трудности возникают в спальных районах из-за дефицита транспортных мощностей и ограниченного доступа к метро. Однако анализ показывает, что центральные районы также сталкиваются с серьёзными вызовами, связанными с чрезмерной концентрацией пассажиров, недостатком рельсовой инфраструктуры и сложностями в организации бесшовных пересадок.

Если обратиться к пассажиропотокам конечных станций, расположенных на окраинах города, становится очевидным, что значительная часть жителей мегаполиса проживает именно в этих районах, где плотность многоэтажной застройки особенно высока. Большинство пассажиров, отправляющихся с окраин, направляется в центральную часть города, поскольку там сосредоточены ключевые точки тяготения: работа, образование, торговля, развлечения и государственные услуги.

Особое внимание следует уделить тем пассажирам, которые не выходят в центральной части города, а следуют далее — на противоположные конечные станции. Эти транзитные пассажиры вынуждены проходить через ядро ИЛТС, увеличивая и без того высокую нагрузку на центральные станции и пересадочные узлы. В результате в «часы пик» наблюдается массовое скопление людей в центре мегаполиса, что снижает уровень комфорта, увеличивает время в пути и повышает риск возникновения транспортных сбоев.

Для наглядной оценки пассажиропотоков по станциям Санкт-Петербурга была использована картина трафика, построенная на основе

аналитики рекламного агентства «Перспект». Она представляет собой месячную оценку потока пассажиров по входу и выходу на каждой станции и позволяет выявить наиболее загруженные участки сети (рисунок 1.2). Такой подход даёт возможность не только определить «узкие места» в системе, но и обосновать необходимость строительства новых станций, реконструкции ТПУ и корректировки расписаний движения.

Станция 1	Средний пассажиропоток за месяц	Станция 1	Средний пассажиропоток за месяц
Девяткино	2 142 011	Владимирская	806 363
Гражданский проспект	1 362 634	Пушкинская	555 807
Академическая	1 289 715	Технологический институт 1	515 653
Политехническая	793 694	Балтийская	1 142 292
Площадь Мужества	802 091	Нарвская	1 219 501
Лесная	773 211	Кировский завод	875 225
Выборгская	928 701	Автово	1 221 082
Площадь Ленина 1	1 192 637	Ленинский проспект 1	1 077 935
Площадь Ленина 2	767 969	Ленинский проспект 2	620 822
Чернышевская	1 379 266	Проспект Ветеранов 1	1 539 519
Площадь Восстания 1	1 294 423	Проспект Ветеранов 2	938 424
Площадь Восстания 2	1 451 506		
Станция 2	Средний пассажиропоток за месяц	Станция 2	Средний пассажиропоток за месяц
Парнас	889 430	Технологический институт 2	905 599
Проспект Просвещения	1 828 245	Фрунзенская	494 521
Озерки	1 142 485	Московские ворота	689 415
Удельная	791 588	Электросила	731 341
Пионерская	1 833 570	Парк Победы	947 683
Чёрная речка	1 175 560	Московская 1	847 827
Петроградская	1 732 469	Московская 2	1 433 387
Горьковская	1 154 178	Звёздная	955 965
Невский проспект 1	835 390	Кутчино	2 204 600
Невский проспект 2	911 292		
Сенная площадь	1 207 222		
Станция 3	Средний пассажиропоток за месяц	Станция 3	Средний пассажиропоток за месяц
Беговая	881 622	Площадь Александра Невского 1	707 322
Зенит	301 676	Елизаветская	677 859
Приморская	1 333 018	Ломоносовская	914 138
Василеостровская	1 584 495	Пролетарская	529 366
Гостинный двор	1 063 021	Обухово	271 934
Маяковская	776 658	Рыбацкое	814 752
Станция 4	Средний пассажиропоток за месяц	Станция 4	Средний пассажиропоток за месяц
Славская	678 099	Новочеркасская	884 549
Достоевская	515 339	Ладожская	2 381 344
Лиговский проспект	533 455	Проспект Большевиков	1 447 357
Площадь Александра Невского 2	336 402	Улица Дыбенко	1 576 355
Станция 5	Средний пассажиропоток за месяц	Станция 5	Средний пассажиропоток за месяц
Комendantский проспект	1 436 159	Звенигородская	475 566
Старая Деревня	1 154 874	Обводный канал	531 204
Крестовский остров	556 029	Волковская	171 646
Чкаловская	756 132	Бухарестская	331 932
Спортивная	480 108	Международная	981 536
Спортивная (2 выход)	431 088	Проспект Славы	792 267
Адмиралтейская	992 369	Дунайская	642 600
Садовая	512 034	Шушары	241 180

Рисунок 1.2 – Пассажиропотоки метрополитена Санкт-Петербурга по станциям [44]

Анализ пассажиропотока метрополитена зачастую не позволяет в полной мере оценить долю транзитных пассажиров, поскольку учет ведется

по факту входа и выхода на каждой станции. При этом транзитные пассажиры, которые просто проходят через станцию, используя подземные переходы между пересадочными узлами, формально не учитываются в статистике как вышедшие или вошедшие. Это создает определённые сложности при анализе реальной нагрузки на элементы инфраструктуры. В результате такой метод фиксации приводит к недооценке фактической интенсивности движения пассажиров на отдельных участках сети, особенно в центральных и пересадочных зонах, где концентрация транзитных перемещений наиболее высока. Невидимость этих потоков затрудняет точное планирование работы станций и распределение ресурсов. Кроме того, такие пассажиры зачастую создают значительное давление на инфраструктурные элементы — эскалаторы, переходы, турникеты и платформы, хотя их перемещения не всегда фиксируются должным образом. Это может привести к локальным перегрузкам и снижению уровня комфорта и безопасности для всех пользователей метрополитена. Для более точного анализа и управления пассажирскими потоками необходимы дополнительные методы мониторинга, такие как использование систем видеонаблюдения с функцией подсчёта людей, датчиков тепловых потоков или технологий анализа мобильного трафика.

Рассмотрим пример, как влияет пассажиропоток конечных станций на транзитный пассажиропоток через ядро ИЛТС (табл. 1.2). Конечные станции, как правило, являются точками сбора значительного числа пассажиров, которые затем направляются вглубь сети, пересекая центральные районы города. В часы пик этот поток усиливается, что приводит к увеличению транзитной нагрузки на пересадочные узлы и участки вблизи ядра системы. Следовательно, для более точного моделирования транспортных потоков необходимо внедрять методики, способные учитывать не только входящие и исходящие пассажиропотоки, но и внутрисистемные перемещения. Такой подход позволит более точно прогнозировать нагрузку на инфраструктуру и

разрабатывать эффективные меры по управлению пассажирскими перевозками.

Таблица 1.2 – Пассажиропотоки метрополитена (составлено автором).

Пассажиропоток конечных станций метрополитена, чел.	Пассажиропоток транзитный через станции метрополитена (ядро ИЛТС), чел.
2 142 000	4 620 000
2 478 000	
2 281 000	8 147 000
2 204 000	
1 828 000	
1 834 000	
1 584 000	12 767 000
882 000	
1 333 000	
815 000	
272 000	
707 000	
529 000	

По полученным данным построим диаграмму транзитного пассажиропотока в ядре интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) (рисунок 1.3). Анализ такой диаграммы позволяет выявить ключевые закономерности перемещения пассажиров внутри городской транспортной сети и оценить степень нагрузки на центральные участки метрополитена и других видов транспорта.

Например, в таком мегаполисе, как Санкт-Петербург, наблюдается характерное маятниковое движение пассажиров — ежедневные поездки из пригородов и удалённых районов в центр города утром и обратно вечером. Вместе с этим активно используется комбинация радиальных и диаметральных маршрутов, что отражает сложную структуру транспортных потоков. Все пассажиры, включая пригородных жителей, жителей диаметральных и прилегающих к центру районов, стекаются к ядру ИЛТС, создавая значительное давление на его инфраструктуру.

Это концентрационное движение особенно заметно в часы пик, когда пропускная способность станций и подвижного состава испытывает максимальную нагрузку. При этом часть пассажиров совершает пересадки между различными видами транспорта, увеличивая объём транзитного потока внутри системы. Таким образом, эффективное управление транспортными потоками требует не только анализа входящих и исходящих пассажиров на отдельных станциях, но и понимания общей динамики перемещений по всей сети, особенно в зоне её центрального ядра.

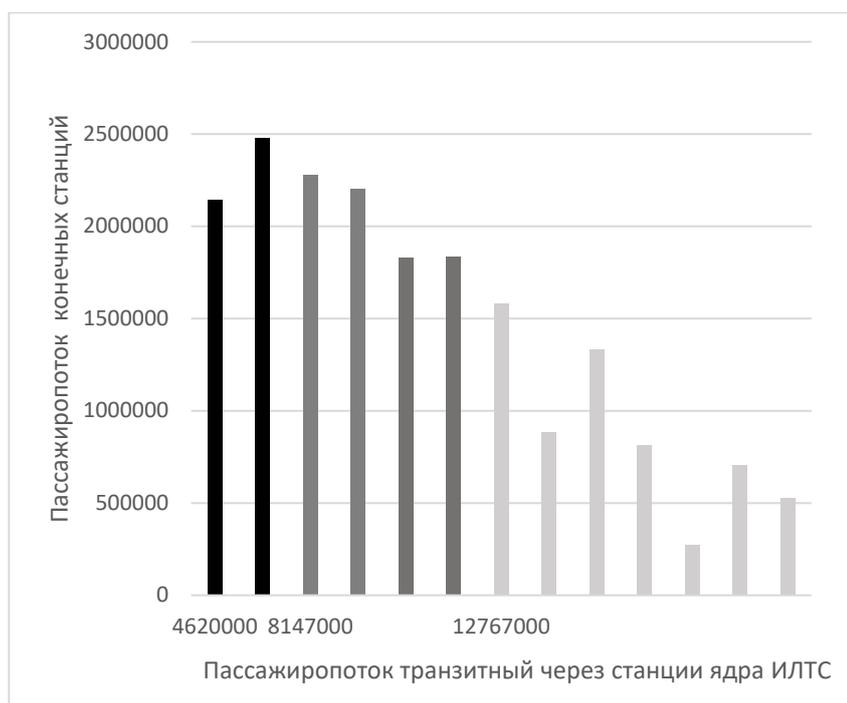


Рисунок 1.3 – Диаграмма транзитного пассажиропотока в ядре ИЛТС (составлена автором)

Иными словами, пассажир вынужден тратить значительное количество времени на дорогу, поскольку его маршрут предполагает перемещение из одного конца города в другой. Такое расстояние само по себе увеличивает продолжительность поездки, особенно если речь идет о крупном мегаполисе с плотной застройкой и высокой загруженностью транспортных магистралей. По пути он сталкивается с необходимостью пересекать плотные потоки других пассажиров, что не только замедляет передвижение, но и создаёт дискомфорт, особенно в утренние и вечерние часы пик. Кроме того, маршрут требует преодоления нескольких пересадочных узлов, включая двойную

пересадку в двух транспортно-пересадочных комплексах, где необходимо спускаться с одной линии на другую, нередко проходя значительные расстояния внутри станции или переходя на соседнюю через наземный пешеходный переход. Это делает процесс передвижения не только более длительным, но и физически утомительным, особенно для пожилых людей, пассажиров с детьми или маломобильных граждан. Сложная схема пересадок снижает общую привлекательность общественного транспорта, поскольку требует от пассажира дополнительных усилий и внимания при навигации внутри станций и между платформами. Многие пассажиры, сталкиваясь с подобными трудностями, начинают рассматривать альтернативные способы передвижения, такие как личный автомобиль или такси, что в свою очередь ещё больше нагружает дорожную сеть и усугубляет ситуацию с пробками. Таким образом, слабо продуманная логистика пересадок становится серьёзным барьером на пути к комфортному и эффективному городскому транспорту. В таких условиях автомобильный транспорт — как личный, так и арендуемый — представляется пассажиру более удобным и предсказуемым вариантом, позволяющим избежать очередей, давки и временных затрат на пересадки. Современные тенденции автомобилизации и стремительное развитие каршеринговых сервисов ещё больше снижают интерес населения к использованию городского общественного транспорта в мегаполисах. Эти факторы способствуют росту зависимости горожан от личного автотранспорта, что, в свою очередь, усиливает транспортные проблемы городов — увеличивает загруженность улиц, дефицит парковочных мест и уровень экологического напряжения.

В этой связи особенно важно выявлять проблемные зоны и маршруты, а также обеспечивать согласованную работу различных видов транспорта. Это необходимо для минимизации перегрузок на отдельных участках сети и повышения общей устойчивости транспортной системы. Такая координация должна сопровождаться развитием транспортной инфраструктуры ИЛТС, соответствующим росту мобильности населения как по объёму перевозок,

так и по качеству обслуживания. Только комплексный подход, учитывающий как текущие, так и прогнозируемые тенденции в перемещении пассажиров, позволит эффективно решить существующие проблемы.

Одним из путей решения является анализ пассажиропотоков в «спальных» районах с использованием разработанного в данном исследовании показателя загруженности ИЛТС, который подробно рассмотрен в главе 4. Данный показатель позволяет не только оценить степень нагрузки на конкретные участки транспортной сети, но и выявить районы, требующие приоритетного внимания в плане модернизации или расширения инфраструктуры. Внедрение такого инструмента анализа способствует более точному планированию транспортных мощностей и оптимизации логистики внутри системы.

На данный момент наибольший объём пассажиропотока в таких районах принимает на себя метрополитен. Он остаётся основным средством сообщения между периферией и центром города, особенно в утренние и вечерние часы пик. Однако в Санкт-Петербурге невозможно проложить подземные линии во всех частях города по географическим и экономическим причинам. Например, высокий уровень грунтовых вод, плотная историческая застройка и значительные затраты на строительство новых станций ограничивают возможности дальнейшего развития метрополитена.

Поэтому актуальным становится развитие технологий «городской электрички», аналогично тому, как это реализовано в Московском транспортном узле. Такое решение может стать важным элементом системы городской мобильности, особенно в удалённых или активно развивающихся районах. Городская электричка позволяет соединить спальные массивы с центральными районами без необходимости строительства дорогостоящих подземных линий. Она обеспечивает регулярное и комфортное сообщение, а также возможность пересадки на другие виды транспорта, что делает её удобным дополнением к действующей ИЛТС.

Характерные проблемы, которые можно наблюдать в интегрированной логистической транспортной системе (ИЛТС) мегаполиса, включают снижение регулярности движения наземного общественного транспорта в часы пик. Эти заторы обусловлены отсутствием выделенных полос движения, что приводит к образованию очередей автобусов и трамваев на остановках. Накопление транспортных средств на остановочных пунктах ухудшает условия безопасности перевозок. Особенно остро эта ситуация выглядит в Северной столице, где было принято решение отказаться от услуг частных маршрутных такси.

Кроме того, новые активно развивающиеся районы мегаполиса характеризуются высокими пассажиропотоками именно в «часы пик», когда жители таких территорий направляются на работу, учебу или возвращаются домой. Однако эти территории часто остаются вне зоны действия линий метрополитена и трамвайного сообщения, что ограничивает доступность центральных районов города для их жителей. В результате возрастает нагрузка на интегрированную логистическую транспортную систему (ИЛТС) в целом, поскольку основная масса пассажиров вынуждена использовать наземный общественный транспорт, который сталкивается с пробками и переполнением.

По данным СПб ГУП «Пассажиравтотранса», общий пробег общественного транспорта по маршрутам в 2023 году составил 108,7 млн километров, что свидетельствует о масштабе транспортной нагрузки и интенсивности эксплуатации подвижного состава. Это число отражает не только объём перевозок, но и степень изношенности автопарка, поскольку значительная часть техники находится в эксплуатации длительное время.

У наземного железнодорожного городского транспорта, принадлежащего «Горэлектротранс», подвижной состав имеет высокую степень износа. Многие трамваи и другое оборудование находятся в эксплуатации более двух десятилетий, что существенно влияет на

надёжность и регулярность перевозок. Частые поломки и снижение скорости движения ведут к увеличению интервалов между рейсами и ухудшению общего качества обслуживания. В ряде зон ИЛТС требуется реконструкция путей, которая предусмотрена программой развития предприятия. Такие меры позволят повысить безопасность движения, снизить уровень аварийности и обеспечить стабильное функционирование транспортных коридоров на участках с устаревшей инфраструктурой.

При этом в городе уже функционируют современные трамваи в Кировском, Красногвардейском, Калининском и Невском районах, что способствует улучшению качества транспортного обслуживания населения в этих территориях. Обновление парка позволяет повысить комфорт пассажиров за счёт использования низкопольных вагонов, современных систем информирования и энергосберегающих технологий. Модернизация парков техники также открывает возможность внедрять более экономичные и экологичные виды транспорта, что особенно важно в условиях роста экологической ответственности городской политики.

В трамвайном парке № 3 планируется создание комплекса для троллейбусов, что укрепит интеграцию различных видов электрического транспорта и позволит оптимизировать логистику внутри системы. Также в планах — перенос трамвайного парка № 1 с Московского проспекта к Волковскому каналу в рамках реализации проекта «Измайловская перспектива». Этот шаг направлен на освобождение ценных земель в историческом центре города и улучшение условий эксплуатации подвижного состава. Компания «Пассажиравтотранс» намерена строить электробусный парк, а также реконструировать существующие автобусные парки и построить парк для газомоторных автобусов, что позволит расширить экологически чистые направления в автопарке и снизить антропогенное воздействие на окружающую среду.

В основном причины сбоев в регулярности движения в «часы пик» связаны с отсутствием выделенных полос движения. Особенно остро эта проблема проявляется в центральных районах города, где плотность автомобильного трафика наиболее высока. Отсутствие приоритета общественного транспорта приводит к снижению скорости сообщения и увеличению времени ожидания подвижного состава на маршрутах. Без решения этого вопроса невозможно обеспечить стабильное и предсказуемое передвижение пассажиров в условиях урбанизированной среды.

Пассажиропоток водного сообщения в 2023 году в Санкт-Петербурге составил 3500 тыс. пассажиров. Этот показатель уже тогда демонстрировал наличие устойчивого тренда на развитие водного транспорта как одного из элементов интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС). Особенно высокая активность наблюдается в теплое время года, когда растёт интерес не только со стороны горожан, но и туристов, желающих перемещаться по городу с комфортом, используя уникальную архитектурно-водную среду.

В 2024 году величина пассажиропотока на водных маршрутах северной столицы превысила 4000 тыс. человек, что свидетельствует о динамичном развитии данной сферы и говорит о возрастающей роли водного транспорта в общей структуре городской мобильности. Рост показателей обусловлен как увеличением количества маршрутов, так и модернизацией флота, что делает этот вид транспорта более доступным, регулярным и комфортным для пользователей.

В компании «Нева тревел» в 2024 году были введены в эксплуатацию 7 единиц нового флота, что позволило значительно улучшить качество перевозок. Новые суда оснащены современными системами безопасности, кондиционирования воздуха, информационными табло и удобными зонами для пассажиров, что сделало поездки на водном транспорте более привлекательными как для повседневных, так и для прогулочных поездок.

Такие изменения способствуют формированию положительного имиджа водного транспорта и его включению в ежедневные маршруты горожан.

В планах компании — продолжение обновления технической базы за счёт ввода новой комфортабельной техники скоростного и прогулочного пассажирского флота, ориентированной на повышение уровня комфорта и безопасности для пассажиров. Современные суда будут оснащены всеми необходимыми удобствами, включая климат-контроль, системы информирования и доступ к беспроводному интернету, что сделает поездки более приятными и функциональными. Предполагается расширить маршрутную сеть водного транспорта, включая малоосвоенные участки рек и каналов, которые ранее не использовались для регулярных перевозок. Это откроет новые возможности для жителей и гостей города, обеспечив альтернативные маршруты перемещения и разгрузив при этом наземные виды транспорта в часы пик. Кроме того, компания планирует создать полноценные точки пересадки между водным транспортом и другими видами общественного транспорта — метрополитеном, автобусами, трамваями и пригородными электропоездами. Такие транспортно-пересадочные узлы будут оборудованы с учётом принципов интермодальности, чтобы обеспечить удобство и непрерывность поездки. Эти меры позволят интегрировать водные маршруты в общую структуру интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) города и сделать их полноценной частью многоуровневой транспортной инфраструктуры. Внедрение водного транспорта в единую систему способствует не только повышению мобильности населения, но и устойчивому развитию городской среды, снижению нагрузки на дорожную сеть и улучшению экологической обстановки в городе.

На данный момент в Санкт-Петербурге существует около 100 компаний, занимающихся водными пассажирскими перевозками по 49 маршрутам. Общий пассажирооборот составляет 1,6 млрд чел.-км. Такая

насыщенность рынка свидетельствует о его конкурентоспособности и разнообразии предложений для пользователей. Развитие частных перевозчиков способствует улучшению сервиса и оптимизации стоимости проезда. Однако необходима координация действий всех участников рынка с целью недопущения дублирования маршрутов и обеспечения равномерной загрузки судовых средств.

В 2024 году принято решение не повышать цены на проезд по сравнению с уровнем 2023 года. Это стало важным шагом в сторону сохранения доступности транспортных услуг для населения, особенно в условиях роста стоимости жизни и инфляционного давления. Сохранение стабильной тарифной политики способствует улучшению социальной защищённости горожан и повышает доверие к системе общественного транспорта. Исключение составляет только стоимость проезда по карте «Мир» в наземном транспорте, которая была скорректирована в связи с изменением условий взаимодействия с платежными системами. Данный шаг стал вынужденной мерой, вызванной изменениями в регулировании безналичных расчётов на федеральном уровне.

Всего в транспортном комплексе Санкт-Петербурга (без учета метрополитена) занято около 4,5 млн человек [45–46]. Эта цифра включает работников всех видов транспорта — автобусного, трамвайного, троллейбусного, а также сотрудников обслуживающих организаций и административного аппарата, обеспечивающего функционирование системы. Такое масштабное трудовое участие подчеркивает значимость транспортной отрасли как одного из ключевых элементов городской экономики и социальной инфраструктуры.

Очевидно, что с ростом жилищного строительства необходимо в полной мере удовлетворить потребность пассажиров в передвижении. С каждым годом вводятся новые жилые комплексы, увеличивается численность населения, особенно в пригородных и периферийных зонах

города. Следует учитывать не только численные показатели роста населения, но и особенности формирования новых микрорайонов, их планировку, плотность застройки и удалённость от основных транспортных артерий. Эти факторы напрямую влияют на логистику перевозок и требуют опережающего развития транспортной инфраструктуры.

Также важно учесть экономическую эффективность функционирования интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) для всех участников перевозочного процесса [47]. Эффективность здесь должна оцениваться не только с точки зрения затрат на содержание и развитие инфраструктуры, но и с учётом качества обслуживания, экологичности и уровня комфорта пассажиров. Инвестиции в развитие транспортной инфраструктуры должны быть сбалансированы с доходами от перевозок и уровнем государственной поддержки, чтобы обеспечить устойчивое развитие системы без чрезмерной зависимости от бюджетных средств.

Как известно, любой мегаполис в современном мире постоянно растёт и развивается, учитывая интенсивное наращивание городской инфраструктуры, расширение застройки, растущие запросы населения в сфере транспортного обслуживания, изменение направлений пассажиропотоков и другие динамические факторы [48]. Эти процессы требуют гибкого и оперативного реагирования со стороны городских и транспортных планировщиков, чтобы обеспечить устойчивое развитие и функциональную эффективность метрополии. Санкт-Петербург не является исключением из этой общей тенденции. Город продолжает расти как в географическом, так и в демографическом плане: активно развиваются пригородные районы, увеличивается численность населения и трудовых мигрантов, возрастает туристическая нагрузка. В этих условиях его транспортная система должна адаптироваться к новым реалиям, обеспечивая не только сохранение уровня сервиса, но и его постепенное повышение. Необходимость модернизации охватывает все аспекты транспортной

системы — от материально-технической базы до методов управления и организации перевозок. Обновление подвижного состава, реконструкция станций и остановочных пунктов, внедрение цифровых технологий управления движением и пассажирскими потоками становятся ключевыми мерами для обеспечения надежности и доступности транспортного обслуживания.

Подводя итоги критического анализа условий организации пассажирских перевозок в интегрированной логистической транспортной системе (ИЛТС) Санкт-Петербурга, можно заключить, что пассажиропотоки преимущественно сосредоточены в центральных районах города. Это связано с тем, что рельсовый транспорт — метро, трамваи и пригородные поезда — демонстрирует высокую эффективность в «часы пик», поскольку движется по выделенным полосам или собственным путям, минуя дорожные заторы. В результате станции, расположенные в ядре ИЛТС, испытывают значительную нагрузку, часто превышающую их пропускную способность. Кроме того, концентрация пассажиров в центральной части транспортной сети обусловлена недостаточной развитостью радиальных и периферийных маршрутов, что вынуждает граждан добираться до центра для последующих пересадок на другие виды транспорта. Такая структура транспортной системы усиливает нагрузку на ключевые узлы и создает неравномерное распределение транспортных потоков. Это приводит к тому, что станции ядра ИЛТС оказываются чрезмерно загружены, особенно в утренние и вечерние часы пик, что создаёт риск перегрузки инфраструктуры, увеличивает время ожидания подвижного состава и ухудшает общее качество перевозок. Снижение уровня комфорта для пассажиров проявляется не только в физическом напряжении из-за скученности, но и в психологическом дискомфорте, связанном с необходимостью преодолевать плотные потоки людей и сложные схемы пересадок. Все это свидетельствует о том, что без модернизации существующей транспортной архитектуры и развития

децентрализованных маршрутов дальнейший рост числа пассажиров может привести к снижению надежности и доступности городской транспортной системы в целом. Поэтому одной из ключевых задач становится необходимость перераспределения потоков между различными видами транспорта и районами города. Для этого требуется строительство развязывающих узлов и развитие пересадочных возможностей за пределами центральных районов. Такие меры позволят снизить нагрузку на ядро системы и обеспечить более равномерное распределение пассажиров по всей транспортной сети. Требуется также разработка новых принципов пассажирской логистики и развитие функций эксплуатационной работы транспортных систем. Традиционные подходы к организации перевозок уже не в состоянии в полной мере отвечать современным требованиям мобильности населения. Необходимо внедрять гибкие модели управления пассажирскими потоками, основанные на прогнозировании спроса и динамическом регулировании маршрутов и подвижного состава. Не менее важным является использование современных технологий управления, включая цифровизацию и автоматизацию процессов. Применение систем искусственного интеллекта, больших данных и интернета вещей (IoT) позволит значительно повысить оперативность принятия решений, оптимизировать расписание движения и улучшить качество обслуживания пассажиров. Например, внедрение систем "умного" планирования маршрутов и интеллектуального светофорного регулирования может стать важным шагом в сторону повышения пропускной способности городской транспортной сети. Предлагаемые формы управления транспортной системой должны быть адаптированы к изменениям в мегаполисе, таким как рост численности населения, изменение структуры занятости, развитие удалённого формата работы и образовательных процессов. Эти факторы оказывают прямое влияние на характер и интенсивность пассажиропотоков, требуя гибкой корректировки транспортной политики. Возрастающая мобильность населения влечёт необходимость корректировки модели

управления ИЛТС, направленной на обеспечение устойчивого и эффективного функционирования всей транспортной системы города. Эта модель должна учитывать не только технические аспекты развития инфраструктуры, но и социальные, экономические и экологические факторы. Только комплексный подход позволит создать транспортную систему, которая будет соответствовать современным требованиям и способствовать улучшению качества жизни горожан.

1.3 Анализ зарубежного опыта организации пассажирских перевозок в мегаполисе

Принимая во внимание зарубежный опыт, можно сказать, что ИЛТС мегаполиса требует постоянного развития с учетом ключевых треков социально-экономического, пространственного и транспортного развития мегаполиса, прилегающих агломераций и региона в целом.

На рисунке 1.4 показаны результаты сравнительного анализа работы ИЛТС крупнейших мегаполисов мира [49].

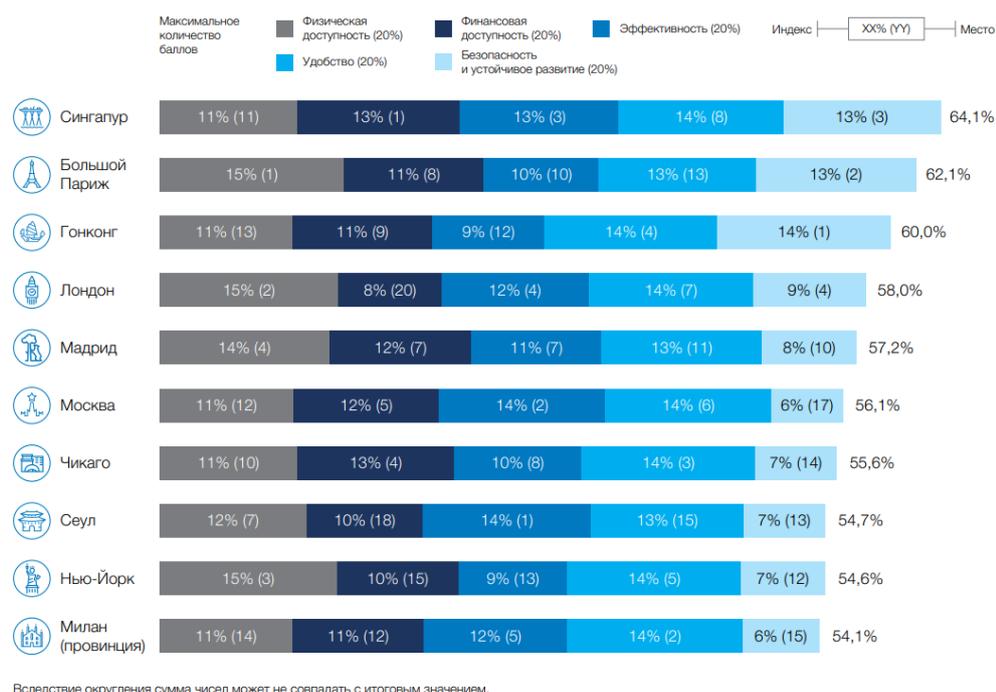


Рисунок 1.4 – Крупнейшие мегаполисы: обобщенное исследование транспортных систем по объективным показателям [с использованием источника 49]

Крупный мегаполис Сингапур обладает одной из самых эффективных транспортных систем в мире, где отмечаются высокие показатели по всем основным принципам пассажирской логистики: доступность, удобство, безопасность, регулярность и комфорт. Такой уровень организации перевозок стал возможен благодаря стратегическому планированию и государственному регулированию транспортной политики. В Сингапуре функционирует Управление наземного транспорта (Land Transport Authority — LTA), которое устанавливает комплексные правила для диагностики, технического обслуживания и эксплуатации подвижного состава, обеспечивая высокую надежность и безопасность перевозок. Это позволяет поддерживать стабильное качество предоставляемых услуг и оперативно реагировать на изменяющиеся потребности населения.

ИЛТС Сингапура отличается финансовой доступностью, что стало результатом проведенной в 2013 году реформы тарифов, направленной на субсидирование проезда и введение льготных категорий пассажиров. Бесплатный проезд для детей до определенного возраста также способствовал увеличению пассажиропотока и повышению социальной защищенности семей. Эти меры не только повысили популярность общественного транспорта среди горожан, но и способствовали его более равномерному распределению по времени суток. В 2002 году в стране была внедрена система EZ-Link — единая бесконтактная карта для оплаты поездок на всех видах общественного транспорта. Это стало важным шагом к цифровизации билетной системы и упрощению процесса оплаты, что положительно сказалось на общем уровне удовлетворенности пользователей.

Удобной и эффективной интегрированной транспортной системой обладает и Париж, где активно развивается магистральный общественный транспорт, включая метро, скоростные трамваи и пригородные железные

дороги. Одновременно наблюдается рост популярности безмоторного транспорта, особенно велосипедов и пеших маршрутов, что связано с высоким качеством улично-дорожной сети и развитием инфраструктуры для альтернативных видов передвижения. Политика увеличения пешеходных и велосипедных зон в последние годы привела к снижению уровня загрязнения воздуха и уменьшению автомобильных пробок в центральных районах города. Такие меры направлены на создание экологически устойчивой городской среды и формирование культуры ответственного использования транспорта.

Особое внимание в Париже уделяется удобству сервисов для пассажиров. Широко используется мобильная навигация через специализированные приложения, которые предоставляют актуальную информацию о движении транспорта в режиме реального времени. Кроме того, на остановках и в метрополитене установлены электронные табло, отображающие расписание и изменения в графике движения. Это делает использование мультимодальной транспортной системы простым и понятным даже для туристов. Интеграция различных видов транспорта, включая метро, автобусы, RER и такси, создаёт условия для бесперебойного и быстрого перемещения по городу.

В мировом рейтинге мегаполисов технологичной мультимодальной транспортной системой владеет Гонконг. Здесь развита рельсовая инфраструктура, включающая метро, скоростные железнодорожные линии и пригородные поезда. Билетная система Гонконга отличается современностью и удобством: используется единая карта Octopus, которая позволяет оплачивать не только проезд, но и покупки в магазинах, кафе и других точках. Высокий уровень безопасности, в том числе экологической, является ключевым фактором, обеспечивающим доверие населения к системе. Техническое оснащение станций и подвижного состава соответствует самым высоким стандартам, что делает транспортную систему Гонконга образцом для многих городов мира.

Интеграция индивидуального и общественного транспорта получила максимальное развитие в ИЛТС Лондона. Здесь действует одна из самых продвинутых моделей управления транспортными потоками, основанная на глубокой цифровизации и аналитике данных. Лондон остается ведущим мегаполисом по всем критериям пассажирской логистики и организации движения в условиях плотной городской застройки. Система Oyster Card и её цифровой аналог — Pay As You Go — позволяют пассажирам оплачивать проезд с минимальными затратами времени и усилий. Развитая сеть метро, автобусов, трамваев и пригородных поездов делает перемещение по столице Великобритании максимально удобным и безопасным.

В Мадриде ИЛТС объединяет движение как частного, так и общественного транспорта, обеспечивая качественные возможности для перемещения жителей и гостей города. Отличительной особенностью транспортной системы Мадрида является широкий охват территории и высокая эффективность работы всех элементов системы. Городская администрация последовательно проводит политику по развитию общественного транспорта, что позволило значительно снизить зависимость населения от личных автомобилей. Интеграция разных видов транспорта, наличие единой билетной системы и информационной поддержки делают систему доступной и понятной для всех категорий пользователей.

В Чикаго ИЛТС характеризуется удобством и финансовой доступностью транспорта. В отличие от некоторых других крупных городов, здесь не взимается плата за въезд в центральную часть города, и отсутствуют механизмы ограничения использования личного транспорта. Однако общественный транспорт хорошо развит и остаётся одним из наиболее доступных и эффективных способов передвижения как для местных жителей, так и для туристов. Функционируют различные системы проездных билетов, включая месячные абонементы, а также предусмотрен механизм льгот и пониженных тарифов для социально уязвимых групп населения. В городе работает Транспортное управление (СТА), которое обеспечивает доступность

и регулярность перевозок, а также разрабатывает программы развития инфраструктуры. Десятки мобильных приложений предоставляют пользователям возможность отслеживать прибытие транспорта, пополнять баланс проездной карты и получать другую полезную информацию, связанную с использованием транспортной системы.

В Сеуле ИЛТС «сшивает» все виды общественного транспорта, работающего в мегаполисе, обеспечивая их согласованное функционирование. Высокая степень технологичности и эффективности системы стала возможной благодаря быстрым темпам социально-экономического развития региона. Единая система оплаты, развитая информационная поддержка и четкая координация между различными перевозчиками позволяют достичь максимального уровня комфорта и доступности для пассажиров. Активное внедрение цифровых решений сделало сеульский транспорт лидером в сфере интеллектуальных транспортных систем.

ИЛТС Нью-Йорка обладает одной из самых развитых мультимодальных систем общественного транспорта, включающей метро, автобусы, пригородные поезда и паромные переправы. При этом система отличается высокой нагрузкой, особенно в часы пик, что требует постоянного обновления подвижного состава и модернизации инфраструктуры. В ИЛТС Милана функционирует глубоко интегрированная система управления пассажирскими перевозками, в которой преобладает автомобильный транспорт, однако значительное внимание уделяется развитию общественных маршрутов и улучшению экологической ситуации в городе.

Таким образом, как показывает сравнительный анализ особенностей ИЛТС мегаполисов мира, базовые логистические принципы построения, планирования и организации пассажирских перевозок в интегрированных транспортных системах разных стран имеют много общего. Все они направлены на улучшение «бесшовного» комплексного транспортно-логистического обслуживания пассажиров, включая активное внедрение

цифровых сервисов, повышение информированности, комфорт, удобство пересадок и транспортной доступности. Каждый из рассмотренных городов демонстрирует успешные практики, которые могут быть полезны при разработке и совершенствовании транспортных систем в других мегаполисах [49].

Подводя итоги рассмотренному зарубежному опыту организации пассажирских перевозок в мегаполисах мира, можно сделать следующие выводы. Сравнение зарубежных мегаполисов с отечественными позволяет признать транспортные системы России современными и функционально развитыми. Однако для дальнейшего повышения их эффективности целесообразно заимствовать передовые практики из мирового опыта.

Одним из ключевых примеров может служить Гонконг, где существует хорошо развитая рельсовая инфраструктура, обеспечивающая высокую пропускную способность и надёжное обслуживание больших пассажиропотоков. Эта модель особенно актуальна для российских городов, где наблюдается рост численности населения и увеличение нагрузки на транспортную систему. Также представляет интерес опыт Чикаго, где транспортная система спроектирована таким образом, чтобы удобно использовать как общественный транспорт, так и личные автомобили. Это достигается за счёт чёткой координации различных видов транспорта и продуманной организации дорожного движения, что позволяет избежать перегрузки центральных узлов и обеспечивает равномерное распределение потоков.

Ещё одним важным аспектом является интеграция различных видов магистрального транспорта, которая успешно реализована, например, в Барселоне. Там пригородные поезда интегрированы в метро, что создаёт единое пространство перемещения и существенно упрощает жизнь пассажирам. Такой подход может быть использован в российских городах для повышения эффективности взаимодействия между метрополитеном, пригородными железными дорогами и другими элементами ИЛТС.

В крупных мегаполисах, таких как Рим, уже давно внедрено рельсовое сообщение с аэропортами, что делает путешествия более комфортными и доступными как для местных жителей, так и для гостей города. В России подобный формат пока не получил массового распространения — не все мегаполисы оснащены аэроэкспрессами. Однако развитие воздушных перевозок и увеличение туристического потока требуют скорейшего решения этого вопроса в интересах повышения транспортной доступности.

К числу перспективных трендов развития, которые целесообразно адаптировать и в отечественных ИЛТС, относятся такие направления, как организация трансферов для пожилых пассажиров, внедрение дифференцированной системы льгот и бонусов, а также интеграция в логистические цепочки пассажиропотоков средств малой мобильности: велосипедов, самокатов и каршеринговых автомобилей. Создание единого цифрового пространства для конструирования мультимодальных логистических схем позволит пассажирам самостоятельно планировать маршрут с учетом всех доступных видов транспорта, что повысит общую удовлетворённость услугами. Не менее важно развивать скоростные трамвайные маршруты и подключать их к транспортно-пересадочным узлам (ТПУ) мегаполисов, чтобы обеспечить качественное обслуживание периферийных районов. Это позволит снизить нагрузку на центральные части города и улучшить транспортную связь между спальными районами и деловыми центрами.

Что касается технологичных возможностей, то в отечественных транспортных системах они используются на уровне с зарубежными аналогами. Уже внедрены мобильные приложения, электронные билеты, системы навигации и автоматизированного управления движением. Отличие пока заключается в отсутствии масштабного применения беспилотного транспорта. Однако в планах развития российской транспортной системы предусмотрен запуск беспилотных трамваев, что свидетельствует о готовности страны к внедрению передовых технологий в сфере городских

перевозок. Таким образом, использование лучшего зарубежного опыта в сочетании с имеющимися достижениями отечественной транспортной отрасли способно значительно повысить качество и доступность пассажирских перевозок в российских мегаполисах.

1.4 Постановка научной задачи исследования

Принимая во внимание ключевые положения Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [45], в части повышения транспортной мобильности населения, можно с уверенностью говорить об актуальности совершенствования теоретических подходов и методов в области планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков. Эта задача становится особенно значимой в условиях стремительного роста городов и усложнения структуры перемещений населения. Документ подчеркивает необходимость развития устойчивых, интегрированных и технологически продвинутых транспортных систем, что особенно важно для крупнейших городов, где наблюдается наиболее высокая нагрузка на инфраструктуру. В таких мегаполисах, как Москва и Санкт-Петербург, транспортная сеть испытывает колоссальное давление, требующее не только технического обновления, но и качественно нового подхода к управлению пассажирскими потоками.

Особое значение приобретает обеспечение согласованной и сбалансированной работы различных видов транспорта в интегрированных логистических транспортных системах (ИЛТС) мегаполисов. Эффективное взаимодействие между метрополитеном, наземным общественным транспортом, железнодорожными и водными видами сообщения становится основой для снижения транспортной напряженности и повышения доступности перемещений. Именно такие системы позволяют реализовать принцип многоуровневости и взаимосвязанности перевозочных процессов, что обеспечивает целостность транспортного пространства города.

Кроме того, ИЛТС мегаполисов выступают базовыми и узловыми элементами мезологистических систем типа «город–регион». Это означает, что транспортные решения, принимаемые на уровне отдельного города, оказывают прямое влияние на логистику в более широком региональном контексте. Например, развитие пригородного сообщения или оптимизация

пересадочных узлов способствует не только улучшению внутригородской мобильности, но и укреплению связей между населёнными пунктами, входящими в единую агломерацию. В этой связи возрастает потребность в разработке научно обоснованных моделей управления пассажирскими потоками, учитывающих как текущее состояние транспортных систем, так и перспективы их развития. Важно внедрять современные подходы к моделированию и прогнозированию пассажиропотоков, включая использование цифровых платформ, анализа больших данных и искусственного интеллекта. Эти технологии позволяют повысить точность планирования, минимизировать ошибки и оперативно реагировать на изменения в структуре спроса на транспортные услуги.

Теоретическая значимость исследования пассажирских перевозок в интегрированных логистических транспортных системах (ИЛТС) мегаполиса заключается в том, что вопросы комплексной организации и планирования пассажиропотоков в крупных городах остаются недостаточно проработанными в научном и прикладном аспектах. На сегодняшний день отсутствует единая концептуальная основа, включающая критериальный, классификационный и методический инструментарий для всестороннего анализа, моделирования и оценки загруженности транспортных систем. Такой пробел ограничивает возможности их эффективного управления и стратегического развития, особенно в условиях быстро меняющейся городской среды и растущих ожиданий населения в части качества транспортного обслуживания.

Актуальным направлением исследований становится совершенствование функционирования различных видов транспорта в рамках ИЛТС, предполагающее разработку системного подхода к их интеграции. В частности, необходимо формулировать единую систему критериев и показателей развития транспортной системы, которая позволила бы не только оценивать текущее состояние, но и прогнозировать последствия принимаемых управленческих решений. Также важно установить

оптимальные интервалы движения транспортных средств, учитывающие как уровень пассажиропотока, так и энергоэффективность и экономическую целесообразность эксплуатации подвижного состава.

Еще одной важной задачей является согласование технических параметров и функциональных характеристик различных видов транспорта — наземного, подземного, водного и железнодорожного — с целью их взаимодействия в едином транспортном пространстве. Это позволит создать сквозную, бесшовную логистическую услугу для пассажиров, где каждая стадия поездки — от момента выхода из дома до прибытия к месту назначения — будет максимально согласованной и удобной. Кроме того, теоретическое осмысление этих процессов открывает возможность формирования новой парадигмы городской мобильности, основанной на принципах устойчивости, доступности, технологичности и пользовательской ориентированности. Реализация таких подходов способна стать основой для создания более адаптивных и гибких транспортных систем, соответствующих современным требованиям развития мегаполисов.

Анализ современного состояния развития пассажирских перевозок в мегаполисах, проведённый как на теоретическом, так и на практическом уровнях, показывает, что логистические транспортные системы постепенно эволюционируют в сторону интеграции, формируя интегрированные логистические транспортные системы (ИЛТС). Такое развитие обусловлено необходимостью повышения общей эффективности транспортного обслуживания населения. Одним из ключевых направлений в этом процессе является обеспечение максимального удобства и комфорта для пассажиров при переходе между различными видами транспорта — наземным, подземным, железнодорожным и воздушным — с учётом их специфических технологических особенностей. Однако комфорт пересадок — лишь одна сторона медали. Не менее важным является техническое и операционное согласование всех компонентов системы: расписаний движения, пропускной способности узлов пересадки, параметров подвижного состава и систем

информирования пассажиров. Только при условии слаженной и синхронной работы всех элементов ИЛТС возможно достижение высокой степени интеграции и функциональной целостности системы. Кроме того, важным аспектом становится цифровизация и внедрение интеллектуальных транспортных технологий, позволяющих не только автоматизировать процессы управления движением и контроля состояния инфраструктуры, но и обеспечить пользователям доступ к единому информационному пространству — от планирования маршрута до оплаты проезда. Это создаёт основу для предоставления комплексного транспортно-логистического обслуживания, ориентированного на индивидуальные потребности пассажиров. Цель такого подхода заключается в создании единой, гибко управляемой транспортной экосистемы мегаполиса, где все виды транспорта работают как единый механизм, обеспечивая высокую скорость, надёжность и доступность перевозок для всех категорий населения.

Отмеченное научное противоречие — между необходимостью обеспечения высокой пропускной способности транспортной системы и одновременной минимизацией времени ожидания пассажиров при пересадках — представляет собой одну из ключевых проблем в управлении современными интегрированными логистическими транспортными системами (ИЛТС) мегаполисов. С одной стороны, для перевозки больших объёмов пассажиров требуется оптимальная загрузка подвижного состава и рациональное использование существующей инфраструктуры; с другой — эффективная организация транспортного процесса должна учитывать комфорт пассажиров, включая удобство и скорость пересадок между различными видами транспорта.

На основании проведённого анализа в разделах 1.1–1.3 сформулирована научная задача, заключающаяся в развитии методов планирования и организации пассажиропотоков в ИЛТС мегаполиса с целью обеспечения транспортной мобильности населения через использование видов транспорта на основе пассажирского контактного графика.

В соответствии с поставленной задачей, объектом исследования выбрана интегрированная логистическая транспортная система (ИЛТС) мегаполиса, а предметом исследования — технология планирования и организации пассажиропотоков в указанной системе.

Выполненный всесторонний анализ теоретических и практических аспектов проблемы планирования и организации интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС) в мегаполисах мира позволил сформировать понятийный аппарат исследования, характеризующийся акцентом на функционально-логистическом взаимодействии различных видов транспорта. Особое внимание уделено обеспечению согласованности процессов перевозки, управления пассажирскими потоками и информационного сопровождения при предоставлении транспортных услуг. Это позволяет говорить о формировании единой транспортно-логистической среды, ориентированной на потребителя. Ключевым элементом такого подхода становится обеспечение комплексного, «бесшовного» обслуживания пассажиров, при котором переход между различными видами транспорта осуществляется без временных и информационных разрывов, что особенно актуально в условиях высокой динамики и плотности перемещений в мегаполисах. Такая система предполагает не только техническую совместимость транспортных средств и инфраструктуры, но и синхронизацию расписаний, унификацию тарифов, а также развитие мультимодальных узлов пересадок. Таким образом, разработка и внедрение принципов ИЛТС в городской среде способствует повышению общей транспортной доступности, снижению уровня дорожных заторов и экологической нагрузки, а также улучшению качества жизни горожан.

В частности, в рамках исследования сформулировано следующее определение ИЛТС мегаполиса:

Интегрированная логистическая транспортная система мегаполиса — это организационно-техническая система, объединяющая различные виды транспорта и обеспечивающая согласованное функционирование элементов

транспортной инфраструктуры, подвижного состава и информационных технологий с целью предоставления пассажирам комплексной транспортно-логистической услуги, характеризующейся минимальным временем перемещения, высоким уровнем комфорта, доступности и безопасности за счёт синхронизации параметров движения, унификации билетной системы, цифровизации процессов и координации действий всех участников перевозочного процесса.

Интегрированная транспортно-логистическая система (ИТЛС) мегаполиса представляет собой ключевую структуру мезологистической системы «город–регион», обеспечивающую согласованное функционирование различных видов транспорта — железнодорожного, метрополитена и городского наземного. Она охватывает не только физическую транспортную инфраструктуру, но и информационные, управленческие, а также технологические процессы, направленные на оптимизацию пассажирских перевозок. Эта система выступает как сложная, многоуровневая сеть, объединяющая транспортные, технологические, инфраструктурные и логистические компоненты для рационального планирования, организации и управления пассажирскими перевозками. В её основе лежит принцип взаимосвязанности всех элементов транспортной среды, что позволяет обеспечить бесперебойное сообщение между различными районами города и пригородными зонами. Кроме того, ИТЛС направлена на повышение эффективности транспортных потоков за счёт применения современных цифровых технологий, таких как системы управления движением, навигации и сбора данных в режиме реального времени. Такие технологии способствуют минимизации времени ожидания, снижению уровня перегрузок на отдельные участки сети и повышению общей доступности транспортных услуг для населения.

Цель ИТЛС — повышение транспортной мобильности населения за счёт согласованной работы всех элементов системы, а также внедрения современных методов и технологий, включая пассажирские контактные графики, которые

обеспечивают минимальное время ожидания при пересадках и высокую степень синхронизации движения подвижного состава.

Структурные элементы ИЛТС мегаполиса:

1. Технологические элементы

К ним относятся специфические особенности организации перевозок на каждом виде транспорта, участвующем в ИЛТС. Это включает:

- режимы функционирования подвижного состава;
- интервалы движения;
- параметры пропускной способности;
- технические ограничения и возможности каждого вида транспорта.

Эти элементы определяют возможность взаимодействия между различными системами и являются основой для построения согласованных расписаний и контактных графиков.

