

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

2025

Работа выполнена на кафедре управления транспортными комплексами ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»

Научный руководитель: Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО ПГУПС

Покровская Оксана Дмитриевна

Официальные оппоненты: Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Общетехнические и специальные дисциплины», главного научного сотрудника Испытательного центра железнодорожного транспорта учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»

Головнич Александр Константинович

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры нефтегазового дела ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Зедгенизов Антон Викторович

Ведущая организация **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»**

Защита состоится «9» октября 2025 года в 13:00 часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.156.02 на базе ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова», ФГБОУ ВО «Государственный университет управления» по адресу: 109542, Москва, Рязанский проспект, 99, корпус поточных аудиторий конференц-зал Научной библиотеки ГУУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках и на сайтах ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова» <https://www.bstu.ru/> и ФГБОУ ВО «Государственный университет управления» <https://guu.ru/>. Объявление о защите и автореферат диссертации размещены на сайте ВАК при Минобрнауки России: <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
объединенного
диссертационного совета



А.А.Акулов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования определяется стратегическими целями развития транспортной системы России до 2035 года. Реализация этих задач невозможна без создания эффективных транспортных систем в крупных городах.

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. Интеграция различных видов транспорта в единую систему, формирует интегрированные логистические транспортные системы мегаполисов (ИЛТС мегаполиса). При этом особое значение приобретает цифровизация транспортного комплекса, позволяющая повысить уровень автоматизации управления и диспетчеризации.

Усложнение ИЛТС требует точного согласования параметров функционирования различных видов транспорта и их расписаний. Кроме того, важным элементом становится создание единой информационной платформы, объединяющей данные со всех транспортных средств и инфраструктурных объектов.

Научное противоречие заключается в необходимости совместить высокую пропускную способность ИЛТС с соблюдением расписания и минимальным временем пересадки пассажиров. Плотный график увеличивает нагрузку на систему и может нарушать временные интервалы. Поэтому в рамках исследования предлагается использовать новый вид контактного графика – пассажирский график (КПГ).

Научная задача исследования заключается в дальнейшем развитии и усовершенствовании подходов к планированию, управлению и организации пассажирских перевозок в условиях ИЛТС мегаполиса для повышения мобильности населения. Исследование предусматривает анализ факторов, влияющих на выбор населением того или иного вида транспорта, а также разработку механизмов стимулирования перехода от индивидуального автотранспорта к более экологичным и эффективным видам общественного транспорта. Важным аспектом является формирование единой цифровой платформы для обмена данными между участниками транспортного процесса, что позволит повысить прозрачность и предсказуемость перевозок.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в изучение технологии и организации пассажирских перевозок

внесли Вакуленко С.П., Кочнев Ф.П., Негрей В.Я., Пазойский Ю.О., Правдин Н.В., Шапкин И.Н. и другие.

Исследования в области моделирования ИТЛС проводили Александров А.Э., Бородин А.Ф., Галабурда В.Г., Зубков В.Н., Козлов П.А., Куренков П.В., Персианов В.А., Тимухина Е.Н., Тушин Н.А. и другие. В ходе этих исследований также были выявлены ключевые проблемы координации расписаний между различными видами транспорта, что стало важным шагом к созданию единой транспортной системы города.

Логистическими аспектами управления транспортными системами занимались Евреенова Н.Ю., Кириченко А.В., Кузнецов А.П., Резер С.М., Климова Е.В., Курганов В.М., Мамаев Э.А., Миротин Л.Б., Прокофьева Т.А., Пугачев И.Н., Числов О.Н., Щербаков В.В. и другие. Ряд авторов акцентировал внимание на необходимости использования цифровых технологий и новых инструментов при планировании транспортных процессов, что позволяет более точно прогнозировать пассажирские потоки и повышать оперативность управления.

Однако вопросы обеспечения мобильности пассажиров в рамках интегрированных логистических транспортных систем мегаполисов остаются недостаточно изученными с точки зрения современной транспортной логистики.

Объектом исследования выступает интегрированная логистическая транспортная система мегаполиса (ИЛТС мегаполиса).

Предметом исследования является технология планирования и организации пассажиропотоков в рамках указанной системы.