2. Инфраструктурно-технические элементы

В эту группу входят физические и пространственные компоненты системы:

- пути сообщения (рельсовые, автомобильные, водные);
- конфигурация и расположение транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), включая их доступность и удобство для пассажиров;
- количество и дислокация остановочных пунктов;
- степень развития и насыщенность каждого вида транспорта в транспортной сети мегаполиса.

Эти элементы влияют на общую пропускную способность и эффективность функционирования ИЛТС.

3. Сервисные элементы

Сервисные компоненты обеспечивают пользовательскую сторону транспортной системы:

- предоставление комплексных услуг по построению логистических схем перемещения пассажиров любой степени сложности, включая внутригородские и вылетные направления («город–регион»);

- разработка цифровых сервисов и мобильных приложений, позволяющих формировать индивидуальные маршруты с использованием разных видов транспорта;

- обеспечение «бесшовного» обслуживания в условиях мультимодального (политранспортного) сообщения, как для пассажиров, так и для перевозчиков и операторов системы.

Эти элементы направлены на повышение комфорта, доступности и информированности пассажиров.

4. Информационно-аналитические элементы

Данные элементы обеспечивают сбор, обработку, анализ и управление информацией в реальном времени:

- мобильные личные кабинеты пассажиров, предоставляющие информацию о маршрутах, состоянии билетов, балансе, истории поездок;

- автоматизированные и интеллектуальные системы анализа и прогнозирования пассажиропотоков;

- системы построения и корректировки расписаний на основе контактных графиков;

- интеграция данных от различных перевозчиков и видов транспорта для координации их взаимодействия.

Эти технологии играют ключевую роль в обеспечении гибкости и адаптивности системы к изменяющимся условиям.

5. Управляющие элементы

Управляющие компоненты обеспечивают стратегическое и оперативное регулирование процессов перевозки:

- интеллектуальные системы управления пассажирскими перевозками, включающие использование блокчейн-технологий для защиты и обмена данными;

- автоматизированные рабочие места сотрудников, связанных с эксплуатацией и обслуживанием транспорта;
- интеграция с системами управления железнодорожным транспортом, как ключевого звена ИЛТС;
- взаимодействие с муниципальными органами и региональными транспортными структурами для согласования целей и задач развития системы.

Эти элементы обеспечивают единство стратегического видения, реализацию клиентоориентированных подходов и полную цифровизацию процессов.

Основными научными результатами настоящего диссертационного исследования являются разработанные алгоритмы, модели и методы по совершенствованию функционирования ИЛТС мегаполиса с использованием контактного графика для пассажирских перевозок и увеличения мобильности.

На основе предлагаемого контактного графика станет возможным оценить загруженность и развитие ИЛТС для дальнейшего стратегического планирования развития транспорта и социально-экономического развития мегаполиса в целом.

Надо полагать, что в будущем более детальное исследование автоматизированных решений в области управления интегрированными логистическими транспортными системами (ИЛТС) мегаполиса позволит значительно повысить эффективность функционирования всей транспортной системы в целом. Особое значение при этом будет уделяться не только разработке цифровых инструментов управления пассажирскими потоками, но и масштабированию ведения контактных графиков перевозок в рамках мезологистических систем. Мезологистический подход, ориентированный на координацию транспортных процессов на уровне отдельных городских округов или функциональных зон мегаполиса, предоставляет широкие возможности для оптимизации взаимодействия между различными видами транспорта. Реализация этого подхода с применением автоматизированных систем планирования и диспетчерского управления обеспечит более точное согласование расписаний, минимизацию интервалов ожидания и улучшение качества пересадочных операций. Кроме того, внедрение систем искусственного интеллекта, машинного

обучения и анализа больших данных (Big Data) в процессы прогнозирования пассажиропотоков и формирования маршрутных сетей даст возможность повышать адаптивность транспортной системы к изменяющимся условиям — таким как сезонные колебания спроса, особенности делового цикла, чрезвычайные ситуации или массовые мероприятия. Внедрение таких решений в практику российских городов обеспечит переход к более технологичной, прозрачной и пользователь-ориентированной модели организации пассажирских перевозок. Это, в свою очередь, создаст основу для устойчивого развития транспортной инфраструктуры и повышения уровня мобильности населения в условиях стремительно растущих мегаполисов.

Структура исследования дана на рис.1.5.

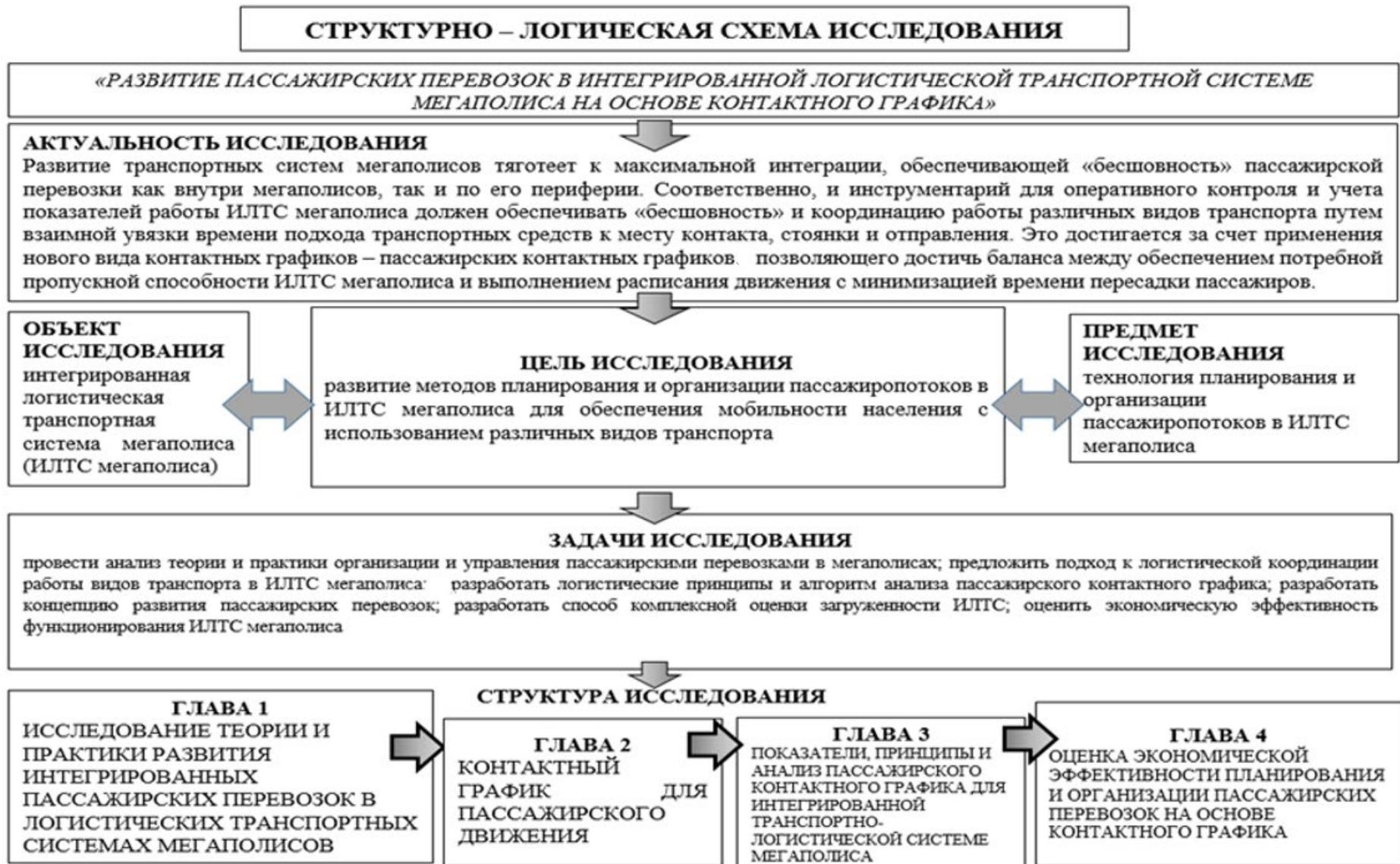


Рисунок 1.5 – Структурно-логическая схема исследования.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

1. В первой главе исследовано теоретическое и практическое состояние вопроса планирования и организации работы интегрированных транспортно-логистических систем в мегаполисах. На основе литературного обзора и критического анализа практических примеров отечественного и зарубежного опыта отмечены ключевые тренды развития и методы организации пассажирского движения в мегаполисах и предложено уточненное понятие интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса.

2. Современные логистические транспортные системы всё в большей степени становятся интегрированными (ИЛТС), что отражает тенденцию к объединению различных видов транспорта в единую согласованную сеть. Повышение эффективности таких систем предполагает, с одной стороны, обеспечение максимального комфорта для пассажиров при переходе между различными видами транспорта — как по времени пересадок, так и по удобству маршрутов и доступности информации. С другой стороны, не менее важным является безусловное соблюдение ритмичной и слаженной работы всех компонентов транспортной системы, обслуживающих мегаполис, что обеспечивает стабильность и предсказуемость перевозок. Это обстоятельство делает особенно актуальным совершенствование функционирования ИЛТС в условиях стремительного роста городских агломераций и соразмерного увеличения уровня транспортной мобильности населения. Современные горожане всё чаще совершают многоэтапные поездки, объединяя разные виды транспорта в едином маршруте, что требует высокой степени координации между операторами и службами управления движением. В связи с этим возрастает необходимость в создании комплексного «бесшовного» мультимодального сервиса, который бы обеспечивал непрерывность перемещений, начиная с момента планирования поездки и заканчивая её завершением. Кроме того, развитие ИЛТС должно учитывать динамически изменяющиеся условия внешней среды — такие как сезонные колебания пассажиропотоков, особенности городской застройки,

экологические требования и цифровые вызовы современности. Это предполагает внедрение гибких механизмов управления, основанных на прогнозировании спроса, анализе больших данных и использовании технологий искусственного интеллекта для оптимизации расписаний и маршрутов.

3. Анализ практики организации пассажиропотоков в ИЛТС различных мегаполисов мира и Санкт-Петербурга, в частности, показал, что существует ряд проблем, связанных с логистическим управлением пассажиропотоками в условиях загруженности ИЛТС.

4. Показано, что устойчивые пассажиропотоки являются основным признаком современной ИЛТС. В мегаполисе анализа требует планирование и организация пассажирских перевозок с учетом взаимодействия разных видов транспорта, их функциональных особенностей и расписаний движения, а также особенностей конфигурации транспортно-пересадочных узлов при обеспечении роста мобильности населения и сокращения потерь времени пассажира в пути. Сложность в решении данной задачи заключается в том, что необходимо удовлетворить как потребность пассажиров в перемещениях, так и экономическую эффективность для других участников перевозочного процесса.

5. Проанализировано планирование и организация пассажирских перевозок в мегаполисе на примере зарубежного опыта. Установлено, что каждый из мегаполисов, обладающий ИЛТС, должен соответствовать логистическим принципам функционирования, виды транспорта – быть доступны, как физически, так и финансово, работать льготы для разных категорий граждан, обеспечена безопасность при проезде, каршеринг и личный автотранспорт интегрированы в ИЛТС при ее гибкости, комфортности, экологичности и клиентоориентированности.

6. Сформулирована научная задача исследования, заключающаяся в развитии методов планирования и организации пассажиропотоков в ИЛТС

мегаполиса для обеспечения мобильности населения с использованием видов транспорта на основе пассажирского контактного графика.

7. Логистическое управление пассажиропотоками в мегаполисе на основе предлагаемого пассажирского контактного графика позволит с учетом загруженности ИЛТС стратегически планировать развитие видов транспорта в мегаполисе, сбалансированное с треками социально-экономического развития мегаполиса и региона в целом.

ГЛАВА 2 КОНТАКТНЫЙ ГРАФИК ДЛЯ ПАССАЖИРСКОГО ДВИЖЕНИЯ

2.1 Концептуально-теоретический подход к сущности и особенностям интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса

Применение логистических подходов играет ключевую роль в построении эффективной и скоординированной интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса. Эти подходы позволяют рассматривать транспортную систему как единую динамическую сеть, в которой взаимодействуют различные виды транспорта — наземный, подземный, железнодорожный и водный — с едиными целями: повышением пропускной способности, снижением времени в пути и улучшением качества обслуживания пассажиров. Такая система должна обеспечивать не только бесперебойное функционирование всех её компонентов, но и высокий уровень удобства для пассажиров на всех этапах их поездки — от момента планирования маршрута до завершения перемещения. Это предполагает наличие единого информационного пространства, где пассажир может получить актуальные данные о расписаниях, пересадках, задержках и альтернативных маршрутах в режиме реального времени. Успешная реализация ИЛТС невозможна без системного подхода к управлению перемещением пассажиропотоков, что делает логистику важнейшим элементом транспортной стратегии города. Организация и планирование работы ИЛТС должны строиться на принципах логистики, ориентированных на оптимизацию потоковых процессов, минимизацию простоев и обеспечение синхронности перевозочных операций. Особое внимание необходимо уделять пересадкам между различными видами транспорта, которые являются критическими точками взаимодействия в многоуровневых транспортных сетях. Эффективно спланированные пересадочные узлы позволяют значительно повысить пропускную способность системы и

улучшить общее качество обслуживания. При этом важнейшей задачей является минимизация временных затрат пассажиров — как времени в пути, так и времени ожидания при пересадках. Это достигается за счёт согласования расписаний, применения систем прогнозирования и диспетчерского управления, а также внедрения технологий реального времени, позволяющих оперативно корректировать движение транспорта. Сокращение времени ожидания особенно актуально в часы пик, когда нагрузка на транспортную систему максимальна.

Реализация таких мер позволяет повысить общую привлекательность общественного транспорта, сделать его конкурентоспособным по сравнению с личным автотранспортом и стимулировать переход населения на более экологичные и рациональные способы передвижения. В свою очередь, это способствует снижению нагрузки на дорожную сеть, уменьшению уровня пробок и положительно влияет на экологическую обстановку в городе.

Как уже подробно рассматривалось в первой главе, значительное количество исследователей уделяли внимание вопросам развития логистики пассажирских перевозок в условиях мегаполиса. Их научные труды стали основой для современных подходов к организации взаимодействия различных транспортных мод. Например, были разработаны модели согласованного функционирования наземного и подземного транспорта, а также методики оптимизации маршрутов с учетом пассажиропотоков. В рамках данного исследования предлагается новая концепция развития пассажирских перевозок в структуре интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС), которая не только учитывает предыдущие наработки, но и расширяет их в ряде ключевых направлений.

Особенностью данной концепции является внедрение системного научно-методического аппарата, охватывающего все этапы — от планирования до анализа функционирования транспортных мод в единой интегрированной среде. Такой подход обеспечивает более точное прогнозирование пассажиропотоков и позволяет учитывать специфические

особенности перемещения людей в разных временных и пространственных условиях. Кроме того, использование современных информационных технологий и алгоритмов машинного обучения дает возможность оперативно корректировать параметры транспортной системы в зависимости от изменяющейся ситуации на дорогах и в общественных местах. Это, в свою очередь, повышает уровень координации между различными видами транспорта и способствует снижению времени ожидания и пересадок для пассажиров.

Концепция базируется на положениях теории транспортных систем и пассажирской логистики, что делает её научно обоснованной и применимой к реальным условиям городской среды. Её основа заложена на многолетних исследованиях принципов взаимодействия различных видов транспорта в условиях высокой динамики пассажиропотоков. Это позволяет использовать концепцию не только в теоретических разработках, но и при практической организации транспортного обслуживания населения.

Она включает в себя несколько ключевых направлений и подходов, а также опирается на совокупность логистических принципов, адаптированных под специфику пассажирских перевозок. Среди таких принципов — минимизация времени ожидания, повышение регулярности сообщения и оптимизация маршрутов движения. Все эти элементы играют важную роль в создании устойчивой и эффективной системы общественного транспорта.

Особое внимание в этой концепции уделяется применению пассажирских контактных графиков — инструменту, позволяющему наглядно отразить взаимосвязь между расписаниями разных видов транспорта. Эти графики становятся основой для планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков, обеспечивая согласованность и синхронизацию в работе всей системы. Благодаря им можно более точно прогнозировать нагрузку на узловые станции и остановочные пункты, а также выявлять потенциальные точки перегрузки.

Такой подход способствует улучшению качества транспортного обслуживания и повышению удовлетворённости пассажиров.

Далее будет представлено более детальное рассмотрение указанных направлений и подходов.

Первый подход к построению интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса основан на рассмотрении этой системы как сложной и комплексной структуры, предназначенной для обеспечения высококачественного транспортно-логистического обслуживания пассажиров. Основной идеей данного подхода является интеграция различных видов транспорта в единую согласованную систему, что реализуется через их взаимную синхронизацию, увязку графиков движения и координацию функционирования всех элементов транспортной сети. Такое объединение позволяет минимизировать временные затраты пассажиров на пересадки и ожидание, а также повысить общую эффективность транспортной системы мегаполиса. Такой подход позволяет значительно повысить эффективность логистических процессов в сфере пассажирских перевозок и улучшить качество транспортного обслуживания населения.

Особое значение при этом придаётся не только технической совместимости транспортных средств, но и логистической целостности всей системы — от планирования маршрутов до организации пересадок в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ). Интеграция становится возможной лишь при условии системного подхода к управлению движением, учитывающего интересы пассажиров, особенности городской инфраструктуры и технологические возможности каждого вида транспорта.

На наш взгляд, одним из ключевых логистических принципов построения ИЛТС мегаполиса является следующий: *интеграция различных видов транспорта в единую систему может быть реализована наиболее эффективно при разработке пассажирского контактного графика движения. Такой график выступает инструментом, позволяющим не*

просто формировать расписания отдельных видов транспорта, но и увязывать их между собой с учетом технологических особенностей пересадочных операций в транспортно-пересадочных узлах.

Этот принцип предполагает создание единой временной шкалы, в рамках которой время прибытия одного вида транспорта согласуется со временем отправления другого, минимизируя интервалы ожидания и повышая общую привлекательность использования общественного транспорта. Пассажирский контактный график становится основой для оптимизации логистических цепей пассажиропотоков, обеспечивая тем самым высокий уровень мобильности и удобства для пользователей транспортной системы.

Второй подход к построению интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса может быть сформулирован на основе исследований других авторов [53], которые акцентируют внимание на необходимости организации и управления полным циклом перевозки пассажиров в рамках единой транспортной системы. В отличие от более узкого взгляда, ограничивающегося только движением транспорта, этот подход охватывает все этапы пассажирской перевозки — от момента выхода пассажира из дома до прибытия к конечному пункту назначения.

При данном подходе ИЛТС рассматривается как комплексная система, объединяющая не только подвижной состав различных видов транспорта, но и всю инфраструктуру, обеспечивающую транспортное обслуживание: вокзальные комплексы, терминалы, транспортно-пересадочные узлы (ТПУ), системы информирования и навигации, а также элементы городской среды, влияющие на доступность и удобство перемещений. Это позволяет формировать сквозные логистические цепочки, в которых каждый элемент выполняет свою функцию, согласованную с остальными звеньями системы.

Особое значение здесь придается эффективной координации всех участников транспортного процесса и объектов инфраструктуры. Только при условии слаженной работы всех компонентов можно добиться минимизации

временных потерь пассажиров, повышения регулярности перевозок и снижения вероятности возникновения транспортных сбоев. Такая целостная организация способствует улучшению общей транспортной доступности и комфортности передвижения в условиях плотной городской застройки.

Из этого вытекает второй базовый логистический принцип построения ИЛТС: *интегрированная логистическая транспортная система представляет собой сквозную, непрерывную систему, которая не ограничивается границами ядра городской агломерации. Её функционирование должно охватывать пригородные и смежные территории, поскольку именно бесперебойная работа всей системы обеспечивает устойчивую транспортную мобильность населения. Особенно это важно в условиях высокой загруженности транспортных сетей, характерных для современных мегаполисов.*

Третий подход к определению интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) связан с активным внедрением современных технологий, включая цифровизацию, автоматизацию и использование смарт-решений. Данный подход предполагает создание цифровых платформ, которые обеспечивают управление не только грузовыми, но и пассажирскими перевозками, а также позволяют в режиме реального времени отслеживать состояние транспорта, анализировать логистические процессы и оперативно принимать управленческие решения.

Как показывают исследования, представленные в работах [54, 55], внедрение цифровых решений в транспортную сферу открывает широкие возможности для повышения прозрачности, надёжности и скорости выполнения перевозочных операций.

Отсюда следует третий базовый логистический принцип построения ИЛТС: *для обеспечения комфортности, доступности и высокой степени пользовательской удовлетворённости комплексными транспортными услугами, интегрированная логистическая транспортная система должна функционировать в единой цифровой среде мегаполиса. Такая среда*

позволяет объединить данные и управляющие сигналы различных транспортных мод, обеспечивая тем самым согласованное взаимодействие между ними и единое информационное пространство для пассажиров.

Оказание эффективных транспортных услуг необходимо осуществлять с учетом технологичных и современных методов. В работах В.Г. Галабурды [56, 57] и Б.А. Левина [58] проводятся исследования автоматизированной интеграции различных видов общественного транспорта. В работах Ю.О. Пазойского, В.Г. Шубко, С.П. Вакуленко, И.Б. Персианова [6, 59, 60] рассмотрены методы, дающие возможность прогрессивно планировать перевозки пассажиров в интегрированной логистической транспортной системе мегаполиса.

Рассмотрим особенности концепции ИЛТС мегаполиса и сформулируем логистические принципы ее функционирования.

К числу основных препятствий, затрудняющих эффективную реализацию концепции интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса, относятся значительные сложности в координации различных видов транспорта, действующих порой в разрозненных организационно-управленческих и технологических условиях. Эти трудности проявляются как на уровне планирования и согласования расписаний, так и в процессе повседневного функционирования транспортных систем. Особенно остро проблема ощущается в крупных городах, где число участников перевозочного процесса велико, а коммуникация между ними зачастую недостаточно налажена. В результате возникают перебои в перевозках, увеличиваются интервалы ожидания при пересадках и снижается общая привлекательность общественного транспорта для пассажиров. Кроме того, отсутствие единого информационного пространства и несовместимость автоматизированных систем управления усугубляют ситуацию. Это приводит к тому, что даже при наличии технической возможности для интеграции реальное взаимодействие между транспортными операторами остается слабым. Такие барьеры требуют

комплексного подхода к их преодолению, включая нормативное регулирование, модернизацию инфраструктуры и развитие цифровых платформ для обмена данными. Еще одной серьезной проблемой является отсутствие единой транспортной политики и унифицированных стандартов, регулирующих взаимодействие между различными перевозчиками и видами транспорта. Отдельные участники транспортного процесса зачастую руководствуются своими собственными интересами, что противоречит логистическому принципу целостности и согласованности ИЛТС. Кроме того, значительным барьером остаются инфраструктурные ограничения и недостаточная оснащённость транспортных узлов современными технологическими решениями.

Отсюда вытекает следующий важный логистический принцип: *ключевым решением проблемы координации и нормирования работы различных видов транспорта является разработка и внедрение пассажирского контактного графика движения в транспортно-пересадочных узлах мегаполиса.*

Концепция интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) представляет собой перспективный и системно ориентированный логистический подход к организации пассажирских перевозок в условиях мегаполиса. Она направлена на создание единой, скоординированной транспортной среды, где все виды сообщения — наземные, подземные, водные и воздушные — взаимосвязаны между собой и функционируют как единый механизм. Её главная цель заключается в обеспечении устойчивой и эффективной мобильности населения за счёт создания интегрированных механизмов управления, которые охватывают все элементы транспортной системы — от расписаний движения до информационного взаимодействия с пассажирами. Такой подход позволяет не только повысить пропускную способность транспортной сети, но и значительно улучшить качество транспортного обслуживания.

Миссией развития пассажирских перевозок в рамках ИЛТС подразумевает не просто доставку из одной точки в другую, а предоставление комплексного транспортного сервиса, который учитывает удобство, скорость, безопасность и доступность перевозок. Особое внимание в данной концепции уделяется динамике урбанизации и темпу городского расселения, поскольку увеличение численности населения в мегаполисах напрямую влияет на нагрузку на транспортную инфраструктуру и требует адаптации существующих систем к новым условиям. Также необходимо учитывать современные требования к «бесшовности» перевозок — то есть к минимизации разрывов между этапами поездки, обеспечению плавных и логически выстроенных пересадок, а также к снижению временных и физических барьеров при перемещении. Важным направлением реализации этой миссии является развитие концепции MaaS (Mobility as a Service — мобильность как услуга), которая предполагает создание единой цифровой платформы, объединяющей различные виды транспорта и транспортных сервисов.

В структуре интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса логистическая цепь охватывает не только маршруты, по которым осуществляются перевозки, но и совокупность задействованных транспортных средств, обеспечивающих перемещение пассажиров. Организация перевозок в ИЛТС строится на основе четко определённых логистических принципов, которые обеспечивают согласованность, предсказуемость и устойчивость транспортных процессов.

Соответственно, пятый базовый логистический принцип функционирования ИЛТС формулируется следующим образом: *интегрированная логистическая транспортная система строится и функционирует при безусловном соблюдении требований безопасности движения всех видов транспорта, а также реализации «восьми правил логистики», формируя сквозной бесшовный сервис — то есть транспортную систему, в которой переход от одного вида транспорта к*

другому происходит максимально плавно, без значительных временных задержек, организационных барьеров и потерь удобства.

В условиях современного мегаполиса логистом поездки, то есть субъектом, принимающим решение о способе перемещения, фактически выступает сам пассажир. При этом, несмотря на его центральную роль в транспортном процессе, он, как правило, не обладает полной информацией о технических и организационных аспектах функционирования транспортной системы. Пассажир не знаком напрямую с такими параметрами, как провозная и пропускная способность транспортной сети, детали графиков движения, особенности работы перевозчиков или инфраструктурные ограничения. Эти данные остаются в компетенции специалистов и управляющих структур.

Выбор маршрута и способа перемещения пассажиром происходит, как правило, на основе эмпирических данных — личного опыта, рекомендаций, интуитивных оценок или информации из доступных источников. Основными критериями при этом являются время в пути, стоимость проезда и воспринимаемое качество обслуживания. Однако это качество оценивается пассажиром без использования нормативно-технических показателей и формальных стандартов, что может приводить к дисбалансу между ожиданиями пользователей и реальными возможностями транспортной системы.

Однако для того, чтобы ИЛТС действительно отвечала потребностям населения и одновременно соответствовала стратегическим целям развития города и региона, необходимо перейти от ситуативного выбора пассажиров к системному подходу в организации транспортных услуг. Это подразумевает учёт интересов всех участников транспортного процесса — от государственных органов до конечных пользователей.

Опираясь на исследования других авторов [137], можно сформулировать шестой базовый принцип построения и функционирования ИЛТС: *интегрированная логистическая транспортная система должна*

быть сбалансирована с приоритетами социально-экономического развития региона и муниципального образования. Это означает, что при планировании и развитии ИЛТС необходимо учитывать ключевые направления государственной политики, такие как Транспортная стратегия Российской Федерации и Стратегия развития городской агломерации.

Процесс мультимодальной перевозки представляет собой сложную и многоуровневую систему, включающую в себя не только физические компоненты — инфраструктуру и подвижной состав различных видов транспорта, — но и организационные элементы: логистические процессы, управленческие механизмы, а также принципы, обеспечивающие согласованность и эффективность их взаимодействия.

Отсюда следует седьмой базовый принцип построения ИЛТС: *интегрированная логистическая транспортная система функционирует на основе модальности пассажирской логистики, при которой обеспечивается согласованное взаимодействие различных видов транспорта, где ключевым инструментом реализации данного принципа выступает пассажирский контактный график движения транспортных средств.*

В обобщении работ [61-65] под мультимодальной понимается перевозка пассажира транспортом нескольких видов под ответственностью одного перевозчика.

Развитие пассажирских перевозок в рамках интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса предполагает активное использование современных автоматизированных средств управления, позволяющих оперативно контролировать и регулировать транспортные процессы в реальном времени. Такие технологии обеспечивают не только повышение точности расписаний и своевременность отправок, но и способствуют минимизации сбоев, возникающих из-за внешних факторов — таких как дорожные заторы, погодные условия или внезапные изменения пассажиропотока.

Отсюда следует восьмой базовый принцип построения ИЛТС: *максимальная клиентоориентированность системы должна быть обеспечена через построение гибких контактных графиков, которые учитывают специфику городской агломерации, структуру её ядра и периферии, особенности функционирования различных видов транспорта, а также загруженность транспортных артерий мегаполиса.*

Следует отметить, что современные подходы к организации логистических систем в подавляющем большинстве случаев разрабатывались с прицелом на грузовые перевозки и не всегда корректно учитывают специфические особенности пассажирских интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС), особенно тех, которые функционируют в условиях плотной городской среды мегаполисов. В научной и профессиональной практике часто употребляются такие понятия, как «мультимодальные» и «интермодальные» перевозки, однако они, в первую очередь, ассоциируются с перемещением грузов и имеют хорошо отработанную регламентацию.

Например, грузовые перевозки предполагают строгое оформление сопроводительных документов, участие специализированных логистических операторов и подчиняются четко установленным нормативно-правовым актам на национальном и международном уровнях. Для таких перевозок характерны определённые маршруты, графики доставки и контроль за состоянием груза, что позволяет обеспечивать высокую степень предсказуемости и прозрачности логистического процесса.

В то же время пассажирские перевозки обладают рядом принципиальных отличий. Во-первых, их реализация осуществляется по иным перевозочным документам — чаще всего в виде электронных билетов, проездных карт или через мобильные приложения, без необходимости оформления по паспорту или заключения договора перевозки в традиционном юридическом формате. Это влияет на механизмы идентификации пассажиров, учёта поездок и управления потоками людей.

Во-вторых, организация таких перевозок осуществляется другими категориями операторов и компаний, нередко действующими в рамках одного муниципального или регионального регулирования. Однако эти участники зачастую не взаимодействуют между собой в единой логистической цепи, что приводит к дублированию функций, снижению координации и ухудшению качества обслуживания пассажиров.

Кроме того, отсутствие унифицированных стандартов информационного обмена и недостаточная цифровая интеграция между различными видами транспорта ограничивают возможности создания единой системы управления пассажирскими перевозками в мегаполисах. Эта проблема требует разработки специализированных подходов, учитывающих уникальные особенности пассажирской логистики и направленных на обеспечение её комплексной интеграции.

Как отмечается в исследовании [66], одной из ключевых проблем в организации пассажирских перевозок в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ) является сложность согласования нескольких видов транспорта. Основными причинами этих затруднений выступают дифференцированность перевозчиков — как по организационной структуре, так и по принципам планирования графиков движения — а также отсутствие единой системы увязки расписаний между различными транспортными модами. В результате пассажиры сталкиваются с длительным ожиданием пересадок, несогласованностью отправлений и снижением общей привлекательности использования общественного транспорта.

Интегрированная логистическая транспортная система (ИЛТС), в свою очередь, представляет собой целостную модель организации транспортного обслуживания в мегаполисе, где различные виды транспорта взаимодействуют друг с другом в рамках единого технологического процесса.

В частности, интегрированная пассажирская перевозка определяется как процесс перемещения пассажиров в пределах мегаполиса с

использованием нескольких видов транспорта в рамках единого логистического маршрута. Такой подход исключает необходимость отдельного оформления билетов на каждый вид транспорта и обеспечивает непрерывность поездки от начального до конечного пункта без лишних временных затрат на пересадки. Она предполагает применение единого проездного документа — электронного билета или универсальной проездной карты, — который действует на всей территории интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) и рассчитывается по единому контактному перевозочному тарифу. Этот тариф учитывает особенности всех задействованных видов транспорта, включая их стоимость содержания, скорость передвижения, загрузку и степень комфорта для пассажиров. При этом ответственность за успешное выполнение всей перевозки целиком возлагается на оператора системы, представленного единым управляющим центром. Этот центр осуществляет не только планирование и координацию работы всех участников транспортного процесса, но и оперативное управление в реальном времени, включая корректировку расписаний при возникновении внештатных ситуаций. Кроме того, единый управляющий центр обеспечивает информационную прозрачность для пассажиров: предоставляет данные о маршрутах, времени прибытия подвижного состава, возможных пересадках и альтернативных путях следования. Это способствует повышению доверия к системе и увеличению её востребованности среди населения.

Эта формулировка подчёркивает специфические черты функционирования пассажирской ИЛТС современного мегаполиса: не только техническую и технологическую интеграцию, но и юридическую, организационную и сервисную согласованность. Именно такой подход делает возможным предоставление пассажирам «бесшовного» транспортного сервиса, когда каждая поездка воспринимается как единый процесс, независимо от количества используемых видов транспорта. Это, в свою очередь, способствует повышению мобильности населения, снижению

нагрузки на дорожную сеть и улучшению качества жизни в условиях плотной городской среды.

Рассмотрим далее предложенные определения.

Интегрированный перевозочный тариф — это установленная плата за перевозку пассажиров разными видами магистрального городского транспорта, взаимодействующими в транспортно-пересадочных узлах, по единому билету. Такой подход позволяет снизить финансовую и организационную сложность перемещений для пассажиров, обеспечивая удобство и прозрачность при оплате проезда вне зависимости от количества пересадок и используемых видов транспорта.

Единый управляющий центр — диспетчерский комплекс, занимающийся пассажирскими контактными графиками, а также его анализом и контролем безопасности и эффективности транспортной системы. Он выступает ключевым элементом в обеспечении оперативного управления транспортными процессами, позволяя в реальном времени реагировать на изменение ситуации на сети, корректировать расписания и минимизировать последствия сбоев. Благодаря интеграции данных из различных источников, такой центр способен формировать целостное представление о функционировании всей транспортной системы города.

В работе [67] подробно рассматривается определение транспортно-пересадочного узла (ТПУ). Согласно данной работе, транспортно-пересадочный узел представляет собой специально организованное и структурированное пространство, предназначенное для эффективной организации перехода пассажиров между различными видами транспорта — такими как метрополитен, наземный городской транспорт (автобусы, трамваи), пригородные железнодорожные поезда и железная дорога общего пользования. Особое внимание в исследовании уделяется не только физической инфраструктуре ТПУ — наличию переходов, платформ, зон ожидания и информационных указателей, — но и уровню логистической согласованности функционирования всех составляющих узла. Это включает

согласование расписаний движения транспорта, рациональную организацию пассажирских потоков, а также обеспечение безопасности и комфорта во время пересадки. Авторы подчеркивают, что высокий уровень интермодальности в таких узлах достигается за счёт минимизации временных затрат на переходы между видами транспорта, удобства навигации внутри комплекса и наличия единой системы информирования пассажиров. Такие меры позволяют значительно повысить привлекательность общественного транспорта и способствуют его более активному использованию населением.

Как уже отмечалось в первой главе, одним из ключевых научных противоречий в области организации логистических транспортных систем (ЛТС) мегаполиса является необходимость одновременного достижения двух взаимосвязанных, но достаточно сложных в реализации целей. С одной стороны, стоит задача обеспечить максимальный уровень комфорта и удобства для пассажиров при переходе между различными видами транспорта, учитывая их технологические особенности, интервалы движения и условия функционирования. Это включает в себя организацию логичных и безопасных путей пересадок, минимизацию времени ожидания, а также создание благоприятных условий на самих пересадочных узлах — от навигации до инфраструктуры обслуживания. Удовлетворение этих требований напрямую влияет на лояльность пассажиров к системе общественного транспорта и повышает её конкурентоспособность по сравнению с частным автотранспортом. С другой стороны, необходимо гарантировать ритмичную, согласованную и устойчивую работу всех видов транспорта, входящих в единую систему перевозок. Для этого требуется тесное взаимодействие между операторами, централизованное управление расписаниями и диспетчерский контроль за выполнением графиков. Особое значение имеет внедрение гибких механизмов адаптации транспортных процессов к изменяющимся внешним условиям — таким как погода, дорожные пробки или чрезвычайные ситуации. Только при соблюдении этих

условий можно говорить о полноценной реализации принципов интегрированной логистической транспортной системы.

Эти два аспекта находятся в постоянном динамическом напряжении, поскольку повышение гибкости системы с целью удовлетворения индивидуальных потребностей пассажиров может привести к нарушению регулярности и предсказуемости графиков, что негативно скажется на общей устойчивости транспортной сети. Наоборот, строгое соблюдение расписаний и маршрутов иногда ограничивает возможности для адаптации к реальным пассажиропотокам, снижая уровень сервиса и доступности.

Это противоречие особенно остро проявляется в условиях высокой плотности населения, характерной для современных мегаполисов, где транспортная сеть имеет сложную пространственную структуру, включающую наземные, подземные и надземные виды сообщения. Динамично изменяющиеся пассажиропотоки, зависящие от времени суток, дня недели и внешних факторов — таких как погода или массовые мероприятия — дополнительно усложняют ситуацию, требуя оперативного принятия решений и гибкой реакции со стороны управляющей системы.

Для разрешения данного противоречия необходимы не только технические и организационные решения, но и развитие методологической базы, позволяющей моделировать поведение транспортных систем под воздействием различных факторов. Особое значение приобретают подходы, основанные на анализе больших данных, прогнозировании спроса и использовании цифровых двойников транспортных сетей, которые могут служить основой для более точного планирования и управления.

В рамках данного исследования предлагается разрешить это противоречие с помощью одного из наиболее эффективных логистических инструментов — пассажирского контактного графика движения. Его внедрение позволяет выработать баланс между двумя ключевыми аспектами: во-первых, обеспечением необходимой пропускной способности интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС), и, во-

вторых, соблюдением регулярности и точности расписаний, что напрямую влияет на минимизацию времени пересадок и повышение уровня сервиса для пассажиров.

В настоящем исследовании обосновывается применение контактного графика как универсального логистического инструмента, предназначенного для планирования, организации, нормирования и контроля пассажиропотоков в ИЛТС мегаполиса. Данный график рассматривается не только как инструмент координации движения транспорта, но и как основа для анализа, прогнозирования и оптимизации логистических цепочек пассажирских перевозок. При этом контактный график адаптирован под современные требования пассажирской логистики и учитывает специфику городской среды, включая многообразие видов транспорта, пространственную структуру мегаполиса и социально-экономические особенности его населения.

Выбор именно этого методического подхода обусловлен рядом объективных причин. Хотя контактные графики и технологические процессы давно применяются в грузовых перевозках и на вокзальных комплексах, они имеют существенные ограничения при использовании в сфере пассажирских перевозок мегаполиса. В частности, традиционные контактные графики:

- не позволяют визуализировать движение нескольких видов транспорта одновременно в масштабе всего мегаполиса, а не только конкретного транспортно-пересадочного узла;
- не обеспечивают возможности моделирования и прогнозирования изменения логистических цепей пассажиропотоков при корректировке маршрутов или расписаний;
- не учитывают разнообразие технологических особенностей разных видов транспорта и, как следствие, не обеспечивают их синхронизации по клиентоориентированному расписанию.

Это приводит к тому, что при стыковке различных видов транспорта в ТПУ возникает рассогласование их работы, что вызывает дискомфорт у

пассажирам и затрудняет как всестороннюю оценку эффективности каждого вида транспорта, так и оперативное планирование пассажирских потоков в соответствии с реальными потребностями населения. Особенно острыми становятся эти проблемы при организации мультимодальных перевозок, когда маршрут включает несколько видов транспорта, принадлежащих разным перевозчикам и действующих в разных регламентах.

Без наличия единой системы постоянного ведения интегрированного графика движения становится невозможным предоставление цифрового сервиса, который позволил бы пассажиру самостоятельно конструировать сложные поездки с пересадками, получая при этом точную информацию о времени ожидания, доступности соединений и общего времени в пути. Такая система должна учитывать не только регулярные расписания, но и динамические изменения, возникающие в процессе эксплуатации транспорта — от задержек до внеплановых изменений маршрутов.

Современный пользователь транспортных услуг привык к высокому уровню информированности и предсказуемости, что требует не только наличия качественных данных, но и их оперативного обновления в режиме реального времени. Это предполагает интеграцию телематических систем подвижного состава, автоматизированных средств сбора и передачи информации, а также использование алгоритмов прогнозирования состояния транспортной сети. Только при наличии таких технологий возможно создание современного цифрового интерфейса, способного обеспечить пользователя актуальной и достоверной информацией на любом этапе поездки.

Кроме того, важным аспектом является унификация форматов данных и обеспечение их совместимости между различными перевозчиками и уровнями управления транспортной системой. Без этого даже самые продвинутые мобильные приложения или веб-сервисы не смогут гарантировать целостности информации, что снижает доверие пассажиров к системе и затрудняет её повседневное использование.

Поэтому в рамках настоящего исследования делается вывод о необходимости формирования единого пространства управления, планирования и организации пассажирских перевозок всеми видами транспорта, функционирующими в мегаполисе. Такое пространство позволит устранить разобщённость между различными транспортными операторами, повысить эффективность использования инфраструктуры и создать условия для более гибкого реагирования на изменяющиеся потребности населения. Это пространство должно быть основано на принципах логистической интеграции и строиться вокруг нового формата — единого пассажирского контактного графика, который станет основой для согласованного функционирования всей ИЛТС.

Контактным графиком для пассажирского движения предлагается именовать новую систему логистической организации и планирования внутригородских пассажиропотоков, которая выступает ключевым элементом технологического процесса пассажирских перевозок. В отличие от традиционных расписаний, ориентированных исключительно на движение отдельных маршрутов, контактный график фокусируется на точках взаимодействия между видами транспорта — пересадочных узлах. Данный инструмент предназначен для интеграции и координации работы таких видов транспорта, как метрополитен, пригородные поезда и наземный транспорт (автобусы, трамваи, маршрутные такси), обеспечивая их согласованное функционирование в единой транспортной системе мегаполиса.

Кроме того, контактный график устанавливает взаимную ответственность всех участников перевозочного процесса за выполнение своих функций, что способствует повышению надежности и предсказуемости системы в целом. Он предусматривает четкие временные интервалы стыковок подвижного состава, минимальные задержки при пересадках и возможность динамической корректировки графиков в зависимости от внешних условий — пробок, погоды, массовых мероприятий и прочих факторов.

Технически контактный график движения представляет собой визуальное отображение графиков движения транспортных средств различных видов транспорта в формате единого временного представления. Он строится на масштабной сетке, где:

Горизонтальная ось обозначает время в минутах, что позволяет фиксировать точные моменты отправления и прибытия;

Это временное измерение даёт возможность детально анализировать интервалы между рейсами, выявлять возможные задержки и оценивать степень согласованности расписаний разных видов транспорта. Такой подход особенно важен для обеспечения минимального времени пересадок и повышения надёжности всей транспортной системы.

Вертикальная ось, разделённая горизонтальными линиями, отражает маршруты или взаимодействующие виды транспорта, что делает возможным одновременный анализ движения нескольких мод.

Каждая горизонтальная линия может представлять отдельный маршрут или вид транспорта — например, метро, автобус, электричку или пригородную железную дорогу. Благодаря этому можно визуализировать точки сопряжения между различными системами и оценивать эффективность их взаимодействия в реальных условиях функционирования транспортной сети.

Благодаря такой структуре график становится мощным аналитическим и управленческим инструментом, позволяющим не только наблюдать за текущим состоянием транспортной системы, но и моделировать её развитие.

С помощью пассажирского контактного графика, выступающего в роли прикладного научно-методического инструмента, после соответствующего анализа его параметров и показателей, становится возможным определить и нормировать широкий спектр функционально-технологических характеристик транспортной системы. В их число входят:

Порядок занятия путей, подходов и остановочных пунктов различными видами транспорта — что позволяет избежать конфликтов между

подвижными составами разных мод и обеспечивает рациональное использование инфраструктурных мощностей на самых загруженных участках.

Расписание движения с учётом временных привязок между видами транспорта — создание согласованных интервалов отправления и прибытия позволяет минимизировать время ожидания пассажиров при пересадках и повышает общую эффективность перевозочного процесса.

Скорости движения поездов и подвижного состава на перегонах — анализ скоростных режимов помогает учитывать особенности технического состояния подвижного состава, плотности движения и дорожной обстановки, что особенно важно для наземного транспорта.

Нормы времени стоянок на станциях и остановках — точное регламентирование времени стоянок способствует предотвращению задержек и обеспечивает равномерное распределение нагрузки на узловые станции и пересадочные узлы.

Интеграция графиков различных видов транспорта в единую согласованную систему является важнейшим элементом контактного графика. Такой подход позволяет преодолеть разобщённость отдельных перевозчиков, обеспечить бесперебойное взаимодействие между различными транспортными модами и создать целостную модель транспортной логистики мегаполиса. Эффективная координация расписаний автобусов, электричек, метро, аэроэкспрессов и других видов общественного транспорта способствует минимизации времени ожидания при пересадках, повышению регулярности сообщения и улучшению качества перевозок в целом. Для реализации такой системы необходимы единые стандарты планирования, обмен данными в реальном времени и централизованное управление транспортными потоками.

Затраты времени пассажиров, включая время в пути и время ожидания при пересадках — возможность анализа этих показателей даёт возможность

не только оценить качество предоставляемых транспортных услуг, но и выявить слабые места в текущей организации перевозок.

Особое значение контактного графика заключается в том, что он объединяет ранее разрозненные расписания отдельных видов транспорта в единый, синхронизированный, взаимоувязанный и ориентированный на пользователя формат. Такой подход кардинально меняет принципы управления транспортной системой, делая её более адаптивной к изменяющимся условиям внешней среды и потребностям населения.

Это существенно упрощает процесс планирования, организации, координации и контроля транспортных операций как на уровне диспетчерского управления, так и в долгосрочной стратегической перспективе. Кроме того, наличие единого контактного графика позволяет унифицировать информационные потоки, используемые как для внутреннего управления, так и для предоставления актуальной информации пассажирам через цифровые платформы и мобильные приложения.

Одновременно с этим, такой подход позволяет оптимизировать логистические схемы перемещения пассажиров, снижая общее время нахождения в пути и минимизируя непроизводительное скопление транспортных средств в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ). Это, в свою очередь, способствует разгрузке наиболее загруженных участков сети, повышению экологичности и устойчивости транспортной системы в целом.

Внедрение контактного графика открывает возможность достижения ряда важных принципов функционирования ИЛТС мегаполиса:

Обеспечение безопасности движения, за счёт чёткой регламентации графиков и исключения ситуаций, связанных с пересечением маршрутов в критических точках;

Бесперебойность функционирования транспорта и транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) обеспечивается благодаря своевременному выявлению отклонений от графика и оперативному внесению необходимых корректировок в режим работы подвижного состава и инфраструктуры. Это

позволяет минимизировать сбои в перевозочном процессе и сохранять устойчивость всей системы даже в условиях внезапных внешних воздействий, таких как аварии, погодные аномалии или увеличение пассажиропотока.

Контактный график играет ключевую роль в снижении времени ожидания транспорта у пассажиров за счёт точной стыковки расписаний различных видов транспорта. Благодаря согласованности прибытия и отправления, пассажиры могут осуществлять пересадки практически без задержек, что положительно влияет на уровень удовлетворённости услугами и повышает привлекательность использования общественного транспорта.

Ещё одним важным преимуществом является эффективное использование пропускной способности транспортных узлов и всей сети в целом. Грамотное распределение транспортных потоков по времени и пространству предотвращает чрезмерную загрузку отдельных участков сети и способствует равномерному распределению нагрузки, особенно в зонах повышенного спроса.

Кроме того, контактный график служит аналитической основой для глубокого исследования слабых и сильных мест в системе взаимодействия различных видов транспорта. Он позволяет детализировать работу каждого маршрута — от интервалов движения до степени загруженности на разных участках, — что дает возможность принимать обоснованные управленческие решения.

Например, на основе анализа данных можно решать вопросы о:

Перенаправлении маршрутов с целью лучшего обслуживания новых жилых или деловых районов;

Добавлении новых соединений, обеспечивающих более удобные пересадки и сокращающих время в пути;

Исключении маловостребованных направлений, которые не оправдывают затрат и не соответствуют текущему уровню пассажиропотока

— всё это с учётом динамики перемещения людей, особенно в часы пиковой нагрузки.

Ведение пассажирского контактного графика и постоянный мониторинг его параметров становятся не просто технической процедурой, а стратегическим элементом управления транспортной системой мегаполиса. Это создаёт прочную основу для построения эффективных логистических схем пассажиропотоков в условиях плотной городской среды, где любая неточность в организации перевозок может привести к значительным транспортным сбоям.

Как было показано ранее, основой интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса является чёткая увязка всех видов транспорта в едином временном и технологическом пространстве. Ключевым элементом такой интеграции выступает пассажирский контактный график, который обеспечивает синхронизацию расписаний и позволяет организовать эффективное управление пассажиропотоками на разных уровнях — от отдельного остановочного пункта до масштаба всего мегаполиса.

Этот подход реализуется через единое контактное расписание, которое строится с учётом особенностей функционирования каждого вида транспорта и их взаимодействия в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ). Таким образом, контактный график становится не просто вспомогательным инструментом планирования, а полноценным графоаналитическим методом организации логистических цепочек пассажиропотоков, способным обеспечить целостность и согласованность всей транспортной системы.

На график движения и расписание рельсового транспорта «нанизываются» остальные виды транспорта — автобусы, трамваи, маршрутные такси и другие средства «последней мили», обеспечивающие подвоз пассажиров к станциям и пересадочным узлам. Таким образом, рельсовый транспорт выступает как своего рода сквозная ось или координирующая нить, вокруг которой строится вся система перевозок в пределах ТПУ и города в целом.

Особенно важно отметить, что концепция контактного графика не ограничивает возможности интеграции только общественным транспортом. Напротив, она предоставляет возможность включения в единую логистическую систему и других форм участия в транспортном процессе.

Контактный график позволяет спроектировать не только последовательность взаимодействия общественного транспорта, но и эффективную интеграцию частных и новых видов мобильности — таких как каршеринг, велосипеды, самокаты или такси. Это обеспечивает их синхронизацию по времени и месту встречи с основными видами транспорта, создавая плавные пересадки и минимизируя ожидание. Благодаря такой координации становится возможным формировать единую логистическую цепочку перемещения пассажиров по городу. Это открывает возможность для реализации принципа «мобильности как услуги» (Mobility as a Service – MaaS) в полной мере, когда пользователь может заказать комплексное решение для своих перемещений через единое цифровое приложение, не задумываясь о деталях транспортных пересадок и оплаты.