Область исследования соответствует паспорту научной специальности 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 заключается в развитии методов планирования и организации пассажиропотоков в ИЛТС мегаполиса для обеспечения мобильности населения с использованием различных видов транспорта.

Для достижения цели поставлены и решены **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, включая критерии развития ИЛТС мегаполиса, классификацию КПП, а также алгоритм и методику построения КПП;

– разработать способ комплексной оценки загруженности ИЛТС мегаполиса, автоматизированный в программе для ЭВМ;

– оценить экономическую эффективность ИЛТС мегаполиса на основе контактного графика.

Методы исследования. В рамках исследования использовались подходы транспортной логистики, теории систем, натурального эксперимента, а также методы системного, математического и статистического анализа. Графики построены в AutoCAD, а автоматизация выполнена на языке Java, что обеспечило гибкость и масштабируемость системы обработки данных.

Разработаны новые научно обоснованные технологические решения для ИЛТС мегаполиса, направленные на совершенствование логистических цепей пассажиропотоков, имеющие существенное значение для согласования работы различных видов транспорта и обеспечения мобильности населения.

Научная новизна выражена следующими результатами:

1. Разработан логистический подход к координации транспорта в ИЛТС на основе КПП.

2. Сформулированы логистические принципы и алгоритм анализа пассажирского контактного графика движения, основанные на предложенной системе показателей и классификации интервалов с учетом загруженности ИЛТС.

3. Предложены методика и алгоритм составления КПП, базирующиеся на четырехфакторной классификации и концепции развития перевозок.

4. Разработан способ комплексной оценки загруженности ИЛТС, основанный на предложенном перечне критериев развития ИЛТС и автоматизированный в программе для ЭВМ. Отличается применением показателя загруженности.

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 исследования заключается в разработке новых моделей и алгоритмов, направленных на повышение эффективности работы ИЛТС. Основным инструментом для достижения данной цели стало использование КПП. Такой подход создаёт основу для цифровизации процессов управления и увеличивает устойчивость всей транспортной системы к внешним воздействиям. Это позволяет точнее прогнозировать потребности транспортной инфраструктуры и повышать качество принимаемых решений.

Внедрение описанного подхода позволяет обеспечить согласованное планирование как маршрутов, так и графиков движения разных видов транспорта. Это, в свою очередь, помогает уменьшить время, затрачиваемое на пересадки, снизить нагрузку на элементы ИЛТС и повысить комфорт пассажиров.

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

В 2018 году на реализацию выпускной квалификационной работы по теме «Организация функционирования станции Санкт-Петербург-Витебский и железнодорожного вокзала Витебский в

условиях запуска Аэроэкспресса» получен грант ОАО «РЖД» согласно распоряжению от 30 марта 2018 года № 672р. Кроме того, практическое применение результатов исследования нашло своё отражение в деятельности Октябрьской дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД», Северо-Западного филиала АО «Федеральная пассажирская компания», а также Регионального центра информационно-справочного обслуживания клиентов «Запад», расположенного при железнодорожном вокзале Ладожский — структурного подразделения Северо-Западной региональной дирекции железнодорожных вокзалов — филиала ОАО «РЖД». Об использовании разработок имеются соответствующие акты внедрения.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 16 научных работ, в том числе 3 работы в изданиях из Перечня ВАК РФ и 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 259 страницах машинописного текста, включая 17 таблиц и 43 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение описывает актуальность исследования, обусловленную стратегическими целями развития транспортной системы России до 2035 года, включая повышение связанности территорий, мобильности населения и развитие мультимодальных логистических технологий. Особое внимание уделено сложностям планирования пассажиропотоков в интегрированных логистических транспортных системах (ИЛТС) мегаполисов, связанным с необходимостью синхронизации различных видов транспорта и минимизацией времени пересадок.

Первая глава, «Исследование теории и практики развития интегрированных пассажирских перевозок в логистических транспортных системах мегаполисов», посвящена анализу современного состояния теории и практики организации пассажирских перевозок в крупных городах. Особое внимание уделено вопросам взаимодействия различных видов городского транспорта с использованием транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) и цифровизации процессов управления логистическими цепями.

Сформулировано уточнённое понятие интегрированной логистической транспортной системы мегаполиса (ИЛТС мегаполиса),

основанное на функционально-логистическом аспекте координации видов транспорта. Она выступает как комплекс взаимосвязанных транспортных (технологических, инфраструктурно-технических) и логистических (сервисных, информационно-аналитических, управляющих) элементов, функционирующих в единой системе для обеспечения эффективного планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков.

Анализ показал, что современные транспортные системы эволюционируют в сторону интеграции, становясь более согласованными и клиентоориентированными. Однако при этом остаются недостаточно разработанными такие аспекты, как синхронизация графиков движения различных видов транспорта, моделирование поведения пассажиров при пересадках, а также учёт внутрисистемных перемещений при прогнозировании нагрузки на инфраструктуру. Особое внимание уделено проблемам координации между видами транспорта.

Логистический подход к планированию пассажиропотоков на основе КПП обеспечивает согласованность расписаний разных видов транспорта и учитывает поведение пассажиров, делая ИЛТС более гибкой и адаптивной.

Вторая глава, «Контактный график для пассажирского движения», посвящена описанию логистического подхода к управлению интегрированной логистической транспортной системой мегаполиса, основанного на применении специального инструмента — **контактного графика движения** транспортных средств, задействованных в перевозке пассажиров в условиях мегаполиса.

Расширена классификация критериев развития интегрированной логистической транспортной системы (ИЛТС) мегаполиса, дополненная шестью новыми параметрами. Помимо уже известных показателей эффективности, комфорта и безопасности, экологичности, социальной значимости, технологичности введены следующие:

- 1) полнота использования железнодорожных путей в мегаполисе;
- 2) степень связанности периферийных районов с ядром мегаполиса;
- 3) загруженность зон мегаполиса;
- интегрированность ИЛТС;
- 4) время ожидания;
- 5) структура пассажиропотока в ИЛТС.

Одной из ключевых научных проблем в организации логистических транспортных систем мегаполиса является необходимость совместного обеспечения удобства пассажиров при пересадках между разными видами транспорта и согласованной работы всех видов транспорта.

Решение проблемы предложено путем применения контактного пассажирского графика (КПГ) — универсального инструмента планирования, организации и контроля пассажиропотоков в ИЛТС. КПГ предлагается именовать новую систему логистической организации и планирования внутригородских пассажиропотоков, являющуюся частью технологического процесса пассажирских перевозок.

Контактный пассажирский график (КПГ) представляет собой комплексную систему визуализации, контроля и организации пассажирских перевозок. Его цель — повысить качество и надёжность перевозок за счёт слаженной работы всех участников. Реализация КПГ предполагает использование цифровых технологий и автоматизированных систем управления расписанием, что позволяет оперативно корректировать маршруты и минимизировать задержки. КПГ представляет собой новый подход к организации пассажиропотоков, обеспечивающий взаимодействие метро, пригородных поездов и наземного транспорта в единой транспортной среде.

КПГ открывает возможности для прогнозирования и моделирования пассажиропотоков с использованием методов машинного обучения и больших данных. Это позволяет не только оперативно реагировать на текущие изменения в транспортной системе, но и планировать корректировки графиков в зависимости от сезонных колебаний спроса, массовых мероприятий или изменений в городской застройке. Кроме того, использование КПГ в перспективных проектах развития «умных городов» способствует созданию единой цифровой платформы управления транспортной системой, интегрированной с системами дорожного регулирования, парковками и логистикой доставки последней мили. Таким образом, КПГ выступает не только как инструмент организации перевозок, но и как основа для цифровой трансформации городской транспортной инфраструктуры.

КПГ способствует улучшению информированности пассажиров, обеспечивая прозрачность расписаний и повышая уровень комфорта при поездках.

Визуально КПГ представлен в виде масштабированной сетки, где по горизонтальной оси откладывается время в минутах, фиксируются точные моменты отправления и прибытия подвижного состава, а по вертикальной оси размещены маршруты и виды транспорта, связанные между собой через пересадочные узлы. Такая форма представления графика обеспечивает наглядность синхронизации транспортных потоков и упрощает анализ их взаимодействия. Она позволяет

оперативно выявлять узкие места в транспортном обслуживании и принимать меры по оптимизации логистики пассажирских перевозок.