Благодаря своей гибкой и масштабируемой структуре, контактный график может быть адаптирован под внедрение современных технологий управления движением и обработки данных. Это включает использование систем искусственного интеллекта для прогнозирования пассажиропотоков, автоматизированное управление расписаниями на основе анализа больших данных, а также интеграцию с цифровыми платформами, обеспечивающими обратную связь от пассажиров и оперативное реагирование на изменения транспортной обстановки.

В технологической структуре транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), отражённой в графике, также предусматривается соблюдение современных требований к каждому виду транспорта: удобство доступа для маломобильных групп населения, обеспечение высокого уровня безопасности, комфорт пассажиров при ожидании и пересадках, а также инфраструктурная совместимость между различными модами. Учитывается

не только функциональная сторона, но и конструкционно-компоновочное решение ТПУ — расположение платформ, наличие удобных переходов между видами транспорта, зон ожидания, парковок, зарядных станций для электромобилей и других элементов, формирующих целостный пользовательский опыт.

Таким образом, пассажирский контактный график становится универсальным логистическим инструментом, способным интегрировать как организационные, так и технические аспекты перевозочного процесса. Он выступает основой для построения устойчивой, адаптивной и ориентированной на пользователя транспортной системы мегаполиса, где каждый элемент взаимосвязан и работает в едином ритме.

Анализируя исследования в области пассажирской логистики [68–72], можно прийти к выводу, что главной миссией интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса является повышение транспортной мобильности населения. Это достигается за счёт более широкого внедрения и координации различных видов общественного транспорта, а также использования современных логистических решений, которые позволяют эффективно объединить их в единую, слаженно функционирующую систему. Особое внимание при этом уделяется не только физической доступности транспортных услуг, но и удобству их использования, регулярности, безопасности и комфорту для пассажиров. Внедрение цифровых технологий, таких как единые билетные системы, навигационные приложения и автоматизированное планирование маршрутов, играет ключевую роль в повышении общей эффективности ИЛТС. Такой подход способствует снижению уровня автомобильных пробок, уменьшению экологической нагрузки на городскую среду и улучшению качества жизни горожан [73]. Эта миссия предполагает не просто объединение существующих перевозочных мощностей, но и создание условий для их взаимодействия на основе единых правил, стандартов обслуживания и

информационной поддержки. Для достижения этой цели необходимо решить следующие ключевые задачи:

- Обеспечить быстрый и логически обоснованный переход из пригородных направлений в городскую транспортную среду, где пассажиры могут выбрать наиболее удобный способ завершения поездки — будь то метро, автобус, велосипед или каршеринг;
- Сократить общее время в пути за счёт согласованности графиков, минимизации времени пересадок и оптимизации маршрутов следования, что особенно важно в условиях высокой загруженности городских магистралей;
- Обеспечить комфортные условия при пересадках, включая физическую доступность, безопасность, информационную поддержку, защиту от неблагоприятных погодных условий и наличие необходимой инфраструктуры, такой как освещение, разметка, указатели и зоны отдыха.
- снизить финансовые и экологические издержки [74].

2.2 Анализ критериев развития интегрированной логистической транспортной системы мегаполиса

Развитие пассажирских перевозок и интегрированных транспортных сервисов имеет ключевое значение для социально-экономического развития страны. Повышение мобильности населения способствует не только улучшению качества жизни, но и активизации экономической активности, развитию рынка труда, доступности образования, здравоохранения и культурных услуг. Это делает обеспечение высокого уровня транспортной мобильности важнейшей задачей государственной политики в сфере транспорта Российской Федерации, которая реализуется на региональном уровне через программы развития логистических транспортных систем отдельных мегаполисов, агломераций и регионов.

Очевидно, что решение этой задачи невозможно с использованием одного вида транспорта. Реализация таких логистических принципов, как «точно в срок», «от двери до двери» и «точно по расписанию», требует

комплексного подхода, основанного на синергетическом взаимодействии нескольких видов транспорта. Только через интеграцию рельсового, наземного, воздушного и водного сообщения можно обеспечить полное пространственное охватывание территории мегаполиса и преодолеть конструктивные и технологические различия между отдельными транспортными системами.

Эффективное выполнение указанных принципов возможно лишь при условии постоянного построения и ведения пассажирских контактных графиков, которые выступают основой для согласования работы всех участников перевозочного процесса. Контактный график позволяет не только увязать временные параметры движения различных видов транспорта, но и учитывать особенности функционирования каждого из них, обеспечивая тем самым целостность и согласованность всей системы.

Для достижения максимальной клиентоориентированности транспортной системы необходимо стремиться к сокращению общего времени поездки, включая не только время непосредственного передвижения, но и периоды ожидания транспорта, а также время, затрачиваемое на пересадки между различными его видами. Эффективное решение этой задачи требует системного подхода, основанного на внедрении современных логистических решений и разработке новых методов планирования и организации перевозок. Эти методы должны учитывать многообразие факторов, характерных для городской среды: плотность населения, застроенность территории, географические особенности города, уровень социально-экономической активности и динамику пассажиропотоков в разное время суток. Особое внимание при этом следует уделять потребностям различных категорий пассажиров — школьников, студентов, трудовых мигрантов, работников сферы услуг, офисных сотрудников, пенсионеров и туристов, поскольку их маршруты, временные предпочтения и требования к комфорту могут значительно отличаться. Внедрение принципов персонализированного подхода в транспортное

обслуживание позволяет повысить степень удовлетворённости пользователей и увеличить долю граждан, предпочитающих общественный транспорт личному автотранспорту. Для этого важно развивать гибкие системы расписаний, предусматривающие адаптацию интервалов движения к уровню спроса, а также создавать условия для бесшовных пересадок, единые билетные решения и информационную доступность.

В рамках данного подхода предлагается сформулировать основные логистические принципы, которые следует применять к функционированию интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса:

- Комплексность (интегрированность) – все элементы ИЛТС, включая виды транспорта, инфраструктуру, информационные системы и управляющие структуры, должны быть объединены в единую систему с общей целью: обеспечение максимально эффективной и комфортной мобильности населения.

- Системность экономической эффективности – организация транспортного обслуживания должна строиться с учётом не только технической возможности перевозки, но и экономической целесообразности, включая оптимизацию затрат и доходов всех участников процесса.

- Постоянное развитие – система должна развиваться, внедрять новые технологии, автоматизированные и интеллектуальные средства управления, а также интегрировать новые виды транспорта, такие как электромобили, каршеринг, дрон-такси и другие.

- Сквозное «бесшовное» управление – процессы планирования, организации и контроля работы ИЛТС должны быть согласованы и выстроены так, чтобы пользователь воспринимал всю поездку как единое событие без разрывов между этапами.

- Устойчивость системы – ИЛТС должна быть способна адаптироваться к изменениям внешней среды: климатическим, демографическим, технологическим и другим факторам.

- Централизованность управления – координация деятельности всех участников транспортного процесса должна осуществляться из единого центра, что позволяет повысить ответственность, точность и качество предоставляемых услуг.

- Сохранение целостности и развитие ИЛТС – поддержание единства системы должно сочетаться с её гибкостью и готовностью к изменениям, соответствующим трендам новой городской мобильности и требованиям цифровой трансформации.

- Клиентоцентричность – модель управления транспортной системой должна быть переориентирована с акцентом на удовлетворение потребностей пассажиров, что включает в себя удобство, доступность, информированность и безопасность.

Известно, что транспорт обладает свойствами нематериальности и неравномерности во времени в отличие от производства, поэтому качество влияет на устойчивость пассажиропотока [7, 75].

По результатам анализа существующих логистических подходов сформулирована система основных критериев качества транспортного обслуживания пассажиров в ИЛТС мегаполиса (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Организация качественного обслуживания пассажиров [76]

Критерии качества	Преимущества для пассажиров
Минимизация времени ожидания	Уменьшение общего времени в пути, сокращение времени пересадок и т.д.
Устойчивость системы	Бесперебойная и эффективная работа транспортной системы с использованием рельсового транспорта
Регулирование корреспонденции маршрутов	Гибкая система составления маршрутов в мегаполисе и интеграции различных видов транспорта
Удобство расписания	Интеграция графиков движения

Применение изложенных выше подходов и системный учет указанных критериев функционирования интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) позволит достичь ряда стратегически важных результатов, имеющих как транспортную, так и социально-экономическую значимость:

Гармонизация транспортных процессов в мегаполисе, что выражается в устранении дублирования маршрутов, сокращении нерациональных пересадок, повышении согласованности работы различных видов транспорта и снижении общей напряженности в транспортной сети;

Интенсификация социально-экономического развития региона за счет улучшения транспортной доступности ключевых экономических зон, деловых и жилых районов, что способствует притоку инвестиций, развитию малого и среднего бизнеса и созданию новых рабочих мест;

Повышение транспортной мобильности населения, обеспечиваемое расширением охвата транспортной сети, оптимизацией маршрутов и внедрением единых правил перевозки, что делает общественный транспорт более доступным и удобным для всех категорий граждан;

Укрепление позиций мегаполиса на различных региональных рынках, поскольку эффективно организованная транспортная система становится фактором конкурентоспособности города как делового, культурного и туристического центра;

Повышение качества и комплексности «бесшовного» обслуживания пассажиров, когда все этапы поездки — от планирования до завершения пути — происходят без разрывов и дополнительных усилий со стороны пользователя. Это достигается благодаря единой билетной системе, информационной открытости, физической доступности пересадочных узлов и согласованности расписаний;

Формирование имиджа «открытого мегаполиса», ориентированного на комфорт и доступность городской среды для всех слоёв населения. Такой

подход не только улучшает качество жизни горожан, но и повышает привлекательность города для туристов, инвесторов и международных партнёров, одновременно усиливая конкурентоспособность локальных перевозчиков и других участников транспортной отрасли.

На основе анализа теоретических основ и практики формирования интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) в мегаполисах [77–79, 80], можно сделать вывод, что только при условии комплексного и сбалансированного использования существующей транспортной инфраструктуры возможно достижение устойчивого развития ИЛТС. Это предполагает не просто модернизацию отдельных элементов транспортной сети, но и создание целостной системы, в которой взаимодействуют различные виды транспорта, логистические цепочки и управленческие механизмы. При этом необходимо ориентироваться на стратегические векторы социально-экономического развития мегаполиса и региона его расположения, а также учитывать долгосрочные демографические, экологические и технологические тренды. Например, рост численности населения, увеличение доли городских жителей, развитие цифровых технологий и переход к «зелёной» экономике требуют пересмотра подходов к организации перевозок и выбору подвижного состава. Учёт этих факторов позволяет заложить основу для адаптивности транспортной системы к будущим изменениям.

Эффективное функционирование ИЛТС предполагает не просто техническую интеграцию видов транспорта, но и формирование целостной логистической экосистемы, которая будет отвечать современным требованиям устойчивости, цифровизации и пользовательской ориентированности. Именно такой подход позволяет говорить о реальном прогрессе в организации транспортной системы мегаполиса как одного из ключевых элементов его урбанистической и экономической инфраструктуры.

Таким образом, развитие пассажирских перевозок в рамках интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса

требует системного подхода, основанного на учете комплекса взаимосвязанных критериев, которые обеспечивают не только эффективность и устойчивость функционирования системы, но и высокий уровень сервиса для пассажиров. Эти критерии охватывают экономические, социальные, технологические, экологические и логистические аспекты и могут быть сгруппированы следующим образом:

1. Критерии эффективности

- Эффективность ИЛТС напрямую влияет на её привлекательность как для пассажиров, так и для городской администрации. Основные показатели:

- Скорость перемещения — время поездки является ключевым фактором выбора маршрута и вида транспорта. Чем быстрее система доставляет пассажира к месту назначения, тем выше её конкурентоспособность.

- Стоимость проезда — должна быть доступной для различных слоёв населения, учитывать льготные категории и предусматривать возможность использования единого билета при мультимодальных перевозках.

- Надежность — регулярность движения и строгое соблюдение расписания особенно важны в условиях больших пассажиропотоков. Сбои в графике могут привести к образованию очередей, перегрузке ТПУ и снижению уровня безопасности.

- Пропускная способность — особенно актуальна в часы пик, когда необходимо оперативно обслуживать увеличенное количество пассажиров. Это достигается за счёт оптимизации маршрутов, графиков и подвижного состава.

- Эффективное использование ресурсов — включает оптимальное распределение транспорта, времени работы персонала и энергоэффективность.

2. Критерии информативности, безопасности и комфорта

В современном мире информационная открытость становится важным элементом качества транспортного сервиса:

- Доступность информации — данные о движении транспорта, изменениях в расписании, наличии пробок и состоянии пересадочных узлов должны предоставляться пассажирам в режиме реального времени через мобильные приложения, веб-ресурсы и электронные табло.

- Дублирование информации — важно обеспечить как цифровой, так и физический канал передачи данных: указатели, информационные стенды, голосовые объявления в ТПУ и на остановках.

- Безопасность — своевременная информация позволяет предотвращать аварийные ситуации, управлять потоками пассажиров и направлять их по наиболее безопасным и эффективным маршрутам.

- Комфорт — удобство ожидания, наличие сидений, защита от непогоды, чистота и безопасность в общественном транспорте и на пересадочных узлах.

3. Критерии экологичности

- Транспортная система мегаполиса оказывает значительное воздействие на окружающую среду, поэтому важна её экологическая устойчивость:

- Снижение выбросов — внедрение электробусов, трамваев, гибридных автомобилей и других экологических видов транспорта; оптимизация маршрутов для уменьшения холостого пробега.

- Шумовое загрязнение — применение шумоподавляющих технологий, звукоизоляция участков движения, ограничение скорости в жилых районах.

- Загрязнение воздуха — переход на электрический транспорт и внедрение систем фильтрации выхлопов; контроль за уровнем выбросов старых транспортных средств.

4. Критерии социальной значимости

Транспортная система должна быть социально справедливой и доступной для всех категорий населения:

- Доступность — обеспечение комфортного и безопасного перемещения маломобильных групп, пожилых людей, детей и людей с ограниченными возможностями здоровья. Это включает наличие пандусов, тактильных указателей, специализированного транспорта.
- Влияние на экономику — развитая ИЛТС способствует росту трудовой мобильности, улучшению доступа к рабочим местам и стимулированию экономического развития города.
- Организация рабочих мест — создание новых рабочих мест в сфере управления, обслуживания и разработки транспортных решений.

5. Критерии технологичности

- Технологическое оснащение системы является основой её адаптивности, масштабируемости и долгосрочной устойчивости:
- Интеграция разных видов транспорта — создание единой системы управления, позволяющей согласовывать расписания, контролировать работу всех участников и организовывать бесперебойные пересадки.
- Открытость данных — предоставление открытого API и доступа к данным о движении транспорта, загруженности маршрутов и состоянии инфраструктуры для разработчиков, исследователей и третьих сторон.
- Автоматизация и интеллектуальные системы — внедрение систем автоматического диспетчерского управления, аналитики пассажиропотоков, прогнозирования спроса и саморегулирования нагрузки на сеть.

Успешное развитие ИЛТС мегаполиса требует комплексного подхода, учитывающего интересы всех участников транспортно-логистического процесса [81-87].

Наиболее важные критерии развития пассажирских перевозок в ИЛТС мегаполиса:

1. Удобство и комфорт пассажиров играют ключевую роль в формировании положительного опыта использования общественного транспорта. От уровня комфорта зависит не только удовлетворённость пользователей, но и их готовность регулярно выбирать данный вид транспорта. Современные требования к транспорту включают наличие удобных сидений, климат-контроля, возможности зарядки устройств и доступности для маломобильных групп населения. Повышение уровня комфорта способствует росту популярности общественного транспорта среди горожан.

2. Безопасность является неотъемлемой частью качественной транспортной системы. Она охватывает как физическую безопасность пассажиров — защиту от ДТП, травм, преступлений, так и эмоциональное спокойствие во время поездки. Внедрение систем видеонаблюдения, усиление освещения на остановках и платформах, а также контроль за техническим состоянием подвижного состава значительно повышают уровень доверия к транспортной системе. Безопасность также включает соблюдение санитарных норм и мер профилактики в периоды эпидемий.

3. Скорость и надежность перевозок напрямую влияют на выбор транспорта жителями мегаполиса. Люди ценят своё время и предпочитают те виды транспорта, которые позволяют минимизировать затраты времени на дорогу. Высокая скорость движения и точное соблюдение расписания обеспечиваются благодаря выделенным полосам, приоритетному проезду на светофорах и современным системам управления транспортными потоками. Кроме того, прогнозируемость поездок позволяет лучше планировать рабочий день и личную жизнь.

4. Финансовая доступность услуг транспорта — один из основных факторов, влияющих на вовлечённость населения в использование

общественного транспорта. Тарифы должны быть справедливыми и соответствовать доходам разных социальных слоёв. Субсидирование перевозок, льготные проездные билеты для студентов, пенсионеров и инвалидов, а также система накопительных скидок способствуют увеличению числа регулярных пользователей. При этом важно сохранять баланс между доступностью и устойчивостью финансовой модели транспортной системы.

5. Влияние на окружающую среду становится всё более значимым критерием в условиях роста экологического сознания населения. Экологичный транспорт снижает уровень загрязнения воздуха, шума и углеродного следа города в целом. Переход на электробусы, гибридные поезда и водородные технологии — важный шаг в сторону устойчивого развития городской транспортной системы. Также важно информировать пассажиров о преимуществах экологичных перевозок и стимулировать переход на «зелёные» варианты мобильности.

6. Интеграция различных видов транспорта обеспечивает гибкость и удобство передвижения в условиях плотной городской застройки. Единая система билетирования, совместимые маршруты и логистика пересадок позволяют создать бесшовный опыт перемещения между метро, автобусами, электричками, велосипедами и каршерингом. Интеграция особенно важна для пригородных зон, где пассажиры часто используют несколько видов транспорта за одну поездку. Унифицированные приложения и цифровые платформы помогают планировать такие поездки максимально эффективно.

7. Надежность и точность работы транспорта формируют доверие со стороны пользователей. Регулярные задержки или несоблюдение расписания вызывают раздражение и могут оттолкнуть потенциальных пассажиров. Для повышения надёжности необходимы современные системы диспетчерского управления, мониторинга транспорта в реальном времени и оперативного реагирования на внештатные ситуации. Внедрение

автоматизированных систем расчёта интервалов движения и прогнозирования пробок также способствует улучшению показателей.

8. Территориальная доступность подразумевает, что транспортная инфраструктура должна быть равномерно развита по всем районам города. Это позволяет даже отдалённым районам быть связаны с центральной частью и делает общественный транспорт по-настоящему массовым решением. Поддержание хорошего состояния подъездных путей, наличие пешеходных дорожек и безопасных переходов у остановок — важная часть территориального охвата. Также необходимо учитывать потребности малообеспеченных и удалённых районов при планировании новых маршрутов.

9. Технологии и инновации являются движущей силой модернизации транспортной системы. Использование искусственного интеллекта для анализа пассажиропотоков, внедрение безналичной оплаты, цифровых карт и мобильных приложений заметно улучшает качество обслуживания. Благодаря инновациям возможно создание персонализированного сервиса, включающего уведомления о прибытии транспорта, рекомендации по маршрутам и обратную связь от пользователей. Технологическое развитие также открывает возможности для автоматизации и цифровой трансформации всей транспортной отрасли в целом.

Анализ работ В. Г. Галабурды [7], С.П. Вакуленко [61], В. А. Персианова [7], Э.А. Сафронова [88] позволил сформулировать уточненную и расширенную классификацию критериев развития ИЛТС мегаполиса (рисунок 2.1).

Следует полагать, что гармоничное сочетание подходов, указанных в предложенной классификации, и их применение к конкретным ситуациям развития интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) даст возможность эффективно решить ряд существующих проблем. Это, в свою очередь, будет способствовать созданию более комфортных условий для пассажиров при осуществлении пересадок между различными видами

транспорта. Важно учитывать, что успешная реализация таких подходов требует координации действий всех участников транспортного процесса, а также внедрения современных информационных технологий, обеспечивающих прозрачность и синхронизацию логистических операций. Только комплексный и системный подход позволит добиться устойчивого повышения качества транспортного обслуживания населения и повысить общую эффективность функционирования ИЛТС [89]. Такой интегрированный подход подразумевает не только техническое согласование расписаний и инфраструктуры, но и учёт социальных, экономических и экологических аспектов, характерных для конкретного мегаполиса.

Опираясь на научно-методологическую базу исследований таких ученых, как Вакуленко С.П. [90], Евреенова Н.Ю. [67], Резер С.М. [8], Куренков П. В. [91], Беленький М.Н. [92], предложена авторская система критериев, дополняющих особенности развития ИЛТС мегаполиса (таблица 2.2).

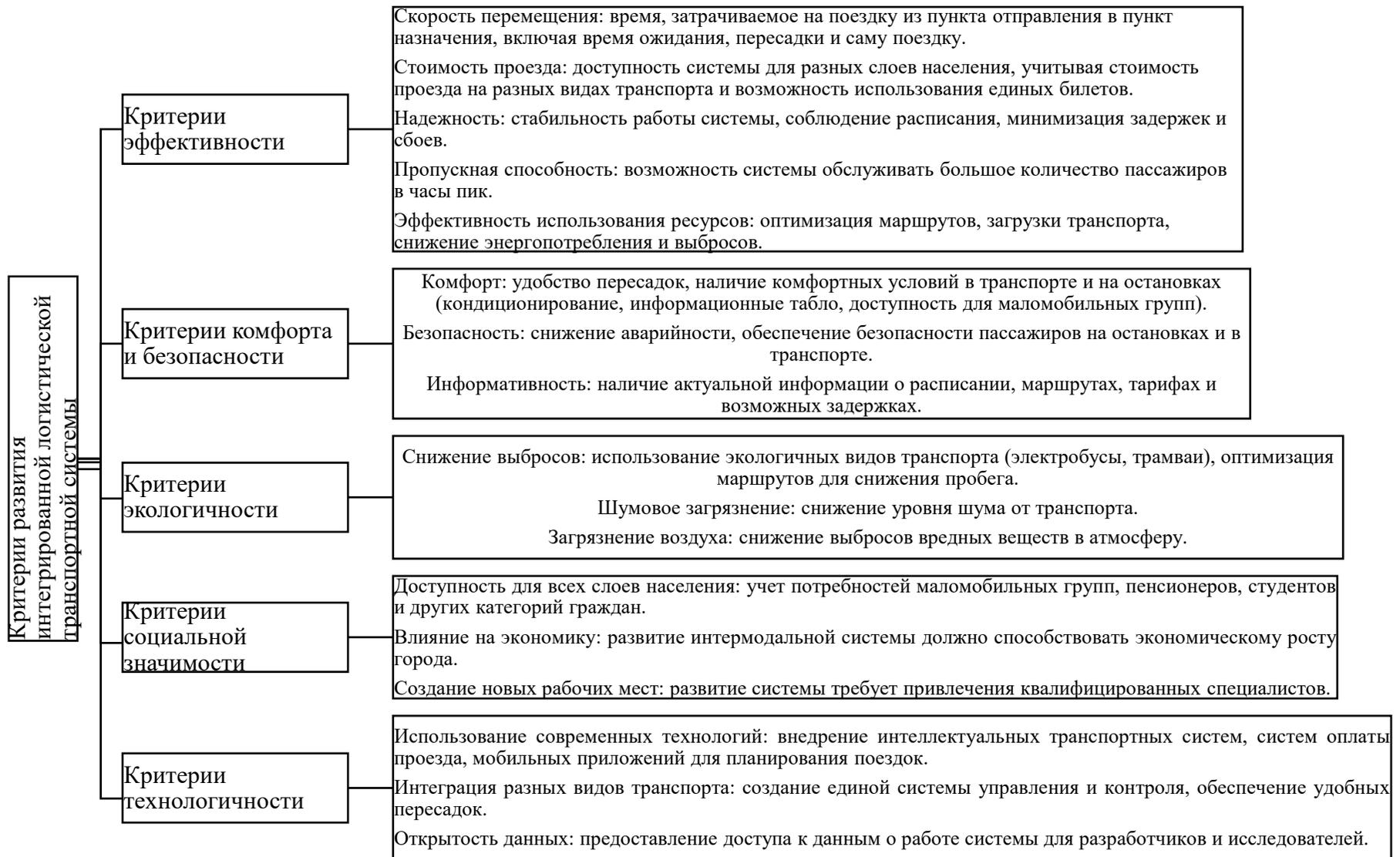


Рисунок 2.1 – Классификация критериев развития ИЛТС мегаполиса

Таблица 2.2 – Дополнительные критерии развития ИЛТС

Критерий развития ИЛТС	Описание критерия развития ИЛТС
1) Полнота использования железнодорожных путей в мегаполисе	отношение длины путей, используемых для городской электрички, к общей длине железнодорожных путей в городе, выраженное в процентах
2) Степень связанности периферийных районов с ядром мегаполиса	отношение пассажиропотока, не имеющего возможность воспользоваться железнодорожным транспортом, к числу железнодорожных станций, стремящееся к минимуму
3) Показатель загруженности зон мегаполиса	показатель, позволяющий определить состояние транспортной системы, провести анализ зон мегаполиса или транспортно-пересадочных узлов (более подробно рассмотрено в главе 3)
4) Интегрированность ИЛТС	Создание пассажирского контактного графика движения транспортно-пересадочного узла в интегрированной логистической транспортной системе (алгоритм и методика построения см. в главе 2)
5) Величина эффекта от сокращения времени нахождения пассажира в пути	Величина, определяемая на основе экономической оценки (см. в главе 4)
б) Доля пассажиропотока в ИЛТС	отношение пассажиропотока, воспользовавшегося общественным транспортом, к наибольшему пассажиропотоку мегаполиса, выраженное в процентах

Рассмотрим подробнее предложенные критерии.

1) Полнота использования железнодорожных путей в мегаполисе

Организацию скоростного сообщения в мегаполисе можно рассмотреть на примере Санкт-Петербурга, который стал своего рода полигоном для испытания различных моделей транспортной инфраструктуры. В связи с активным расширением городских границ и постоянным ростом численности населения остро встаёт необходимость создания эффективных решений для

перевозки пассажиров. Однако реализация таких проектов сталкивается с рядом трудностей. Во-первых, не все станции открываются в намеченные сроки, что нарушает логистическую целостность системы и затрудняет планирование дальнейшего развития. Во-вторых, изначально установленные временные рамки реализации проекта часто оказываются завышенными, что требует регулярного пересмотра графиков и внесения корректировок в проектную документацию. Кроме того, необходимо учитывать сложившуюся практику, при которой отставание по одному элементу транспортной системы вызывает цепочку сбоев в функционировании всей инфраструктуры. Это подчеркивает важность более точного прогнозирования сроков строительства и запуска объектов, а также усиления координации между различными уровнями управления — от проектировщиков до городских властей. Только комплексный подход к планированию и реализации проектов позволит создать устойчивую и эффективную систему скоростного транспортного сообщения, способную удовлетворить потребности быстро растущего мегаполиса. Это связано с тем, что развитие новых районов происходит быстрее, чем предполагалось изначально. Например, при планировании застройки учитывались определённые демографические прогнозы, однако реальный приток населения оказался выше, что повлекло за собой необходимость досрочного решения вопросов транспортной доступности.

Решением проблемы быстроразвивающихся районов является ввод в эксплуатацию трамваев на выделенных полосах движения. Такой подход позволяет значительно повысить скорость передвижения и снизить нагрузку на другие виды транспорта. Как пример, можно привести линию от станции метро «Автово» в сторону жилого комплекса «Балтийская жемчужина», или маршрут от станции метро «Ладожская». Эти маршруты уже показывают высокую эффективность и могут служить моделью для других перспективных районов. Более того, использование трамвайного сообщения способствует экологическому улучшению городской среды, так как

электрический транспорт не производит выбросов непосредственно в атмосферу.

Ввод в использование пригородного железнодорожного транспорта для перемещения пассажиров из районов, которые у населения считаются городом, но по факту являются пригородом, таких как Кудрово, Девяткино, Мурино, Янино и другие, является удобным и экономически обоснованным транспортным решением.

Для полноты использования железнодорожных путей в мегаполисе необходимо определить маршрут городской электрички. В отличие от обычных пригородных поездов, городская электричка должна быть частью единой системы метрополитенного типа, обеспечивающей регулярное и быстрое сообщение между ключевыми точками города и ближайшими пригородами. Это может включать в себя создание специализированных платформ, совместимых с системой оплаты проезда в метро и наземном транспорте, а также синхронизацию расписаний для удобства пересадок. Такой подход позволит не только разгрузить центральные районы, но и сделать пригородную зону более доступной и комфортной для проживания.

В современном мегаполисе жители новостроек в «час пик» не могут покинуть свой район по причине того, что общественный транспорт переполнен. Проблема перегрузки транспортной системы становится всё острее с каждым годом, особенно в районах массовой застройки, где инфраструктура развивается медленнее, чем население осваивает новые пространства. Высокая загруженность транспортной системы наблюдается, например, в районе «Кудрово» (рисунок 2.2).

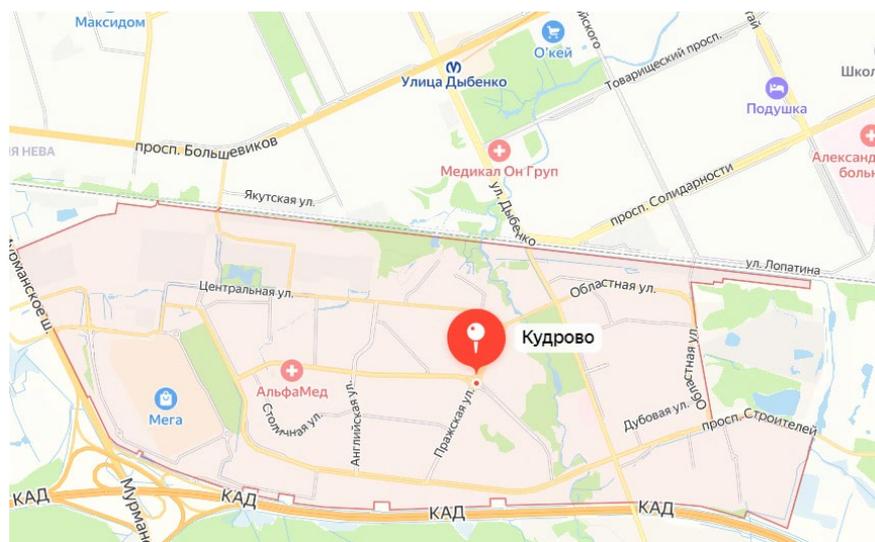


Рисунок 2.2 – Пример-иллюстрация района Кудрово

В Калининском районе возможно использование железнодорожных путей с примыканием к Ладожскому и Финляндскому вокзалам (рисунок 2.3).

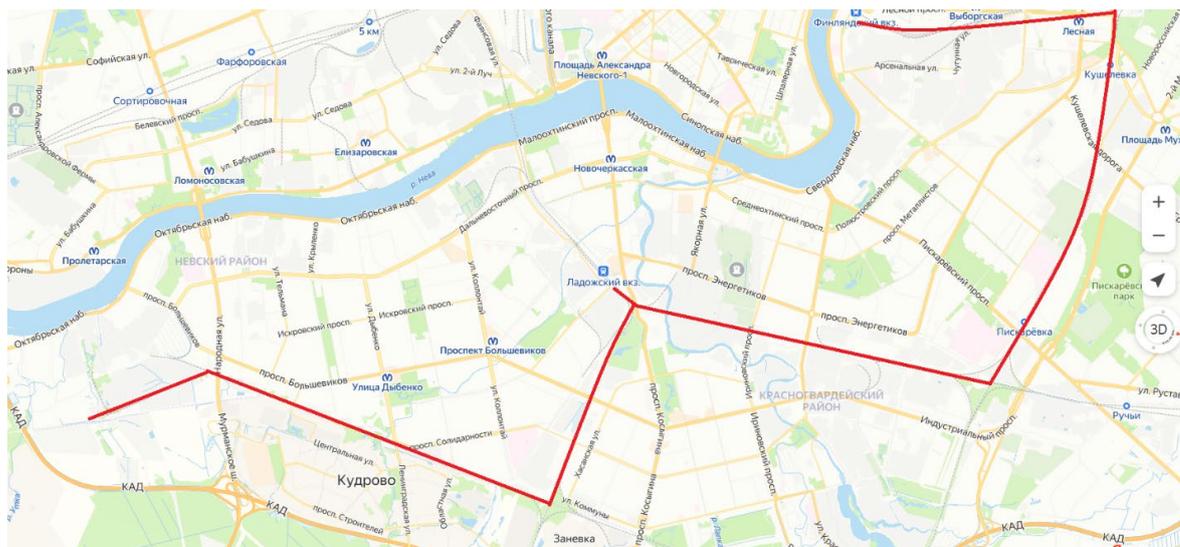


Рисунок 2.3 – Пример-иллюстрация использования железнодорожных путей в городе

В Санкт-Петербурге высокой загруженностью отличаются такие районы, как:

– Красносельский район — один из наиболее быстро развивающихся территориальных зон города. Однако развитие инфраструктуры здесь отстает от темпов застройки. Главная причина высокой нагрузки на транспортную систему — крайне слабая

обеспеченность районным общественным транспортом, особенно метро, которое полностью отсутствует на его территории. В результате жители вынуждены полагаться на наземный транспорт, который часто не справляется с пассажиропотоками, особенно в часы пик. Это приводит к образованию пробок и снижению качества жизни.

– Невский район — один из самых населённых и густо застроенных в городе. Здесь наблюдается сразу несколько факторов, затрудняющих транспортное сообщение. Со стороны реки Невы район соединяют всего два моста, которые постоянно находятся в состоянии перегрузки. Движение дополнительно усложняется наличием множества железнодорожных переездов внутри самого района, что регулярно приводит к заторам. К тому же, активная застройка продолжается на таких стратегически важных направлениях, как Октябрьская набережная и Дальневосточный проспект — именно эти участки считаются самыми нагруженными в районе. Увеличение числа жителей и рабочих мест только усугубляет ситуацию, требуя срочных мер по модернизации транспортной сети.

– Не меньшую сложность представляет собой ситуация в новых микрорайонах на границе города, большинство из которых расположено во Всеволожском районе Ленинградской области. Эти территории стали центром реализации крупных жилищных проектов, рассчитанных на десятки тысяч новых жителей. Однако дорожно-транспортная инфраструктура не успевает развиваться в таком же темпе. Существующие дороги и маршруты общественного транспорта уже не справляются с растущими объёмами движения, а новые развязки и транспортные узлы планируются с существенными задержками. Это порождает постоянные пробки и делает передвижение между районами крайне неэффективным.

– Василеостровский район, несмотря на свою относительно компактную площадь и удобную внутреннюю планировку, также сталкивается с серьёзными транспортными проблемами. Хотя внутри района

движение осуществляется достаточно комфортно, подъезды к нему со всех сторон регулярно страдают от пробок. Причиной являются ограниченное количество мостовых переходов, связывающих Васильевский остров с другими частями города. Все они находятся в режиме максимальной загрузки, особенно в утренние и вечерние часы пик. Такое положение дел делает район труднодоступным для тех, кто живёт или работает за его пределами, но вынужден через него проезжать.

Городская электричка может стать эффективным решением, если её функционирование будет не ограничиваться простым соединением двух станций, а предусматривать интеграцию различных районов в единую сеть. Например, можно организовать маршрут по типу кольца, охватывающего периферийные районы, и одновременно создать радиальные диаметры, соединяющие их с центром города. Подобный опыт уже успешно реализован в Москве в виде Московского центрального кольца, которое значительно повысило мобильность горожан и разгрузило центральные магистрали.

На рисунке 2.4 показано распределение «поясов» в Санкт-Петербурге.

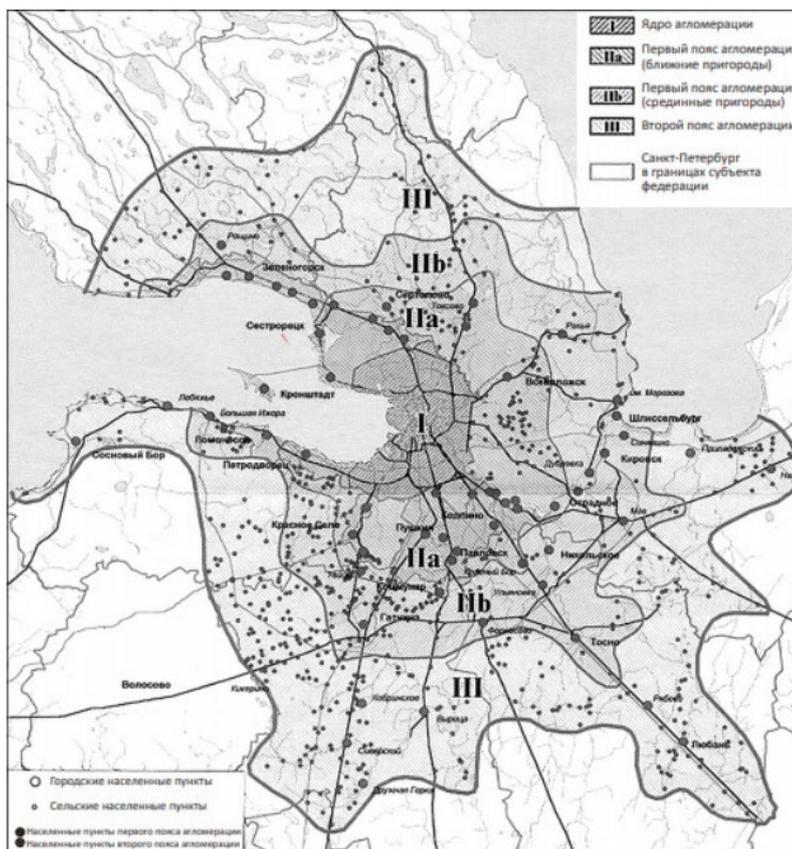


Рисунок 2.4 – Распределение поясов агломерации [95].

На рисунке 2.5 подписаны пассажиропотоки зон агломерации.

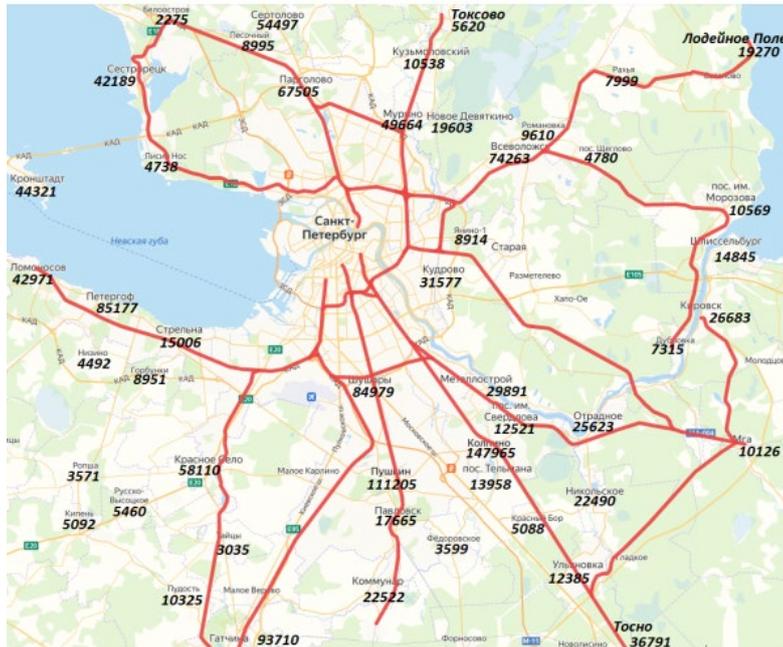


Рисунок 2.5 – Пассажиропотоки зон агломерации [94].

В Санкт-Петербурге сформировалась уникальная конфигурация метрополитена, включающая четыре с половиной диаметра, пересекающихся в центральной части города. В отличие от традиционных схем с кольцевыми линиями, здесь используется прямоугольный пересадочный узел, выполняющий роль основного транспортного ядра. Эта схема позволяет сосредоточить высокую плотность станций в центре и обеспечивает удобные пересадки между линиями. Такое построение сети способствует более равномерному распределению пассажиропотоков и повышает общую пропускную способность системы. Однако, несмотря на определённые преимущества, существующая структура имеет свои ограничения. Одним из ключевых недостатков является неравномерное покрытие подземным транспортом центральных районов города. Некоторые зоны до сих пор остаются слабо обеспеченными станциями метро, что затрудняет транспортное обслуживание этих территорий. Например, в Адмиралтейском районе продолжает отсутствовать станция «Театральная», строительство которой могло бы стать важным шагом в решении ряда транспортных

проблем центральной части Петербурга. Её появление позволило бы разгрузить прилегающие участки улично-дорожной сети и повысить доступность как для местных жителей, так и для гостей города. Таким образом, дальнейшее развитие метрополитена в центральной зоне должно учитывать потребности всех районов, обеспечивая более полное и сбалансированное транспортное обслуживание.

Кроме того, такая схема организации движения приводит к тому, что пассажиропотоки из разных частей города пересекаются именно в ядре ЛТС, вызывая значительное увеличение нагрузки на центральные станции и тоннели [96, 97]. Это, в свою очередь, негативно влияет как на скорость передвижения пассажиров, так и на уровень комфортности в процессе поездок. Особенно остро эта проблема ощущается в часы пик, когда объемы перевозок достигают предельных значений.

Наземный общественный транспорт частично компенсирует недостатки подземки, обеспечивая доступность удалённых от метро участков центра. Однако его интенсивное использование также связано с рядом негативных последствий: пробками, загрязнением воздуха и снижением скорости движения в целом по городу. Таким образом, без полноценного развития подземной транспортной сети невозможно достичь устойчивого решения проблемы мобильности в исторических районах Петербурга.

Отсутствие полноценной кольцевой линии метрополитена приводит к тому, что пассажиры, следующие с одной окраины города на другую, вынуждены проходить через центр, даже если он не является их конечной целью. Это создает эффект "транзитного давления" на центральную часть транспортной системы и приводит к существенным скачкам пассажиропотока. Подобная ситуация усиливает нагрузку на ключевые пересадочные узлы и требует как оперативного, так и стратегического подхода к планированию развития инфраструктуры.

Важно отметить, что развитие транспортной системы Санкт-Петербурга происходит неравномерно — как в радиальном направлении, так

и внутри самого ядра города [98]. Такая диспропорция обусловлена целым рядом факторов, включая исторические особенности планировки и застройки территории, сложившуюся за века формирования городской среды. В то же время современные градостроительные подходы и приоритеты также вносят свой вклад в существующий дисбаланс. Например, активная застройка пригородных зон и новых территорий часто не сопровождается соответствующим развитием транспортной инфраструктуры, что приводит к усугублению ситуации. Вместе с тем, центральные районы столкнулись с проблемой перегрузки дорожной сети и недостаточной модернизацией существующих коммуникаций. Таким образом, разрыв между потребностями населения и качеством транспортного обслуживания продолжает нарастать, требуя комплексного и сбалансированного подхода к планированию развития городской транспортной системы. Неравномерность развития агломерации требует разработки четко сформулированных механизмов управления территориальным развитием, направленных на сбалансированное распределение транспортных потоков и обеспечение равномерного доступа ко всем районам города.

Внутри центрального ядра ИЛТС (интегрированной логистической транспортной системы) Санкт-Петербурга наблюдается не только концентрация транзитных пассажиропотоков, но и недостаточное развитие транспортной инфраструктуры. Здесь пересекаются люди с различными целями поездок: студенты, офисные работники, туристы, горожане, направляющиеся на прогулку или шопинг, за услугами, в театры и музеи. Такое разнообразие пользователей требует особого внимания при планировании транспортных решений, чтобы обеспечить комфорт и эффективность перемещений для всех категорий граждан.

Значительное значение имеет запланированный в 2028 году запуск станции метро «Театральная», которая должна улучшить транспортную ситуацию в центре, особенно для тех, кто посещает культурные учреждения, такие как Мариинский театр. Эта станция позволит снизить нагрузку на

соседние пересадочные узлы и повысит качество мобильности как для жителей, так и для гостей города, особенно в периоды максимальной загрузки.

Полноту использования железнодорожных путей в мегаполисе предлагается рассчитывать по формуле:

$$П = \frac{l_{\text{пасс}}}{l_{\text{общ}}} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где П – полнота использования железнодорожных путей в мегаполисе, %;

$l_{\text{пасс}}$ – длина путей, используемых для городской электрички и всех пригородно-городских маршрутов, м;

$l_{\text{общ}}$ – общая длина железнодорожных путей в городе, км.

2) Степень связанности периферийных районов с ядром мегаполиса

Важно систематически анализировать территориальную структуру мегаполиса с целью выявления населенных пунктов и районов, характеризующихся высоким уровнем пассажиропотока, но при этом не имеющих удобного доступа к железнодорожному транспорту. Такой подход позволяет более точно определить зоны, требующие модернизации или расширения транспортной инфраструктуры, а также способствует улучшению качества жизни населения за счет повышения мобильности.

Для этого предлагается использовать специализированный показатель загруженности транспортных узлов и оценки связанности периферийных районов с ядром мегаполиса. Данный коэффициент может учитывать не только объемы перевозок и плотность населения, но и степень доступности транспортных средств, время в пути, количество пересадок и наличие инфраструктуры для пешеходов и наземного транспорта. Более подробное описание методики расчета и практического применения такого показателя приведено в главе 4 настоящего исследования.

Характерным примером подобной ситуации является город Кировск Ленинградской области. В последние годы здесь активно развиваются новые

жилые микрорайоны, построенные с преобладанием многоэтажного домостроения. Это привело к значительному росту численности населения и увеличению потребности в качественном общественном транспорте. Однако на данный момент единственной возможностью воспользоваться железнодорожным сообщением остается пригородный поезд, следующий до станции Невдубстрой. Проблема заключается в том, что эта станция расположена не в черте самого города, а за его пределами, на удалении, которое делает ее практически недоступной для ежедневного использования большинством жителей.

Кроме того, маршрут следования этого поезда проходит через станцию Мга, где он делает остановку продолжительностью от 10 до 20 минут. Эта задержка значительно увеличивает общее время поездки, снижая привлекательность железнодорожного транспорта как средства регулярного сообщения между Кировском и ближайшими крупными транспортными узлами, такими как Санкт-Петербург. Таким образом, текущая организация железнодорожного сообщения не соответствует современным требованиям транспортной доступности и не обеспечивает эффективного взаимодействия между периферией и ядром мегаполиса.

Используя рисунок 2.6, покажем периферийные районы агломерации, не связанные с ядром мегаполиса железнодорожными путями (рисунок 2.7).

Пассажиропоток представляет собой ключевой показатель в транспортном планировании и определяется как количество фактически перевозимых пассажиров по определённому маршруту или через конкретный узел за единицу времени — обычно за час или сутки. Он отражает интенсивность использования транспортной инфраструктуры и позволяет выявлять наиболее загруженные участки, требующие модернизации или расширения.

В свою очередь, структура мегаполиса, включая плотность застройки, распределение функциональных зон и степень развития транспортной инфраструктуры, становится важным объектом исследований при решении актуальных транспортных проблем. Анализ этой структуры позволяет прогнозировать динамику перемещений населения, выявлять зоны потенциального перенапряжения и разрабатывать стратегии устойчивого развития городской логистики.

Для более точного определения наибольших пассажиропотоков в мегаполисе предлагается использовать комплексный подход, основанный на анализе ряда демографических и транспортных параметров. В частности, расчет максимального пассажиропотока можно осуществлять на основе данных о количестве жителей в каждом районе (a_i), общей площади территории (S) и плотности населения агломерации (ρ). Также необходимо учитывать коэффициент автомобилистов (α), который отражает долю населения, использующего личный транспорт, и позволяет оценить нагрузку на наземную дорожную сеть.

$$P = \sum_{i=1}^m \left(\frac{a_i}{S}\right) - \alpha \cdot \rho \quad (2.4)$$

$$f(x) = \begin{cases} \alpha \cdot \rho \rightarrow \min, & \alpha < 1 \\ \sum_{i=1}^m \left(\frac{a_i}{S}\right) \rightarrow \max, & a_i \geq 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Долю пассажиропотока в ИЛТС предлагается рассчитывать:

$$D = \frac{P_{об}}{P} \cdot 100\%, \quad (2.6)$$

$P_{об}$ – пассажиропоток, воспользовавшийся общественным транспортном;

P – наибольший пассажиропоток мегаполиса.

В связи с ускоренным развитием новых жилых и коммерческих районов в мегаполисах наблюдается резкий рост пассажиропотоков по определённым направлениям, особенно в периоды «часа пик». Это приводит к значительному увеличению нагрузки на транспортную инфраструктуру и требует системного подхода к оценке состояния и функционирования интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС). Для более точного анализа и прогнозирования загруженности разработан специализированный программный продукт, позволяющий автоматизировать сбор данных, обработку и визуализацию полученных результатов.

Одним из ключевых направлений в управлении транспортными потоками является выявление зон повышенной загруженности — так называемых «транспортных горячих точек», где уровень напряжённости системы значительно превышает средние значения. В таких районах предлагается рассматривать возможность запуска городских электропоездов, поскольку их внедрение может быть экономически более эффективным по сравнению с возведением новых участков метрополитена или расширением дорожной сети.

Для практической проверки предложенного подхода в главе 4 с использованием разработанной программы был проведён расчёт показателя загруженности ИЛТС мегаполиса применительно к Санкт-Петербургу. В частности, для муниципального округа Морской значение данного показателя составило 286,65 пасс·мин . Такой высокий уровень нагрузки свидетельствует о перегруженности существующей транспортной инфраструктуры и необходимости реализации дополнительных мер по её развитию.

2.3 Понятие и классификация контактных графиков для пассажирского движения

Контактные графики уже давно и успешно используются в сфере грузового железнодорожного транспорта для повышения эффективности работы перегрузочных пунктов. Они позволяют согласовать действия всех участников перевозочного процесса, включая станции, локомотивные бригады и грузовые терминалы, обеспечивая тем самым слаженную работу всей транспортной системы. Благодаря этим графикам достигается более рациональное использование инфраструктуры узловых станций, возрастает пропускная способность участков с высокой нагрузкой и минимизируется время простоя подвижного состава. Кроме того, применение контактных графиков способствует снижению вероятности сбоев в расписании и позволяет оперативно реагировать на возможные отклонения в работе транспортных элементов. Благодаря их внедрению удастся минимизировать вероятность возникновения заторов на путях и оптимизировать логистические процессы в целом. Кроме того, использование контактных графиков дает возможность более точно планировать расписание работы обслуживающего персонала и технического оборудования. В своих исследованиях петербургский ученый А.Н. О'Рурк [109, 110] отмечал важность внедрения на объектах промышленного транспорта движения по заранее разработанному графику, который он назвал контактным и который должен быть согласован с технологическим процессом предприятий. Он обосновал необходимость равномерной доставки вагонов Народного комиссариата путей сообщения на пути предприятий, осуществляемой именно по такому графику [109, 110]. При этом ученый подчеркивал, что только при условии строгого соблюдения временных интервалов и последовательности операций можно добиться максимальной синхронизации транспортных и производственных процессов. Такой подход позволяет также минимизировать простои сырья и готовой продукции на складских площадках предприятий.

Таким образом, контактный график становится не просто инструментом планирования перевозок, но и средством повышения общей

эффективности логистических операций. Он обеспечивает устойчивую связь между транспортной системой и производственными циклами, создавая основу для точного и прогнозируемого функционирования всей цепочки поставок. Это особенно важно в условиях высокой загрузки железнодорожной инфраструктуры и необходимости рационального использования имеющихся ресурсов.

Так, в работах по организации грузовых перевозок дается определение контактного графика как формы согласования работы различных звеньев транспортной цепочки, обеспечивающей бесперебойное движение грузов [59]. При этом такой подход позволяет не только повысить регулярность отправок, но и улучшить координацию взаимодействия между станциями и предприятиями. Однако аналогичная задача возникает и при организации пассажирских перевозок, особенно в условиях современных интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС), где требуется точное согласование расписаний разных видов транспорта.

Для пассажирских интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС) не менее важно, чем для грузовых систем, обеспечивать слаженную работу всех видов транспорта. Это касается как этапа планирования направлений и объемов пассажиропотоков, так и нормирования показателей работы транспорта и синхронизации подвода транспортных средств к остановочным пунктам. Без четкой координации между различными модами — наземным, подземным, пригородным и дальним сообщением — невозможно достичь высокой степени удобства и регулярности перевозок. Особое значение это имеет в городских транспортно-пересадочных узлах (ТПУ), где осуществляется передача пассажиров с одного вида транспорта на другой. Здесь необходимо минимизировать время ожидания, избежать скопления транспорта и обеспечить высокую степень надежности всего транспортного процесса. Именно поэтому актуальным становится разработка специализированного

контактного графика, адаптированного под особенности пассажирского движения.

В ходе настоящего исследования, на основе анализа известных научных работ [6, 59, 61], было сформулировано следующее определение пассажирского контактного графика движения:

Пассажирский контактный график (далее – контактный график) представляет собой интегрированную систему визуализации, мониторинга и планирования пассажирской логистики, основанную на графическом изображении взаимосвязанного движения транспортных средств различных видов в транспортно-пересадочных узлах и в структуре ИЛТС мегаполиса в целом.

Пассажирский контактный график в интегрированной логистической транспортной системе (ИЛТС) мегаполиса выполняет ряд ключевых функций, которые делают его незаменимым элементом современной организации перевозок. Он определяет порядок занятия транспортом путей, подходов и остановочных пунктов, что позволяет избежать конфликтов между различными видами подвижного состава и обеспечивает рациональное использование дорожной и инфраструктурной сети. График устанавливает режим движения и нормы времени стоянок на пересадочных узлах, способствуя сокращению задержек и повышению регулярности перевозок.

Кроме того, он обеспечивает интеграцию графиков различных видов транспорта — железнодорожного, метрополитенского, наземного и водного — в единую согласованную систему, где каждый элемент взаимосвязан и работает слаженно. Это особенно важно для крупных городов, где пассажиры часто используют несколько видов транспорта за одну поездку. Также график служит основой для оценки затрат времени пассажиров на поездку в целом, включая время в пути, ожидание и пересадки, что напрямую влияет на уровень удовлетворённости пользователей.

Таким образом, пассажирский контактный график становится не просто инструментом планирования и управления движением, но и аналитической базой для оценки эффективности всей транспортной системы. Его данные могут использоваться как для оперативного текущего управления, так и для стратегического прогнозирования развития транспортной инфраструктуры в долгосрочной перспективе, включая модернизацию отдельных участков и расширение маршрутной сети.

Предлагаемый пассажирский контактный график отличается от существующих аналогов рядом принципиальных характеристик:

По функциональному назначению — он разработан специально для условий пассажирского движения в рамках ИЛТС мегаполиса, где высокая плотность населения и многообразие транспортных мод требуют особого подхода к координации и взаимодействию. В отличие от универсальных или грузовых графиков, он ориентирован именно на потребности пассажиров и их мобильность.

По организационно-технологическому назначению — позволяет связать воедино графики движения различных видов транспорта с целью минимизации времени ожидания пассажиров, сокращения числа простоя подвижного состава и снижения вероятности возникновения транспортных заторов в узлах. Это достигается благодаря внедрению принципов логистического управления, учитывающих динамику пассажиропотоков и сезонные колебания спроса.

По структуре и алгоритму построения — имеет иной формат и методологию построения по сравнению с контактным графиком грузового направления. Пассажирские перевозки предъявляют более высокие требования к регулярности, частоте и точности выполнения рейсов, что обуславливает необходимость применения специализированных методов моделирования и оптимизации.

Ключевой задачей при разработке пассажирского контактного графика для интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС)

мегаполиса является обеспечение ритмичности работы транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) при максимально возможном использовании их пропускной способности. Это означает, что график должен быть не только инструментом для планирования движения транспорта, но и основой для постоянного контроля за соблюдением установленных параметров функционирования системы. Такая структура позволяет минимизировать время ожидания между пересадками и обеспечивает синхронную работу различных видов городского и пригородного транспорта.

Для достижения этой цели необходимо учитывать особенности распределения пассажиропотоков в пространстве и во времени, а также технические характеристики подвижного состава и инфраструктуры ТПУ. Важным аспектом является также согласование графиков движения между различными перевозчиками — как муниципальными, так и частными, поскольку именно комплексный подход обеспечивает целостность транспортной системы. Без такого согласования даже высокая частота отправок может не привести к повышению общей эффективности системы.

Кроме того, предлагаемый контактный график выступает как визуальный инструмент планирования и управления логистическими потоками, позволяющий наглядно представить взаимосвязь между различными видами транспорта, так и практическим инструментом анализа, контроля и нормирования показателей функционирования всей ИЛТС мегаполиса. Благодаря этому можно выявлять «узкие места» в системе, принимать решения по корректировке маршрутов, изменению интервалов движения и оптимизации использования инфраструктуры.

В основу предлагаемого пассажирского контактного графика в интегрированных логистических транспортных системах (ИЛТС) мегаполиса положены как уже известные показатели, широко используемые в практике транспортного планирования, например, описанные в работе [99], так и ряд новых, специально разработанных для целей анализа и управления

сложными многоуровневыми системами пассажирских перевозок. Эти новые параметры позволяют учитывать специфику городской транспортной среды, где взаимодействуют различные виды транспорта, а также обеспечивают более точное моделирование и прогнозирование пассажиропотоков.

В данном исследовании предложена методика расчёта показателей для построения пассажирского контактного графика движения в ИЛТС мегаполиса, отличающаяся своей многофункциональностью. Полученные показатели дают возможность анализировать не только функционирование всей транспортной системы в целом, но и её отдельных компонентов — таких как районы города, отдельные транспортно-пересадочные узлы (ТПУ), станции и остановки общественного транспорта. Это позволяет выявлять проблемные зоны и принимать обоснованные управленческие решения на разных уровнях планирования и эксплуатации. Например, показатель загруженности ИЛТС играет ключевую роль при определении территорий, где наиболее востребована прокладка новых железнодорожных линий — будь то метрополитен, трамвай или наземные железнодорожные направления.

Особое внимание в рамках контактного графика уделяется визуализации данных, связанных с движением пассажирского транспорта. Пассажирский контактный график, который увязывает пригородное сообщение с другими видами транспорта, наглядно отображает информацию о расписании движения, обороте подвижного состава, времени ожидания поездов и продолжительности поездок. Такое графическое представление особенно ценно при анализе направлений, где отсутствует тактовое расписание: оно позволяет чётко представить текущую организацию движения и выявить резервы повышения эффективности работы всей ИЛТС мегаполиса. Визуализация способствует лучшему пониманию сложных процессов взаимодействия различных видов транспорта и служит основой для принятия решений.

Контактный график позволяет комплексно оценить взаимодействие всех видов транспорта, действующих в мегаполисе. При этом особое значение отводится железнодорожному транспорту и метрополитену, поскольку именно они формируют основную транспортную ось и обеспечивают значительную часть пассажирских перевозок. Остальные виды транспорта — автобусы, трамваи, легкорельсовый транспорт и др. — рассматриваются как интегрированные элементы единой системы. Для обеспечения точности и оперативности информации при ведении пассажирского контактного графика необходимо использовать автоматизированные и интеллектуальные системы сбора и обработки данных. Это позволяет повысить адекватность моделирования и сделать график более гибким к изменениям внешней среды и спроса на перевозки.

Для систематизации подходов к построению контактных графиков в интегрированной логистической транспортной системе (ИЛТС) мегаполиса в исследовании предложена 4-факторная классификация пассажирских контактных графиков движения, основанная на характеристиках транспортно-пересадочных узлов (см. рис. 2.8). Эта классификация разработана с учётом существующих подходов к организации контактных графиков для грузового движения, но адаптирована под специфику пассажирских перевозок.

Как видно из рисунка 2.8, в основу предлагаемой классификации положены следующие четыре ключевых фактора:

Уровень величины пассажиропотока и количество взаимодействующих видов транспорта в ТПУ мегаполиса — данный фактор определяет степень сложности пересадочного узла и необходимость высокой степени координации графиков.

Вид пересадок пассажиров в ТПУ мегаполиса — может быть прямым, через переходы, с изменением уровня и т.п., что влияет на выбор типа графика и временных интервалов между отправлениями.

Преимущественный вид транспортных связей — например, радиальный, радиально-кольцевой или сетевой тип, что определяет характер распределения пассажиропотоков и логистические приоритеты.

Особенности расположения ТПУ в мегаполисе — центральная зона, пригородная зона, периферия и т.д., которые влияют на структуру пассажирских потоков и организацию транспортного обслуживания.

Выбор конкретного вида пассажирского контактного графика осуществляется на основе указанной 4-факторной классификации, а также с учетом классности графика, которая определяется по формуле 2.7, предложенной в исследовании. Классность графика отражает уровень его детализации и точности, что особенно важно при управлении крупными транспортными узлами. Кроме того, вводятся и учитываются такие новые показатели, как загруженность ТПУ и пассажироёмкость, которые позволяют более точно оценивать нагрузку на узлы и их способность обслуживать пассажиропотоки без возникновения критических ситуаций. Таким образом, предлагаемая система классификации и показателей обеспечивает научно обоснованное проектирование и практическое применение контактных графиков в условиях современного мегаполиса.



Рисунок 2.8 – Классификация транспортно-пересадочных узлов

При этом предложенная классификация контактных графиков учитывает специфические особенности логистических задач пассажирских перевозок в условиях мегаполиса, что наглядно представлено на рисунке 2.9.

Согласно рисунку 2.9, сверхкрупные графики характеризуются наличием пригородных поездов в составе транспортного взаимодействия внутри транспортно-пересадочного узла (ТПУ). Это обусловлено тем, что пригородное железнодорожное сообщение обеспечивает значительный приток пассажиров из удалённых районов и пригородной зоны, что в свою очередь приводит к увеличению суммарного пассажиропотока в таких узлах. Следовательно, именно в таких ТПУ требуется высокий уровень детализации и координации графиков, чтобы обеспечить бесперебойную работу и снизить вероятность возникновения перегрузок и задержек.

Крупные графики, в свою очередь, строятся в районах города с повышенным уровнем пассажирской активности, где наблюдается интенсивное перемещение людей между различными видами транспорта. Такие графики позволяют эффективно планировать и управлять процессами

пересадки, особенно в местах пересечения радиальных и кольцевых маршрутов, где сосредоточено наибольшее количество пассажиров.

На классность контактных графиков существенное влияние оказывает количество видов транспорта, отображаемых на графике. Важно отметить, что чем больше видов транспорта взаимодействует в конкретном ТПУ, тем выше должна быть детализация графика. Однако это не всегда означает, что классность графика полностью соответствует классности самого узла. Например, даже в крупном транспортно-пересадочном узле может быть построен график, охватывающий лишь часть видов транспорта, если это обусловлено спецификой решаемой задачи — например, анализ взаимодействия только между электропоездами и метро.

В данном исследовании подчеркивается, что выбор состава отображаемых видов транспорта в контактном графике зависит от целей и задач его построения. В зависимости от масштаба, уровня детализации и специфики решаемых логистических вопросов, в график могут быть включены либо все взаимодействующие виды транспорта, либо только те, которые непосредственно влияют на достижение поставленных целей.

Например, при анализе взаимодействия между метрополитеном и трамвайной системой может быть целесообразно исключить автобусные маршруты из состава отображаемых элементов графика. Это особенно актуально, если автобусы не имеют выделенных полос движения и подвержены значительным колебаниям интервалов движения из-за дорожной обстановки. В таких условиях точные временные привязки к прибытию и отправлению автобусов становятся недостаточно предсказуемыми, а их включение в график — методологически некорректным.

Кроме того, включение в график транспортных мод с высокой степенью variability может снижать общую информативность и аналитическую ценность контактного графика, поскольку затрудняет его использование для точного планирования и контроля. Поэтому на этапе проектирования графика важно учитывать не только физическое наличие тех или иных видов

транспорта в системе, но и степень их регулярности, предсказуемости и функциональной значимости для конкретной задачи.

Однако в случае сверхкрупных графиков обязательным условием является полное включение всех взаимодействующих видов транспорта. Подобные графики применяются, например, в ключевых транспортно-пересадочных узлах, где осуществляется сложное многоуровневое взаимодействие между пригородными поездами, метрополитеном, городским общественным транспортом и другими системами. Именно в этих узлах необходимо максимально точное согласование расписаний для обеспечения бесперебойного функционирования всей ИЛТС мегаполиса.

В качестве примера малого графика можно рассмотреть схему движения аэроэкспресса, связанного с метрополитеном. При разработке такого графика достаточно ограничиться данными только о поездах аэроэкспресса и станциях метрополитена, так как другие виды транспорта в данном случае могут не играть решающей роли. Однако если рассматривать этот ТПУ в более широком контексте — например, с точки зрения общего процесса доставки пассажиров от аэропорта до конечных пунктов назначения в городе — то потребуется использование уже крупного или сверхкрупного графика, охватывающего дополнительные виды транспорта и обеспечивающего комплексную координацию всех логистических элементов.

В данном исследовании предлагается для определения классности пассажирского контактного графика движения в транспортно-пересадочном узле на основе предложенной 4-х факторной классификации использовать следующую формулу:

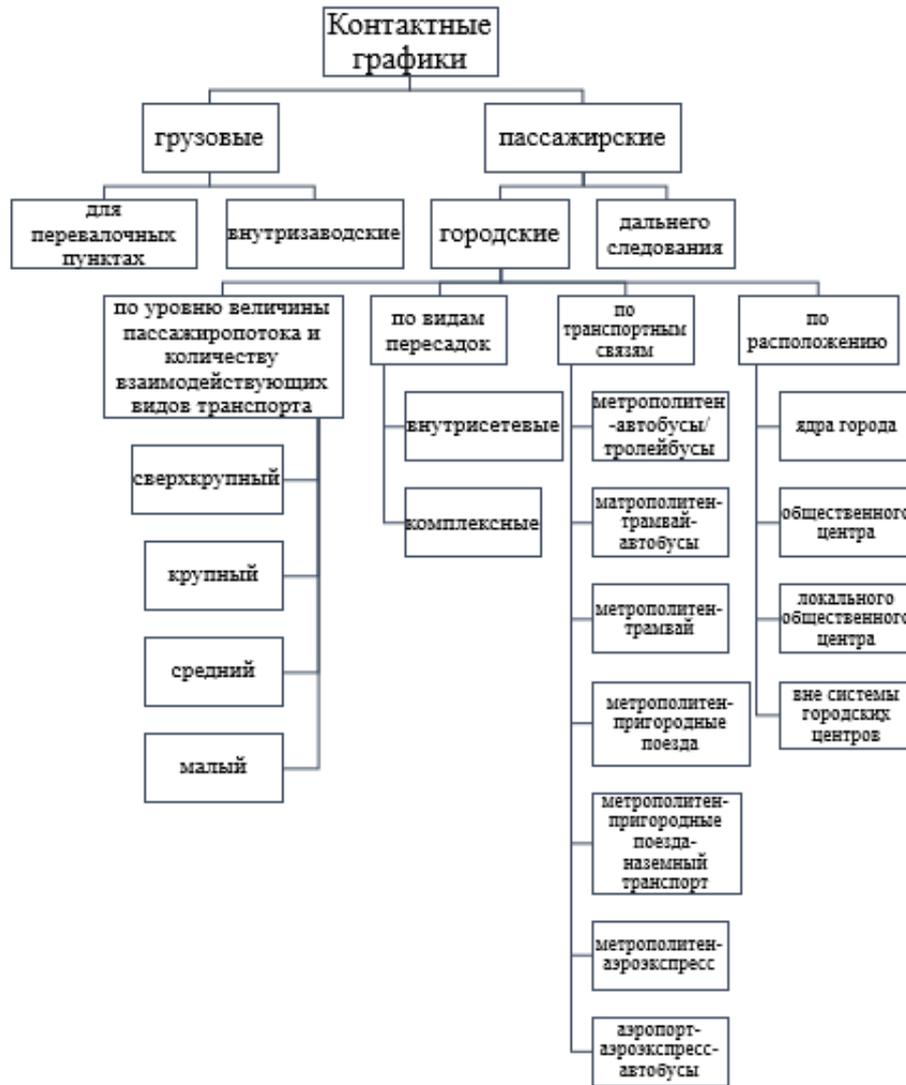


Рисунок 2.9 – Классификация контактных графиков для пассажирского движения (составлено автором)

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n q}, \quad (2.7)$$

где q – взаимодействующий вид транспорта; i – транспорт, взаимодействующий с метрополитеном; n – некоторый транспорт, входящий во взаимодействие.

Чем ближе значение K к нулю, тем классность выше:

$0 < K \leq 0,15$ – сверхкрупный контактный график;

$0,15 < K \leq 0,2$ – крупный контактный график;

$0,2 < K \leq 0,25$ – средний контактный график;

$0,25 < K \leq 0,5$ – малый контактный график.

2.4 Назначение и основные элементы контактного графика движения в транспортно-пересадочном узле

Для того чтобы обеспечить рациональное составление расписания и синхронизацию графиков движения различных видов транспорта, необходимо объединить весь объем информации по каждому из них в единую интегрированную систему. Это позволит не только повысить точность планирования перевозок, но и минимизировать время ожидания пассажиров при пересадках, а также улучшить общую устойчивость функционирования интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС) мегаполиса. Наиболее эффективно решить эту задачу можно с помощью графоаналитического метода, который позволяет наглядно представить взаимосвязь между графиками движения разных видов транспорта и оптимизировать их взаимодействие.

Как было показано в пункте 2.3 данного исследования, пассажирский контактный график движения выступает ключевым инструментом управления логистическими процессами в ИЛТС мегаполиса. Он служит основой для координации работы всех участников транспортной системы и позволяет достичь высокой степени согласованности в движении подвижного состава. При этом его значение заключается не только в визуализации текущего состояния системы, но и в возможности моделировать различные сценарии развития и выбирать наиболее эффективные решения.

Элементный состав пассажирского контактного графика представляет собой графическое отображение движения поездов и других видов городского транспорта на масштабной сетке. По горизонтальной оси графика откладывается время в минутах, а по вертикальной — расстояние в километрах или условных единицах, соответствующих расположению остановочных пунктов. Такое представление позволяет наглядно отразить не только временные параметры движения, но и пространственное положение транспортных средств в каждый момент времени.

Взаимодействующие виды транспорта размещаются на отдельных горизонталях, разделенных линиями сетки, что позволяет четко обозначить временные интервалы их движения и точки пересечения маршрутов. Каждая линия на графике символизирует конкретный маршрут или подвижной состав, а наклон этой линии отражает скорость его передвижения между остановками. Пересечение линий разных видов транспорта может указывать как на возможные пересадки пассажиров, так и на потенциальные конфликты в движении, если такие взаимодействия не учтены заранее при планировании графика.

С помощью контактного графика в ИЛТС мегаполиса становится возможным установить не только расписание движения каждого вида транспорта, но и точное время его следования между остановочными пунктами, а также время стоянок и интервалы отправления. Это дает возможность анализировать уровень регулярности перевозок, выявлять задержки и оперативно корректировать параметры графика.

Для разработки контактного графика требуется предварительная подготовка исчерпывающей и актуальной информации о текущем состоянии расписаний движения всех видов транспорта, действующих в данном транспортно-пересадочном узле. Также необходимо учитывать данные о пассажиропотоках с детализацией по конкретным ТПУ. Под транспортно-пересадочным узлом может пониматься любая станция метрополитена, автобусная или железнодорожная станция, где осуществляется передача пассажиров между различными видами транспорта.

В верхней части графика прокладывается график движения поездов метрополитена, поскольку он, как правило, является основным звеном в системе городских перевозок. Ниже, на следующей горизонтали, вертикальными чертами отмечаются моменты отправления пригородных поездов. Еще ниже располагаются графики легкорельсового транспорта (например, трамваев), а затем — автобусов. Линии, обозначающие время прибытия видов транспорта, взаимодействующих с метрополитеном,

наносятся одинаково, независимо от типа транспорта. Рядом с каждой такой линией указывается цифра, которая обозначает количество минут сверх целого меньшего десятка, что повышает точность отсчета времени. Вид транспорта фиксируется в вертикальном столбце в начале соответствующей горизонтальной линии.

Кроме того, дополнительные данные размещаются в вертикальных колонках по обе стороны от основной сетки графика. Эти сведения могут включать в себя информацию о виде транспорта, названиях маршрутов, наличии или отсутствии выделенной полосы для движения, а также деталях технологической структуры транспортно-пересадочного узла. Также в этих колонках может быть указана продолжительность времени, необходимого пассажиру для осуществления пересадки между различными видами транспорта. Указанные параметры позволяют более точно оценить взаимодействие разных мод, обеспечивают наглядность при анализе текущего состояния транспортной системы и помогают выявить узкие места в логистике пассажирских перевозок. В совокупности такие данные играют важную роль при анализе эффективности графика и планировании мероприятий по его оптимизации, направленных на повышение качества обслуживания пассажиров и рациональное использование транспортных мощностей.

Основные положения по этапам разработки графика движения поездов метрополитена были подробно рассмотрены в работе [100], где представлены рекомендации по учету пассажиропотоков, времени оборота составов и интервалов движения. Графики и расписания движения других видов транспортных средств, включая наземный общественный транспорт, исследовались в работах [101–102], которые также содержат практические рекомендации по их построению и согласованию с другими элементами транспортной системы.

В ТПУ к технологическим данным будем относить следующие: заполнение платформ, время на освобождение пассажирами платформ,

плотность пассажиропотока D ; пропускная способность исследуемого участка пути пространства транспортно-пересадочного узла Q , пас./час.; интенсивность движения пассажиропотока q пас./($m \cdot$ час), проходящего в пространстве ТПУ через заданную линию (сечение) в единицу времени; параметры пешеходных потоков в ТПУ (скорость, плотность, время передвижения); пассажироёмкость.

2.5 Разработка пассажирского контактного графика для интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса

2.5.1 Алгоритм построения пассажирского контактного графика

Особенностью пассажирского контактного графика является его высокая адаптивность к изменяющимся условиям внешней среды и динамике пассажиропотоков. Пассажирские потоки подвержены колебаниям в зависимости от времени года, градостроительной динамики, таких событий, как открытие или закрытие станций, появление новых крупных центров притяжения — торговых комплексов, деловых кварталов, спортивных сооружений и т.д. Например, если на магистральных железных дорогах летом наблюдается рост пассажиропотока, то в пределах мегаполиса выраженной сезонности обычно не прослеживается. Это связано с тем, что снижение числа жителей, уезжающих из города, компенсируется прибытием туристов и гостей столицы. Таким образом, общий объем перевозок в черте города остается относительно стабильным.

Построение пассажирского контактного графика начинается с детального анализа конкретного транспортно-пересадочного узла (ТПУ), включая оценку взаимодействия различных видов транспорта, задействованных в данном узле. Особое внимание уделяется корреспонденциям пассажиропотоков — направлениям перемещения пассажиров между различными участками транспортной сети. Далее собираются данные о действующих графиках движения и расписаниях

магистрального транспорта, анализируются параметры остановочных пунктов внутри ТПУ и подходов к ним.

В процессе разработки также учитывается система взаимоувязки мест посадки и высадки пассажиров, организуются проходы для пересадок на другие остановочные пункты, не входящие в состав данного ТПУ. Важным этапом является анализ временных характеристик: продолжительность стоянок транспорта, интервалы движения, время ожидания пассажирами отправления, а также вместимость транспортных средств. Все эти параметры влияют на эффективность функционирования всего транспортного узла и требуют точного согласования.

Порядок построения контактного графика для интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС) мегаполиса представлен в виде укрупненного алгоритма, приведенного на рисунке 2.10. Данный алгоритм обеспечивает последовательность выполнения этапов разработки, начиная с сбора исходной информации и заканчивая финальным согласованием и утверждением графика.

Эффективное согласование работы всех участников логистического процесса пассажирских перевозок несколькими видами транспорта, а также оптимальное использование технических средств и инфраструктуры достигается благодаря пассажирскому контактному графику, скорректированному с учетом множества факторов. Среди них учитываются технологические особенности каждого вида транспорта, нормативные требования и системы регламентации, характерные для железнодорожного, метрополитенского и городского наземного транспорта.

В рамках данного исследования предлагается внедрить контактный график в существующую схему управления пассажирскими перевозками в мегаполисе. Такой подход предполагает поэтапное интегрирование графика в текущую систему планирования и оперативного управления, что позволяет повысить согласованность работы всех участников транспортного процесса и оптимизировать взаимодействие между различными видами транспорта.

Процесс начинается с передачи качественных и количественных нормативов для каждого транспортно-пересадочного узла от отраслевого органа исполнительной власти — отдела организации пассажирских перевозок — в Дирекцию управления движением. Эти нормативы включают в себя данные о пропускной способности узлов, допустимых временных интервалах между отправлениями, параметрах пересадочных потоков и других важных характеристиках, необходимых для построения эффективного расписания.

Одновременно Пригородная пассажирская компания (через отдел организации перевозок) предоставляет свои нормативные данные в тот же орган. К таким данным относятся информация о составах, их вместимости, времени оборота, а также особенности функционирования пригородных маршрутов, которые должны быть учтены при формировании единого контактного графика. Это позволяет обеспечить комплексное представление о транспортной ситуации и создать основу для согласования интересов различных перевозчиков.

На основе полученной информации в Отделе разработки графиков осуществляется формирование графиков движения поездов и контактных графиков для транспортно-пересадочных узлов. После этого графики направляются на согласование и увязку с другими участниками системы — представителями метрополитена, автобусного хозяйства, легкорельсового транспорта и других звеньев ИЛТС. Только после завершения всех согласований документы отправляются на официальное утверждение.

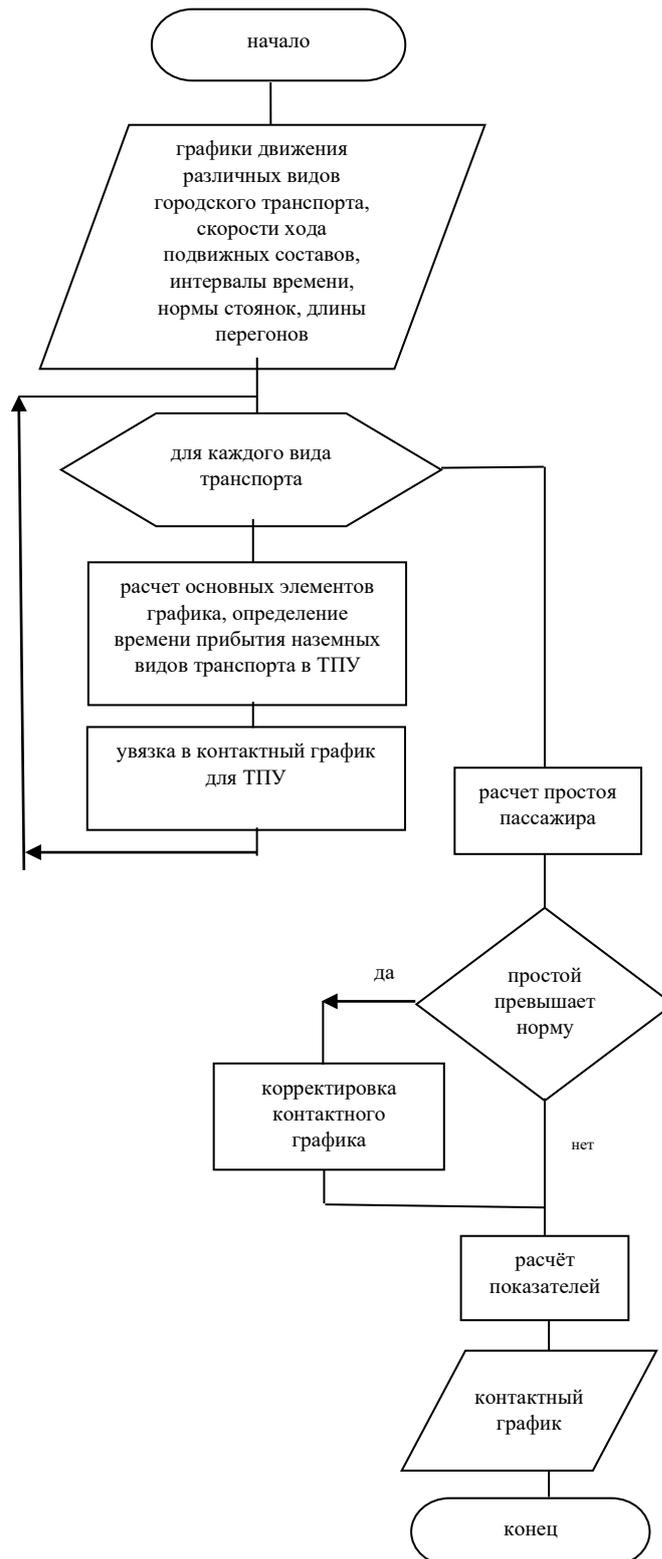


Рисунок 2.10 – Укрупненный алгоритм построения контактного графика для ИЛТС мегаполиса (составлено автором).

Предлагаемый в данном исследовании пассажирский контактный график отличается от существующих методов управления пассажирскими перевозками в мегаполисе своей интегративной природой и

графоаналитической основой. Вместо радикального изменения сложившихся процедур и организационных схем, новый подход предлагает рационально дополнить действующую логистическую структуру, используя уже имеющиеся данные и устоявшиеся процессы. Это делает внедрение контактного графика экономически и организационно целесообразным, поскольку не требует полного пересмотра существующей системы управления.

Важной особенностью контактного графика является его способность графически отображать реальные транспортные процессы, происходящие в мегаполисе, но ранее недостаточно формализованные или не представленные в наглядном виде. С помощью контактного графика становится возможным визуализировать взаимодействие различных видов транспорта, выявлять «узкие места» в организации движения, оценивать степень согласованности расписаний и оперативно вносить корректировки для повышения эффективности всей системы. Такая форма представления информации позволяет не только лучше понимать текущее состояние транспортной сети, но и моделировать различные сценарии развития событий.

Создание и внедрение пассажирского контактного графика не предполагает кардинальных изменений в существующей системе управления пассажирскими перевозками. Напротив, он органично встраивается в уже сложившуюся структуру, дополняя её аналитическими возможностями и повышая прозрачность процессов планирования и контроля. На данном этапе реализации достаточно использовать существующие управленческие органы и информационные системы без необходимости создания новых инфраструктурных объектов или центров управления.

Однако, на более продвинутом этапе развития ИЛТС мегаполиса может быть рассмотрена возможность формирования отдельных управляющих центров, специализирующихся именно на координации и синхронизации работы всех видов городского транспорта. Такие центры могли бы стать ядром единой транспортной системы и обеспечивать комплексное

управление на основе контактных графиков. Но на данном этапе исследования подчеркивается, что начальное внедрение возможно и даже предпочтительно осуществлять на базе уже существующих структур логистического управления (рисунок 2.11).

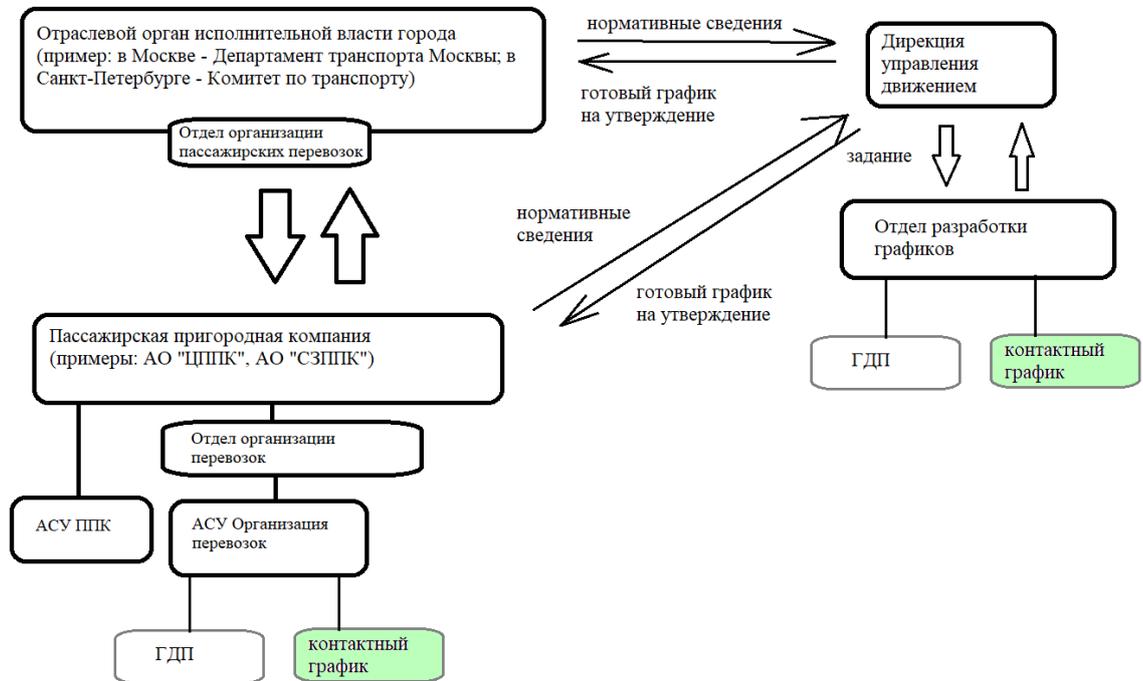


Рисунок 2.11 – Схема управления разработки графиков (составлено автором)

Комплексная аналитическая система Пригородной пассажирской компании (ППК) представляет собой современную цифровую платформу, предназначенную для автоматизации и оптимизации ключевых процессов в сфере управления пассажирскими перевозками. Помимо традиционных функций, таких как продажа билетов и организация пропускного режима для пассажиров, система обеспечивает строгий контроль над этими процессами. В её состав также входит мощный модуль анализа данных, позволяющий собирать, обрабатывать и визуализировать информацию в формате графиков, диаграмм и таблиц. Благодаря этому руководители ППК получают оперативный доступ к актуальной статистике по пассажиропотокам, загруженности маршрутов, реализации билетов и другим важным метрикам. Система способствует повышению прозрачности операционной деятельности компании и позволяет принимать более обоснованные управленческие решения. Дополнительно она поддерживает прогнозирование спроса на

перевозки и выявление тенденций изменения пассажирских потоков, что открывает возможности для стратегического планирования и повышения качества обслуживания пассажиров.

В рамках данного исследования предлагается расширить возможности этой системы путём интеграции в неё автоматизированной системы управления (АСУ) по ведению пассажирского контактного графика. Такое дополнение позволит не только повысить эффективность текущего планирования перевозок, но и обеспечит наглядное графическое представление взаимодействия различных видов транспорта на уровне ТПУ и всей ИЛТС мегаполиса в целом (см. рисунок 2.12). Тем самым повышается уровень координации между различными звеньями транспортной системы и упрощается процесс анализа и корректировки графиков движения.

Однако в настоящее время ключевым ограничением существующей аналитической системы выступает отсутствие модуля прогнозирования транспортных потоков с учётом актуального контактного графика. Это обстоятельство снижает эффективность планирования и управления пассажирскими перевозками, особенно в условиях динамически изменяющейся транспортной среды. Для устранения данного недостатка предлагается разработать и интегрировать специализированный функциональный модуль, способный обеспечивать динамическое моделирование движения транспортных средств и их взаимодействие в режиме реального времени. Новый модуль позволит не только более точно предсказывать параметры транспортных потоков, но и адаптировать контактный график к внешним факторам, таким как дорожные пробки, погодные условия или изменение пассажиропотока. Это, в свою очередь, сделает построение и поддержание контактного графика для перевозок значительно более эргономичным, точным и гибким. Внедрение такого решения повысит общую устойчивость транспортной системы и уровень сервиса при организации регулярных пассажирских перевозок.

Перспективы реализации концепции пассажирских контактных графиков, а также разработанной в главе 4 программы для ЭВМ, особенно актуальны в условиях активной цифровизации железнодорожного транспорта. Автоматизированное управление на основе предлагаемого пассажирского контактного графика может быть внедрено в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» (см. рисунок 2.13), что позволит значительно повысить уровень управления перевозочным процессом ОАО «РЖД». Это достигается за счет автоматизации рутинных задач диспетчерского аппарата и включения в действующую систему управления движением поездов специализированного функционального модуля, предназначенного для автоматизированного ведения контактного графика (см. рисунок 2.14).

На перспективном этапе развития возможно дальнейшее углубление интеграции пассажирских контактных графиков в состав интеллектуальных транспортных систем. Это позволит осуществлять полное автоматическое ведение графика, контроль и анализ состояния интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС) мегаполиса. В будущем такая технология может стать основой для организации полностью автономного движения без участия водителей и машинистов. Реализация этой идеи возможна через подключение дополнительного функционального модуля, обеспечивающего детализацию управления по отдельному мегаполису, его зоне, району, транспортно-пересадочному узлу и конкретному остановочному пункту, с выгрузкой рассчитанных показателей непосредственно пользователю.

Кроме того, в свете современных трендов, связанных с разработкой и внедрением «цифровых ассистентов» в сферу управления перевозочным процессом ОАО «РЖД», становится возможным реализовать построение и ведение контактных графиков как вложенные программные модули или пользовательские приложения в формате «цифровой ассистент». Такой подход обеспечит поддержку принятия решений по организации пассажирского движения в пределах отдельной зоны или конкретного ТПУ,

работающего в структуре ИЛТС мегаполиса. Интеграция таких модулей предусматривает поэтапное подключение всех участников перевозочного процесса и их взаимодействие с автоматизированными рабочими местами (АРМ) пользователей.

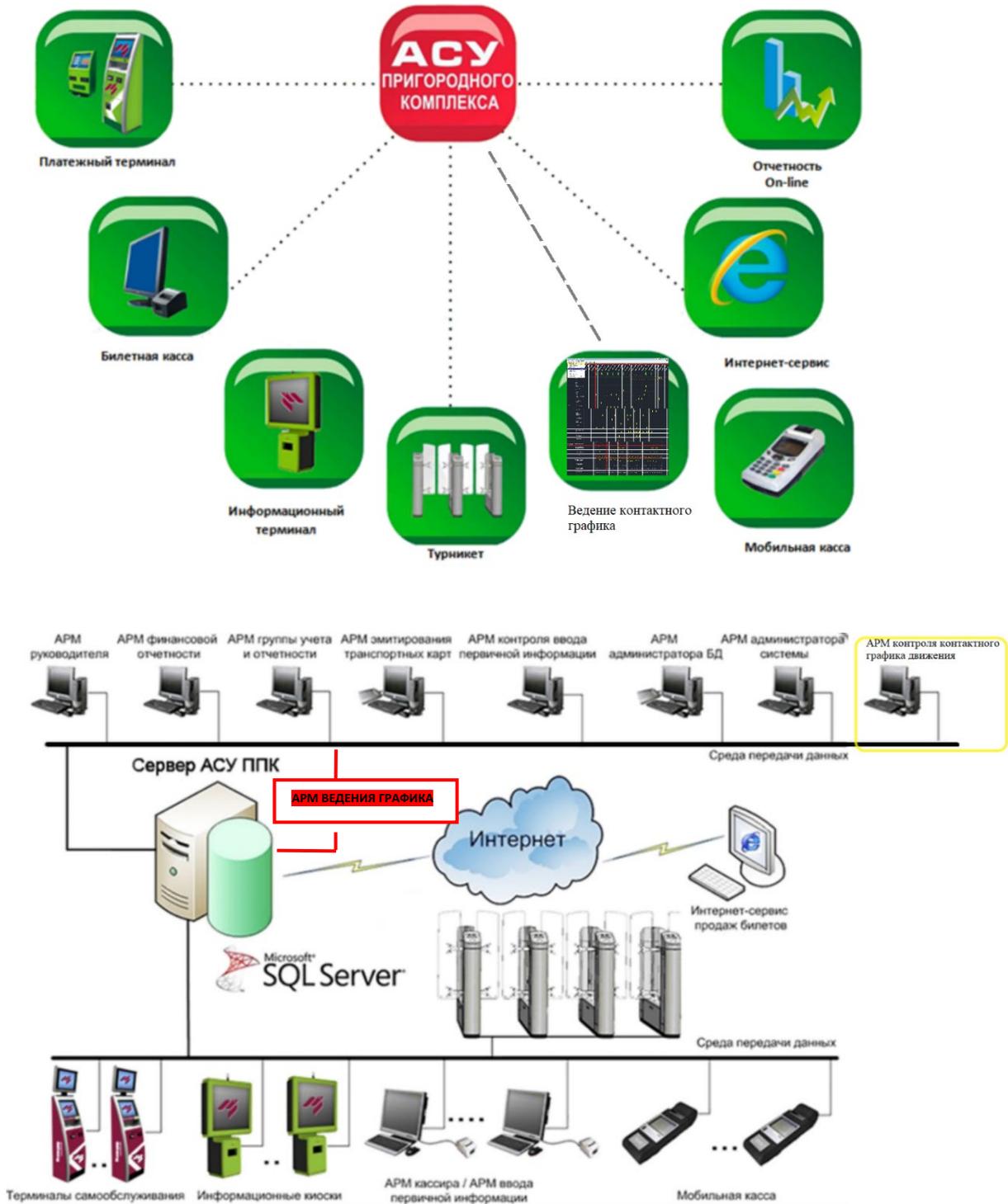


Рисунок 2.12 – Сервер АСУ ППК с предлагаемым автоматизированным рабочим местом по ведению графика (АРМ)

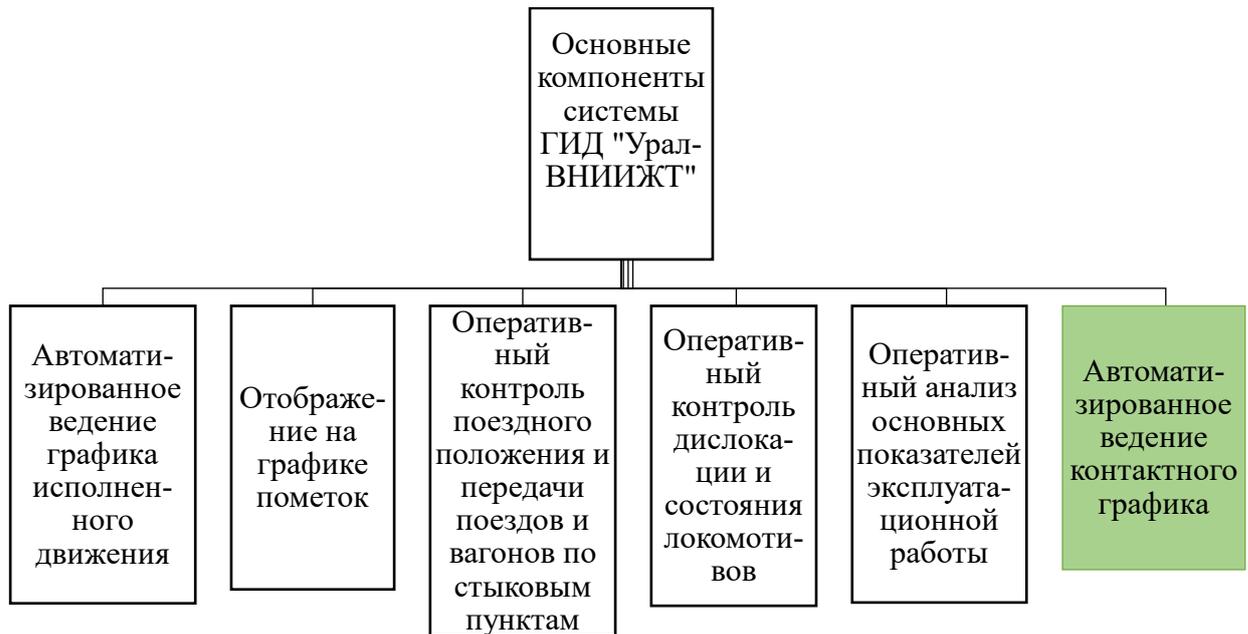


Рисунок 2.13 – Место предлагаемого функционального компонента в системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ»

Следует также учитывать стремительное развитие блокчейн-технологий в транспортной отрасли и перспективы их интеграции в мультимодальные городские сервисы. Блокчейн предоставляет возможность обеспечить высокую степень прозрачности, безопасности и децентрализации данных, что особенно важно при организации сложных транспортных систем. В условиях формирования единого цифрового пространства, ориентированного на обеспечение «бесшовных» поездок для пассажиров мегаполисов, появляется возможность не только планировать маршрут, но и самостоятельно «собирать» его из доступных видов транспорта в единую программу следования. Кроме того, внедрение смарт-контрактов может автоматизировать процессы оплаты проезда, бронирования мест и обмена данными между различными перевозчиками, что значительно упростит пользовательский опыт. Такая функциональность повысит удобство использования транспортной системы и позволит каждому пассажиру

строить индивидуальный маршрут с учетом личных предпочтений, времени в пути, загруженности ТПУ и других факторов.

Важным аспектом при этом является обеспечение интерактивности взаимодействия с пользователем. Предусмотрение личного кабинета в мобильных и веб-приложениях предоставляет пассажирам возможность оперативно получать информацию о расписании движения транспорта в реальном времени, оценивать текущую степень загруженности элементов ИЛТС (станций метро, остановок автобусов, платформ пригородных поездов и т. д.), а также своевременно получать уведомления об изменениях в графике движения или возможных задержках. Это значительно повышает уровень комфорта и доверия к транспортной системе.

Особое внимание необходимо уделить вопросам прозрачности и безопасности данных, что особенно актуально при работе с информацией о перевозках и маршрутах. Здесь перспективным направлением становится применение блокчейн-технологий, позволяющих создавать децентрализованные, защищённые и неизменные записи о перемещениях, оплате проезда, состоянии транспорта и других параметрах. Для каждой категории пользователей — будь то пассажиры, перевозчики, управляющие организации или государственные структуры — должна быть предусмотрена своя зона пользовательских данных, реализованная в формате прозрачных и надежных блокчейн-систем. Это обеспечит как конфиденциальность, так и доступность информации в зависимости от уровня полномочий пользователя.

Безусловно, внедрение таких технологий требует комплексного подхода и согласованности между различными участниками транспортного процесса. Однако именно сочетание контактного графика с современными цифровыми решениями, включая блокчейн, искусственный интеллект и интернет вещей, может стать основой для формирования действительно умной транспортной системы мегаполиса.

Надо полагать, что разработанный в данном исследовании концептуальный подход к управлению пассажирскими перевозками в

интегрированных логистических транспортных системах (ИЛТС) мегаполисов на основе пассажирского контактного графика имеет значительный потенциал для дальнейшей автоматизации и масштабирования. Его внедрение может лечь в основу создания централизованной системы управления перевозками как на уровне отдельного города, так и в более широком региональном масштабе. При этом контактный график выступает не только как инструмент планирования и контроля, но и как ядро цифровой экосистемы транспортной мобильности будущего.