Представленный КПП имеет принципиальные отличия от традиционных графиков движения как в функциональном, так и в технологическом аспектах. Его основное предназначение — обеспечение пассажирских перевозок в условиях интегрированной логистической транспортной системы мегаполиса. По организационно-технологическому назначению КПП обеспечивает отображение расписаний и их согласование для минимизации времени ожидания пассажиров при пересадках.

КПП ориентирован исключительно на организацию пассажирского движения в рамках ИЛТС мегаполиса, что выделяет его среди существующих решений, разработанных преимущественно для грузовых перевозок или автономного управления отдельными видами транспорта. По организационно-технологическому назначению КПП обеспечивает не просто отображение расписаний, но и их согласование с целью минимизации времени ожидания пассажиров при пересадках. Это достигается за счёт применения логистических принципов планирования, учитывающих динамику пассажиропотоков, особенности инфраструктуры и технические характеристики подвижного состава. Отличительной чертой КПП является и его структура, которая разработана с учётом специфики пассажирских перевозок. Предложена классификация КПП (рис.1).

Для повышения эффективности функционирования КПП особое значение имеет учёт динамики пассажиропотоков в зависимости от времени суток и дня недели. Это позволяет более точно планировать интервалы движения транспорта, выделять приоритетные направления и оптимизировать распределение подвижного состава.

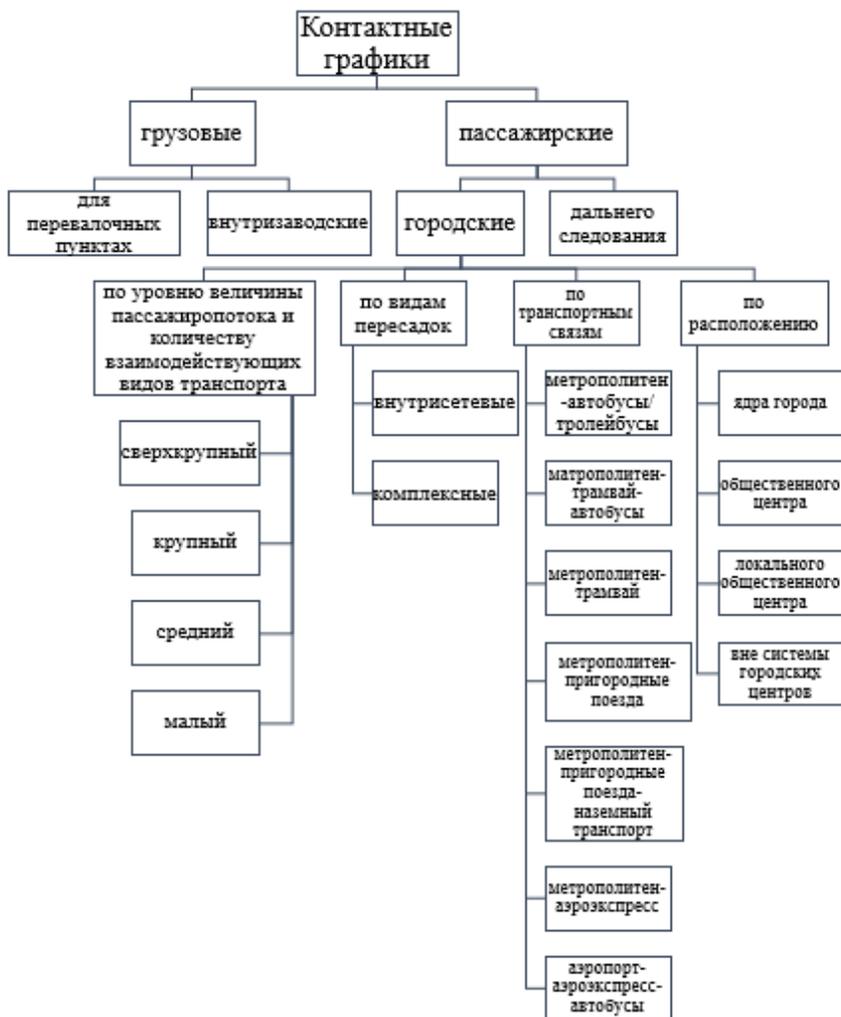


Рисунок 1 – Классификация КПГ.