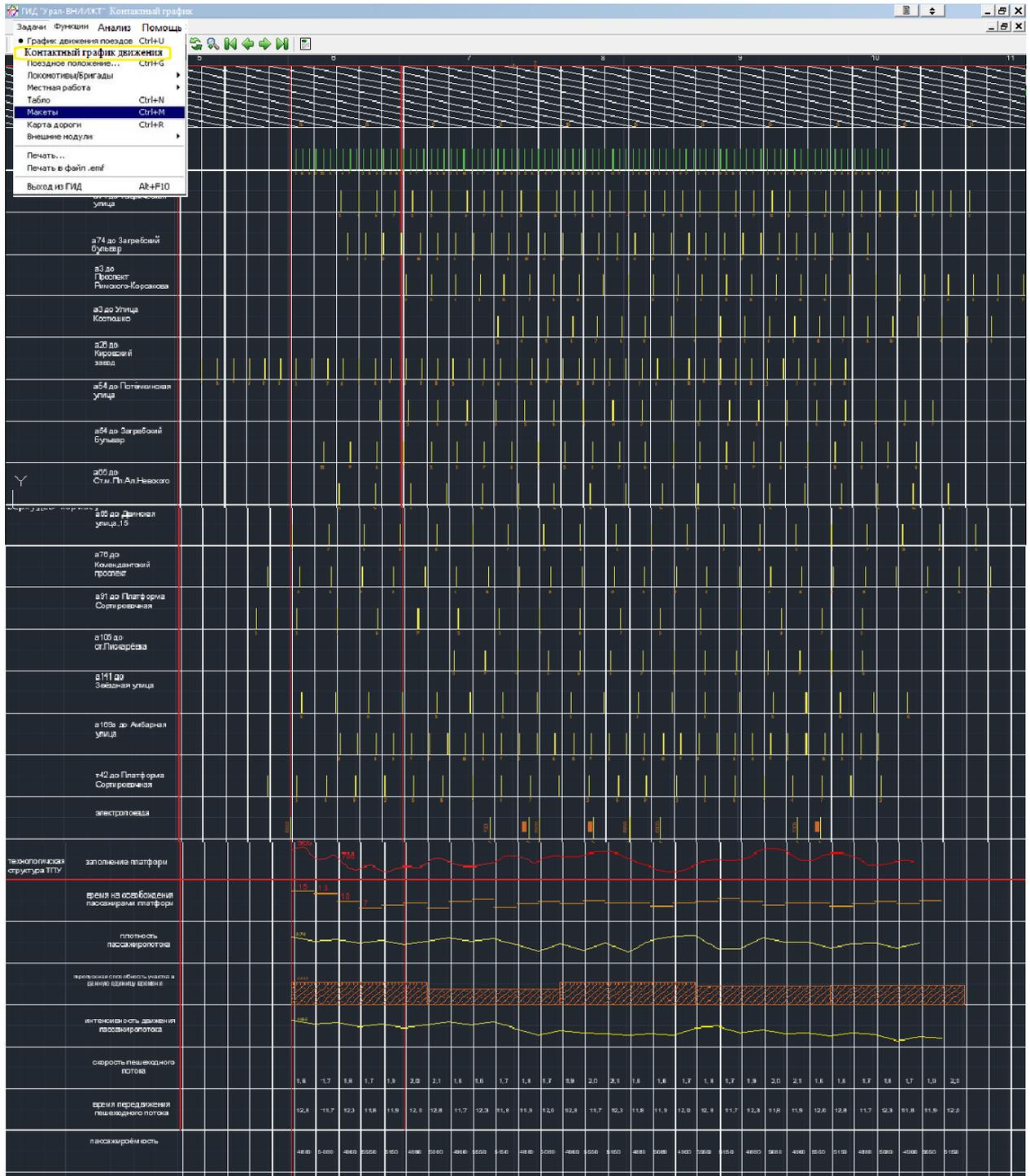


Рисунок 2.14 – Предлагаемый интерфейс рабочего окна ГИД «Урал-ВНИИЖТ» по ведению пассажирского контактного графика

2.5.2 Методика построения пассажирского контактного графика

Контактный график рекомендуется разрабатывать для каждого транспортно-пересадочного узла (ТПУ) мегаполиса с расчётом на годовой период. Это позволяет не только формировать долгосрочные планы развития и эксплуатации транспортной инфраструктуры, но и обеспечивать

согласованное взаимодействие между различными видами транспорта в составе интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС). Такой подход способствует повышению эффективности перевозок, снижению времени пересадок и улучшению качества обслуживания пассажиров. Вместе с тем, в отдельные периоды года — такие как летний или зимний сезоны — график может подвергаться корректировке. Это связано с необходимостью учёта сезонных колебаний пассажиропотоков, особенностей климатических условий, а также специфики туристической активности, которая может значительно влиять на режим функционирования ТПУ. Гибкость графика позволяет оперативно реагировать на изменяющиеся внешние факторы и сохранять устойчивость работы всей системы. Однако в обычных условиях по истечении года изменения графика носят частичный характер и касаются лишь тех элементов, которые требуют адаптации под изменившиеся условия эксплуатации.

Контактный график разрабатывается одновременно для всех видов транспорта, действующих в мегаполисе — железнодорожного, метрополитена, легкорельсового, автобусного и других. Такой подход обеспечивает комплексное представление о взаимодействии различных транспортных средств и позволяет эффективно согласовать их расписания с учётом особенностей каждого вида транспорта. Это становится основой для построения устойчивой интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС), где каждый элемент функционирует не изолированно, а как часть единого целого.

Перед началом разработки графика устанавливаются качественные нормативы для каждого транспортно-пересадочного узла (ТПУ), включающие показатели пропускной способности, времени пересадки, интервалов движения и другие параметры, необходимые для точного моделирования транспортных процессов. Эти нормативы определяются на основе анализа пассажиропотоков, структуры застройки, доступности ТПУ для населения и возможностей существующей инфраструктуры. Их

соблюдение является обязательным условием для формирования сбалансированного и надёжного графика.

Формирование контактного графика осуществляется в Комитете по транспорту мегаполиса, который выступает центральным органом управления и координации перевозочного процесса. В рамках своей деятельности Комитет обеспечивает согласование графика по стыкам взаимодействия с региональной транспортной системой — то есть в рамках мезологистической системы «город–регион». Такой подход гарантирует синхронизацию городских и пригородных перевозок, а также бесперебойное функционирование всей транспортной сети на разных уровнях управления — от муниципального до федерального.

Технология работы ТПУ на основе пассажирского контактного графика направлена на обеспечение максимальной пропускной способности инфраструктуры и безопасного движения пассажиров. Эта технология предполагает не только чёткое следование расписанию, но и гибкую адаптацию к изменяющимся условиям — например, при возникновении сбоев или увеличении пассажиропотока в связи с массовыми мероприятиями. При этом особое внимание уделяется организации пространства внутри ТПУ: расположению платформ, переходам, зонам ожидания и местам информирования пассажиров.

Уровень организации транспортного обслуживания определяется классностью ТПУ, которая зависит от ряда факторов: путевого развития узла, графика движения поездов, размеров движения других видов транспорта и их расписаний, величины пассажиропотока, а также технологической структуры самого ТПУ. Каждый класс ТПУ имеет свои стандарты оснащения, временные параметры пересадок и требования к информационному сопровождению пассажиров. Все эти параметры учитываются при построении графика, чтобы минимизировать время ожидания, исключить перегрузки и повысить общую эффективность транспортного обслуживания населения.

В качестве примера можно рассмотреть транспортно-пересадочный узел Московского вокзала в Санкт-Петербурге (см. рисунок 2.15), который является одним из ключевых узлов как внутригородской, так и межрегиональной транспортной системы. С учетом предложений по запуску высокоскоростного сообщения (ВСМ), данный ТПУ приобретает ещё большее значение в общей структуре ИЛТС мегаполиса. Интеграция высокоскоростных магистралей (ВСМ) в сложившуюся транспортную систему требует особого внимания к детальному согласованию графиков движения и обеспечению чёткой синхронизации между высокоскоростными поездами, пригородным железнодорожным сообщением, метрополитеном и наземным общественным транспортом. Эта задача имеет ключевое значение для создания бесшовной транспортной среды, в которой каждый вид транспорта функционирует как часть единой логистической цепи. Пассажирский контактный график в данном контексте выступает не просто инструментом расписного планирования, а основой для комплексного управления взаимодействием всех участников транспортной системы. Он позволяет минимизировать время ожидания на пересадках, повысить регулярность сообщения и улучшить общую предсказуемость поездок, что особенно важно для пассажиров, совершающих дальние и пригородные поездки.

Контактный график строится либо по прибытию основного вида транспорта, либо по отправлению (рисунок 2.16).

Укрупненный алгоритм пошаговой методики построения контактного графика приведен на рисунке 2.17.



Рисунок 2.15 – Структура ТПУ Московского вокзала для выбранного контактного графика (составлено автором)

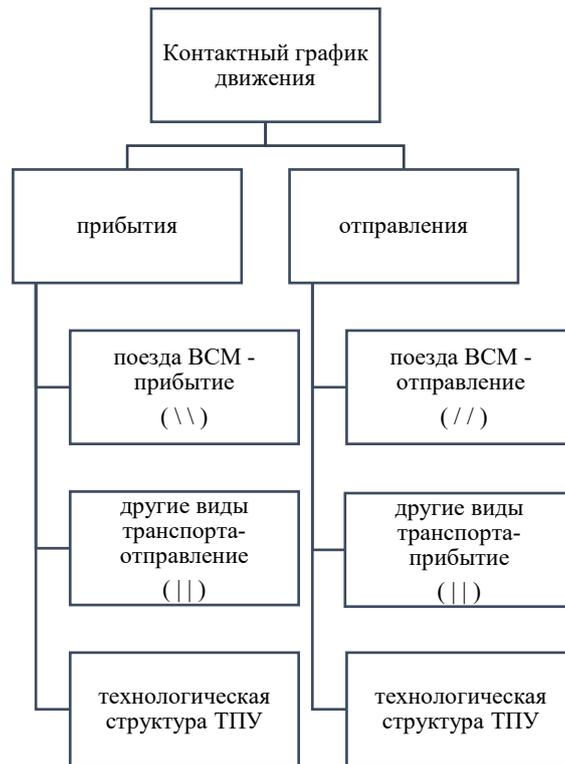


Рисунок 2.16 – Классификация пассажирских контактных графиков по направлению (составлено автором)

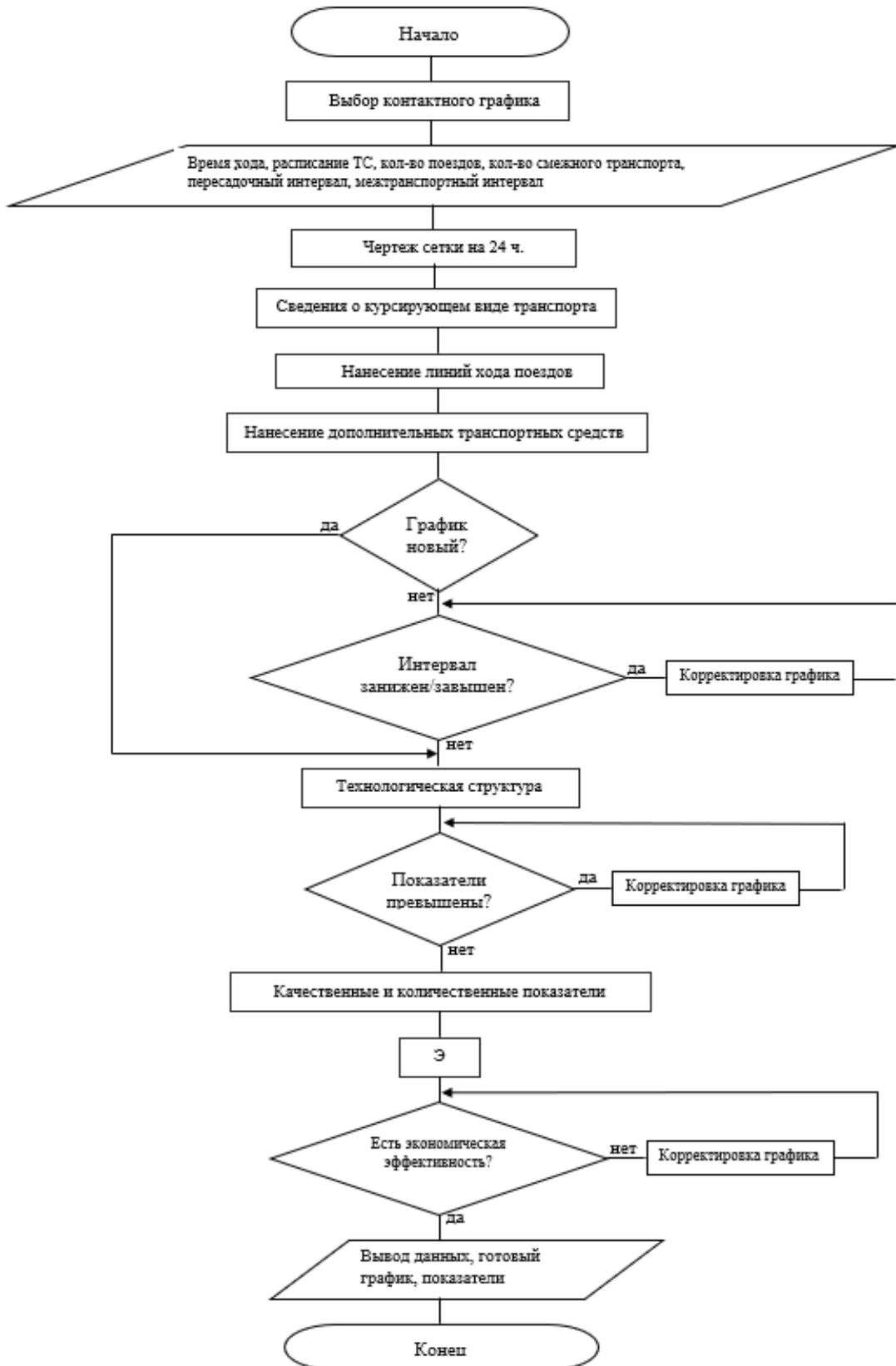


Рисунок 2.17 – Алгоритм пошаговой методики построения пассажирского контактного графика и работы в автоматизированной системе (составлено автором)

Пошаговая методика построения пассажирского контактного графика, следующая:

Первый этап – подготовительный

1. Выбор типа контактного графика

Определяется, будет ли график отражать движение транспорта по прибытию или по отправлению. Выбор зависит от цели анализа: если акцент на подаче транспорта к ТПУ — график прибытия; если на организации его отправления — график отправления.

2. Вычерчивание сетки графика на 24 часа

На основе временной шкалы строится масштабированная сетка, где горизонтальная ось соответствует времени (обычно разбивается на минуты), а вертикальная — видам транспорта, расположенным по уровням. Каждая горизонтальная полоса соответствует определённому виду или маршруту транспорта.

3. Заполнение информации о курсирующем транспорте

В левой вертикальной колонке графика указываются обозначения видов транспорта, задействованных в ТПУ. Каждому виду присваивается условное обозначение, например, М – метро, А – автобус, П – пригородный поезд и т.д. Если маршрут имеет два направления следования, то указывается также и направление движения (например, "М-5 → Центр", "М-5 ← Окрай").

Второй этап – основной

4. Нанесение линий хода основного транспорта

Сначала на график наносятся линии движения транспорта, который принимается за базовый. Это могут быть:

поезда высокоскоростной магистрали,

поезда метрополитена,

городские или пригородные поезда.

Линия хода строится в верхней горизонтальной полосе графика, исходя из выбранного типа графика (прибытия или отправления). Отмечаются моменты отправления и прибытия транспорта на перегоне, что позволяет визуализировать интервалы движения и время стоянки (см. рис. 2.18).

5. Добавление вертикальных линий для взаимодействующего транспорта

Далее добавляются вертикальные линии (|), обозначающие моменты отправления транспортных средств, взаимодействующих с основным видом. Для каждого вида транспорта указывается точное время отправления в минутах согласно расписанию. Например:

поезда метрополитена,
автобусы (рис. 2.19),
троллейбусы,
пригородные поезда (рис. 2.20).

Такое отображение позволяет наглядно видеть точки синхронизации между различными видами транспорта и планировать минимальное время пересадки для пассажиров.

Третий этап – заключительный

6. Нанесение технологической структуры ТПУ

Завершающим этапом является внесение информации о физической и технологической структуре транспортно-пересадочного узла. Пример оформления технологической структуры представлен на рисунке 2.21.

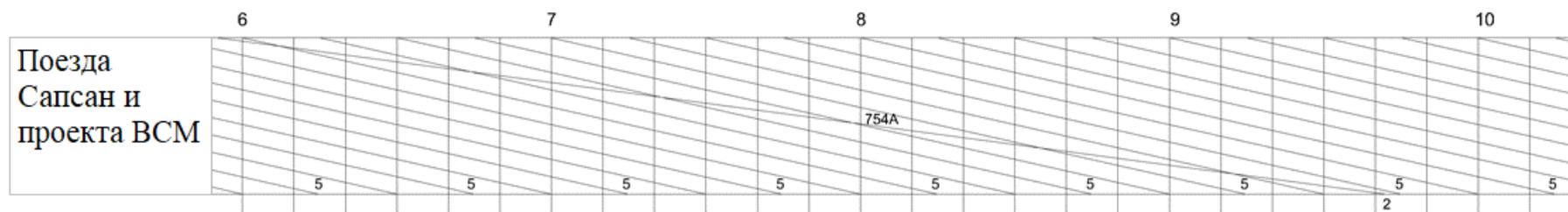


Рисунок 2.18 – Пример линий хода по прибытию поездов Сапсан и проекта высокоскоростной магистрали на ТПУ Московский вокзал (составлено автором в AutoCAD)

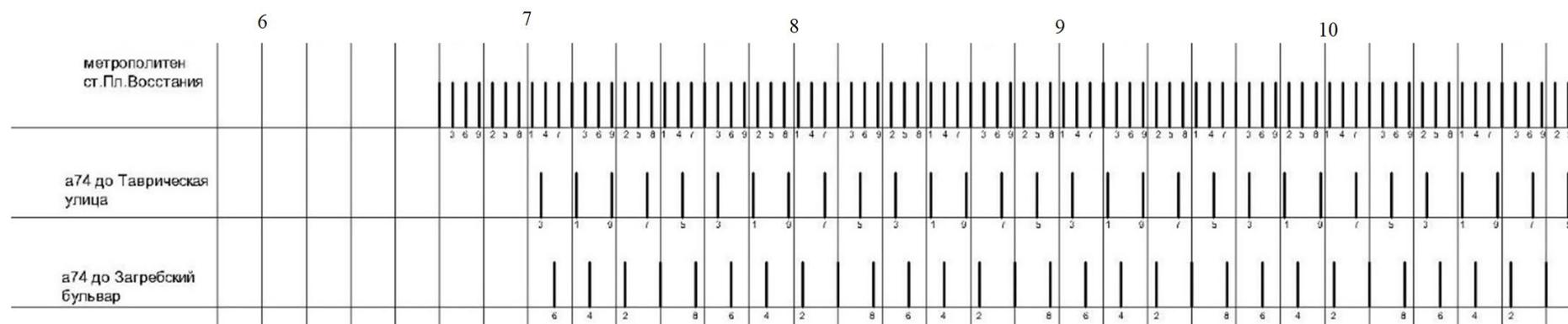


Рисунок 2.19 – Отправление наземных видов транспорта от ТПУ Московский вокзал (составлено автором в AutoCAD)

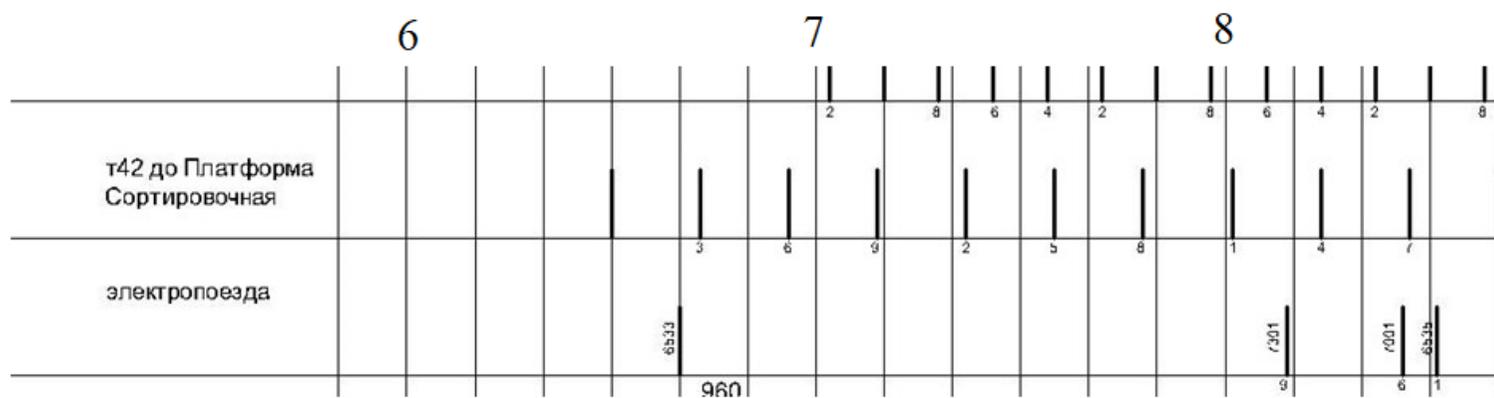


Рисунок 2.20 – Отправление троллейбусов и пригородных поездов от ТПУ Московский вокзал (составлено автором в AutoCAD)

Пример пассажирского контактного графика на 3 часа с учетом планируемого запуска высокоскоростной магистрали (ВСМ) для условий ТПУ Московского вокзала, представлен в приложении 1.

Для составления данного графика использовалось следующее расписание (по понедельнику на дату 13.05.2024):

- поезда ВСМ прибывают каждые 15 минут;
- метрополитен ст. Пл.Восстания отправляется каждые 3 минуты;
- а74 до Таврическая улица – интервал 8 минут;
- а74 до Загребский бульвар – интервал 8 минут;
- а3 до Проспект Римского-Корсакова – интервал 11 минут;
- а3 до Улица Костюшко – интервал 11 мин;
- а26 до Кировский завод – интервал 7 мин;
- а54 до Потёмкинская улица – интервал 13 мин;
- а54 до Загребский бульвар – интервал 12 мин;
- а65 до Станции метро Площадь Александра Невского –16 мин;
- а65 до Двинская улица, 15 – интервал 16 мин;
- а76 до Комендантский проспект – интервал 14 мин;
- а91 до Платформа Сортировочная – интервал 18 мин;
- а105 до ст. Пискаревка – интервал 14 мин;
- а141 до Звездная улица – интервал 15 мин;
- а169а до Амбарная улица – интервал 8 мин;
- т42 до Платформа Сортировочная – интервал 13 минут;
- электропоезда – по расписанию на 13.05.2024 (понедельник).

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. Вторая глава посвящена характеристике логистического подхода к управлению ИЛТС мегаполиса на основе предлагаемого инструмента – пассажирского контактного графика движения транспортных средств, взаимодействующих в мегаполисе.

Основные научные результаты, полученные во второй главе, следующие:

- логистический подход к координации работы видов транспорта в ИЛТС мегаполиса. Подход обеспечивает согласованность расписания отправления и прибытия поездов пригородного сообщения, метрополитена, скоростных трамваев и других видов транспорта. Подход учитывает логистические принципы и отличается комплексностью оценки загруженности;

- методика и алгоритм построения контактного графика в ИЛТС мегаполиса, основанные на 4-х факторной классификации пассажирских контактных графиков и концепции планирования и организации ИЛТС.

В основу предлагаемой классификации пассажирских контактных графиков положены 4 важнейших фактора: 1) уровень величины пассажиропотока и количество взаимодействующих видов транспорта в ТПУ мегаполиса, 2) вид пересадок пассажиров в ТПУ мегаполиса, 3) преимущественный вид транспортных связей, 4) особенности расположения ТПУ в мегаполисе.

Методика направлена на сокращение времени ожидания состава, рационализацию использования транспортных средств. Методика позволяет установить целесообразность перенаправления, исключения или формирования маршрута при организации и планировании пассажирских перевозок в мегаполисе.

2. Обосновано, что концепция ИЛТС представляет собой перспективный подход в теории логистики к организации перевозок пассажиров, который развивает согласованные стратегии и механизмы управления ИЛТС для обеспечения мобильности населения. Предложена система из 8 логистических принципов функционирования ИЛТС и обосновано применение такого термина,

как интегрированная пассажирская перевозка. Под ИЛТС мегаполиса в данном исследовании предлагается понимать интегрированную логистическую транспортную систему, в которую входят инфраструктура, транспорт и технология управления процессами перевозки.

3. Для ИЛТС мегаполиса адаптирован такой логистический инструмент организации, планирования, нормирования пассажиропотоков, как пассажирский контактный график движения транспортных средств, предназначенный для координации, контроля, оценки и обеспечения синхронности работающих в мегаполисе видов транспорта. Контактным графиком для пассажирского движения предлагается именовать новую систему логистической организации пассажирской перевозки в мегаполисе.

4. Пассажирский контактный график (контактный график ИЛТС) как система визуализации, планирования, организации и контроля логистического процесса пассажирских перевозок в мегаполисе отличается от известных графиков тем, что: предназначен для пассажирского движения в ИЛТС мегаполиса; позволяет увязать графики движения для минимизации времени ожидания пассажира; обладает иной структурой и порядком построения.

Назначение контактного графика в ИЛТС мегаполиса заключается в обеспечении ритмичности работы транспортно-пересадочного узла при максимальном использовании пропускной способности.

5. Сформулированы 9 атрибутов ИЛТС с применением системного и логистического подходов, на основе которых предложена система основных критериев качества транспортного обслуживания пассажиров в ИЛТС мегаполиса: минимизация времени ожидания, устойчивость системы, регулирование корреспонденции маршрутов, удобство расписания.

6. Расширенная классификация критериев развития ИЛТС мегаполиса включает в себя 6 дополнительных критериев: полнота использования железнодорожных путей в мегаполисе; степень связанности периферийных районов с ядром мегаполиса; показатель загруженности зон мегаполиса;

интегрированность ИЛТС; эффект минимизации времени ожидания; доля пассажиропотока в ИЛТС.

ГЛАВА 3 РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАССАЖИРСКОГО КОНТАКТНОГО ГРАФИКА ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕГАПОЛИСА

3.1 Анализ показателей использования подвижного состава в пассажирском движении

Основными качественными показателями использования подвижного состава в пассажирском железнодорожном транспорте являются:

Населённость пассажирского вагона — это один из ключевых показателей, характеризующих степень загрузки перевозочных мощностей. Она определяется как среднее количество пассажиров, приходящихся на один вагон за поездку или за определённый период времени. Чем выше этот показатель, тем эффективнее используется вместимость вагона.

Состав поезда в вагонах — отражает длину состава и напрямую влияет на общую пропускную способность линии и объём перевозок. Увеличение количества вагонов в составе позволяет перевозить больше пассажиров за один рейс, однако ограничивается техническими и эксплуатационными условиями участка железной дороги.

Участковая скорость — представляет собой среднюю скорость движения поезда между двумя техническими станциями без учёта времени стоянок. Этот показатель важен для оценки эффективности использования инфраструктуры и организации графика движения поездов.

Техническая скорость — учитывает время движения поезда с момента трогания до полной остановки, включая время разгона и торможения, но исключая продолжительность стоянок на промежуточных станциях. Данный параметр отражает качество тяговых средств и организации движения на конкретном участке.

Производительность вагона — это комплексный показатель, демонстрирующий объём перевозок, который может быть выполнен одним вагоном за единицу времени. Обычно выражается в пассажиро-километрах в сутки или за рейс. Производительность зависит как от загрузки вагона, так и от его скорости и регулярности использования.

Среднесуточный пробег вагонов и локомотивов — служит важным критерием интенсивности эксплуатации подвижного состава. Он характеризует насколько активно используются вагоны и локомотивы в течение суток и напрямую влияет на экономические показатели работы транспортной системы.

Средняя населённость пассажирского вагона показывает число пассажиров, приходящихся в среднем на каждый вагон, используемый для пассажирских перевозок, и является важным параметром для оценки загруженности подвижного состава. Она определяется по следующей формуле:

$$P_n = \frac{\sum AL_{\text{пас}}}{\sum nS_{\text{пас}}} \quad (3.1)$$

где $\sum AL_{\text{пас}}$ - пассажиро-километры;

$\sum nS_{\text{пас}}$ - вагоно-километры пассажирского парка.

При расчете населенности учитывается пробег только тех вагонов, которые непосредственно используются для перевозки пассажиров. Это означает, что в статистику включаются исключительно пассажирские вагоны — например, плацкартные, купейные или сидячие, поскольку именно они обеспечивают транспортировку людей. Пробег специализированных вагонов, таких как почтовые, багажные, вагоны-рестораны и прочие, не принимается во внимание при определении этого показателя, так как их функциональное назначение не связано напрямую с перевозкой пассажиров.

Такой подход к определению населенности играет важную роль при анализе загрузки подвижного состава и планировании его рационального использования. Чем выше показатель населенности, тем эффективнее

используется каждый вагон в процессе перевозок. Вместе с тем, необходимо учитывать сезонные колебания пассажиропотоков, особенности маршрутов и структуру графика движения поездов, чтобы избежать как перегрузки, так и недогрузки вагонов.

Средний состав поезда — это показатель, характеризующий среднее число вагонов, включаемых в состав пассажирских поездов. Он позволяет оценить, какое количество вагонов используется в среднем на один поезд в процессе перевозки пассажиров на определённом участке или в целом по сети. Для расчёта данного показателя используют отношение вагоно-километров к поездо-километрам. Таким образом можно определить, сколько вагонов приходится на один поезд на протяжении всей дистанции его следования. Этот показатель имеет важное значение при планировании и организации перевозок, так как отражает эффективность использования подвижного состава. Чем выше средний состав поезда, тем более интенсивно используется каждый поезд, что может способствовать снижению эксплуатационных затрат. Вместе с тем, слишком большой состав может привести к избыточной загрузке локомотивов и повышенным энергозатратам. Поэтому расчёт среднего состава поезда играет важную роль в оптимизации транспортных процессов и рациональном распределении ресурсов.

Данный параметр является ключевым при оценке организации перевозочного процесса и планировании парка подвижного состава. Он позволяет выявить тенденции в формировании поездов, проанализировать необходимость изменения их состава в зависимости от спроса и нагрузки на инфраструктуру. Кроме того, знание среднего состава поезда способствует более точному прогнозированию потребности в локомотивной тяге, обслуживании составов и эксплуатационных расходах.

Техническая скорость пассажирского поезда — это средняя скорость его движения на определённом участке железной дороги, рассчитанная без учета времени стоянок на промежуточных станциях. Этот показатель играет

важную роль в оценке эффективности функционирования железнодорожной сети, поскольку позволяет судить о том, насколько быстро состав перемещается непосредственно по перегонам между станциями. При этом учитываются только временные затраты, связанные с преодолением расстояния по открытому пути, исключая простои и задержки, вызванные остановками. Таким образом, техническая скорость дает объективное представление о реальной динамике движения состава и уровне использования инфраструктуры на конкретном участке железной дороги:

$$v_{\text{тех}} = \frac{\sum Nl}{\sum Nt} \quad (3.2)$$

где $\sum Nl$ - суммарное время нахождения пассажирских поездов на участке между техническими станциями без учета стоянок на промежуточных станциях, поездо-час.

Участковая скорость — это средняя скорость движения пассажирского поезда по участку с учетом стоянок на промежуточных станциях.

Ее рассчитывают по формуле:

$$v_{\text{уч}} = \frac{\sum Nl}{\sum Nt_{\text{уч}}} \quad (3.3)$$

де $\sum Nt_{\text{уч}}$ - суммарное время нахождения пассажирских поездов на участке между техническими станциями, поездо-час.

Средняя населенность вагона, скорости движения поездов и их составность рассчитываются в целом по дороге и дифференцированно по видам сообщений — пригородному, дальнему и местному. Это позволяет более точно учитывать особенности каждого типа перевозок и разрабатывать адекватные меры по оптимизации работы подвижного состава. Эти показатели играют важную роль в оценке эффективности использования подвижного состава и планировании перевозочного процесса. Например, для пригородных поездов особенно значимы частота отправок и наполнение

вагонов, тогда как в дальнем сообщении акцент делается на комфорт пассажиров и соблюдение графика.

Среднесуточный пробег локомотивов определяется в пассажирском движении аналогично тому, как это делается в грузовом. Оба направления используют единые принципы расчета, основанные на пройденном расстоянии за сутки. Он отражает интенсивность эксплуатации тягового подвижного состава и служит одним из ключевых показателей для анализа работы локомотивного парка. Однако, в отличие от грузового движения, в пассажирском направлении акцент смещается на регулярность и точность выполнения графика, что также необходимо учитывать при интерпретации полученных данных. В связи с этим высокая загрузка локомотивов должна сочетаться с минимальным количеством отклонений от расписания, обеспечивая стабильное обслуживание пассажиров.

Что касается среднесуточного пробега пассажирского вагона, то в плане работы подвижного состава его расчет не предусмотрен в виде обязательного показателя. Такой подход обусловлен тем, что режим работы пассажирских вагонов может значительно меняться в зависимости от сезона, спроса и других факторов. Этот параметр учитывается, как правило, в оперативном порядке на основе фактических данных исполненных графиков движения поездов. Это связано с тем, что пассажирские перевозки характеризуются высокой степенью изменчивости в зависимости от времени года, дня недели и других факторов, что затрудняет прогнозирование и формализацию этого показателя на уровне плановых документов. Тем не менее, анализ среднесуточного пробега вагона может быть полезен при проведении внутренних исследований и повышении эффективности использования подвижного состава.

Показатель "масса поезда брутто", который широко используется в грузовом хозяйстве, в пассажирском движении не определяется в общепринятом виде. Это связано с тем, что при перевозке пассажиров основное внимание уделяется комфорту, скорости и регулярности движения,

а не массе перевозимого состава. Для каждого конкретного поезда масса устанавливается индивидуально в соответствии с числом вагонов в составе и применяется при разработке расписания движения поездов как техническая норма. Такой подход позволяет учитывать специфику пассажирских перевозок, где решающими факторами являются удобство для пассажиров и соблюдение временных интервалов. При этом масса поезда влияет на тяговые расчеты и энергоэффективность локомотива, но не является ключевым показателем при планировании перевозочного процесса.

В рамках плана работы подвижного состава предусматривается расчет не всех качественных показателей, характеризующих его использование как во времени, так и по мощности. Многие параметры остаются вне рамок обязательной отчетности, хотя могут быть полезны для анализа эффективности функционирования системы перевозок. Вместе с тем, для более полной оценки эффективности эксплуатации подвижного состава и выявления резервов повышения производительности, целесообразно периодически рассчитывать ряд дополнительных параметров. К ним могут относиться, например, коэффициент использования вагонного парка, среднее время нахождения вагона в работе или уровень простоя в депо. Эти данные позволяют глубже понять текущую ситуацию и принимать более обоснованные управленческие решения.

Например, показатель населенности пассажирского вагона, который характеризует его использование по мощности, на практике не всегда даёт исчерпывающего представления о степени заполнения вагонов при перевозке пассажиров. Он рассчитывается как отношение фактического количества перевезённых пассажиров к общему числу мест в вагоне за определённый период. Дело в том, что населенность может быть высокой, но при этом не все места в вагоне могут быть заняты равномерно — например, в сидячем или спальном видах перевозок. В одном случае вагон может быть переполнен стоящими пассажирами, в другом — почти полностью свободным, но с высокой долей дорогих спальных мест. Более того, данный показатель не

учитывает сезонные колебания, особенности маршрутов и структуру пассажиропотока, что ограничивает его аналитическую ценность. Поэтому для более точной оценки загрузки вагонов и качества обслуживания требуется применение дополнительных метрик, таких как коэффициент заполнения по категориям мест или доля реализованных билетов по направлениям. Поэтому для анализа использования вагонного парка в планах И отчетах целесообразно предусмотреть расчет коэффициента использования вместимости вагонов, определяемый делением пассажиро-км на место-км:

$$Y = \frac{\sum AL_{\text{пас}}}{\sum AL_{\text{мест}}} \quad (3.4)$$

Значение этого коэффициента меньше единицы и по типам вагонов неодинаково.

Для оценки качества использования пассажирских вагонов во времени рассчитывают оборот пассажирских составов. Этот показатель отражает продолжительность полного цикла работы поезда, включающего его движение по маршруту, стоянки на конечных и промежуточных станциях, а также время на технические операции. Таким образом, оборот позволяет судить о том, насколько эффективно используется подвижной состав в течение суток или другого расчетного периода.

Норму оборота пассажирских составов устанавливают по каждому направлению и каждому поезду при разработке расписаний движения поездов. При этом учитываются такие факторы, как протяженность маршрута, количество остановок, тип поезда (пригородный, дальнего следования и т.д.), а также особенности инфраструктуры железнодорожной сети. Такая детализация позволяет более точно спланировать работу подвижного состава и избежать простоев или перегрузок.

Фактическую величину оборота определяют по графикам исполненного движения. Это дает возможность сравнить запланированные и реальные показатели, выявить причины отклонений и принять корректирующие меры. Например, увеличение фактического оборота может

свидетельствовать о сбоях в движении поездов, задержках на станциях или недостаточной мощности локомотивной тяги. В свою очередь, сокращение оборота может указывать на улучшение организации перевозочного процесса или повышение скорости сообщения. Расчет оборота состава производят по формуле:

$$O_{\text{пс}} = \frac{2L}{v_m} + T_{\text{ф}} + T_{\text{об}} \quad (3.5)$$

где L - расстояние пробега пассажирского состава от пункта формирования до пункта оборота, км;

v_m - средняя маршрутная скорость данного поезда в четном и нечетном направлениях, км/ч;

$T_{\text{ф}}$ - время нахождения пассажирского состава в пункте формирования от момента прибытия до момента отправления, ч;

$T_{\text{об}}$ - время нахождения пассажирского состава в пункте оборота, ч.

Показатель оборота пассажирских составов используется при расчете потребности в пассажирских составах. При его уменьшении парк вагонов, необходимый для работы поезда на конкретном маршруте, сокращается.

По показателю оборота вагонов рассчитывают среднесуточный пробег конкретного состава:

$$S_{\text{пс}} = \frac{2L}{O_{\text{пс}}} \quad (3.6)$$

Чем меньше время оборота, тем выше среднесуточный пробег вагона.

Предложение нового вида графика предполагает уточнение ключевых показателей пассажирского комплекса, что позволяет более точно оценивать эффективность транспортных систем и выявлять проблемные зоны. Такой подход открывает возможность для детального анализа функционирования инфраструктуры как в масштабах всей системы, так и на уровне отдельных её элементов. Рассмотрим более подробно предлагаемые показатели контактного графика в п. 3.2 и 3.3. Они разработаны с учётом современных

требований к управлению транспортными потоками и направлены на обеспечение гибкости и наглядности анализа.

Предлагаемые показатели отличаются многофункциональностью использования, поскольку позволяют анализировать ИЛТС (интегрированную логистическую транспортную систему) в различных аспектах — в целом по городу или региону, по районам, по транспортно-пересадочным узлам, станциям и другим структурным единицам. Это дает возможность строить как общую картину функционирования транспортной системы, так и детально изучать отдельные её элементы с точки зрения их эффективности, загруженности и взаимодействия между собой. Например, показатель загруженности ИЛТС необходим не только для определения уровня пассажиропотока, но и для планирования развития инфраструктуры. Он позволяет оценить степень нагрузки на существующие виды транспорта и выявить «узкие места», где наблюдается перегрузка или недостаточная пропускная способность. Он помогает выявить участки, где наиболее востребована прокладка железнодорожных путей, таких как метро, трамвай или наземные железнодорожные линии. При этом данные по загруженности могут использоваться не только для проектирования новых объектов, но и для модернизации уже действующих, например, путем увеличения числа платформ, расширения перронов или строительства дополнительных переходов. Кроме того, такие показатели могут применяться при моделировании транспортных потоков, прогнозировании роста населенных пунктов и разработке стратегий устойчивого развития городской среды. Анализ загруженности ИЛТС также способствует более эффективному управлению подвижным составом и организации перевозок, что особенно важно в условиях растущего спроса на общественный транспорт.

3.2 Количественные показатели пассажирского контактного графика

Логистическое управление, как и любой другой вид управления, невозможно без использования оценочных показателей, значения которых либо рассчитываются, либо нормируются. Эти показатели служат основой для анализа, планирования и контроля логистических процессов, обеспечивая объективную оценку эффективности функционирования системы.

Известно, что в транспортной логистике такие показатели рассчитываются для любого вида контактных графиков и графиков движения. Они позволяют не только оценить текущее состояние перевозочного процесса, но и спрогнозировать его развитие, выявить узкие места и наметить меры по их устранению. Особенно важна их роль при организации сложных многоуровневых систем перевозок, где требуется высокая степень согласованности между различными участниками транспортного процесса.

Также известно, что показатели графика движения поездов рассчитываются с целью обеспечения комплекса важнейших транспортных функций. Прежде всего, это своевременность перевозки пассажиров и грузов, которая напрямую влияет на уровень доверия пользователей к транспортной системе. Также особое внимание уделяется безопасности — как пассажиров, так и перевозимых грузов, что требует строгого соблюдения временных интервалов и технологических норм. Эффективное использование подвижного состава и инфраструктуры является не менее важным критерием. Рационально спроектированный график позволяет минимизировать простой техники, повысить коэффициент загрузки вагонов и локомотивов, а также оптимизировать эксплуатационные расходы. Это особенно актуально для мегаполисов, где интенсивность движения велика, а ресурсы инфраструктуры ограничены. Кроме того, график движения должен обеспечивать бесперебойность и ритмичность работы всех звеньев транспортной цепи — от станций и перегонов до узлов пересадки и терминалов. Это способствует стабильности системы и снижает вероятность возникновения сбоев, которые могут привести к образованию заторов и

задержкам. Еще одним ключевым аспектом является улучшение пропускной способности железнодорожных участков и станций. Грамотно организованное расписание позволяет увеличить количество проходящих поездов без ущерба для безопасности и комфорта, что особенно важно при интеграции высокоскоростного и пригородного сообщения. Все эти параметры в совокупности выступают основными индикаторами качества транспортного обслуживания и надёжности всей системы перевозок.

Кроме того, график движения является основой для определения показателей согласованности работы транспорта всех видов с клиентами [100]. Это особенно важно в условиях развития интегрированных логистических транспортных систем (ИЛТС), где требуется единое информационное и временное пространство для взаимодействия перевозчиков, операторов и пользователей транспортных услуг. Такие показатели позволяют не только оценить уровень сервиса, но и выстроить долгосрочные партнерские отношения между участниками транспортного процесса.

В данном исследовании предлагается осуществлять расчёт показателей для пассажирского контактного графика движения в ИЛТС мегаполиса на основе комплексного подхода, включающего как количественные, так и качественные параметры. Эти показатели могут рассчитываться как по прибытию пассажиров на транспортные узлы, так и по их отправлению с этих узлов, что позволяет получить более полное представление о динамике пассажиропотоков и загруженности отдельных участков системы.

Такой подход к расчёту показателей обеспечивает возможность оперативного анализа состояния транспортной системы и выявления узких мест в её функционировании. Анализ проводится с учетом ключевых критериев развития интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС), таких как пропускная способность, регулярность перевозок, уровень доступности транспортных услуг и степень интеграции различных видов транспорта. Эти параметры выступают основными индикаторами

эффективности функционирования транспортной системы мегаполиса и позволяют оценить как текущее состояние, так и перспективы её развития.

Эти критерии, в свою очередь, базируются на логистических принципах, подробно изложенных в главе 2 настоящего исследования, которые позволяют рассматривать транспортную систему как единый целостный механизм. Такой подход обеспечивает комплексное управление перевозками, где все элементы взаимосвязаны и работают в режиме синхронизации. Основной задачей при этом является минимизация временных и ресурсных затрат на выполнение перевозок при одновременном повышении качества обслуживания пассажиров.

Предлагается следующая система из семи количественных и качественных показателей, которая отличается блоком из трех новых качественных показателей.

Количественные показатели пассажирского контактного графика:

- размеры посадки и высадки пассажиров;
- размеры движения транспорта;
- пассажирооборот.

Качественные показатели пассажирского контактного графика:

- индекс потери времени пассажира;
- коэффициент загруженности ИЛТС (или ее элемента – зоны, района, ТПУ);
- показатель загруженности ИЛТС (или ее элемента – зоны, района, ТПУ).

Размеры посадки и высадки пассажиров предлагается рассчитывать так:

$$N_{\text{пос}} = \frac{P_{\text{отп}}}{\rho}, \quad (3.7)$$

где $N_{\text{пос}}$ – размеры посадки пассажиров;

$P_{\text{отп}}$ – количество отправляющихся пассажиров;

ρ – пассажироёмкость.

$$N_{\text{выс}} = \frac{P_{\text{приб}}}{\rho}, \quad (3.8)$$

где $N_{\text{выс}}$ – размеры высадки пассажиров;

$P_{\text{приб}}$ – количество прибывающих пассажиров;

ρ – пассажироёмкость.

Как предлагается в данном исследовании, пассажироёмкостью транспорта (ρ) надлежит понимать показатель, отражающий, какое количество пассажиров, одновременно находящихся в ТПУ, может потенциально воспользоваться интегрированной пассажирской перевозкой, осуществляемой другими видами транспорта в ИЛТС мегаполиса.

Значение показателя предлагается определять по формуле:

$$\rho = \sum_{i=1}^m A_i \cdot p_i, \quad (3.11)$$

где A_i – количество курсирующих в ТПУ (районе) транспортных средств видов транспорта, единиц;

p_i – вместимость, пассажиров в i -ом транспортном средстве.

Размеры движения поездов и других видов транспорта будем определять:

$$N = \frac{A}{p}, \quad (3.9)$$

где A – пассажиропоток на рассматриваемом виде транспорта;

p – вместимость транспортных средств.

Пассажирооборот ТПУ предлагается рассчитывать по формуле:

$$P_{\text{ТПУ}} = \sum_{i=1}^m a_i \cdot K, \quad (3.10)$$

где a_i – количество пассажиров, следующих на i -том транспорте в ТПУ;

K – количество видов транспорта в ТПУ.

3.3 Качественные показатели пассажирского контактного графика

Качественные показатели пассажирского контактного графика служат важным инструментом для оценки эффективности использования технических средств транспорта при выполнении перевозочной работы. Особенно значимым в этом аспекте является уровень загрузки и использование подвижного состава, поскольку от этого зависит не только

экономическая выгода транспортных компаний, но и общая пропускная способность системы. Чем более равномерно распределены поездки и оптимальнее график движения, тем выше степень задействования имеющихся ресурсов.

Время нахождения пассажира в пути — то есть временной интервал от выхода из пункта отправления до прибытия в точку назначения — представляет собой один из ключевых факторов, влияющих на выбор маршрута со стороны пассажиров. В современных условиях этот параметр становится особенно важным, так как комфорт и скорость перемещения напрямую связаны с удовлетворённостью пользователей транспортной системы. Эффективная и современная интегрированная логистическая транспортная система (ИЛТС) мегаполиса должна учитывать необходимость минимизации времени, проводимого пассажирами в пути, чтобы повысить привлекательность общественного транспорта [103]. Это может быть достигнуто за счет оптимизации расписаний, улучшения взаимосвязей между видами транспорта и повышения скорости сообщения.

Для всесторонней оценки временных затрат пассажиров необходимо учитывать не только время непосредственно в пути, но и так называемое «внереальное» время — то есть периоды, затрачиваемые на дорогу до начального пункта отправления, ожидание поезда или другого вида транспорта, а также время, связанное с пересадками между различными видами транспорта. Эти временные потери оказывают существенное влияние на общий выбор маршрута и предпочтения пассажиров, поскольку воспринимаются ими как полноценная часть поездки. В современных условиях, когда конкуренция между видами транспорта становится всё более острой, учёт всех компонентов времени позволяет точнее оценивать привлекательность железнодорожных перевозок и разрабатывать решения, направленные на повышение их конкурентоспособности. В связи с этим, в рамках данного исследования предлагается использовать специальный показатель — индекс потери времени пассажира. Этот индекс позволяет

количественно оценить дополнительные временные затраты, возникающие вне самого процесса передвижения, но влияющие на общий опыт поездки.

Значение индекса потери времени пассажира напрямую влияет на вероятность выбора того или иного вида транспорта. Чем выше значение индекса для i -го вида транспорта, тем менее привлекательным он кажется пассажиру, что увеличивает вероятность перехода на альтернативный способ передвижения. Например, если пассажирам приходится долго ждать нужного маршрута, сталкиваться с неудобными пересадками или преодолевать значительные расстояния между остановками, это снижает лояльность к данной транспортной системе.

Индекс потери времени пассажира включает в себя совокупность временных затрат, связанных с пребыванием пассажиров на станциях и в транспортно-пересадочных узлах. Сюда относятся время ожидания прибытия состава, длительные переходы между платформами или зонами в ТПУ, а также время подхода к остановочному комплексу от места проживания или работы. Данный индекс рассчитывается на основе детального анализа различных категорий временных потерь, сгруппированных по типам, и позволяет получить объективную картину об уровне комфорта и доступности транспортных услуг для конечного пользователя.

$$T_{\text{пп}} = t_x + T_{\text{ож}} + t_{\text{узл}} \quad (3.12)$$

где t_x – время, затрачиваемое на подход к остановочному комплексу;

$T_{\text{ож}}$ – время ожидания транспортного средства;

$t_{\text{узл}}$ – время, затраченное на пересадку.

$$T_{\text{ож}} = t_{\text{и}} \cdot \frac{P}{P_{\text{вм}}} \quad (3.13)$$

где $t_{\text{и}}$ – интервал времени между подвижными составами, ч;

$P_{\text{вм}}$ – вместимость подвижного состава;

P – пассажиропоток.

$$t_{\text{узл}} = t_{\text{пх}}(P) + T_{\text{ож}} + t_{\text{доп}} \quad (3.14)$$

где $t_{\text{пх}}(P)$ – время перехода, зависимое от пассажиропотока;

$t_{\text{доп}}$ – дополнительное время, затрачиваемое на покупку билетов, проход через пункт досмотра, турникеты и др.

Если анализировать статистику пассажиропотока станции метро Девяткино (среднесуточное значение в 2023 году составляло 71 401 чел./сут.), то можно получить линию тренда, показывающую зависимость пассажиропотока от индекса потери времени пассажира в утренние часы работы станции (рис. 3.1).