В условиях мегаполиса, где нагрузка на транспортную систему неравномерна и может резко меняться в зависимости от внешних факторов, гибкость и адаптивность КПГ становятся ключевыми характеристиками его успешного применения. Учёт временной изменчивости пассажиропотоков способствует не только улучшению качества обслуживания, но и снижению эксплуатационных издержек за счёт рационального использования ресурсов транспортных компаний.

Для определения классности КПП по фактору «величина пассажиропотока и количеству взаимодействующих видов транспорта» предлагается использовать формулу:

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

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

Методика построения КПП включает три этапа.

На первом — подготовительном этапе — устанавливают тип графика (на отправление или прибытие), строят его сетку в рамках 24-часового периода и вносят информацию о видах транспорта, осуществляющих перевозки на этой территории.

Второй этап считается основным и включает нанесение линий движения поездов, которые принимаются за основу графика, а также обозначение вертикальными линиями с точным указанием минут расписания отправок всех видов транспорта, обслуживающего прилегающие направления — метро, автобусов, троллейбусов и пригородных электропоездов.

Третий этап – отображение на графике технологической структуры транспортно-пересадочного узла (ТПУ).

В третьей главе, «Расчет и анализ показателей пассажирского контактного графика для интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса», разработана система расчетных показателей ключевых параметров КПП, адаптированная для применения в интегрированной транспортно-логистической системе. Представленная система охватывает как уже применяемые, так и новые параметры, предложенные автором. Автоматизированное управление по КПП может осуществляться в ГИД «Урал-ВНИИЖТ» путем включения в действующую систему управления движением поездов функционального модуля для ведения КПП и управления пассажирскими перевозками в формате «цифровой ассистент». Алгоритм реализации методики построения КПП представлен на рис. 2.

Также теоретически обоснована классификация интервалов КПП, включающая пересадочные интервалы (τ_{cmn} , τ_{omn} , τ_{nn}) и межтранспортные (τ_{nmc} , τ_{omc}). Особое внимание уделено оптимизации временных интервалов для снижения задержек и синхронизации транспортных средств в условиях высокой динамики городских пассажиропотоков.