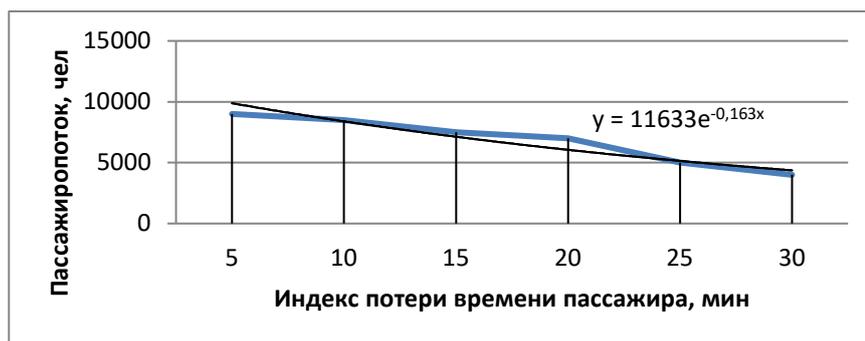


Рисунок 3.1 – Зависимость пассажиропотока от индекса потери времени пассажира (составлено автором)

Помимо рассмотренных ранее качественных показателей пассажирского контактного графика и индекса потери времени, на уровень спроса и общую потребительскую привлекательность общественного транспорта в условиях мегаполиса оказывают влияние и другие важные факторы. Среди них — время в пути, степень удобства и комфорта при поездке, уровень безопасности как для пассажиров, так и для перевозчика, доступность информации о движении транспорта, а также экологические аспекты и санитарно-гигиенические условия в салоне или на станциях. Не менее значимыми являются регулярность и пунктуальность движения, особенно в часы пик, когда любые сбои в расписании могут привести к существенным неудобствам. Также важна доступность транспортных средств для маломобильных групп населения, включая наличие специализированных маршрутов, адаптированных остановок и подвижного состава. В современных реалиях возрастает роль цифровых технологий — возможность онлайн-отслеживания местоположения транспорта, оплаты проезда с

помощью мобильных устройств, получения актуальных уведомлений о изменениях в графике значительно повышают удовлетворённость пользователей. Эти параметры формируют комплексное восприятие качества транспортного обслуживания и могут существенно повлиять на выбор пассажира, особенно в условиях, когда конкуренция между различными видами транспорта становится всё более заметной. Учет всех перечисленных факторов позволяет создать более эффективную и ориентированную на пользователя систему общественного транспорта, способствуя росту её популярности и устойчивому развитию городской транспортной инфраструктуры.

Автомобильный личный транспорт в условиях мегаполиса часто становится приоритетным способом передвижения для значительной части населения. Одной из главных причин такого выбора является возможность реализации принципа «от двери до двери», без необходимости пересадок, длительного ожидания и переходов между различными видами транспорта. Даже в условиях дорожных заторов пассажиры склонны отдавать предпочтение собственному автомобилю, поскольку он обеспечивает не только большее пространственное удобство, но и психологический комфорт. Стоит отметить, что за последние годы эпидемиологическая ситуация в мире также повлияла на транспортные предпочтения: многие граждане начали избегать мест массового скопления людей, к которым относится и общественный транспорт, особенно в часы пик. Это ещё больше усилило интерес к личному автотранспорту и другим индивидуальным средствам передвижения.

В связи с этим, в настоящем исследовании предлагается расширить систему анализа интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) за счёт учёта уровня её загруженности. Показатель загруженности ИЛТС может применяться как на уровне всей транспортной сети мегаполиса, так и в разрезе отдельных районов, транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), станций метро, остановочных пунктов и других элементов транспортной

инфраструктуры. Такой подход позволяет выявлять наиболее напряжённые участки и определять точки, где наблюдается высокая концентрация пассажиропотоков, что, в свою очередь, свидетельствует о повышенной потребности в развитии транспортной инфраструктуры.

Показатель загруженности характеризует качественное состояние ИЛТС по следующей целевой функции:

$$Z = \zeta \cdot T_{\text{пп}} \rightarrow \min \quad (3.15)$$

где Z – показатель загруженности, пасс·мин;

ζ – коэффициент загруженности ИЛТС.

Коэффициент загруженности ИЛТС – это отношение количества пассажиров, использующих ИЛТС мегаполиса, к пассажироёмкости, рассчитываемый по следующей формуле:

$$\zeta = \frac{\{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \alpha \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \gamma \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\}}{\sum_{i=1}^m A_i \cdot p_i}, \quad (3.16)$$

где b_j – количество жителей в j -том доме;

n – количество домов в районе;

α – доля пассажиров, предпочитающих поездку на автомобиле (включая каршеринг);

γ – коэффициент жителей, не совершающих поездку – это доля жителей j -тых домов, не использующих общественный транспорт;

p_i – вместимость пассажиров в i -тое транспортное средство;

A – количество курсирующего в районе транспорта;

$T_{\text{пп}}$ – индекс потери времени пассажира.

Апробация расчета перечисленных показателей рассмотрен в условиях ИЛТС Санкт-Петербурга в главе 4.

3.4 Алгоритм расчёта системы показателей пассажирского контактного графика

Рассмотрим подробно состав алгоритма, представленного на рис. 3.2, по отдельным элементам, с учетом логической последовательности и взаимосвязей между этапами.

1. После того как пассажирский контактный график составлен и согласован со всеми заинтересованными сторонами, наступает этап анализа текущего состояния интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса. На этом этапе определяется уровень загруженности ИЛТС с учетом графического представления графика движения и классификации его типа — например, по видам транспорта, времени суток или сезонности. Для объективной оценки предлагается использовать заранее рассчитанную систему качественных показателей, которая была описана ранее в исследовании.

Конкретно, если значение показателя загруженности составляет менее 50 условных единиц, это свидетельствует об ИЛТС слабой загруженности; при значениях менее 100 — система характеризуется как невысоко загруженная; в диапазоне от 100 до 150 — средняя загруженность; от 150 до 250 — высокая загруженность; а показатель выше 250 указывает на крайне высокую степень нагрузки на транспортную систему. Эти уровни позволяют формировать дифференцированный подход к управлению движением, планированию модернизации и распределению ресурсов.

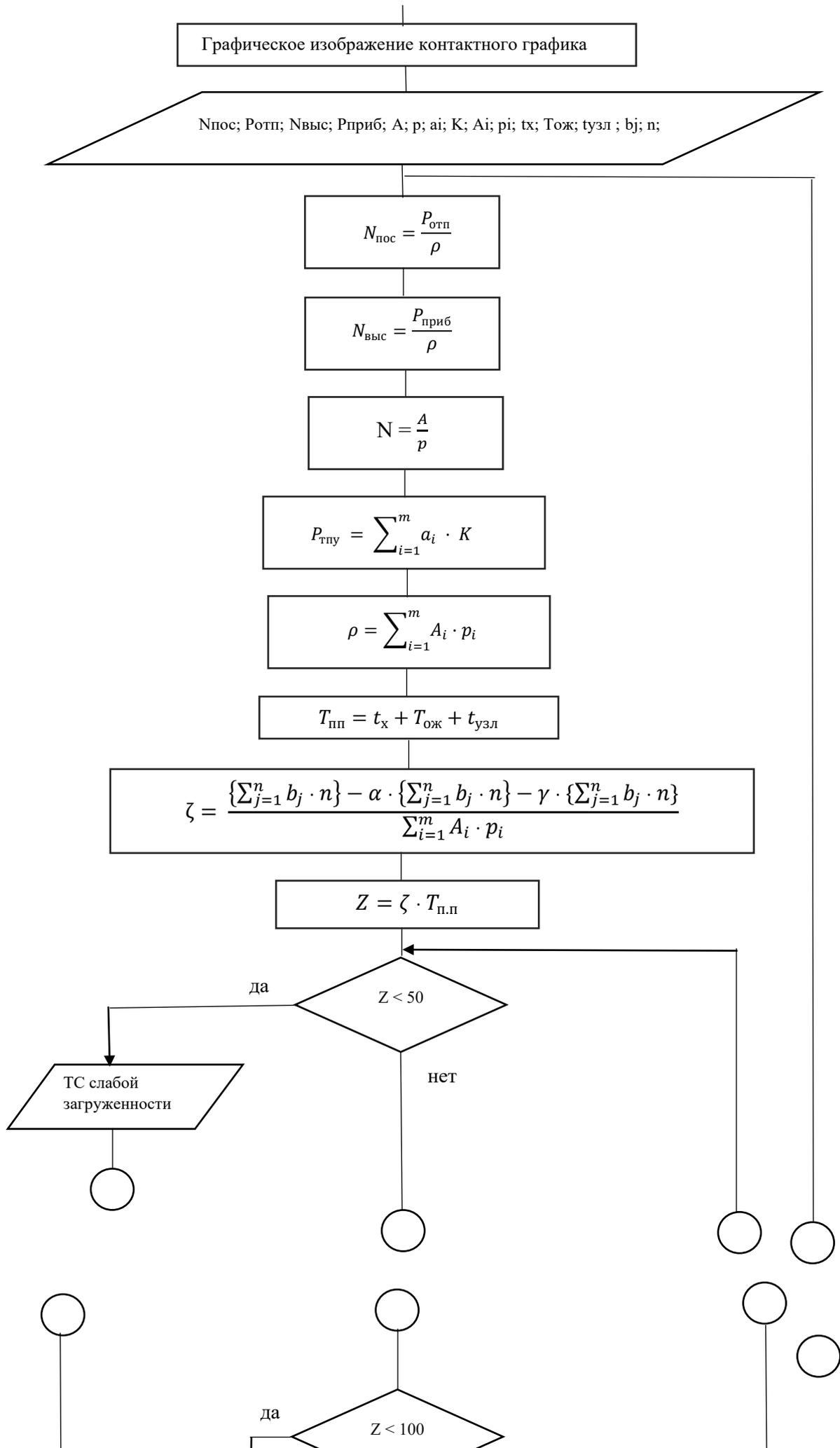
В перспективе возможно внедрение новых интеллектуальных транспортных систем, способных обеспечить полную автоматизацию процессов управления графиком движения. Это может включать не только автоматический контроль и анализ текущего состояния ИЛТС, но и использование автономного подвижного состава без водителей и машинистов. В таких условиях концепция контактного графика может стать основой для построения полностью автоматизированных систем управления

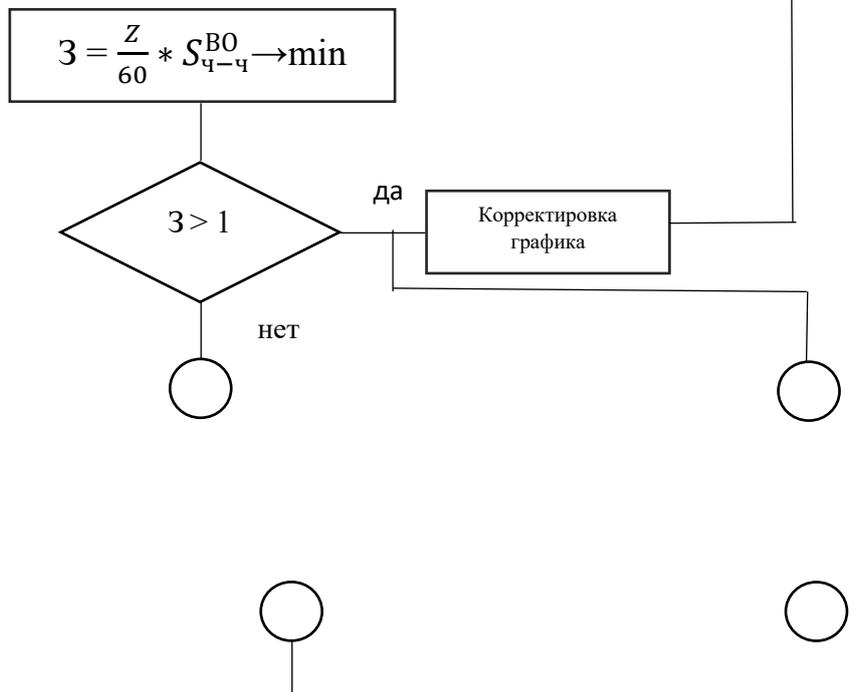
транспортом, что повысит точность выполнения расписаний и устойчивость всей транспортной сети.

2. Следующим этапом является проверка достижения целевой функции, выраженной через коэффициент экономического эффекта. Этот коэффициент служит интегральным показателем эффективности реализуемого графика. Если значение коэффициента превышает 1, это говорит о необходимости корректировки графика, поскольку текущие параметры не обеспечивают достаточной экономической эффективности. В противном случае, при значении коэффициента ниже 1, считается, что достигнутый вариант графика соответствует заданным критериям, и тогда осуществляется его печать для последующего согласования с ответственными органами и структурами.

3. Далее реализуется последовательность ключевых расчетов, направленных на всестороннюю оценку качества и устойчивости полученного графика. В ходе этих расчетов выявляются возможные точки перегрузки, временные коллизии между различными видами транспорта, а также участки, требующие дополнительного внимания с точки зрения организации перевозок. На основе полученных данных принимается решение о необходимости корректировки графика, либо о возможности его финального утверждения.

4. Завершающим этапом алгоритма является проведение оценки экономической эффективности функционирования ИЛТС. Основным критерием здесь выступает величина эффекта, достигаемого за счет сокращения общего времени в пути пассажиров при использовании пассажирского контактного графика. При наличии нескольких итераций корректировки графика проводится сравнительный анализ показателей до и после изменений. Это позволяет не только оценить масштаб достигнутых улучшений, но и выбрать наиболее оптимальный вариант графика для практической реализации.





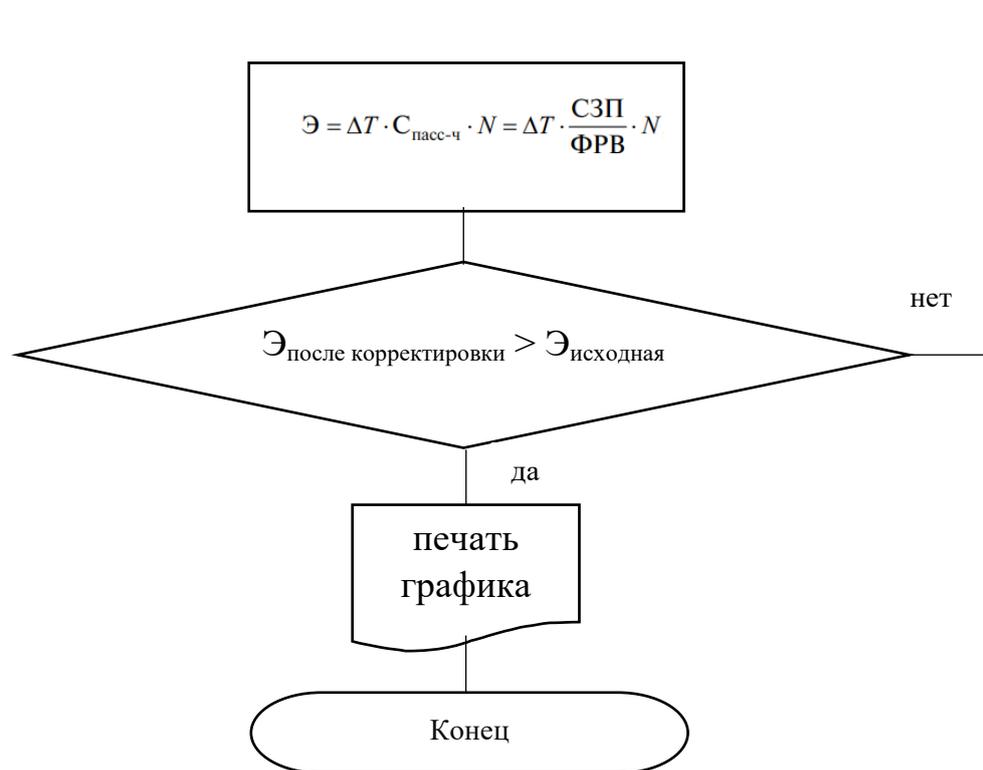


Рисунок 3.2 – Алгоритм последовательности расчёта показателей пассажирского контактного графика

В укрупненном виде последовательность анализа следующая:

- Рассчитать размеры посадки и высадки пассажиров.
- Рассчитать размеры движения поездов и других видов транспорта. Рассчитать пассажирооборот ТПУ.
- Рассчитать пассажироёмкость транспорта (ρ) в ТПУ.
- Рассчитать индекс потери времени пассажира.
- Рассчитать коэффициент и показатель загруженности.
- Проанализировать загруженность ИЛТС.
- Определить классность пассажирского контактного графика движения в ТПУ. Свести в таблицу полученные результаты и рассчитать величину эффекта от сокращения времени нахождения пассажира в пути.

3.5 Пересадочные и межтранспортные интервалы пассажирского контактного графика

3.5.1 Теоретическое обоснование интервалов для пассажирского контактного графика

Станционные и межпоездные интервалы графика движения поездов являются основными элементами. Их классификация приведена на рис.3.3. Интервалы устанавливают с учетом безопасности и технологичности [100].

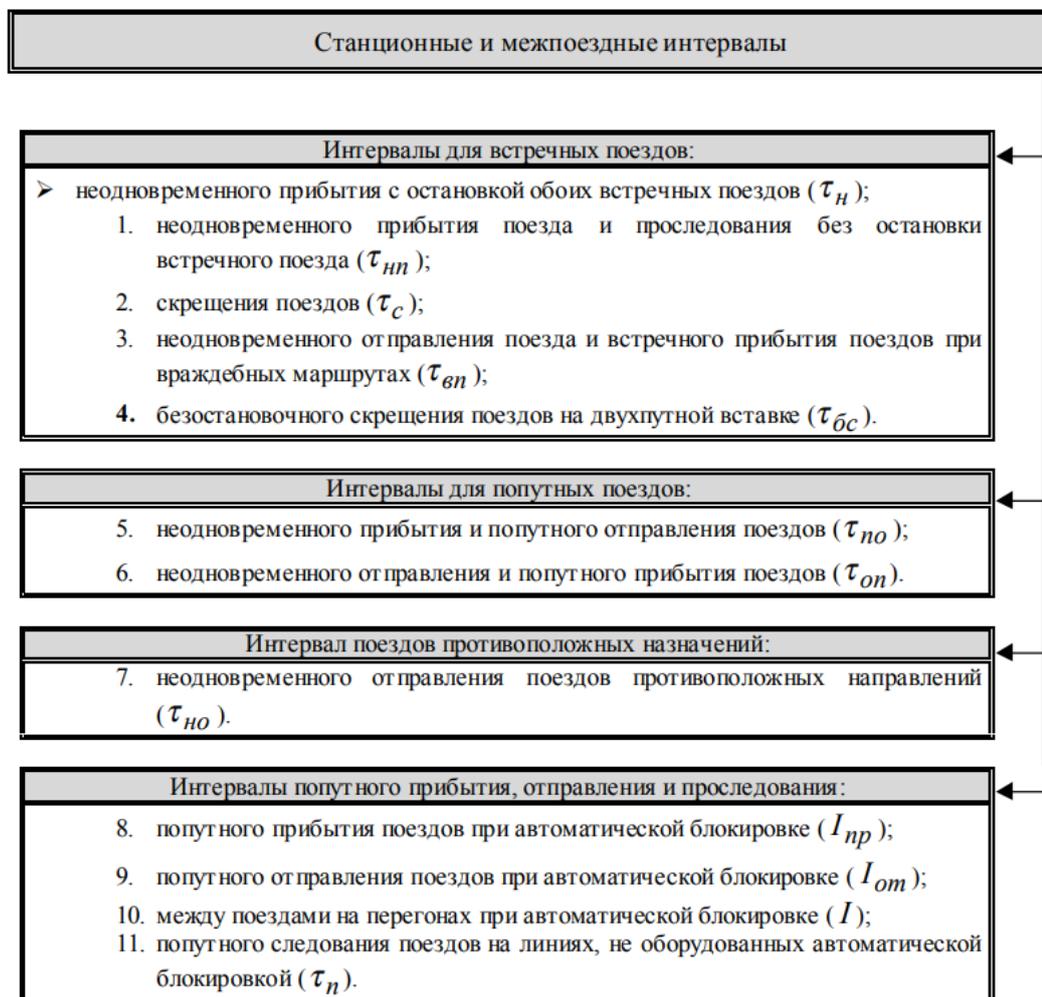


Рисунок 3.3 – Классификация станционных и межпоездных интервалов графика движения поездов

Опираясь на график движения поездов метрополитена, в данном исследовании предлагается учитывать для каждого транспортно-пересадочного узла (ТПУ) два ключевых временных параметра —

пересадочные и межтранспортные интервалы. Эти показатели играют важную роль в организации интегрированных пассажирских перевозок, особенно при синхронизации расписаний различных видов транспорта, взаимодействующих в рамках единой интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса. Пересадочный интервал характеризует время, необходимое пассажиру для перехода от одного вида транспорта к другому внутри ТПУ, включая ожидание прибытия подвижного состава. Межтранспортный интервал, в свою очередь, отражает периодичность курсирования разных видов транспорта через данный узел, что напрямую влияет на регулярность и доступность перевозок. Эффективное управление этими параметрами позволяет минимизировать общее время, затрачиваемое пассажиром на поездку, повысить привлекательность общественного транспорта и снизить нагрузку на дорожную сеть за счёт увеличения числа пересадочных путешествий. Кроме того, учёт указанных временных характеристик способствует более точному моделированию пассажиропотоков, планированию графиков движения и оптимизации логистических процессов в многоуровневой транспортной системе города. Это особенно актуально в условиях стремительного роста городской мобильности и необходимости обеспечения устойчивого развития транспортной инфраструктуры мегаполисов.

Пересадочный интервал определяется как минимальное время, необходимое пассажиру для выполнения полного цикла операций при пересадке: начиная с выхода из одного транспортного средства, продолжая переходом через территорию ТПУ к остановке другого вида транспорта, и заканчивая посадкой в новое транспортное средство. Учет этого параметра позволяет не только повысить удобство пассажиров, но и минимизировать риск упущенных пересадок, особенно в часы пик, когда потоки пассажиров наиболее плотные. Более того, анализ пересадочных интервалов способствует выявлению узких мест в планировке ТПУ и может стать основой для их дальнейшей оптимизации.

Межтранспортный интервал представляет собой минимальное разграничивающее время между моментами прибытия транспортных средств разных видов транспорта в один и тот же ТПУ. Данный параметр необходим для обеспечения безопасного и организованного взаимодействия подвижных составов, предотвращения конфликтов в движении и создания условий для равномерного распределения пассажиропотоков.

Интеграция пересадочных и межтранспортных интервалов в единый механизм управления ИЛТС позволяет значительно повысить степень согласованности расписаний, улучшить качество обслуживания пассажиров и снизить общие временные затраты на поездку. Это, в свою очередь, делает общественный транспорт более привлекательным по сравнению с личным автотранспортом, что соответствует современным тенденциям развития устойчивой городской мобильности.

Классификация интервалов предлагаемого контактного графика движения показана на рисунке 3.4.

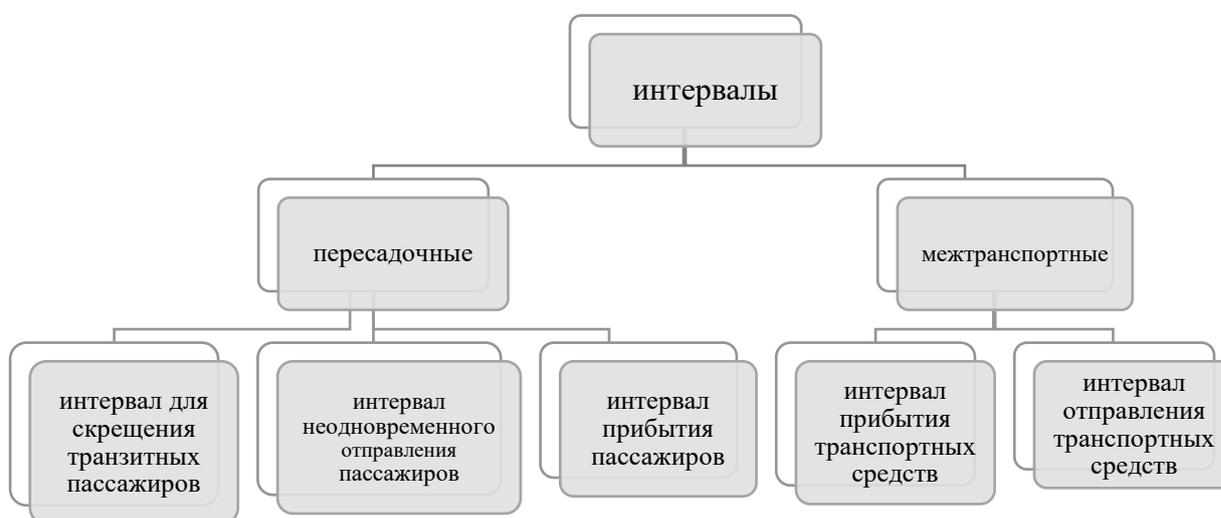


Рисунок 3.4 – Классификация интервалов пассажирского контактного графика в ИЛТС (составлена автором)

3.5.2 Система интервалов для пассажирского контактного графика

Рассмотрим более подробно предлагаемую систему интервалов (см.п.3.3.1) для пассажирского контактного графика движения в ИЛТС мегаполиса.

Пересадочные интервалы.

1) Интервал для скрещения транзитных пассажиров ($\tau_{стп}$) – это время для пропуска одновременно прибывших транзитных пассажиров при пересадке в ТПУ (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Интервал для скрещения транзитных пассажиров (составлено автором)

Минимальный промежуток времени, необходимый для высадки пассажиров из подвижного состава, согласно натурному эксперименту, проведённому в условиях интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) Санкт-Петербурга, составляет две минуты. Этот показатель учитывает время, требующееся для безопасного выхода пассажиров из вагона и их движения к выходу со станции или переходу между платформами.

При этом продолжительность данного процесса может варьироваться в зависимости от ряда факторов: интенсивности пассажиропотока, уровня загруженности вагонов, наличия маломобильных групп среди пассажиров, а также архитектурных особенностей самой станции и организации пространства пересадки. Учёт этих временных затрат имеет важное значение при разработке расписаний и синхронизации графиков различных видов

транспорта, взаимодействующих в едином транспортном узле. Кроме того, оптимизация времени высадки позволяет повысить пропускную способность станций, снизить вероятность возникновения заторов и повысить общую эффективность функционирования метрополитена и пригородных перевозок в условиях плотного городского графика. Полученные в ходе эксперимента данные могут быть использованы при моделировании пассажирских потоков и планировании транспортных операций в других крупных мегаполисах.

На осуществление самой пересадки, включая переход пассажиров между различными видами транспорта через территорию транспортно-пересадочного узла (ТПУ), с учетом длины переходов, плотности пассажиропотока и других факторов, требуется порядка четырёх минут. Данный временной интервал охватывает перемещение пассажиров по внутренним коридорам, лестницам, эскалаторам или переходным галереям, а также возможные задержки на контрольно-пропускных пунктах или у турникетов.

Время, необходимое для посадки пассажиров в следующее транспортное средство, также составляет две минуты. Этот период включает подход пассажиров к месту посадки, проход в салон или на платформу, а также непосредственно процесс размещения внутри подвижного состава.

Таким образом, общий пересадочный интервал, обеспечивающий комфортное и безопасное выполнение всех этапов пересадки — от высадки до посадки — составляет восемь минут. Этот временной промежуток необходим для пропуска одновременно прибывших транзитных пассажиров через территорию ТПУ без возникновения заторов и обеспечивает высокий уровень надежности пересадочных операций.

Указанные данные представлены в таблице 3.1 и могут использоваться как основа для планирования графиков движения, организации синхронизации разных видов транспорта и оптимизации логистики в ИЛТС мегаполиса.

Таблица 3.1 – График расчета интервала $\tau_{стп}$

№п/п	Операция	На опера цию	Время, мин			
			3	6	9	
1	Высадка пассажиров	2	■			
2	Пересадка	4		■		
3	Посадка пассажиров	2			■	
	Продолжительность интервала	8	■	■	■	

2) Интервалом неодновременного отправления пассажиров ($\tau_{опп}$) предлагается именовать минимальное время между отправлениями пассажиров разными видами транспорта (рисунок 3.6).

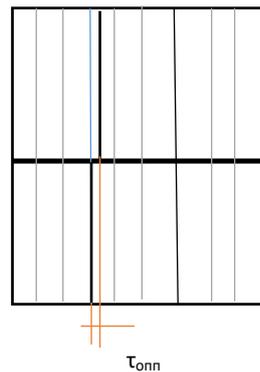


Рисунок 3.6 – Интервал неодновременного отправления (составлено автором)

С учётом данных натурного эксперимента и результатов анализа площади транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), в рамках настоящего исследования была разработана методика расчёта интервала неодновременного отправления подвижных составов различных видов транспорта. Эта методика легла в основу графика расчёта, представленного в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – График расчёта интервала $\tau_{\text{опп}}$

№п/п	Операция	На опера цию	Время, мин			
			3	6	9	
1	Высадка пассажиров	2	■			
2	Пересадка	4		■		
3	Ожидание посадки	3			■	
4	Посадка пассажиров в один вид транспорта	2				■
5	Посадка пассажиров в другой вид транспорта	2				■
	Продолжительность интервала	11	■			

3) Интервал прибытия пассажиров ($\tau_{\text{пп}}$) – это время между прибытиями пассажиров магистральным транспортом в ТПУ (рисунок 3.7).

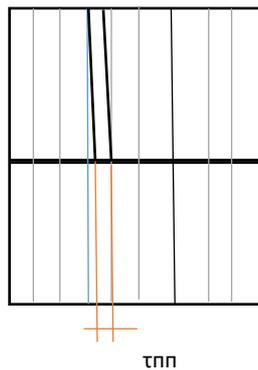


Рисунок 3.7 – Интервал прибытия пассажиров (составлено автором)

Время от момента прибытия пассажиров с одного вида магистрального транспорта до другого, согласно данным, представленным в таблице 3.3, представляет собой важный временной параметр, характеризующий эффективность организации пересадочных процессов в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ) и общей функциональности интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса.

Таблица 3.3 – График расчёта интервала $\tau_{\text{инт}}$

№п/п	Операция	На опера цию	Время, мин			
			3	6	9	
1	Высадка пассажиров с одного тс	2	■			
2	Высадка пассажиров с другого тс	2	■			
3	Пересадка	1	■			
	Продолжительность интервала	3	■			

Интервалы графика движения общественного транспорта действительно могут значительно варьироваться в зависимости от множества факторов, таких как масштаб города, уровень развития транспортной инфраструктуры, время суток, день недели, сезонные и погодные условия, а также особенности функционирования транспортной системы в целом.

Как правило, в крупных городах автобусы и трамваи на наиболее загруженных маршрутах осуществляют движение с интервалом от 5 до 15 минут в часы пик, что позволяет обеспечить высокую пропускную способность и удовлетворить повышенный спрос на перевозки. В остальное время суток, когда интенсивность пассажиропотока снижается, интервалы увеличиваются и могут составлять от 20 до 30 минут, а в отдельных случаях — более получаса, особенно на малоинтенсивных или пригородных линиях.

Вместе с тем, в небольших населённых пунктах или на маршрутах с низкой пассажирской нагрузкой интервалы могут быть ещё больше — иногда достигая одного-двух рейсов в час и даже реже. При этом в условиях неблагоприятной погоды, пробок или чрезвычайных ситуаций регулярность движения может нарушаться, что дополнительно влияет на комфорт пассажиров и надёжность транспортного обслуживания.

Эти колебания интервалов подчеркивают важность гибкого управления графиками движения, внедрения систем диспетчерского контроля и использования современных технологий прогнозирования пассажиропотоков. Только комплексный подход к организации

транспортных услуг позволяет обеспечить стабильность, предсказуемость и доступность общественного транспорта для всех категорий пользователей.

Особое внимание заслуживает соблюдение станционных интервалов в железнодорожном транспорте, особенно в метрополитене и скоростном городском сообщении. Невыполнение установленных временных промежутков между прибытием и отправлением поездов может привести к нарушению графика движения, возникновению задержек и последующему сбою работы не только отдельной станции, но и всего участка или направления. Это связано с тем, что в условиях плотного графика даже небольшая задержка одного состава способна вызвать цепную реакцию, затрагивающую несколько перегонов и пересадочных узлов.

Такие нарушения, в свою очередь, увеличивают вероятность скопления пассажиров на платформах, снижают уровень надёжности транспортной системы и могут стать причиной ухудшения потребительского восприятия общественного транспорта. Особенно остро подобные проблемы ощущаются в мегаполисах, где миллионы пассажиров ежедневно зависят от чёткой и слаженной работы ИЛТС.

Поэтому для обеспечения стабильного функционирования транспортной системы необходимо не только разрабатывать рациональные графики движения, но и строго контролировать их выполнение, используя современные средства автоматизации, диспетчерского управления и анализа состояния транспортной сети в реальном времени. Это позволит минимизировать вероятность сбоев и повысить общую устойчивость интегрированной логистической транспортной системы.

Межтранспортные интервалы.

1) Интервал прибытия транспортных средств ($\tau_{птс}$) – это время от момента прибытия в ТПУ транспортного средства до следующего прибытия в ТПУ транспортного средства другого транспорта (рисунок 3.8).

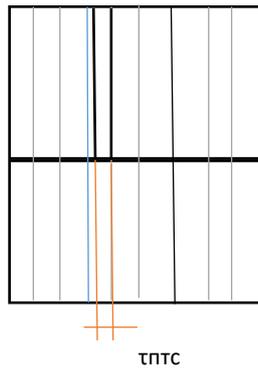


Рисунок 3.8 – Интервал прибытия транспортных средств (составлено автором)

Время от момента прибытия транспортного средства в транспортно-пересадочный узел до следующего прибытия состава магистрального транспорта рассчитывается исходя из натурного эксперимента (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – График расчета интервала $\tau_{птс}$

№п/п	Операция	На опера цию	Время, мин			
			3	6	9	
1	Прибытие одного тс	1	■			
2	Прибытие другого тс	1	■			
3	Выход пассажиров	2	■			
4	Выход на пересадку	1		■		
	Продолжительность интервала	4	■	■		

2) Интервалом отправления транспортных средств ($\tau_{отс}$) называют минимальное время от момента отправления из ТПУ одного вида транспорта до момента отправления из этого ТПУ другого магистрального транспорта (рисунок 3.9).

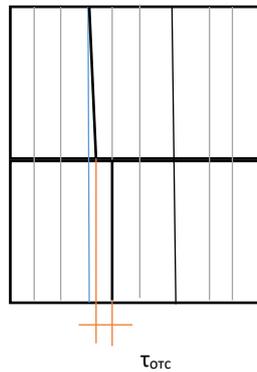


Рисунок 3.9 – Интервал отправления транспортных средств (составлено автором)

Минимальное время от момента отправления из ТПУ одного вида транспорта до момента отправления из этого ТПУ другого магистрального транспорта рассчитывается исходя из натурного эксперимента (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – График расчета интервала $\tau_{отс}$

№п/п	Операция	На опера цию	Время, мин			
			3	6	9	
1	Высадка пассажиров	2	■			
2	Пересадка	4	■	■		
3	Посадка пассажиров	2			■	
	Продолжительность интервала	8	■	■	■	

Пример малого контактного графика, составленный для станции метро «Ладожская» и прилегающих трамвайных маршрутов при коэффициенте согласованности $K=0,5$ и представленный на рисунке 3.10, наглядно иллюстрирует практическое применение разработанного подхода к синхронизации расписаний различных видов транспорта в рамках единого транспортно-пересадочного узла (ТПУ). Такой график позволяет детально спланировать взаимодействие между подвижными составами разных видов транспорта, обеспечивая эффективное функционирование пересадочного узла и улучшая качество пассажирских перевозок. Особенно важно, что он минимизирует время ожидания пассажиров при пересадках, что напрямую влияет на удобство и привлекательность городского транспорта в целом. Таким образом, контактный график становится важным инструментом в планировании и организации транспортных процессов, способствуя созданию более слаженной и пассажироориентированной системы общественного транспорта.

В данном графике отражены не только временные параметры движения подвижного состава, но и предложенные интервалы между отправлениями, обеспечивающие минимальное время пересадки пассажиров и повышение общей эффективности перевозочного процесса. Эти интервалы определялись с учетом среднего времени, необходимого для перехода между платформами, а также с учетом интенсивности пассажиропотока в различные периоды суток. В результате достигается более равномерная загрузка транспортных средств и снижается вероятность скопления людей на пересадочных узлах.

Эта форма пассажирского контактного графика была специально разработана и последовательно апробирована в условиях реальной эксплуатации на Ладожском вокзале — одном из ключевых транспортно-пересадочных узлов Санкт-Петербурга. Благодаря его интеграции в ИЛТС города появилась возможность повысить степень согласованности работы метрополитена, железнодорожного сообщения и наземного электрического

транспорта, что положительно сказалось на уровне сервиса и комфорте пассажиров.

Результаты внедрения данного подхода зафиксированы в соответствующем акте, который приведён в приложении 4 к исследованию. Данный документ подтверждает успешную реализацию методики на практике и свидетельствует о её применимости для других транспортно-пересадочных узлов мегаполиса. Акт также содержит оценку достигнутых эффектов, включая сокращение времени пересадки, улучшение равномерности распределения пассажиропотоков и повышение надёжности функционирования транспортной системы в целом.

Пример, представленный на рисунке 3.10, может служить моделью для разработки аналогичных контактных графиков в других крупных ТПУ как Санкт-Петербурга, так и других городов, где актуальна задача интеграции разных видов общественного транспорта в единую логистическую систему.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

1. В третьей главе разработан алгоритм анализа пассажирского контактного графика в ИЛТС мегаполиса.

Основной научный результат, полученный в третьей главе, следующий:

- основанный на разработанных в главе 2 логистических принципах алгоритм анализа пассажирского контактного графика движения, основанные на предложенной системе количественных и качественных показателей, а также на предложенной классификации пересадочных и межтранспортных интервалов. Показано, что применение полученного результата обеспечивает скоординированную работу и «увязку» графиков транспорта для минимизации времени ожидания пассажира с учетом загруженности ИЛТС.

2. Теоретически обоснованы и классифицированы интервалы контактного графика движения в ИЛТС мегаполиса. Интервалы контактного графика: пересадочные (интервал для скрещения транзитных пассажиров ($\tau_{стп}$); интервалом неодновременного отправления пассажиров ($\tau_{опп}$); интервал прибытия пассажиров ($\tau_{пп}$)) и межтранспортные (интервал прибытия транспортных средств ($\tau_{птс}$); интервал отправления транспортных средств ($\tau_{отс}$)) интервалы.

Предлагаемые интервалы обеспечивают безопасность движения и пассажиров, недопущение накопления транспортных средств на территории ТПУ, рациональное использование оборудования комплекса с применением современных технологий пассажирских перевозок для уменьшения времени нахождения пассажиров в ТПУ или использовании времени ожидания пассажиров в коммерческих целях и обеспечения их досуга.

Значения предлагаемых интервалов определяются с помощью натуральных экспериментов в ТПУ Санкт-Петербурга с учетом типа и площади

ТПУ, по результатам которого составлялись графики расчёта интервалов и подробно рассматриваются в главе 4 настоящего исследования.

Разработан пример малого пассажирского контактного графика ($K=0,5$) для станции метро Ладожская и трамваев в данном ТПУ с обозначением предлагаемых интервалов.

3. Предложена система из семи количественных и качественных показателей пассажирского контактного графика, отличающаяся тремя новыми качественными показателями и основанная на критериях развития ИЛТС и логистических принципах, изложенных в концепции в главе 2.

К количественным показателям отнесены: размеры движения поездов и других видов транспорта; пассажирооборот ТПУ; размеры посадки и высадки пассажиров; пассажироёмкость транспорта.

К качественным показателям отнесены следующие: индекс потери времени пассажира; коэффициент загруженности; показатель загруженности ИЛТС мегаполиса.

4. Показано, что основной задачей пассажирской логистики в ИЛТС мегаполиса является сокращение времени ожидания пассажира, что ведет к привлечению клиентов к пользованию общественным транспортом за счет увеличения привлекательности данного способа перемещения.

5. В настоящем исследовании предложен важный интегральный показатель — индекс потери времени пассажира, который отражает совокупные временные затраты, связанные с ожиданием подвижного состава на станциях и остановках, длительными переходами между видами транспорта в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ), а также временем, необходимым для подхода к остановочному комплексу от места проживания или работы.

Особое значение данный показатель имеет при сравнении различных видов транспорта между собой и при анализе мотивации выбора способа передвижения населением. Установлено, что чем выше значение индекса потери времени пассажира на i -том виде транспорта, тем менее

привлекательным он воспринимается со стороны пользователей, и тем выше вероятность того, что пассажир предпочтёт воспользоваться личным транспортом. Это особенно актуально в условиях крупных городов, где комфорт, скорость и надёжность перевозок играют ключевую роль в формировании устойчивых пассажирских потоков.

Таким образом, индекс потери времени пассажира может служить эффективным инструментом для оценки качества транспортного обслуживания, выявления узких мест в организации перевозок и разработки мер по повышению конкурентоспособности общественного транспорта в сравнении с индивидуальными средствами передвижения.

6. Обоснована необходимость учета загруженности ИЛТС для анализа ИЛТС. Показатель загруженности характеризует качественное состояние ИЛТС мегаполиса и необходим для определения зон, нуждающихся в прокладке рельсового транспорта.

7. Для оценки загруженности ИЛТС и учета при составлении пассажирского контактного графика предлагается использовать показатель пассажироемкости, отражающий, какое количество пассажиров, одновременно находящихся в ТПУ, потенциально может воспользоваться интегрированной пассажирской перевозкой, осуществляемой видами транспорта в ИЛТС мегаполиса.

8. Опираясь на полученные результаты, был разработан алгоритм анализа предлагаемого пассажирского контактного графика движения в ИЛТС мегаполиса. Оценку экономической эффективности ИЛТС предлагается производить с помощью расчета величина эффекта от сокращения времени в пути.

ГЛАВА 4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ И АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛОЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

4.1 Способ расчета экономической эффективности интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса

Экономический эффект от совершенствования планирования и организации пассажирских перевозок в интегрированной логистической транспортной системе (ИЛТС), на основе мероприятий, разработанных в диссертации, предлагается оценивать отдельно — для пассажиров и для перевозчиков. Такой подход к анализу позволяет более точно определить конкретные выгоды каждой из сторон, участвующих в транспортном процессе, и обеспечивает комплексное обоснование экономической эффективности внедряемых решений. Разделение оценки экономического эффекта на две категории дает возможность провести более точный сравнительный анализ и сформулировать рекомендации по дальнейшему развитию ИЛТС, учитывающие интересы как пользователей, так и операторов транспортных услуг. Это создает основу для сбалансированного подхода к реформированию транспортной системы и обеспечивает устойчивое развитие городской мобильности в долгосрочной перспективе.

Для пассажиров экономический эффект определяется на основе оценки экономии времени пассажиров на пересадку в ТПУ (транспортно-пересадочном узле). Сокращение времени ожидания подвижного состава при переходе с одного вида транспорта на другой непосредственно влияет на общее время поездки, что особенно важно для ежедневных пользователей общественного транспорта. Эта экономия времени может быть выражена в денежном эквиваленте и рассматривается как прямой экономический выигрыш. Более того, снижение временных затрат способствует предотвращению снижения производительности труда работников, перемещающихся на общественном транспорте через ТПУ к местам приложения труда. Таким образом, повышается не только качество жизни

граждан, но и общий уровень социально-экономической активности населения.

Величину экономического эффекта предлагается разделить на две составляющие:

Для пассажиров — за счет снижения продолжительности пересадки в ТПУ.

Для перевозчиков, осуществляющих перевозки в рамках данного узла — за счет увеличения пассажиропотока, обусловленного улучшенным взаимодействием видов транспорта и повышением привлекательности использования конкретного маршрута или вида транспорта.

Первая составляющая — экономия времени пассажиров — рассчитывается исходя из среднего количества пересадок на одного пассажира, сокращения времени ожидания при пересадке и числа пассажиров, пользующихся ТПУ в течение определённого периода. При этом используется нормативная стоимость одного часа времени, учитывающая среднюю заработную плату и коэффициенты, отражающие значимость времени в сфере услуг и других занятых категорий населения.

Вторая составляющая — экономический выигрыш перевозчиков — выражается в увеличении объема перевозок, росте выручки от реализации билетов и повышении коэффициента загрузки подвижного состава. Повышение привлекательности узла благодаря синхронизации расписаний стимулирует рост пассажиропотока, что положительно сказывается на финансовых показателях транспортных компаний. Кроме того, улучшение качества обслуживания может способствовать росту доверия со стороны пассажиров и снижению конкуренции со стороны индивидуального транспорта.

Годовой экономический эффект от снижения времени пересадки пассажиров в ТПУ рассчитывается по формуле 4.1:

$$\mathcal{E}_{\text{Год.пас}} = \mathcal{C}_{\text{рд}} * \mathcal{C}_{ij} * \Delta t_{\text{ср}} * \alpha_{\text{тр}}/100 * \mathcal{C}_{\text{вр.час}} * \beta_{\text{пт}} * k_{\text{кор}}, \quad (4.1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{год.пас}}$ – годовой экономический эффект от снижения транспортной усталости пассажиров при уменьшении времени поездок с трудовыми целями, рублей; $\mathcal{C}_{\text{рд}}$ – среднегодовое число рабочих дней в среднем на 1 работника, дней (принимается равным $\mathcal{C}_{\text{рд}} = 247$); \mathcal{C}_{ij} – среднесуточный пассажиропоток в системе ТПУ, пассажиров (принимается $\mathcal{C}_{ij} = 197580$ пасс. в сутки); $\Delta t_{\text{ср}}$ – средняя величина экономии времени пассажира при пересадке в ТПУ, часов ($\Delta t_{\text{ср}} = 0,2$ часа); $\alpha_{\text{тр}}$ – доля пассажиров, совершающих поездки к местам приложения труда в системе ТПУ, в общем числе перемещающихся через ТПУ пассажиров, % (принимается $\alpha_{\text{тр}} = 60\%$ по результатам структуры транспортных корреспонденций на территории Санкт-Петербурга, данные Комитета по транспорту Санкт-Петербурга); $\mathcal{C}_{\text{вр.час}}$ – среднечасовой валовой внутренний продукт в расчете на 1 занятого в экономике Санкт-Петербурга, определяемый, как: $\text{ВРП}_{\text{СПб}} / (\mathcal{C}_{\text{зан}} * 1815)$, где $\text{ВРП}_{\text{СПб}}$ – оценка валового регионального продукта Санкт-Петербурга в 2023 году, рублей ($\text{ВРП}_{\text{СПб}} = 12,2$ трлн. рублей по данным Комитета по экономической политике и стратегическому планированию Санкт-Петербурга); $\mathcal{C}_{\text{зан}}$ – среднегодовая численность занятых в экономике Санкт-Петербурга, человек ($\mathcal{C}_{\text{зан}} = 3215,1$ тыс. чел. по данным Петростата); 1815 – эффективный фонд времени 1 занятого с учетом уменьшения календарного фонда рабочего времени на продолжительность ежегодного оплачиваемого отпуска, часов; $\beta_{\text{пт}}$ – коэффициент уменьшения производительности труда работников при нахождении времени в пути от дома до работы свыше 45 минут (по данным – результатам исследований ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» снижение производительности труда в первый час работы составляет 30%, во второй – 10%, в среднем в смену (рабочий день) 5%, таким образом $\beta_{\text{пт}} = 0,05$); $k_{\text{кор}}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий влияние фактического сокращения времени в пути пассажира $\Delta t_{\text{ср}} = 0,2$ часа на прирост производительности труда: $k_{\text{кор}} = 0,3$, по данным ОАО «НИИАТ»).

Для перевозчиков экономический эффект в год обусловлен дополнительным доходом при увеличении пассажиропотока через ТПУ. Годовой экономический эффект для перевозчиков предлагается определять по формуле 4.2:

$$\mathcal{E}_{\text{год.пер}} = \Delta N * \Sigma(\gamma_i * \Pi_i * R_i / 100), \quad (4.2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{год.пер}}$ – годовой экономический эффект для перевозчиков, обусловленный приростом пассажиропотока в ТПУ, рублей; ΔN – прирост пассажиропотока в год в оцениваемом ТПУ, пасс. (принимаем $\Delta N = 16\,118\,400$ пассажиров в год); $\Sigma(\gamma_i * \Pi_i * R_i / 100)$ – средневзвешенная оценка прибыли от оказания услуг перевозки одному пассажиру, рублей; Π_i – средний доход от перевозки пассажира на транспорте i -го вида (в качестве i предусмотрены: метрополитен, городской электрический транспорт, автобусный транспорт, пригородный железнодорожный транспорт, такси, при этом Π_i принимается о данным Петростата за 2023 год: для метрополитена 50,1 руб., для городского электрического транспорта 47,6 руб., для городского автобуса 51,4 руб., для таксомоторного транспорта 805 руб., для пригородного железнодорожного транспорта 106,7 руб.); R_i – средний уровень рентабельности по доходам от перевозки пассажиров на транспорте i -го вида, % (принимаем R_i по данным Петростата: для метрополитена (с учетом субсидий) 1,5%, для городского электрического транспорта (с учетом субсидий) 0,03%, для городского автобуса (с учетом субсидий) 0,4%, для такси 3,2%, для пригородного железнодорожного транспорта 2,2%); γ_i – доля i -го вида транспорта в общем объеме поездок пассажиров через ТПУ (за исключением перевозок пассажиров железнодорожным транспортом дальнего следования) доли ед. (принимаем γ_i по расчетам для оцениваемого ТПУ: для метрополитена 0,412, для городского электрического транспорта 0,164, для городского автобуса 0,356, для такси 0,03, для пригородного железнодорожного транспорта 0,038).

Для расчета величины эффекта от сокращения времени пассажира в пути (формула 4.1) необходимо произвести расчёт предлагаемых показателей контактного графика, а также экономию времени пассажира, определяемую на основе анализа построенного и согласованного пассажирского контактного графика.

Рассчитаем показатели по фрагменту контактного графика (см. приложение 1) с 5:00 ч до 10:00 ч, и величину эффекта от сокращения времени в пути с учетом введения ВСМ (таблица 4.8). Порядок расчета следующий:

1. Рассчитать размеры посадки и высадки пассажиров:

$$N_{\text{пос}} = \frac{P_{\text{отп}}}{\rho}, \quad (4.3)$$

где $N_{\text{пос}}$ – размеры посадки пассажиров;

$P_{\text{отп}}$ – количество отправляющихся пассажиров;

ρ – пассажироёмкость.

$$N_{\text{выс}} = \frac{P_{\text{приб}}}{\rho}, \quad (4.4)$$

где $N_{\text{выс}}$ – размеры высадки пассажиров;

$P_{\text{приб}}$ – количество прибывающих пассажиров;

ρ – пассажироёмкость.

2. Рассчитать размеры движения поездов и других видов транспорта:

$$N = \frac{A}{p}, \quad (4.5)$$

где A – пассажиропоток на рассматриваемом виде транспорта;

p – вместимость транспортных средств.

3. Рассчитать пассажирооборот транспортно-пересадочного узла:

$$P_{\text{ТПУ}} = \sum_{i=1}^m a_i \cdot K, \quad (4.6)$$

где a_i – количество пассажиров, следующих на i -ом транспорте в ТПУ;

K – количество видов транспорта в ТПУ.

4. Рассчитать пассажироёмкость транспорта (ρ) в ТПУ:

$$\rho = \sum_{i=1}^m A_i \cdot p_i, \quad (4.7)$$

где A_i – количество курсирующего в ТПУ (районе) транспорта;

p_i – вместимость пассажиров в i -ое транспортное средство.

5. Рассчитать индекс потери времени пассажира:

$$T_{\text{пп}} = t_x + T_{\text{ож}} + t_{\text{узн}} \quad (4.8)$$

где t_x – время, затрачиваемое на подход к остановочному комплексу;

$T_{ож}$ – время ожидания транспортного средства;

$t_{узн}$ – время, затраченное на пересадку.

6. Рассчитать коэффициент и показатель загруженности:

$$Z = \zeta \cdot T_{пп} \rightarrow \min \quad (4.9)$$

где Z – показатель загруженности, пасс·мин;

ζ – коэффициент загруженности ИЛТС.

$$\zeta = \frac{\{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \alpha \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \gamma \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\}}{\sum_{i=1}^m A_i \cdot p_i}, \quad (4.10)$$

где b_j – количество жителей в j -том доме;

n – количество домов в районе;

α – доля пассажиров, предпочитающих поездку на автомобиле и каршеринг);

γ – коэффициент жителей, не совершающих поездку – это доля жителей j -тых домов, не использующих общественный транспорт;

p_i – вместимость пассажиров в i -тое транспортное средство;

A – количество курсирующего в районе транспорта;

$T_{пп}$ – индекс потери времени пассажира.

7. Проанализировать загруженность ИЛТС:

Z менее 50 – ТС слабой загруженности;

Z менее 100 – ТС невысокой загруженности;

Z от 100 до 150 – ТС средней загруженности;

Z от 150 до 250 – ТС высокой загруженности;

Z более 250 – ТС крайне высокой загруженности.

Критерии значения показателя загруженности Z приняты на основе экономической оценки: коэффициент экономического эффекта Z не должен превышать 1, если $Z < 1$, то поездка экономически эффективна. Значение коэффициента экономического эффекта Z определено согласно задаче оптимального планирования, также как и расчёт экономической эффективности

ИЛТС. Значение показателей пассажиропоток и пассажироемкость, приняты на основе крупнейших ТПУ Санкт-Петербурга, на основе которых выполняется расчет индекса потери времени пассажира (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Индекс потери времени пассажира

Пассажиро- ёмкость*		Пассажиропотоки по ключевым ТПУ Санкт-Петербурга, пасс./сут.				
		ТПУ Московский вокзал	МО Морской	ТПУ метро Приморская	ТПУ метро Звенигородская	ТПУ метро Бухарестская
		33000	25000	20000	15000	10000
A1	7870	7	7	7	7	7
A2	1030	10	10	10	7	7
A3	2150	10	10	10	7	7
A4	2970	7	7	7	7	7
A5	3960	7	7	7	7	7

* Пассажироемкость – это количество курсирующих через ТПУ транспортных средств всех видов транспорта (A1...A5), стыкуемых в ТПУ, с учетом их вместимости, пасс./сут., расчет по формуле 3.11.

С учетом полученных результатов значений рассчитаем коэффициент загрузки и показатель загрузки рассматриваемой ИЛТС.

Расчет коэффициента загрузки дан в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Коэффициент загрузки

Пассажиропоток пассажироемкость		B1	B2	B3	B4	B5
		33000	25000	20000	15000	10000
A1	7870	4,19	3,18	2,54	1,91	1,27
A2	1030	32,04	24,27	19,42	14,56	9,71
A3	2150	15,35	11,63	9,30	6,98	4,65
A4	2970	11,11	8,42	6,73	5,05	3,37
A5	3960	8,33	6,31	5,05	3,79	2,53

С помощью оптимального планирования по целевой функции СУММПРОИЗВ (M16:Q20;M23:Q27) с ограничениями (рисунок 4.1) были получены следующие значения показателя загрузки, приведенные в таблицах 4.3 и 4.4.

В соответствии с ограничениями:

$$\$L\$23:\$L\$27 = \$L\$16:\$L\$20$$

$$\$M\$22:\$Q\$22 = \$M\$15:\$Q\$15$$

$$\$M\$23:\$Q\$27 \geq 0$$

Рисунок 4.1 – Условия ограничения для целевой функции расчета оптимального решения коэффициента загрузки.

Таблица 4.3 – Показатель загрузки

Пассажиропоток		B1	B2	B3	B4	B5	итого
пассажироёмкость		639,34	484,35	387,48	225,99	150,66	1887,82
A1	91,61	29,35	22,24	17,79	13,34	8,89	
A2	927,18	320,39	242,72	194,17	101,94	67,96	
A3	444,19	153,49	116,28	93,02	48,84	32,56	
A4	242,76	77,78	58,92	47,14	35,35	23,57	
A5	182,07	58,33	44,19	35,35	26,52	17,68	
итого		1887,82					

Таблица 4.4 – Оптимальный план по показателю загрузки

Пассажиропоток		B1	B2	B3	B4	B5	итого
пассажироёмкость		639,34	484,35	387,48	225,99	150,66	
A1	91,61372	91,61372	0	0	0	0	
A2	927,1845	0	163,0567	387,4787	225,9894	150,6596	
A3	444,186	122,8944	321,2916	0	0	0	
A4	242,7609	242,7609	0	0	0	0	
A5	182,0707	182,0707	0	0	0	0	

Показатель загрузки рассчитан в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Показатель загрузки

Пассажиропоток		B1	B2	B3
пассажироёмкость		11250	9562,5	20000
A1	1030	249,71		
A2	2150		147,89	
A3	2970			49,81

В таблице 4.6 рассчитано оптимальное значение коэффициента экономического эффекта Z.

Таблица 4.6 – Коэффициент экономического эффекта

Пассажиропоток		B1	B2	B3
пассажироёмкость		11250	9562,5	20000
A1	1030	1,91		
A2	2150		0,99	
A3	2970			0,54

Значения доли пассажиров, предпочитающих поездку на автомобиле (включая каршеринг), получены по формуле ниже и сведены в таблицу 4.7:

$$\alpha = \frac{\zeta \cdot S_{\text{ч-ч}}^{\text{BO}}}{24} \quad (4.11)$$

Таблица 4.7 – Доля пассажиров, предпочитающих поездку на автомобиле

Пассажиропоток		B1	B2	B3
пассажироёмкость		11250	9562,5	20000
A1	1030	0,869876		
A2	2150		0,182707	
A3	2970			0,151156

Данная методика автоматизирована в программе для ЭВМ (см.п.4.3: алгоритм, описание, руководство, код программы).

Коэффициент экономического эффекта – это отношение показателя загруженности транспортной системы с учетом укрупненной стоимостной оценки времени нахождения пассажиров в пути к часу:

$$З = \frac{Z}{60} * S_{\text{ч-ч}}^{\text{BO}} \rightarrow \min \quad (4.12)$$

$$Z = \frac{3*60}{S_{\text{ч-ч}}^{\text{BO}}} \quad (4.13)$$

Рассмотрим значение коэффициента на примере Санкт-Петербурга. Для этого воспользуемся формулой стоимостной оценки 1 чел.-часа [106, 107]:

$$S_{\text{ч-ч}}^{\text{BO}} = \frac{\text{ВВП}}{365 \cdot 24 \cdot N} \quad (4.14)$$

где: $S_{\text{ч-ч}}^{\text{BO}}$ – валовая оценка 1 чел.-ч, руб.;

ВВП – показатель валового внутреннего продукта страны, млн.руб.;

365 – число дней в году;

24 – число часов в сутках;

N – численность экономически активного населения в стране или регионе, тыс.чел.

Укрупненная стоимостная оценка временных затрат жителей страны составит 259,9 руб./ч или 4,3 руб./мин.

Тогда для ИЛТС Санкт-Петербурга с учетом валового регионального продукта:

$$S_{\text{ч-ч}}^{\text{ВО}} = \frac{\text{ВРП}}{365 \cdot 24 \cdot N} \quad (4.15)$$

На основе данных [108] в 2023 году ВРП составил 11 714 975,92 млн.руб., а численность экономически активного населения в стране или регионе 3 324,20 тыс.чел..

$$S_{\text{ч-ч}}^{\text{ВО}} = \frac{11714975,92}{365 \cdot 24 \cdot 3324,20} = 402,3 \text{ руб} = 0,4 \text{ тыс.руб.} \quad (4.16)$$

С помощью коэффициента экономического эффекта определяем значение показателя загруженности рассматриваемой ИЛТС:

$$Z = \frac{1 \cdot 60}{0,4} = 150$$

Более высокие значения свидетельствуют о высокой и крайне высокой загруженности ИЛТС.

Поскольку значение индекса потери времени пассажира $T_{\text{пп}}$, рассчитанное по построенному фрагменту контактного графика (см. приложение 1), с 5:00 ч до 10:00 ч с учетом введения ВСМ (таблица 4.8), имеет большее по сравнению с оптимальным планированием значение, то необходимо скорректировать интервал движения транспортных средств магистрального транспорта для экономии времени пассажира (ΔT , ч) и увеличения величины эффекта от сокращения времени в пути (\mathcal{E} , руб.).

8. Годовой экономический эффект за счет экономии времени пассажиров на пересадку в ТПУ составит, согласно нашим расчетам с использованием формулы 4.1, $\mathcal{E}_{\text{год.пас}} = 183,7$ млн. рублей в год.

9. Годовой экономический эффект для перевозчиков, обусловленный приростом пассажиропотока в ТПУ, который генерируется приростом прибыли от перевозок (расчет выполнен по формуле 4.2, $\mathcal{E}_{\text{год.пер}} = 20,1$ млн. рублей).

10. На основе предложенной классификации в данном исследовании предлагается для определения классности контактного графика движения в транспортно-пересадочном узле следующая формула:

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n q}, \quad (4.17)$$

где q – взаимодействующий вид транспорта; i – транспорт, взаимодействующий с метрополитеном; n – некоторый транспорт, входящий во взаимодействие.

Чем ближе значение K к нулю, тем классность выше: $0 < K \leq 0,15$ – сверхкрупный контактный график; $0,15 < K \leq 0,2$ – крупный контактный график; $0,2 < K \leq 0,25$ – средний контактный график; $0,25 < K \leq 0,5$ – малый контактный график.

11. Затем в таблицу сводятся полученные результаты показателей контактного графика и величину эффекта от сокращения времени в пути (таблица 4.8):

Таблица 4.8 – Расчёт предлагаемых показателей контактного графика и величины эффекта от сокращения времени в пути.

Показатели		Промежутки времени, ч				
		05:00- 06:00	06:00- 07:00	07:00- 08:00	08:00- 09:00	09:00- 10:00
размеры высадки пассажиров	$N_{выс}$	0,17	0,08	0,07	0,08	0,08
размеры посадки пассажиров	$N_{м}$	1,45	1,94	1,94	1,94	1,94
размеры движения автобусов	$N_{а}$	32,00	42,67	42,67	42,67	42,67
размеры движения троллейбусов	$N_{т}$	32	19,2	19,2	19,2	19,2
размеры движения электропоездов пригородного назначения	$N_{э}$	2,30	3,07	3,07	3,07	3,07
Пассажирооборот транспортно-	$P_{тпу}$	67889	208349	236441	243464	231759

Показатели		Промежутки времени, ч				
		05:00- 06:00	06:00- 07:00	07:00- 08:00	08:00- 09:00	09:00- 10:00
пересадочного узла						
пассажиро-ёмкость	ρ	17000	46250	52080	50030	49470
индекс потери времени пассажира	$T_{пп}$	20	19	21	20	20
коэффициент загрузки	ζ	1,80	2,03	2,04	2,19	2,11
показатель загрузки	Z	35,94	40,54	40,86	43,80	42,16
коэффициент экономического эффекта	Z	0,24	0,27	0,27	0,29	0,28

4.2 Расчёт показателей интегрированной логистической транспортной системы мегаполиса на примере муниципального округа в Санкт-Петербурге

Порядок оценки экономической эффективности интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса рассмотрен на примере анализа одного из ключевых показателей — уровня загрузки транспортной инфраструктуры в конкретном микрорайоне. В качестве объекта исследования выбран муниципальный округ Морской в городе Санкт-Петербург, а именно квартал намывных территорий, включающий современные жилые комплексы «Я – Романтик» и «Гавань капитанов». Данный район представляет собой перспективный объект для анализа с точки зрения транспортной логистики. Его развитие характеризуется высокой плотностью застройки, активной фазой заселения и устойчивым ростом численности населения. Эти факторы создают предпосылки для формирования значительных транспортных потоков, что делает округ

типичным примером современного городского пространства, требующего грамотного и комплексного подхода к организации транспортных связей.

Кроме того, особенность территории заключается также в её географическом положении и ограниченной доступности смежных транспортных коридоров, что усиливает актуальность разработки и внедрения интегрированной транспортной системы. Анализ показателя загруженности позволяет не только оценить текущее состояние дорожной сети, но и спрогнозировать возможные узкие места при дальнейшем развитии района. Таким образом, муниципальный округ Морской выступает репрезентативным полигоном для апробации методики оценки экономической эффективности ИЛТС в условиях динамично развивающейся городской среды.

Анализ ИЛТС данного микрорайона интересен для исследования как типичный вариант новых быстро развивающихся районов, которые в последние годы активно формируются в пределах границ мегаполисов. Эти территории отличаются высокой плотностью застройки, значительным пассажиропотоком и необходимостью обеспечения сбалансированного взаимодействия различных видов общественного транспорта. Это особенно важно, поскольку такие районы становятся не только местами проживания, но и центрами трудовой, социальной и культурной активности.

Данный микрорайон также представляет интерес как пример сложившегося взаимодействия между новыми и уже существующими транспортными системами. Жилые комплексы расположены в непосредственной близости от функционирующих станций метро и наземных маршрутов общественного транспорта, что позволяет анализировать интеграцию пассажиропотоков и выявлять потенциальные точки пересечения и напряжённости в работе транспортной системы. Такая ситуация требует применения методов оценки загруженности и прогнозирования развития транспортных связей с учетом роста населения и увеличения спроса на перевозки.

Рассмотрим далее пример расчета для МО Морской.

1. Выбор исходных данных.
2. Расчет коэффициента загруженности

$$\zeta = \frac{\{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \alpha \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \gamma \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\}}{\sum_{i=1}^m A_i \cdot p_i}$$

$$\zeta = \frac{\{2083 \cdot 12\} - 0,35 \cdot \{2083 \cdot 12\} - 0,2 \cdot \{2083 \cdot 12\}}{3 \cdot 90 + 4 \cdot 90 + 1 \cdot 200 + 1 \cdot 200} = \frac{11250}{1030} = 10,92$$

3. Расчёт индекса потери времени пассажира

$$T_{\text{пп}} = t_x + T_{\text{ож}} + t_{\text{узл}}$$

$$T_{\text{пп}} = 7 + 11,25 + 8 = 26,25(\text{мин})$$

4. Расчёт показателя загруженности

$$Z = \zeta \cdot T_{\text{п.п}} \rightarrow \min$$

$$Z = 10,92 \cdot 26,25 = 286,65 \text{ пасс} \cdot \text{мин}$$

Вывод: так как Z более 250, ИЛТС крайне высокой загруженности.

5. Оптимизация расчёта с учётом увеличенного показателя загруженности

Расчет показывает, что для рассматриваемых условий ИЛТС значение показателя загруженности довольно высокое.

- а) Перерасчёт коэффициента загруженности

$$\zeta = \frac{\{2083 \cdot 12\} - 0,35 \cdot \{2083 \cdot 12\} - 0,2 \cdot \{2083 \cdot 12\} - 0,15 \cdot 11250}{3 \cdot 90 + 4 \cdot 90 + 1 \cdot 200 + 1 \cdot 200 + 5 \cdot 90 + 1 \cdot 200 + 3 \cdot 90 + 1 \cdot 200}$$

$$= \frac{9562,5}{2150} = 4,45$$

- б) Перерасчёт $T_{\text{пп}}$

$$T_{\text{пп}} = 26,5 + 7 = 33,25 \text{ (мин)}$$

- в) Перерасчёт показателя загруженности

$$Z = 4,45 \cdot 33,25 = 147,96 \text{ пасс} \cdot \text{мин}$$

Показатель Z незначительно меньше 150, поэтому ТС с учётом существующих маршрутов, расположенных на больших расстояниях от домов, средней загруженности, почти высокой.

При пересчёте показатель загруженности заметно снизился, так как жители в утренние «часы пик» активно перемещаются к местам работы, учёбы и другим центрам притяжения. Это означает, что значительная часть населения покидает микрорайон, направляясь в другие зоны города, что снижает внутреннюю нагрузку на транспортную инфраструктуру района. Однако важно отметить, что несмотря на это снижение, для пассажиров остаётся приоритетным фактор своевременного прибытия в пункт назначения, поскольку от этого зависят их трудовая и образовательная активность.

Именно поэтому наблюдается стабильный рост количества автомобилей на улично-дорожной сети мегаполиса в часы пик — многие пассажиры предпочитают использовать личный транспорт из-за большей предсказуемости времени поездки, несмотря на существующие пробки. Причиной этого является неравномерность расписаний общественного транспорта и частые сбои в его работе, которые усиливаются именно в напряженные периоды. Такое поведение горожан свидетельствует о недостаточной надежности и согласованности общественного транспорта, особенно в условиях высокой динамики пассажиропотоков. В результате люди выбирают индивидуальные средства передвижения как более стабильные, хотя это и усугубляет ситуацию на дорогах.

Такой уровень загруженности ИЛТС (интегрированной логистической транспортной системы) указывает на то, что существующая инфраструктура уже не справляется с современными объемами перевозок. Это становится особенно заметно в районах с активной застройкой и ростом численности населения. Следовательно, необходимо развивать новые линии подземного метрополитена, трамвайные маршруты или наземные железнодорожные линии. Реализация таких проектов позволит не только разгрузить улично-дорожную сеть, но и повысить доступность и качество перевозок для населения, особенно в быстро растущих районах. Кроме того, развитие скоростных видов общественного транспорта способно стать реальной

альтернативой личному автомобилю, тем самым снижая общую нагрузку на дорожную систему города.

Для более точной оценки текущего состояния транспортной системы и обоснования мер по её развитию необходимо выполнить сравнительный анализ величин пассажиропотока метрополитена и наземного транспорта. Рассчитаем коэффициент загрузки для ТПУ станции метро Приморская:

$$\zeta = \frac{\{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \alpha \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \gamma \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\}}{\sum_{i=1}^m A_i \cdot p_i}$$

$\{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \alpha \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \gamma \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} = 20000$ (с учетом открытых данных о пассажиропотоке на станции метро приморская)

$$\zeta = \frac{20000}{1980 \cdot 1,5} = 6,7$$

$$T_{\text{мин}} = 7 + 3 + 2 = 12 \text{ (мин)}$$

$$Z = 6,7 \cdot 12 = 80,4 \text{ пасс} \cdot \text{мин}$$

Как можно видеть, Z менее 100 свидетельствует о невысокой загрузке, соответственно, ИЛТС в рассматриваемом районе функционирует эффективно, а если принять, что у пассажиров есть единый проездной билет или используется банковская карта (например, карта петербуржца), то $T_{\text{мин}} = 7$ мин и $Z = 46,9$ пасс·мин, что свидетельствует о слабой загрузке (рисунок 4.2).

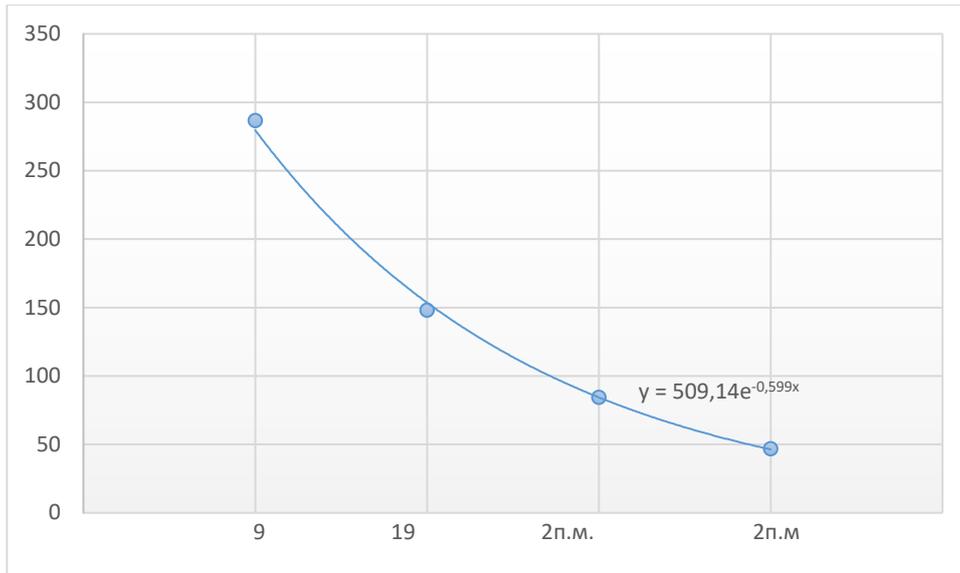


Рисунок 4.2 – График зависимости показателя загруженности от количества маршрутов и поездов метрополитена (график получен автором)

Таким образом, для рационального и стабильного функционирования ИЛТС мегаполиса необходима прокладка новых линий поездов метрополитена, трамваев или наземных линий поездов в районах массовой застройки жилья и повышенных «пиковых» пассажиропотоков.

4.3 Практические рекомендации по планированию и развитию интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса

Исследование интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса на примере города Санкт-Петербурга позволило выявить ряд характерных особенностей, которые определяют её структуру, функциональное назначение отдельных видов транспорта и существующие проблемы в организации перевозок.

Основные черты ИЛТС Санкт-Петербурга:

- Метрополитен как основа ИЛТС.

В системе городского пассажирского транспорта метрополитен играет роль центрального звена, обеспечивающего массовые перевозки с высокой скоростью и регулярностью. Остальные виды транспорта — наземный электротранспорт, автобусы, пригородные поезда — выполняют функцию

«подвозящих» звеньев, то есть обеспечивают доступность станций метро и обслуживают районы, не охваченные подземными линиями.

- Высокая надёжность и точность работы метрополитена.

Движение поездов метро отличается бесперебойностью и строгим соблюдением расписания, что делает его наиболее предсказуемым и устойчивым элементом ИЛТС. Однако ограничивающим фактором остаётся недостаточная пространственная охватываемость сети: многие периферийные и быстро развивающиеся районы города остаются вне досягаемости метрополитена.

- Недостаточный охват территории сетью метрополитена.

Отсутствие станций метро в новых и отдалённых районах приводит к перегрузке действующих участков и созданию дефицита мобильности для жителей этих территорий. Это усиливает транспортную напряжённость в ядре города и требует расширения подземной сети в соответствии с ростом застройки и численности населения.

- Необходимость развития кольцевого движения в метро.

Современная конфигурация линий метрополитена формирует центрические пассажиропотоки, которые концентрируются в центральной части города. Для разгрузки ядра и обеспечения более равномерного распределения потоков необходим запуск кольцевой линии или её продолжение, что позволит значительно повысить эффективность транспортной системы.

- Различный уровень развития трамвайных линий.

В некоторых районах Санкт-Петербурга трамвайная сеть развита достаточно хорошо и играет важную роль в обеспечении местных перевозок. Однако в других районах наблюдается острая потребность в прокладке новых трамвайных путей. Кроме того, расписание трамваев не согласовано с графиками других видов транспорта, что снижает общую интеграцию ИЛТС и затрудняет выполнение пересадочных операций.

- Зависимость трамвайного сообщения от дорожных условий.

В тех районах, где трамвай движется в общем автомобильном потоке, его работа часто нарушается из-за дорожных заторов и низкой приоритетности

общественного транспорта. Это приводит к снижению регулярности движения и увеличению времени поездки, что отрицательно влияет на удовлетворённость пассажиров.

- Недостаточное развитие пригородного сообщения.

Пригородное железнодорожное сообщение в агломерации Санкт-Петербурга развито неравномерно. Некоторые пригородные направления имеют хорошее транспортное обеспечение, но значительная часть территории остаётся недостаточно связанной с городом, что ограничивает возможности трудовой и социальной мобильности населения.

- Доминирование грузового движения на железной дороге.

На железнодорожных путях внутри города преобладает грузовое сообщение, что ограничивает количество возможных пассажирских маршрутов. Это сужает возможности развития городской и пригородной железнодорожной составляющей ИЛТС, несмотря на имеющийся потенциал использования существующей инфраструктуры для пассажирских перевозок.

По результатам проведенного исследования сформулированы следующие практические рекомендации при построении ИЛТС, основанные на принципах и концепции, изложенных в главе 2.

Приоритетные векторы планирования и организации интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса

Для повышения эффективности функционирования и развития ИЛТС мегаполиса, особенно с учетом современных вызовов городской мобильности и требований к качеству транспортного обслуживания населения, необходимо реализовать комплекс мер, ориентированных на цифровизацию, интеграцию и координацию различных видов транспорта. Ниже представлены ключевые приоритетные направления.

1. Внедрение пассажирского контактного графика

Транспортным организациям, участвующим в ИЛТС — прежде всего железнодорожному и рельсовому городскому транспорту, метрополитену — следует инициировать разработку и постоянное ведение пассажирского

контактного графика. Этот график должен объединить расписания движения всех видов транспорта в едином визуальном формате, обеспечивая наглядность и согласованность их работы. Это позволит минимизировать время ожидания при пересадках и повысить общую пропускную способность системы.

2. Создание единого диспетчерского центра

Необходимо организовать единый диспетчерский центр, который будет отвечать за:

- координацию взаимодействия между различными перевозчиками;
- выработку единого прейскуранта на услуги по комплексному «бесшовному» транспортно-логистическому обслуживанию пассажиров;
- внедрение модели единого билета, обеспечивающего доступ к нескольким видам транспорта в рамках одного маршрута;
- синхронизацию расписаний для повышения точности и регулярности перевозок.

3. Рациональное распределение пассажиропотоков и обновление подвижного состава

Применение пассажирских контактных графиков даст возможность более равномерно распределить нагрузку между различными видами транспорта. Это создаст условия для увеличения инвестиционной привлекательности общественного транспорта, что, в свою очередь, стимулирует обновление парка подвижного состава и модернизацию инфраструктуры, особенно в условиях межведомственного сотрудничества.

4. Повышение транспортной мобильности через комфортные пересадки

Рост мобильности населения будет обеспечен за счет:

- повышения привлекательности общественного транспорта;
- создания комфортных условий смены видов транспорта в ТПУ;
- развития мультимодальных технологий в ИЛТС;
- синхронизации расписаний пригородных поездов, метро, трамваев и автобусов.

Эти меры позволят сократить потери времени пассажиров при пересадках и сделать использование общественного транспорта более предсказуемым и удобным.

5. Внедрение концепции МaaS (Mobility as a Service)

Целесообразно реализовать интегрированный подход в формате МaaS, заключающийся в создании единого мобильного приложения, которое позволит пассажиру:

- самостоятельно конструировать мультимодальные маршруты;
- бронировать и оплачивать поездки;
- получать актуальную информацию о движении транспорта;
- использовать различные виды транспорта в одном интерфейсе ("в одно окно").

Это значительно повысит доступность и удобство использования транспортной системы как для местных жителей, так и для гостей города.

6. Развитие новых мультимодальных маршрутов и инфраструктуры

На основе аналитических данных, получаемых из контактных графиков и показателей загруженности ИЛТС, необходимо:

- проектировать новые мультимодальные маршруты;
- развивать уровень сервиса в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ), обеспечивая быстрые и комфортные пересадки.

Например, в Санкт-Петербурге запланирована интеграция пяти линий метрополитена с новыми маршрутами пригородно-городских поездов. Также ожидается изменение в базировании мест обслуживания дальнего следования: с открытием нового вокзала высокоскоростного сообщения около станции Санкт-Петербург-Главный произойдет перераспределение потоков между Ладужским вокзалом и Волковской. Это потребует строительства дополнительной железнодорожной линии и корректировки схем подвоза.

7. Создание единого управляющего центра

В систему управления пассажирскими перевозками мегаполиса необходимо включить единый управляющий центр, который будет:

- нормировать работу каждого вида транспорта в зоне ТПУ или остановочного пункта;

- вести автоматизированное управление контактными графиками;

- интегрироваться с АСУ (автоматизированными системами управления) всех видов транспорта, работающих в ИЛТС.

Это обеспечит целостность управления и оперативное реагирование на изменения в режимах перевозок.

8. Автоматизация контактного графика как функционального модуля

Пассажирский контактный график должен быть внедрен в качестве функционального модуля действующих систем железнодорожного транспорта, позволяя:

- принимать оперативные решения по организации движения в конкретной зоне или ТПУ;

- поэтапно подключать участников перевозочного процесса;

- интегрировать данные в автоматизированные рабочие места (АРМ) пользователей и диспетчеров.

9. Внедрение блокчейн-технологий

Перспективным направлением является применение блокчейн-технологий в сфере мультимодального транспорта с целью:

- создания единого цифрового пространства;

- обеспечения безопасности и прозрачности данных;

- повышения надежности расчетов между участниками перевозочного процесса;

- формирования «бесшовных» поездок с единым цифровым паспортом поездки.

Это особенно важно при развитии MaaS и использовании единого билета.

10. Единый билет и ответственность за перевозку

Необходимость организации пассажирских перевозок внутри мегаполиса с использованием единого проездного билета становится особенно актуальной в условиях стремления к созданию интегрированной логистической транспортной

системы (ИЛТС), ориентированной на удобство и доступность для населения. Такой билет должен быть основан на контактном перевозочном тарифе, при котором плата за проезд взимается единообразно независимо от количества пересадок и используемых видов транспорта, что обеспечивает максимальную прозрачность и справедливость тарифной политики. Ответственность за выполнение всего маршрута следования пассажира, включая все пересадки между различными видами транспорта, должна быть централизована и возложена на одного оператора перевозок. Таким оператором может выступать единый управляющий центр, наделённый полномочиями по координации деятельности всех перевозчиков, работающих на территории города. Это позволит исключить дублирование функций, повысить степень согласованности действий и упростить процесс контроля качества предоставляемых услуг. Единый управляющий центр будет выполнять ключевые функции по управлению перевозками на основе контактных графиков движения, которые обеспечивают синхронизацию расписаний, минимизируют время ожидания и повышают общую регулярность сообщения. В его задачи войдут также планирование маршрутной сети с учётом динамики пассажиропотоков, распределение ресурсов между перевозчиками, а также мониторинг показателей работы транспортной системы в режиме реального времени.

В дальнейшем ключевыми векторами развития пассажирских перевозок в ИЛТС мегаполиса должны стать:

1. поэтапное совершенствование работы ИЛТС мегаполиса с учетом предложенной системы критериев;
2. использование контактного графика движения в ТПУ ИЛТС и его интеграция с автоматизированными системами управления видов транспорта, включая активизацию МaaS-сервисов для конструирования поездки самим пассажиром;
3. постоянный мониторинг и анализ пассажирского контактного графика движения ТПУ в ИЛТС на основе предложенной классификации интервалов движения;

4. автоматизированная оценка загруженности ИЛТС на постоянной основе на начальном этапе проводится с помощью разработанной программы для ЭВМ.

Рассмотрим далее функционал авторской программы для ЭВМ (включая алгоритм, описание, руководство, код программы).

4.3.1. Блок-схема работы программы

Порядок работы с программой расчёта показателя загруженности ИЛТС мегаполиса представлен в виде алгоритма (рис.4.3). Программа написана на языке программирования Java.

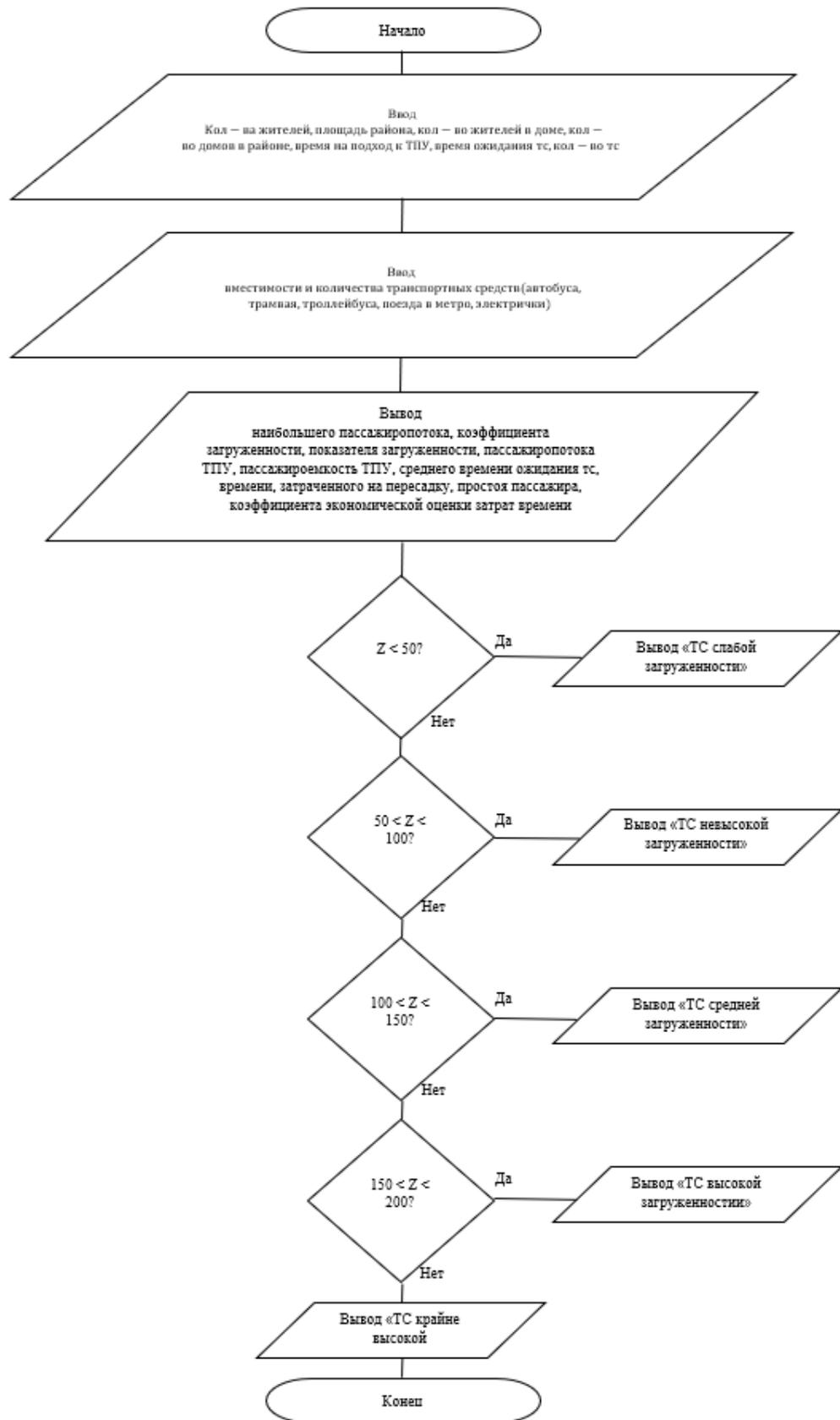
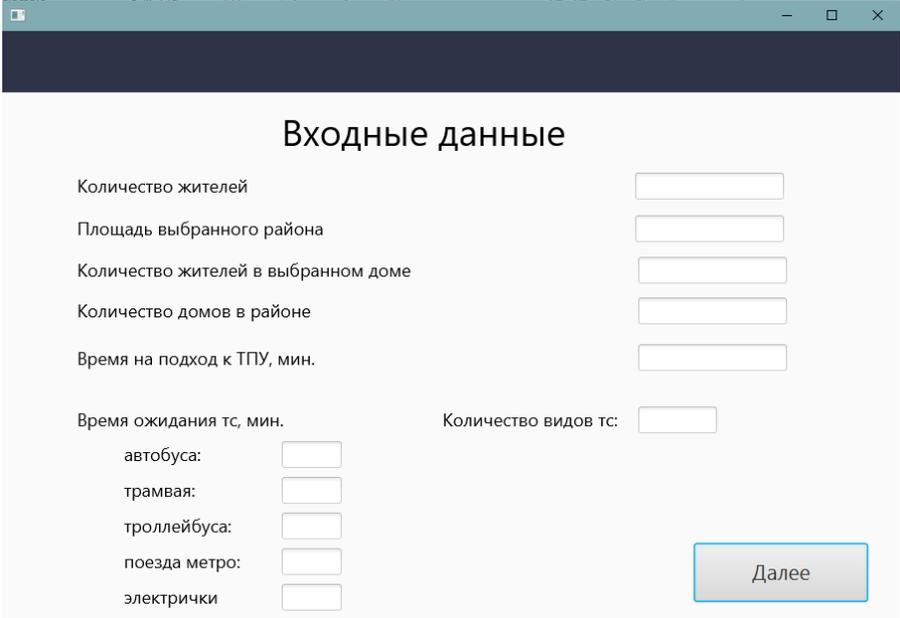


Рисунок 4.3 – Алгоритм программы расчёта показателя загруженности ИЛТС (составлено автором)

4.3.2. Описание работы программы

После открытия программы пользователю необходимо внести данные в поля (рис. 4.4). Чтобы перейти на другую страницу, необходимо нажать кнопку «Далее».

С помощью данной программы можно посчитать показатель загруженности для любого транспортно-пересадочного узла, станции, района.



The screenshot shows a window titled "Входные данные" (Input Data). The form contains the following fields:

- Количество жителей:
- Площадь выбранного района:
- Количество жителей в выбранном доме:
- Количество домов в районе:
- Время на подход к ТПУ, мин.:
- Время ожидания тс, мин. (with sub-fields):
 - автобуса:
 - трамвая:
 - троллейбуса:
 - поезда метро:
 - электрички:
- Количество видов тс:

A "Далее" (Next) button is located at the bottom right of the form.

Рисунок 4.4 – Начальная страница (ввод данных)

На второй странице находится следующая часть данных, которые необходимо заполнить. На этой странице вводятся данные о количестве общественного транспорта, а также их вместимость (рис. 4.5). В случае, если в районе нет того или иного вида транспортного средства, необходимо поставить «0». Для перехода на следующую страницу требуется нажать кнопку «Далее».

Скриншот второй страницы приложения. В центре экрана расположены восемь пар текстовых меток и текстовых полей ввода:

- вместимость автобуса
- количество автобусов в районе
- вместимость трамвая
- количество трамваев в районе
- вместимость троллейбуса
- количество троллейбусов в районе
- вместимость поезда метро
- количество поездов метро в районе
- вместимость электрички
- количество электричек в районе

В нижней правой части экрана находятся две кнопки: «Назад» и «Далее».

Рисунок 4.5 – Вторая страница приложения

Третья страница является выводом результатов (рис. 4.6).

Для того, чтобы вывести результаты необходимо нажать кнопку «Вывести результаты» (рис.4.7). Для выхода на начальную страницу требуется нажать «На главный экран».

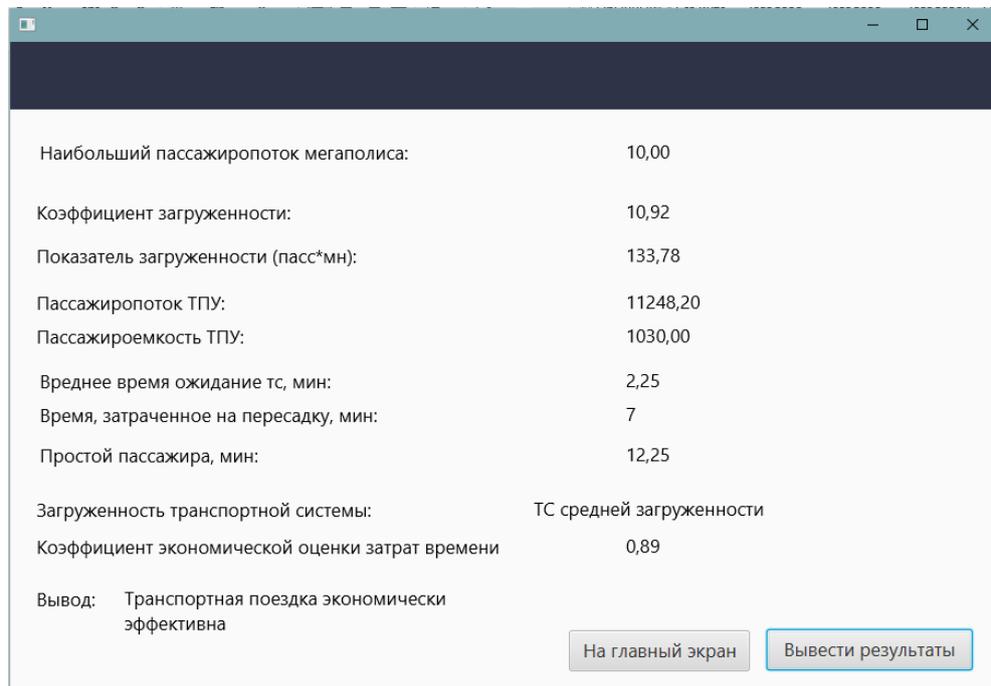
Скриншот третьей страницы приложения, отображающей результаты расчетов. Вывод информации представлен следующим образом:

- Наибольший пассажиропоток мегаполиса:
- Коэффициент загруженности:
- Показатель загруженности (пасс*мн):
- Пассажиропоток ТПУ:
- Пассажироемкость ТПУ:
- Вреднее время ожидание тс, мин:
- Время, затраченное на пересадку, мин:
- Простой пассажира, мин:
- Загруженность транспортной системы:
- Коэффициент экономической оценки затрат времени
- Вывод:

В нижней правой части экрана расположены две кнопки: «На главный экран» и «Вывести результаты».

Рисунок 4.6 – Начальный экран третьей страницы

Комплекс рассчитанных показателей показан на скриншоте рабочего окна программы (рис.4.7) по выводу результатов экономической оценки поездки пассажира с учетом уровня загруженности ИЛТС.



Наибольший пассажиропоток мегаполиса:	10,00
Коэффициент загруженности:	10,92
Показатель загруженности (пасс*мин):	133,78
Пассажиропоток ТПУ:	11248,20
Пассажироемкость ТПУ:	1030,00
Вреднее время ожидание тс, мин:	2,25
Время, затраченное на пересадку, мин:	7
Простой пассажира, мин:	12,25
Загруженность транспортной системы:	ТС средней загруженности
Коэффициент экономической оценки затрат времени	0,89
Вывод:	Транспортная поездка экономически эффективна

Рисунок 4.7 – Вывод результатов на третьей странице

Как можно видеть по рис.4.7, на основе расчета комплекса показателей пользователю выдано решение: «транспортная поездка экономически эффективна».

Таким образом, с помощью разработанной программы автоматизирован и апробирован предложенный в исследовании способ экономической оценки ИЛТС мегаполиса с учетом показателя загруженности, который составил для заданных условий г. Санкт-Петербурга в МО Морской 286,65 пасс·мин.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4

1. В четвертой главе проведена апробация сформулированных в исследовании научных результатов в реальных условиях на примере ИЛТС г. Санкт-Петербурга, для которой сформулированы практические рекомендации и проведена оценка экономической эффективности.

Основной научный результат, полученный в четвертой главе:

- способ комплексной оценки загруженности ИЛТС, основанный на предложенном перечне критериев развития ИЛТС и автоматизированный в программе для ЭВМ. Способ отличается применением предложенного показателя загруженности, с помощью которого производится экономическая оценка. Способ позволяет рационально планировать развитие ИЛТС для обеспечения мобильности населения мегаполиса.

2. Для оценки загруженности ИЛТС предложено определять индекс потерь времени пассажира, с помощью которого учитывается влияние ожидания на величину потенциального пассажиропотока. В дальнейшем он может использоваться для построения бесшовных систем доставки пассажиров в мегаполисах.

3. По результатам расчета показателей ИЛТС на примере одного из районов Санкт-Петербурга определены приоритетные векторы дальнейшего планирования и организации ИЛТС. Сформулированы практические рекомендации по назначению ИЛТС на примере Санкт-Петербурга. Рост транспортной мобильности населения будет обеспечен повышением привлекательности городского общественного транспорта за счет комплексного подхода к организации перевозок. Важным направлением в этом процессе является создание комфортных условий смены видов транспорта, что особенно актуально для транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), где пассажиры чаще всего сталкиваются с задержками и неудобствами при пересадках. Организация работы ТПУ по контактными графикам позволит значительно повысить согласованность расписаний

различных видов транспорта — пригородных поездов, метрополитена, трамваев и автобусов. Это даст возможность минимизировать время ожидания подвижного состава при пересадке и, как следствие, сократить общее время поездки. Такой подход также способствует более равномерному распределению пассажиропотоков и снижению нагрузки на наиболее загруженные участки транспортной сети. Реализация МaaS-подхода обеспечивает не только удобство для пассажиров, но и повышает общую прозрачность и управляемость транспортной системы. Пассажир получает доступ к транспортным услугам «в одно окно», а перевозчики — возможность более точно прогнозировать пассажиропотоки и оперативно реагировать на изменяющийся спрос. Это открывает новые перспективы для повышения эффективности использования подвижного состава, снижения нагрузки на дорожную сеть и улучшения экологической ситуации в мегаполисе.

4. Предложен и апробирован порядок экономической оценки ИЛТС с учетом загруженности на примере расчёта показателей пассажирского контактного графика и величины эффекта от сокращения времени в пути, а также расчёта показателей ИЛТС на примере МО Морской, Санкт-Петербург, квартал намывных территорий (ЖК «Я-Романтик» и ЖК «Гавань капитанов»).

5. Выполненные расчеты показали, что при построенном контактном графике годовой экономический эффект для пассажиров за счет экономии времени на их пересадку в ТПУ составит 183,7 млн. рублей в год, годовой экономический эффект для перевозчиков видов транспорта от прироста пассажиропотока в ТПУ при синхронизированных расписаниях движения транспортных средств, оценен в приросте прибыли от перевозок в сумме 20,1 млн. рублей.

6. Методика расчёта показателей транспортной системы автоматизирована в программе для ЭВМ, получено свидетельство о государственной регистрации № 2024663588 от 07.06.2024 г. Описан порядок

работы с программой, разработанной на языке программирования Java, представлена ее блок-схема.

7. С помощью разработанной автоматизированной программы проведен расчёт показателя загруженности ИЛТС мегаполиса, который составил для заданных условий г. Санкт-Петербурга в МО Морской 286,65 пасс·мин (согласно предложенной классификации – ИЛТС крайне высокой загруженности), что свидетельствует о необходимости развития новых линий поездов метрополитена, трамваев или наземных линий поездов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании разработаны новые научно обоснованные технологические решения, направленные на совершенствование методов планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков в ИЛТС мегаполиса, и имеющие существенное значение для координации взаимодействия видов транспорта, при «бесшовном» транспортно-логистическом обслуживании и повышения мобильности населения страны на основе пассажирского контактного графика.

Сформулируем основные выводы по результатам выполненных исследований:

1. Анализ существующего развития пассажирских перевозок в мегаполисах показал, что логистические транспортные системы мегаполисов становятся интегрированными (ИЛТС).

Для эффективного развития пассажирских ИЛТС мегаполиса в диссертационном исследовании предложено:

- поэтапное совершенствование работы ИЛТС мегаполиса с учетом предложенной системы критериев;
- использование контактного графика движения в транспортно-пересадочных узлах (ТПУ) ИЛТС и его интеграция с автоматизированными системами управления видов транспорта;
- постоянный мониторинг и анализ пассажирского контактного графика движения ТПУ в ИЛТС на основе предложенной классификации интервалов движения;
- оценка загруженности ИЛТС с помощью разработанного программного обеспечения.

Сформулированы:

- понятия «пассажирский контактный график», «класность пассажирского контактного графика»,
- классификация контактных графиков для пассажирского движения,

- последовательность разработки пассажирского контактного графика движения в транспортно-пересадочном узле,
- способ комплексной оценки загруженности ИЛТС мегаполиса с применением пассажирского контактного графика.

2. Обоснована актуальность развития пассажирских перевозок в ИЛТС мегаполиса на основе нового вида контактного графика – пассажирского контактного графика для координации работы железнодорожного и городского транспорта как логистического инструмента организации, планирования и нормирования пассажиропотоков. Пассажирский контактный график отличается от известных контактных графиков тем, что: предназначен для пассажирского движения в ИЛТС мегаполиса; позволяет увязать графики движения для минимизации времени ожидания пассажира; обладает иной структурой и порядком построения.

3. На основе анализа теоретических подходов к организации пассажирских перевозок сформулирован логистический подход к координации работы видов транспорта в условиях ИЛТС мегаполиса по перевозке пассажиров, который обеспечивает максимальное использование пропускной способности ТПУ с увязкой ритмичности и расписаний работы видов транспорта.

4. Для ИЛТС мегаполиса предложено применение пассажирского контактного графика движения транспортных средств как логистического инструмента организации, планирования, нормирования пассажиропотоков, предназначенного для координации, контроля, оценки и обеспечения синхронности работающих в мегаполисе видов транспорта.

5. Уточнена и расширена классификация критериев развития ИЛТС мегаполиса 6 дополнительными критериями: полнота использования железнодорожных путей в мегаполисе; степень связанности периферийных районов с ядром мегаполиса; показатель загруженности зон мегаполиса; интегрированность ИЛТС; эффект минимизации времени ожидания; доля пассажиропотока в ИЛТС.

На основе указанных критериев развития ИЛТС мегаполиса разработана 4-х факторная классификация пассажирских контактных графиков: 1) по уровню величины пассажиропотока и количество взаимодействующих видов транспорта в ТПУ мегаполиса, 2) по виду пересадок пассажиров в ТПУ мегаполиса, 3) по преимущественному виду транспортных связей, 4) по особенностям расположения ТПУ в мегаполисе.

6. Разработаны методика и алгоритм построения контактного графика в ИЛТС мегаполиса. Методика направлена на сокращение времени ожидания состава, рационализацию использования транспортных средств и позволяет рационально организовать пассажирские перевозки в мегаполисе.

Алгоритм построения контактного графика апробирован при разработке малого пассажирского контактного графика ($K=0,5$) для станции метро Ладужская и трамваев в условиях ИЛТС города Санкт-Петербург.

Показано, что применение полученного пассажирского контактного графика обеспечивает скоординированную работу и «увязку» графиков видов транспорта для минимизации времени ожидания пассажира с учетом загруженности ИЛТС.

Пассажирский контактный график является технологическим решением, направленным на повышение эффективности планирования для синхронизации работы различных видов транспорта за счет рационального использования вместимости транспортных средств, работы остановочных пунктов и транспортно-пересадочных узлов, обеспечения отправления транспортных средств по согласованному расписанию, в конкретном порядке и период времени, с учетом имеющихся резервов. Основное преимущество пассажирского контактного графика – возможность организации и планирования транспортных и пассажирских потоков до или без дорогостоящего технического переоснащения инфраструктуры остановочных пунктов и транспортно-пересадочных узлов.

7. Изложены и обоснованы логистические принципы и алгоритм анализа контактного графика движения, основанные на предложенной системе показателей и классификации интервалов, значения которых определены с помощью натуральных экспериментов в ИЛТС Санкт-Петербурга.

Анализ контактного графика движения предложено проводить с помощью таких показателей, как индекс потерь времени пассажира и пассажироемкость.

По результатам проведенного в реальных условиях анализа с помощью логистического подхода сформулированы практические рекомендации по развитию ИЛТС на примере Санкт-Петербурга.

8. Разработан и апробирован в условиях Санкт-Петербурга способ комплексной оценки загруженности ИЛТС, который отличается применением предлагаемого показателя загруженности, с помощью которого определяется экономический эффект снижения потерь времени пассажира. Комплексная оценка загруженности ИЛТС проводилась на примере МО Морской в Санкт-Петербурге (квартал намывных территорий, ЖК «Я – Романтик» и ЖК «Гавань капитанов»). Индекс потерь времени пассажира, учитывающий влияние ожидания на величину потенциального пассажиропотока, составил 26,25 минут при коэффициенте загруженности ИЛТС 10,92.

С помощью разработанной программы для ЭВМ проведен расчёт показателя загруженности, который составил для МО Морской 286,65 пасс·мин, что свидетельствует о высокой степени загруженности и о необходимости развития в данной зоне ИЛТС новых линий поездов метрополитена или трамваев.

Выполненные расчеты показали, что при построенном контактном графике годовой экономический эффект для пассажиров за счет экономии времени на их пересадку в ТПУ составит 183,7 млн. рублей в год, годовой экономический эффект для перевозчиков видов транспорта от прироста пассажиропотока в ТПУ при синхронизированных расписаниях движения транспортных средств, оценен в приросте прибыли от перевозок в сумме 20,1 млн. рублей.

9. Результаты, полученные в настоящем исследовании, могут стать научной основой для последующего проектирования, планирования, организации и управления ИЛТС в мегаполисах. Использование результатов исследования позволит планировать работу видов транспорта в ИЛТС мегаполиса на основе пассажирского контактного графика.

В дальнейшем одним из направлений совершенствования автоматизированных систем управления видов транспорта может стать постоянное ведение и мониторинг соблюдения контактного графика движения пассажирских транспортных средств в ИЛТС мегаполиса. С учетом программ цифровизации, действующих в ОАО «РЖД», это возможно осуществить в формате дополнительного функционального модуля в автоматизированной системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ» по управлению пассажирскими перевозками с детализацией по отдельному мегаполису, его зоне, району, ТПУ и конкретному остановочному пункту, с выгрузкой рассчитанных показателей пользователю.

10. Перспективные исследования могут быть связаны с построением и ведением контактных графиков как пользовательских приложений – «цифровых ассистентов» для принятия решений по организации пассажирского движения в ИЛТС мегаполиса. В дальнейшем возможно масштабирование подхода к управлению ИЛТС в мегаполисах страны на основе создания единых управляющих центров и применения контактных графиков при планировании и организации пассажиропотоков для обеспечения мобильности населения по логистическим принципам.

Таким образом, в диссертационном исследовании решена научная задача, заключающаяся в развитии методов планирования и организации пассажиропотоков в ИЛТС мегаполиса для обеспечения мобильности населения с использованием видов транспорта на основе пассажирского контактного графика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендация по модернизации транспортной системы городов. МДС 30-2.2008/ЦНИИП градостроительства РААСН. — М.: ОАО. «ЦПП», 2008. - 70 с.
2. Белозеров В.Л. Ключевые вопросы сопровождения развития транспортной системы: коллективная монография членов и научных партнеров Российской академии транспорта / И. К. Андрончев, С. О. Барышников, В. Л. Белозеров [и др.]; Российская академия транспорта. – Москва: Прометей, 2022. – 116 с.
3. Вакуленко С. П. Актуальные вопросы классификации смешанных перевозок / С. П. Вакуленко, О. Н. Ларин, Е. Б. Куликова // Логистика: современные тенденции развития: Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 04–05 апреля 2019 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2019. – С. 78-84.
4. Единая транспортная система: Учеб, для вузов / В. Г. Галабурда, В. А. Персианов. А. А. Тимошин и др: под ред. В. Г. Галабурды, - М.: Транспорт, 1996. - 295 с.
5. Кочнев Ф.П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте. Учеб. для вузов ж.-д. транспорта, 6-е изд. перераб. и доп. - М., Транспорт, 1980, - 496 с.
6. Пазойский Ю.О. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы и решения): учебное пособие / Ю.О. Пазойский, В.Г. Шубко, С.П. Вакуленко. - Москва: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. - 342 с.
7. Galkin A., Sirina N., Zubkov V. Stages of sustainable development of the integrated transport service model // X International Scientific Siberian Transport Forum - TransSiberia 2022."Transportation Research Procedi" 2022. С. 2653-2660.DOI: 10.1016/j.trpro.2022.06.306.
8. Резер С. М. Логистика пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте: монография / С. М. Резер; Российская акад. наук. - Москва: ВИНТИ РАН, 2007. - 514, [1] с.: ил.; 22 см.; ISBN 978-5-902928-16-4

9. Ефимов Р. А. Организация согласованности графиков движения различных видов транспорта в транспортно-пересадочном узле / Р. А. Ефимов, А. Е. Полякова // Фёдор Петрович Кочнев - выдающийся организатор транспортного образования и науки в России: Труды международной научно-практической конференции, Москва, 22–23 апреля 2021 года / Отв. редактор А.Ф. Бородин, сост. Р.А. Ефимов. – Москва: Российский университет транспорта, 2021. – С. 281-292.
10. Пугачев И.Н., Король Р.Г., Нестерова Н.С. Развитие транспортно-логистического комплекса Дальневосточного региона России // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2022. № 4 (33). С. 25-34.
11. Вакуленко С.П., Колин А.В., Роменский Д.Ю., Свириденкова В.Э., Чекмарев А.Е. Московский транспортный узел: перспективы развития. Часть II. Размещение пассажирских остановочных пунктов на железнодорожных линиях. Монография / под ред. Вакуленко С.П. Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ). – М.: ВИНТИ РАН, 2017. – 96 с.
12. Бульчева Н. В. Определение пассажирских корреспонденций с недостаточным уровнем транспортного обслуживания (на примере сети общественного транспорта Санкт-Петербурга) / Н. В. Бульчева, Л. А. Лосин // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XXIV Международной (XXVII Екатеринбургской, II Минской) научно-практической конференции, Минск, 16–17 июня 2018 года. – Минск: Белорусский национальный технический университет, 2018. – С. 79-88.
13. Романов А. С. Перспективы создания мультимодальной пассажирской транспортной системы на базе Санкт-Петербургского транспортного узла в ходе развития высокоскоростного железнодорожного сообщения / А. С. Романов // Мобильность будущего - инновационная мобильность сетей поставок Северо-Западного региона : Сборник научных статей международной научно-практической конференции в рамках российско-германского перекрестного года "Экономика и устойчивое развитие 2020-2022", Санкт-Петербург, 03 декабря 2021 года / Под редакцией Н.А. Журавлевой. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной

ответственностью "Институт независимых социально-экономических исследований - оценка", 2021. – С. 197-206.

14. Чередников И. К. Логистика перевозки пригородных пассажиров / И. К. Чередников, Р. В. Панк // Наука. Технологии. Инновации: Сборник научных трудов. В 9-ти частях, Новосибирск, 02–06 декабря 2019 года / Под редакцией А.В. Гадюкиной. Том Часть 7. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – С. 837-841.

15. Хашев А. И. Мультиmodalная городская пассажирская транспортная система / А. И. Хашев, Н. А. Ковалева // Транспорт: наука, образование, производство: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 18–21 апреля 2017 года. Том 4. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2017. – С. 228-231.

16. Вакуленко С.П., Н.Ю. Евреенова, Д.П. Тихонов, А.А. Горбунов Моделирование пассажиропотоков транспортно-пересадочных узлов: Учебное пособие. – М.: РУТ (МИИТ), 2024. – 125 с.

16. Вакуленко С.П., Н.Ю. Евреенова, Д.П. Тихонов, А.А. Горбунов Моделирование пассажиропотоков транспортно-пересадочных узлов: Учебное пособие. – М.: РУТ (МИИТ), 2024. – 125 с.

17. Гогина Е.Г., Власов Д.Н., Новик А.И. Перспективы развития территорий в районе транспортно-пересадочных узлов железнодорожного транспорта // ИВД. – 2021.

18. Вакуленко С. П. Закономерности передвижений пассажиропотоков в ТПУ / С. П. Вакуленко, Н. Ю. Евреенова // Отв. редактор А.Ф. Бородин, сост. Р.А. Ефимов/ Труды международной научно-практической конференции. – Москва: РУТ. – 2021. – С. 272-275.

19. Малахова Т. А. Методика оценки целесообразности назначения мультиmodalной пассажирской перевозки / Малахова Т. А., Покровская О. Д., Щербаков В. В. // Бюллетень результатов научных исследований. – 2022. – с. 39-52.

20. Magda Pitsiava-Latinopoulou, Panagiotis Iordanopoulosb Intermodal Passengers Terminals: Design standards for better level of service – Transport Research Arena– Europe – Procedia – v. 48 – 2012 – p. 3297-3306

21. М. С. Горбунова, А. В. Новичихин Совершенствование системы управления транспортно-пересадочными узлами / Горбунова М.С., Новичихин А.В. // Известия ПГУПС. – Санкт-Петербург. – 2022. – с.345-358
22. Король Р.Г., Самсонова Н.А., Холоша М.В., Нестерова Н.С. Стратегическое представление цифровой трансформации транспортно-логистической экосистемы Дальневосточного региона // Транспортное дело России. 2023. № 5. С. 8-11.
23. Xize Liu, Wendong Chen, Xuewu Chen, Jingxu Chen, Long Cheng Analyzing sustainable competitiveness of inter-city coach from the impact of high-speed railway opening in Jiangsu Province, China – Socio-Economic Planning Sciences – 2023 – 89 p.
24. Fabio Borghetti, Martina Fazio, Nadia Giuffrida, Michela Le Pira, Michela Longo, Matteo Ignaccolo, Giuseppe Inturri, Roberto Maja A case study to evaluate the pedestrian accessibility of railway transport in Southern Italy – Transportation Research Procedia – 2023 – 69 p. – 536-543p.
25. Oliver Bubelíny, Milan Kubina, Michal Varmus Railway Stations as Part of Mobility in the Smart City Concept – Transportation Research Procedia – v. 53 – 2021 – P. 274-281
26. Alice Lunardon, Doroteya Vladimirova, Benedikt Boucsein How railway stations can transform urban mobility and the public realm: The stakeholders' perspective – Journal of Urban Mobility – v. 3 – 2023
27. Aud Tennøy, Marianne Knapskog, Fitwi Wolday Walking distances to public transport in smaller and larger Norwegian cities – Transportation Research Part D: Transport and Environment – v. 103 – 2022
28. Larysa Lytvynenko, Gulzat Kalmanbetova, Oten Shevket, Inna Kara, Laima Gerlitz, Yuliia Popova Prospects of using the urban railway for logistics support of urban areas – Transportation Research Procedia – v. 63, 2022 – P. 1199-1204
29. Linna Li, Becky P.Y. Loo Towards people-centered integrated transport: A case study of Shanghai Hongqiao Comprehensive Transport Hub Cities – v. 58 – 2016 – p. 50-58
30. Ziyi Zhou, Min Yang, Long Cheng, Yalong Yuan, Zuoxian Gan Do passengers feel convenient when they transfer at the transportation hub? – Travel Behaviour and Society – Volume 29 – 2022 – P. 65-77

31. Vivek Chauhan, Manoranjan Parida, Akshay Gupta Demystifying service quality of Multimodal Transportation Hub (MMTH) through measuring users' satisfaction of public transport – v. 102 – 2021 – p. 47-60
32. Yashar Araghi, F. Torabi K, Niels van Oort, Serge Hoogendoorn Passengers preferences for using emerging modes as first/last mile transport to and from a multimodal hub case study Delft Campus railway station – v. 10, Issue 1 – 2022 – p. 300-314
33. David Lois, Andrés Monzón, Sara Hernández Analysis of satisfaction factors at urban transport interchanges: Measuring travellers' attitudes to information, security and waiting – Transport Policy – v. 67 – 2018 – p. 49-56
34. Ryosuke Yashiro, Hironori Kato Success factors in the introduction of an intermodal passenger transportation system connecting high-speed rail with intercity bus services – Volume 7, Issue 4 – 2019 – P. 708-717
35. Dylan Moïnse, Alain L'Hostis Optimizing intermodal commuting by way of detours and breaks: Evidence of micromobility users in France – Journal of Transport Geography – Volume 116 – 2024
36. Matthias Ruß, Gunther Gust Reliable route planning and time savings in real-world urban intermodal transportation networks: Evidence from Hamburg, Germany – Expert Systems with Applications – Volume 227 – 2023
37. Дубешко Л. А. Предпосылки и проблемы создания интеллектуальной транспортной системы пассажирских перевозок / Л. А. Дубешко // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. – 2021. – № 1(42). – С. 25-30.
38. Транспортная стратегия берлина [Электронный ресурс]. / Режим доступа: https://docs.google.com/gview?url=http://ummag.ru/wpcontent/uploads/2011/09/UM_4_2011_p106-111.pdf&chrome=true
39. Шманёв Т. М., Ульяницкая В. И., Горбунова, М. С., Ситников А. Ю., Федорова Н. Б. Формирование конкурентной среды на примере транспортного потенциала методом организации поточного следования пассажиров на основе принципа «сухие ноги» // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2022. — Т. 19. — Вып. 2. — С. 333–344. DOI:10.20295/1815-588X-2022-1-333-344

40. Копылова Е.В. Пассажиропотоки городских агломераций / Е.В. Копылова // Транспорт: наука, техника управление. Научный информационный сборник. – 2021. – №5. – С. 50–57
41. Кудин Н. Мало метро и пробки до полвторого ночи. Как Смольный собирается менять транспортную систему за 2 триллиона [Электронный ресурс] / Николай Кудин // Российская информационная электронная газета Фонтанка.ру. -2024. - Режим доступа: <https://www.fontanka.ru/2024/02/14/73228424/>
42. Негрей В.Я. Прогнозирование пассажирских потоков [Текст]: методика, расчеты, примеры / Н.В. Правдин, В.Я. Негрей. - М.: Транспорт, 1980. -222 с.
43. Кочнева Д.И. Методика прогнозирования транспортного спроса в пунктах зарождения пассажиропотока на градуированной транспортной сети [Текст] / Д.И. Кочнева, Д.А. Брусянин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. - 2014. - № 4(24). - С. 5058.
44. Метро Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. / Режим доступа: <https://www.metro-spb.ru/statisticheskie-dannye/2021/>
44. Метро Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. / Режим доступа: <https://www.metro-spb.ru/statisticheskie-dannye/2021/>
45. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года № 3363-р] – 232 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>
46. Сакович И. Л. Экономическое обоснование вариантов интеграции железнодорожных перевозок в транспортные системы городских агломераций: дисс. канд. экон. наук / И. Л. Сакович. — СПб., 2018.
47. Егорова И.Н. Развитие мультимодальных пассажирских перевозок в логистической транспортной системе региона (на примере Юга России): дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук: 2.9.9 / Егорова Ирина Николаевна. – Ростов н/Д, 2023. – 150 с.

48. Жук А. Е. Ценностно ориентированное развитие логистических систем городского общественного пассажирского транспорта: дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук: 08.00.05 / Жук Андрей Евстафьевич. – СПб., 2021. – 244 с.
49. Штефан Кнупфер, Вадим Покотило, Джонатан Вотцель «Транспортные системы 24 городов мира: составляющие успеха»/ McKinsey&Company/ 2018г. – 69 с.
50. Распоряжение правительства российской федерации от 27 ноября 2021 года № 3363-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. / Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/
51. Прогноз долгосрочного социально – экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. / Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/41d457592e04b76338b7.pdf>
52. Стратегия развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2030 года [Электронный ресурс]. / Режим доступа: <https://нацпроекты.рф/стратегия-развития-транспортной-сис/>
53. Сирина Н.Ф. Анализ воздействия участников транспортно-обеспечивающих функций на качество предоставления комплексной транспортной услуги и методика определения степени их влияния на критерии качества / В. В. Зубков, Н. Ф. Сирина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 1(61). – С. 47-55.
54. Король Р. Г. Теоретические основы использования технологии блокчейн в логистике / Е. А. Лоскутникова, Р. Г. Король // Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте: сборник статей международной научно-практической конференции, Липецк, 20–21 апреля 2022 года /. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2022. – С. 399-404.
55. Цифровая логистика : учебник для вузов / В. В. Щербаков [и др.] ; под редакцией В. В. Щербакова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 573 с.

56. Галабурда В.Г. Транспортный маркетинг / В. Г. Галабурда, Ю. И. Соколов, Г. В. Бубнова [и др.]; Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2020. – 472 с. – ISBN 978-5-907206-16-8.
57. Галабурда В.Г., Соколов Ю.И., Лавров И.М., Белозёров В.Л., Терёшина Н.П., Бубнова Г.В., Третьяк В.П., Иванова Е.А., Стрельцов А.В. Под редакцией В.Г. Галабурды и Ю.И. Соколова. Управление маркетинговой деятельностью на транспорте. -М., 2018 г.
58. Левин Д.Ю. Системное управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте: монография / Д.Ю. Левин. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 313 с.
59. Общий курс транспортной логистики: учебное пособие / Л.С. Фёдоров, В.А. Персианов, И.Б. Мухаметдинов; под общ. ред. Л.С. Фёдорова. — 2-е изд., стер. — М.: КНОРУС, 2013. — 312 с.
60. Gerus V.L., Sirina N.F. Application of the process approach as a methodological basis for formation of a unified network technological process of railway transportation // International Scientific and Practical Conference "Railway Transport and Technologies" (RTT-2021). Collection of conference materials. Volume 2624. USA, 2023. С. 020030. DOI: 10.1063/5.0167113.
61. Вакуленко С. П. Логистика пассажирских перевозок: особенности и основные понятия / С. П. Вакуленко, Е. В. Копылова // Мир транспорта. – 2015. – Т. 13, № 3(58). – С. 32-36.
62. Прокофьева Т.А. Проектирование и организация региональных транспортно-логистических систем. – М.: Изд-во РАГС при Президенте РФ. 2009. – 412 с.
63. Елисеев С.Ю. Технологическое взаимодействие смежных видов транспорта в транспортных узлах на основе создания координационно- логистических центров // Экономика железных дорог. – 2009. – № 8. – С. 9.

64. Троицкая Н.А. Мультимодальные системы транспортировки и интермодальные технологии: учеб. пособие / Н.А. Троицкая, А.Б. Чубуков, М.В. Шилимов. М.: Изд. центр «Академия», 2009.
65. Милославская С.В., Плужников К.И. Мультимодальные и интермодальные перевозки. Учеб. пособие. —М.: РосКонсульт, 2001. - 368 с.
66. Егорова И.Н. К вопросу о развитии транспортно-пересадочных узлов / И.Н. Егорова, В.Н. Зубков // Альманах мировой науки. – 2016. – № 3-1 (6). – С. 84-90.
67. Евреенова Н.Ю. Моделирование функционирования транспортно-пересадочного узла / Н.Ю. Евреенова // Мир транспорта. – 2014. – Т. 12. – № 5 (54). – С. 170-176.
68. Мамаев Э.А. Моделирование региональных транспортных систем в условиях конкуренции: дис. д-ра техн. наук: 05.22.01 / Мамаев Энвер Агапашаевич. – Москва, 2006. – 348 с.
69. Числов О.Н. Комплексное развитие Новороссийского транспортного узла / О.Н. Числов, Н.Н. Числов, В.Н. Чернов // Труды Всеросс. науч.-практич. конференции «Транспорт-2007»: в 2 ч. – Ростов н/Д.: РГУПС, 2007. – Ч. 2. – С. 57-59.
70. Шаров В. А. Технология эксплуатационной деятельности производственного блока ОАО «РЖД», связанного с управлением перевозками [Текст] / В. А. Шаров // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – №5(30). – С. 58-62.
71. Шнейдер М.А. Организационно-экономический механизм управления пригородными железнодорожными перевозками: автореферат дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Шнейдер, Максим Александрович. – Санкт-Петербург, 2013. – 23 с.
72. Экономика железнодорожного транспорта / Под ред. Терешинной Н.П., Левицкой Л.П., Шкуриной Л.В. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 536 с.
73. Маунд Т.Б. Железная дорога Виррал и ее предшественники / Т.Б. Маунд // Лайтмур Пресс / 2009.- ISBN 978-1-899889-38-9.

74. Чеботарева Е.А., Солоп И.А., Егорова И.Н., Плахотнюк Е.П. Перспективы развития мультимодальных пассажирских перевозок на Юге России в условиях изменения пассажиропотоков // Транспортное дело России. 2024. № 3. С. 50-55.
75. Гуляев А. М., Корнеев В. Н. Анализ и прогнозирование транспортного потока с позиций интермодальной логистики / Известия УрГУПС. – 2018. – 97-104 с.
76. Чеботарева Е.А., Солоп И.А., Маколова Л.В. Снижение рисков железнодорожной отрасли за счет цифровой трансформации // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2023. № 4 (37). С. 109-117.
77. Button K., Hensher D.A., White M. Transport Geography and Spatial Systems Analysis / Edward Elgar Publishing – 2015.
78. Banister D., Hickman R. Integrating Transport and Urban Planning / Routledge - 2012.
79. Tavasszy L., Gonzalez-Feliu J., Routhier J. L. (Eds.). City Distribution and Urban Freight Transport: Multiple Perspectives / CRC Press - 2017.
80. Осьминин А.Т. Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации: автореферат на соискание ученой степени д.т.н.: – Самара. – 2000. – 48 с.
81. Андреева Е. В., Боженкова Е. Б. Интермодальная логистическая система в транспортном комплексе мегаполиса: методы и моделирование / Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики / 17(2). - 251-255с. - 2017.
82. Чеботарева Е.А., Верескун В.Д., Долгий И.Д. Логистика организации пассажирского и грузового движения на направлениях Северо-Кавказской железной дороги // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1 (85). С. 108-116.
83. Дубинин А. А., Соколов А. В. Модели и методы интермодальной логистики и их применение в системе городского пассажирского транспорта / Проблемы теории и практики управления / 2. - 25-30 с. - 2016.
84. Красильникова Е. А. Развитие пассажирской интермодальной транспортной системы мегаполиса: проблемы и перспективы / Вестник Санкт-Петербургского

- университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича / 5(32). - 24-28 с. - 2017.
85. Романова А. В., Крылова Н. А. Организация перевозок пассажиров в интермодальной транспортной системе мегаполиса / Вестник Института экономики Российской академии наук / – 73-80 с. – 2016.
86. Травников В. А., Колесников Д. В. Инфраструктура и логистика в развитии интермодальных перевозок в городском транспорте / Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии / 3(47). - 126-132 с. - 2018.
87. Чумаченко Е. В., Кривошеева В. В. Интермодальная логистическая система как фактор развития городского пассажирского транспорта / Вестник Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана. Серия: Гражданский и авиационный транспорт / (4). - 16-21 с. – 2019.
88. Сафронов Э. А. Научно-методические основы развития системы городского пассажирского транспорта: автореферат дис. доктора технических наук: 05.22.01 / НИИ комплексных транспортных проблем. — Москва, 1993. — 44 с.
89. Унашева С. Интеграционные принципы интермодальных общественно-транспортных комплексов [Электронный ресурс] / София Унашева, Н. Н. Коршунова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 17 (307). — С. 89-93. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/307/69242/>
90. Вакуленко С.П. Мультимодальные пассажирские перевозки с участием АО «ФПК» / С.П. Вакуленко, Е.В. Копылова, Е.Б. Куликова, А.В. Колин./- М. : МГУПС(МИИТ), 2015.- 100 с. 28. Вакуленко, С.П. Моделирование пассажиропотоков в ТПУ / С.П. Вакуленко, В.В. Доенин, Н.Ю. Евреенова // Мир транспорта. - 2014. - Том 12. - №4. - С. 124-131
91. Куренков П. В. Полимодальная логистика: история, проблемы, перспективы / П. В. Куренков, С. П. Вакуленко, Ю. О. Пазойский // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2022. – № 3. – С. 3
92. Беленький М.Н. Проблемы совершенствования планирования и организации железнодорожных пассажирских перевозок. В кн.: Развитие системы пассажирских сообщений. М.: Наука, 1984, с.79-88.

93. Бруснянин Д. А., Казаков А.Л., Маслов А. М. Оптимизация региональной маршрутной сети междугородных и пригородных пассажирских перевозок с использованием логистических принципов // Транспорт Урала. — 2012. — №1. — С. 106-110.
94. Калмыков М. Ю. Внутригородское железнодорожное сообщение в "ядре" агломерации / М. Ю. Калмыков, Е. К. Коровяковский, Я. А. Шолтысек // Бюллетень результатов научных исследований. – 2022. – № 1. – С. 17-32. – DOI 10.20295/2223-9987-2022-1-17-32.
95. Резников И. Л. Выявление границ Санкт-Петербургской городской агломерации / И. Л. Резников // Вестник СПбГУ. — Науки о Земле. — Т. 62. — Вып. 1. — 2017.
96. Сакович И. Л. Экономическое обоснование вариантов интеграции железнодорожных перевозок в транспортные системы городских агломераций: дисс. канд. экон. наук / И. Л. Сакович. — СПб., 2018.
97. Закон Санкт-Петербурга «О Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года» [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/551979680>
98. Липецкая М. С. Особенности трансформации территориальной структуры Санкт-Петербургской агломерации / М. С. Липецкая // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. — 2009.
99. Евреенова Н.Ю. Выбор параметров транспортно-пересадочных узлов, формируемых с участием железнодорожного транспорта / дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук: 05.22.08 / Евреенова, Н.Ю. – Москва., – 2014. – 197с.
100. Абрамов А.А. Управление эксплуатационной работой: Ч. II. График движения поездов и пропускная способность / Учеб. пос. -М.: РГОТУПС, 2002, -171 с.
101. Сопов В.И. Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе [Электронный ресурс] / Моделирование движения поездов на линиях трамвая и троллейбуса. – Режим доступа: https://studme.org/276688/tehnika/modelirovanie_dvizheniya_poezdov_liniyah_tramvaya_trolleybusa

102. Разработка расписаний движения автобусов [Электронный ресурс]/ Режим доступа: https://studopedia.su/10_31645_razrabotka-raspisaniy-dvizheniya-avtobusov.html
103. Мамаев Э.А., Ковалева Н.А. Формирование скоростных маршрутов в городской транспортной системе [Электронный ресурс] / ИВД. - 2015. - №3. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-skorostnyh-marshrutov-v-gorodskoy-transportnoy-sisteme>
104. Волкова Е. М. Проблемы оценки экономических эффектов от использования цифровых технологий в городских транспортных системах / Е. М. Волкова, М. А. Лякина, А. В. Стримовская // Бюллетень результатов научных исследований. – 2019. – № 1. – С. 59-68. – DOI 10.20295/2223-9987-2019-1-59-68.
105. Краткий статистический сборник/Петростат. – СПб., 2023. – 87 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://cedipt.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2023/06/06/Статсборник.pdf>
106. Шлиппе И.И. Анализ подходов к экономической оценке свободного времени населения / Национальные и международные финансово-экономические проблемы автомобильного транспорта. МАДИ. // Сборник научных трудов. Выпуск третий – 2018. С. 3 - 11.
107. Игнатов А.В. Совершенствование управления перевозками с учетом риска возникновения транспортного затора на улично-дорожной сети города / дисс. канд. техн. наук: 05.22.10 / Игнатов Антон Валерьевич – Саратов., – 2015. – 246 с.
108. Прогноз социально-экономического развития Санкт-Петербурга на 2024 год и плановый период 2025 и 2026 годов [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://cedipt.gov.spb.ru/media/uploads/userfiles/2023/08/01/Прогноз_hH1sFRF.pdf
109. А.Н. О’Рурк. Перестройка работы на промышленном транспорте - Трансжелдориздат, 1938.-с. 210-226
110. Крейнис, З. Л. Очерки истории железных дорог. Два столетия [Текст]: научное издание / З. Л. Крейнис. - Москва : Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. трансп., 2007. - 333 с. : ил. - Библиогр.: с. 331.
111. Зубков В.В., Сирина Н.Ф., Раевская П.Е. Применение экономико-математической модели при формировании оптимального варианта оптимизации

транспортно-логистического процесса // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2020. № 2 (53). С. 30-36.

112. Зубков В.В., Сирина Н.Ф. Совершенствование технологии перевозок грузов в смешанном железнодорожно-водном сообщении // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2019. Т. 78. № 5. С. 284-289.

113. Сирина Н.Ф., Юшкова С.С. Транспортная инфраструктура мультимодальных перевозок в России // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2019. № 2 (19). С. 11-21.

114. Зубков В.В., Сирина Н.Ф. Интеллектуализация управления транспортно-логистической системой // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2020. № 5. С. 14-18.

115. Богачев В.А., Куренков П.В., Чеботарева Е.А., Кравец А.С., Богачев Т.В. Вычислительный эксперимент в оптимизационном моделировании процесса мультимодальных грузоперевозок на основе эгалитарных принципов // Бюллетень результатов научных исследований. 2022. № 3. С. 151-162.

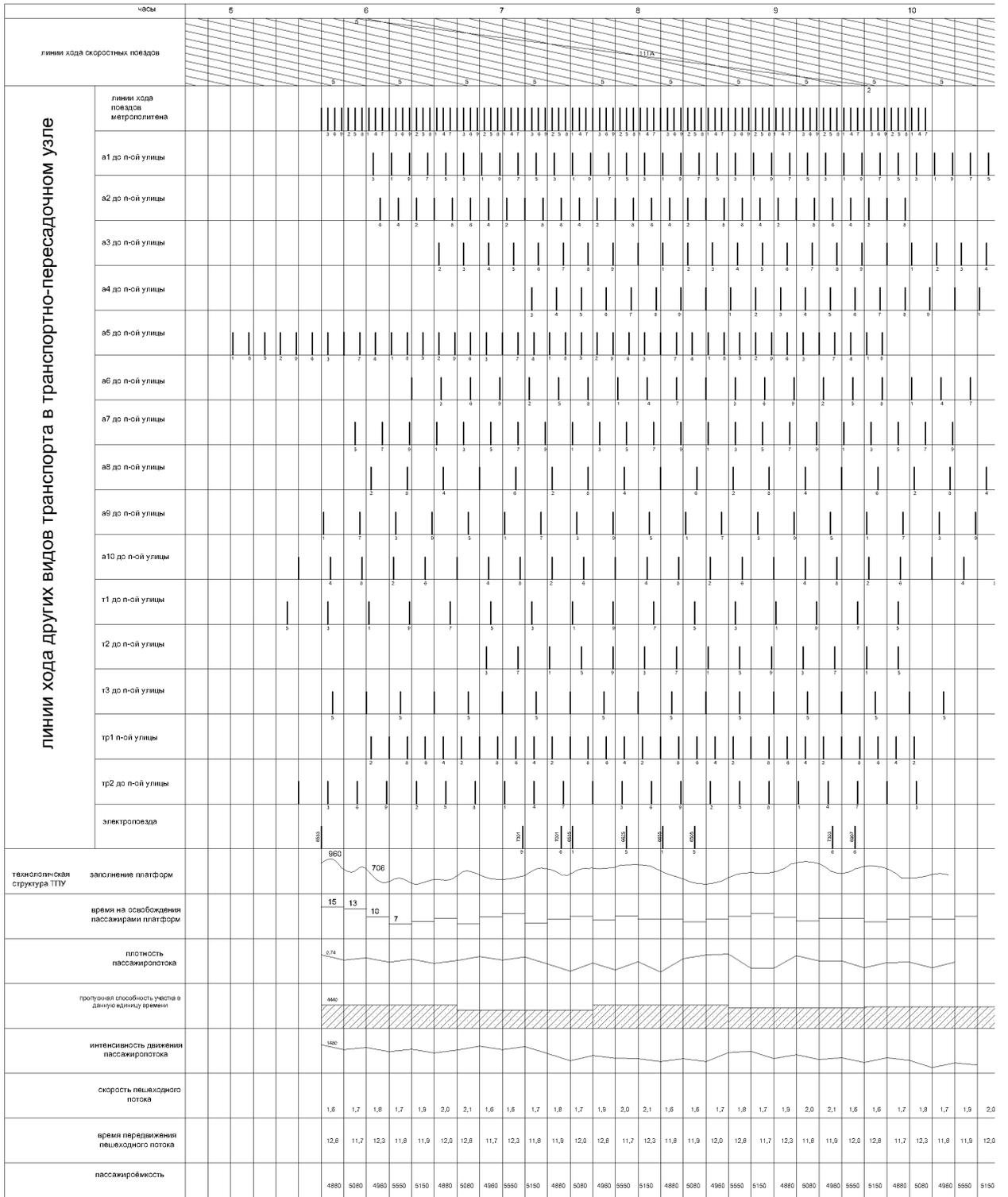
116. Солоп И.А., Чеботарева Е.А. Развитие логистических и информационных технологий планирования доставки грузов в припортовой транспортно-технологической системе Юга России // Инженерный вестник Дона. 2019. № 6 (57). С. 31.

117. Vakulenko S.P., Kurenkov P.V., Kuzina E.L., Astafiev A.V., Nadolinsky P.V., Chebotareva E.A., Solop I.A., Vasilenko M.A., Barashyan V.Y., Gašparík J. Influence of innovative elements of railway infrastructure complex on the technology of the transport process // Transportation Research Procedia. 14th. Ser. "14th International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport, TRANSCOM 2021" 2021. С. 342-347.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Контактный график движения в ТПУ ИЛТС



Свидетельство о государственной регистрации

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024663588

**Оценка загруженности интегрированной логистической
транспортной системы**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей
сообщения Императора Александра I» (RU)*

Авторы: *Рыбакова Ирина Васильевна (RU), Покровская
Оксана Дмитриевна (RU), Кабанченко Виталий
Алексеевич (RU)*

Заявка № 2024662112

Дата поступления 27 мая 2024 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 07 июня 2024 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов

Список опубликованных научных трудов по теме исследования***Публикации в изданиях из Перечня ВАК РФ и приравненные к ним:***

1. Рыбакова И. В. Методика определения загруженности логистической транспортной системы мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) / И. В. Рыбакова // Транспортное дело России. – 2024. – № 2. – С. 207-211.

2. Полиэктов Д.А., Покровская О.Д., Рыбакова И.В. Вопросы зависимости конфигурации подвижного состава и времени на посадку и высадку пассажиров / Д.А. Полиэктов Д.А., О.Д. Покровская О.Д., И.В. Рыбакова // Техник транспорта: образование и практика. – №4. – 2024. – С. 393-397.

3. Рыбакова И.В., Покровская О.Д. Классификация контактных графиков движения в логистической транспортной системе мегаполиса / И.В. Рыбакова И.В., О.Д. Покровская // Транспортное дело России. – 2024. – № 2. – С. 218-220.

4. Рыбакова И.В., Покровская О.Д., Кабанченко В.А. Оценка загруженности интегрированной логистической транспортной системы. – Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024663588, 07.06.2024. Заявка от 27.05.2024.

Другие публикации по теме диссертации, индексируемые в РИНЦ:

1. Покровская О.Д., Сугоровский А.В., Рыбакова И.В., Марченко М.А., Шевердова М.В. Особенности организации работы станции и железнодорожного вокзального комплекса при пуске «Аэроэкспресса» / О.Д. Покровская, А.В. Сугоровский, И.В. Рыбакова, М.А. Марченко, М.В. Шевердова // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2021. – Т. 18. – № 4. – С. 515-527. DOI: 10.20295/1815-588X-2021-4-515-527.

2. Покровская О.Д., Рыбакова И.В. Магистральный график движения видов транспорта в интермодальной транспортной системе / О.Д. Покровская, И.В. Рыбакова // Вестник транспорта. – 2023. – № 4. – С. 19-24.

3. Покровская О.Д., Марченко М.А., Рыбакова И.В., Шевердова М.В. Развитие транспортно-пересадочного узла в условиях Санкт-Петербургского транспортного узла / О.Д. Покровская, М.А. Марченко, И.В. Рыбакова, М.В. Шевердова // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Сборник трудов научно-практической конференции с международным участием. – Москва, 2022. – С. 360-371.

4. Рыбакова И.В., Марченко М.А. Способы развития городской транспортной системы путём совершенствования методов проектирования транспортно-пересадочных узлов и внедрения магистрального графика движения / И.В. Рыбакова, М.А. Марченко // Транспорт и логистика: актуальные проблемы стратегического развития и оперативного управления. Сборник трудов VI международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону. – 2022. – С. 202-205.

5. Rybakova I.V. Development of a methodology for calculating the system of indicators of the passenger transport system // International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration». – Beijing, Haidian. – 2024. – P.98-105. DOI: 10.34660/INF.2024.85.57.076. (Перевод: И.В. Рыбакова. Развитие методики расчета системы показателей для пассажирской транспортной системы).

6. Рыбакова И.В. Полнота использования железнодорожных путей в мегаполисе / И.В. Рыбакова // Международный научный форум «Наука и инновации – современные концепции». – Москва, Инфинити. – 2024. – С.86-92. DOI: 10.34660/INF.2024.29.82.053.

7. Рыбакова И.В. Доля пассажиропотока в пассажирской логистической транспортной системе / Рыбакова И.В. // Высшая школа: научные исследования. Межвузовский международный конгресс. – Москва. – 2024. – С.195-199.

8. Rybakova I.V. The concept of passenger contact schedules / I.V. Rybakova // XII International Scientific Conference «Innovative scientific

research». – Toronto, Canada.– 2024. – P.25-30. (Перевод: И.В. Рыбакова. Концепция пассажирского контактного графика).

9. Rybakova I.V. Transfer and intertransport intervals in a transport hub / I.V. Rybakova // X International Scientific Conference «Science in modern society». – Beijing. –2024. – С.56-62 (Перевод: И.В. Рыбакова. Транзитный и межтранспортный интервалы в транспортном узле).

10. Рыбакова И.В. Степень связанности периферийных районов с ядром мегаполиса / И.В. Рыбакова // II Международная научно-практическая конференция «Управление эксплуатационной работой на транспорте (УЭРТ-2024)». – Санкт-Петербург. – 2024. – С. 219-221.

11. Рыбакова И.В. Развитие критериев пассажирской мультимодальной транспортной системы в городах / И.В. Рыбакова // II Международная научно-практическая конференция «Управление эксплуатационной работой на транспорте (УЭРТ-2024)». – Санкт-Петербург. – 2024. – С. 222-225.

12. Рыбакова, И. В. Интегрированные логистические транспортные системы мегаполисов и их контактные графики / И. В. Рыбакова. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство Прометей", 2025. – 210 с. – ISBN 978-5-00172-787-3.

13. Рыбакова, И. В. Пассажирский контактный график для интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса / И. В. Рыбакова // Экономика железных дорог. – 2025. – № 4. – С. 21-30.

Акты о внедрении результатов исследования



ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
 ДИРЕКЦИЯ
 ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛОВ
 СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ РЕГИОНАЛЬНАЯ
 ДИРЕКЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
 ВОКЗАЛОВ
 Ладожский вокзал
 Заневский пр., 73
 г. Санкт-Петербург, 195112,
 Тел.: (812) 436-53-33, факс: (812) 436-53-93
 e-mail: rdzhv_kanyukAM@orw.rzd, www.rzd.ru

В диссертационный совет

16.08.2024 г. № Лад ЛВОК - 83

АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РЫБАКОВОЙ ИРИНЫ ВАСИЛЬЕВНЫ

О высокой научно-практической актуальности диссертационного исследования соискателя Рыбаковой И.В. говорит тот факт, что современное развитие городов-мегаполисов и их транспортно-пересадочных узлов объективно требует синхронизации параметров функционирования логистической транспортной системы как с развитием городской и пригородной пассажирской транспортной инфраструктуры, так и с возрастающими транспортными потребностями населения, в балансе и взаимосвязи с социально-экономическим развитием мегаполиса и работающими в нем видами транспорта.

Диссертационное исследование Рыбаковой И.В. посвящено развитию методов комплексной оценки, проектирования и эксплуатации интегрированных логистических транспортных систем (далее - ИЛТС) мегаполисов для обеспечения мобильности населения с использованием различных видов транспорта.

Научную значимость и новизну представляют следующие результаты, полученные лично Рыбаковой И.В.:

- подход к координации работы видов транспорта в ИЛТС мегаполиса на основе контактных графиков;
- классификация, концепция, алгоритм и методика построения контактных графиков;
- система логистических принципов и алгоритм анализа контактного графика;
- способ комплексной оценки загруженности ИЛТС.

Действительно, контактные графики в пассажирском движении в настоящее время отсутствуют. Высокой практической значимостью обладает ключевое предложение соискателя: подход к координации работы видов транспорта в ИЛТС мегаполиса по перевозке пассажиров на основе контактных

графиков движения транспортных средств. Подход будет практически полезен при обеспечении ритмичности работы транспортно-пересадочного узла, максимальном использовании пропускной способности, увязке графиков движения, согласованности расписания отправления и прибытия поездов пригородного сообщения, метрополитена, скоростных трамваев и других видов транспорта.

Считаю, что в рассматриваемом исследовании разработаны важные технологические решения, внедрение которых обеспечивает эффективность работы ИЛТС в мегаполисе. Подтверждаю, что научные результаты, полученные лично РЫБАКОВОЙ Ириной Васильевной, обладают прямым прикладным значением и применяются при планировании работы транспортно-пересадочного узла Ладожский вокзал в части расчета предложенных пересадочных и межтранспортных интервалов. В результате обеспечивается скоординированная работа и «увязка» графиков движения различных видов транспорта для минимизации времени ожидания пассажира с учетом загруженности ИЛТС.

Начальник регионального центра
информационно-справочного
сопровождения клиентов «Запад»
железнодорожного
вокзала Ладожский – подразделения
Северо-Западной региональной
дирекции железнодорожных вокзалов –
структурного подразделения Дирекции
железнодорожных вокзалов – филиала
открытого акционерного общества
«Российские железные дороги»

Ульяницкая Виктория Игоревна



[Handwritten signature]

Контактные данные:

195277, Россия,

г. Санкт-Петербург, Заневский проспект, д. 73

+7 (812) 436-57-95



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ ПАССАЖИРСКАЯ
КОМПАНИЯ»
(АО «ФПК»)**

В диссертационный совет

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ФИЛИАЛ

Невский просп., д. 85, г. Санкт-Петербург, 191036
Тел.: (812) 457-62-71, факс: (812) 436-14-02

«28» 08 2024 г. № ИСА-12355/ФПКФСЗАП

На _____ от _____

АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность исследования Рыбаковой И.В. заключается в разрешении научного противоречия: повышение эффективности ЛТС мегаполиса предполагает, с одной стороны, максимальный комфорт для пассажира при смене используемых в поездке видов транспорта, каждый из которых имеет свои технологические особенности, с другой стороны, безусловное соблюдение ритмичной работы видов транспорта, обслуживающих мегаполис.

Разрешить указанное противоречие в исследовании предлагается на основе контактного графика для пассажирских перевозок, позволяющего достичь баланса между обеспечением потребной пропускной способности ИЛТС и выполнением расписания движения с минимизацией времени на пересадку для пассажиров.

Диссертационное исследование Рыбаковой И.В. направлено на разработку научно-обоснованных технологических решений для повышения эффективности организации пассажирской перевозки в интегрированной логистической транспортной системе (ИЛТС) мегаполиса на основе контактного графика.

Теоретическая и практическая значимость исследования состоит в разработке алгоритмов, моделей и методов по совершенствованию функционирования ИЛТС мегаполиса для повышения транспортной мобильности населения с учетом рационального взаимодействия видов транспорта и на основе контактного графика для пассажирских перевозок.

Научной значимостью и новизной обладают следующие научные результаты:

- подход к координации работы видов транспорта в ИЛТС мегаполиса по перевозке пассажиров на основе контактных графиков движения транспортных средств;

- классификация, концепция, алгоритм и методика построения контактных графиков в ИЛТС мегаполиса;

– система логистических принципов и алгоритм анализа контактного графика;

– способ комплексной оценки загруженности ИЛТС, основанный на предложенном перечне критериев развития ИЛТС и автоматизированный в программе для ЭВМ.

Прикладным значением для организации движения в частности обладают логистические принципы и алгоритм анализа контактного графика движения, основанные на предложенной системе количественных и качественных показателей, а также на предложенной классификации пересадочных и межтранспортных интервалов. В результате обеспечивается скоординированная работа и «увязка» графиков движения различных видов транспорта для минимизации времени ожидания пассажира с учетом загруженности ИЛТС.

На основе изложенного считаю, что в диссертации разработаны важные технологические решения, внедрение которых позволяет повысить эффективность ключевых логистических процессов на железнодорожном транспорте при взаимодействии с городским транспортом. Элементы методики построения контактного графика ИЛТС применяются в целях разработки скоординированного расписания движения транспортных средств. Полученные лично РЫБАКОВОЙ Ириной Васильевной научные результаты, обладают прямым прикладным значением и могут быть масштабированы не только в ИЛТС Санкт-Петербурга, но и в других мегаполисах.

Начальник Северо-Западного филиала
АО «Федеральная пассажирская компания»

Царук Виталий Владимирович



Контактные данные:
191036, Россия,
г. Санкт-Петербург, Невский пр., д.85, лит.Я
+7 (812) 457-62-71



**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
ЦЕНТРАЛЬНАЯ ДИРЕКЦИЯ
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ
ОКтябрьСКАЯ ДИРЕКЦИЯ
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ**

Невский пр., 85/Д
г. Санкт-Петербург, 191036,
Тел.: (812) 436-11-01, факс: (812) 457-61-42
E-mail: d_sekretar@orw.ru

В диссертационный совет

05.09.2024 г. № 08.30-5/07

На № _____ от _____

**СПРАВКА
О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
РЫБАКОВОЙ ИРИНЫ ВАСИЛЬЕВНЫ**

Актуальность рассматриваемой в научном исследовании Рыбаковой И.В. проблемы определяется быстрым развитием логистических транспортных систем мегаполисов, которые тяготеют к максимальной интеграции, обеспечивающей «бесшовность» пассажирской перевозки как внутри мегаполисов, так и по его периферии.

Диссертационное исследование Рыбаковой И.В. направлено на разработку научно-обоснованных технологических решений для повышения эффективности организации пассажирской перевозки в интегрированной логистической транспортной системе (ИЛТС) мегаполиса на основе контактного графика.

Теоретическая и практическая значимость исследования состоит в разработке алгоритмов, моделей и методов по совершенствованию функционирования ИЛТС мегаполиса для повышения транспортной мобильности населения с учетом рационального взаимодействия видов транспорта и на основе контактного графика для пассажирских перевозок.

Научную значимость и новизну представляют следующие результаты, полученные лично Рыбаковой И.В.:

- подход к координации работы видов транспорта в ИЛТС мегаполиса по перевозке пассажиров на основе контактных графиков движения транспортных средств;
- классификация, концепция, алгоритм и методика построения контактных графиков в ИЛТС мегаполиса;
- система логистических принципов и алгоритм анализа контактного графика;
- способ комплексной оценки загруженности ИЛТС, основанный на предложенном перечне критериев развития ИЛТС и автоматизированный в программе для ЭВМ.

Интерес для организации движения представляют логистические принципы и алгоритм анализа контактного графика движения, основанные на предложенной системе количественных и качественных показателей, а также на предложенной классификации пересадочных и межтранспортных интервалов. В результате обеспечивается скоординированная работа и «увязка» графиков движения различных видов транспорта для минимизации времени ожидания пассажира с учетом загруженности ИЛТС.

Таким образом, в диссертации разработаны важные технологические решения, внедрение которых позволяет повысить эффективность ключевых логистических процессов на железнодорожном транспорте при взаимодействии с городским транспортом. Элементы методики оценки загруженности ИЛТС применяются при организации оперативного

планирования. Считаю, что научные результаты, полученные лично РЫБАКОВОЙ Ириной Васильевной, обладают прямым прикладным значением и могут быть масштабированы на сети железных дорог.

Главный инженер
Октябрьской дирекции управления движением

МИХЕЕВ Дмитрий Александрович

Контактные данные:
191036, Россия,
г. Санкт-Петербург, Невский проспект, д. 85Д
+7 (812) 436-11-01





СВИДЕТЕЛЬСТВО

о предоставлении гранта на разработку
выпускной квалификационной работы

СЕНЧИЛО
Ирине Васильевне

студенту федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Петербургский
государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»

Распоряжение ОАО «РЖД»
от 30 марта 2018 г. № 672р