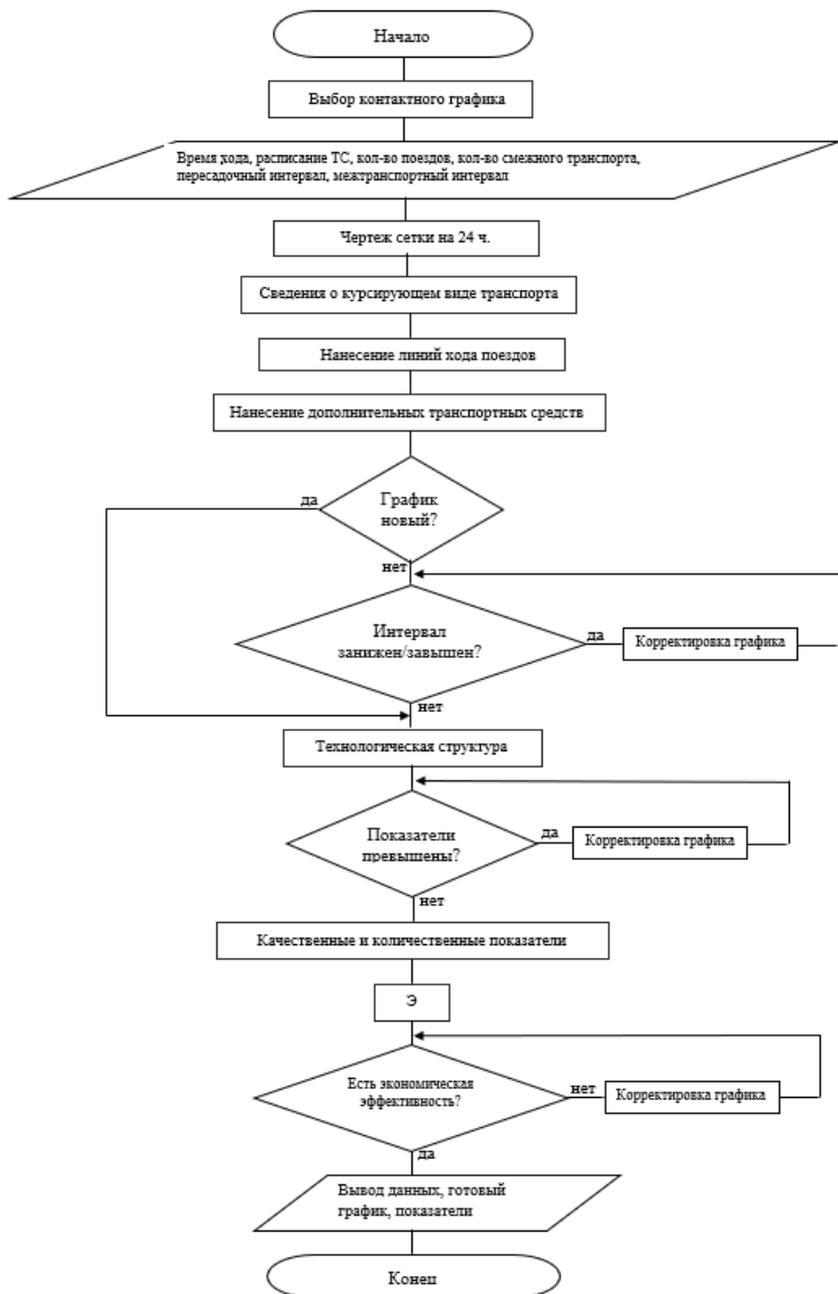


Рисунок 2 – Алгоритм реализации методики построения КПГ.

Фрагмент КПП на 3 часа для перспективных условий ТПУ Московского вокзала представлен на рис.3.

Индекс потери времени пассажира:

$$T_{пп} = t_x + T_{ож} + t_{уэп} \quad (2)$$

где t_x – время, затрачиваемое на подход к остановочному комплексу; $T_{ож}$ – время ожидания транспортного средства; $t_{уэп}$ – время, затрачиваемое на пересадку.

Показатель загрузки ИЛТС мегаполиса предложено определять следующим образом:

$$Z = \zeta \cdot T_{пп} \rightarrow \min \quad (3)$$

где ζ – коэффициент загрузки ИЛТС, определяется следующим образом:

$$\zeta = \frac{\{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \alpha \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\} - \gamma \cdot \{\sum_{j=1}^n b_j \cdot n\}}{\sum_{i=1}^m A_i \cdot p_i}, \quad (4)$$

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 – доля жителей j -тых домов, не использующих общественный транспорт; p_i – вместимость пассажиров в транспортном средстве i -того вида транспорта; A_i – количество курсирующих в районе транспортных средств i -того вида транспорта.

Полученный на основе формулы (4) коэффициент загрузки ИЛТС ζ позволяет не только оценить текущую степень загрузки ИЛТС, но и выявить «узкие места» в её функционировании. Так, высокое значение ζ может свидетельствовать о недостаточной пропускной способности отдельных элементов системы или несбалансированности графиков движения разных видов транспорта. В свою очередь, низкий уровень загрузки может указывать на избыточные ресурсы или недостаточное использование имеющейся инфраструктуры. В таких ситуациях коэффициент загрузки ИЛТС позволяет оперативно корректировать расписание и перераспределять подвижной состав между наиболее нагруженными направлениями, что обеспечивает более равномерную нагрузку на элементы ИЛТС.

Фрагмент КПП для ИЛТС Санкт-Петербурга, приведённый на рис. 3, наглядно иллюстрирует успешное применение предложенного метода согласования расписаний различных видов транспорта в ТПУ. Благодаря КПП возможно не только повысить привлекательность общественного транспорта для пассажиров, но и оптимизировать

логистические процессы взаимодействия в ИЛТС различных транспортных операторов.

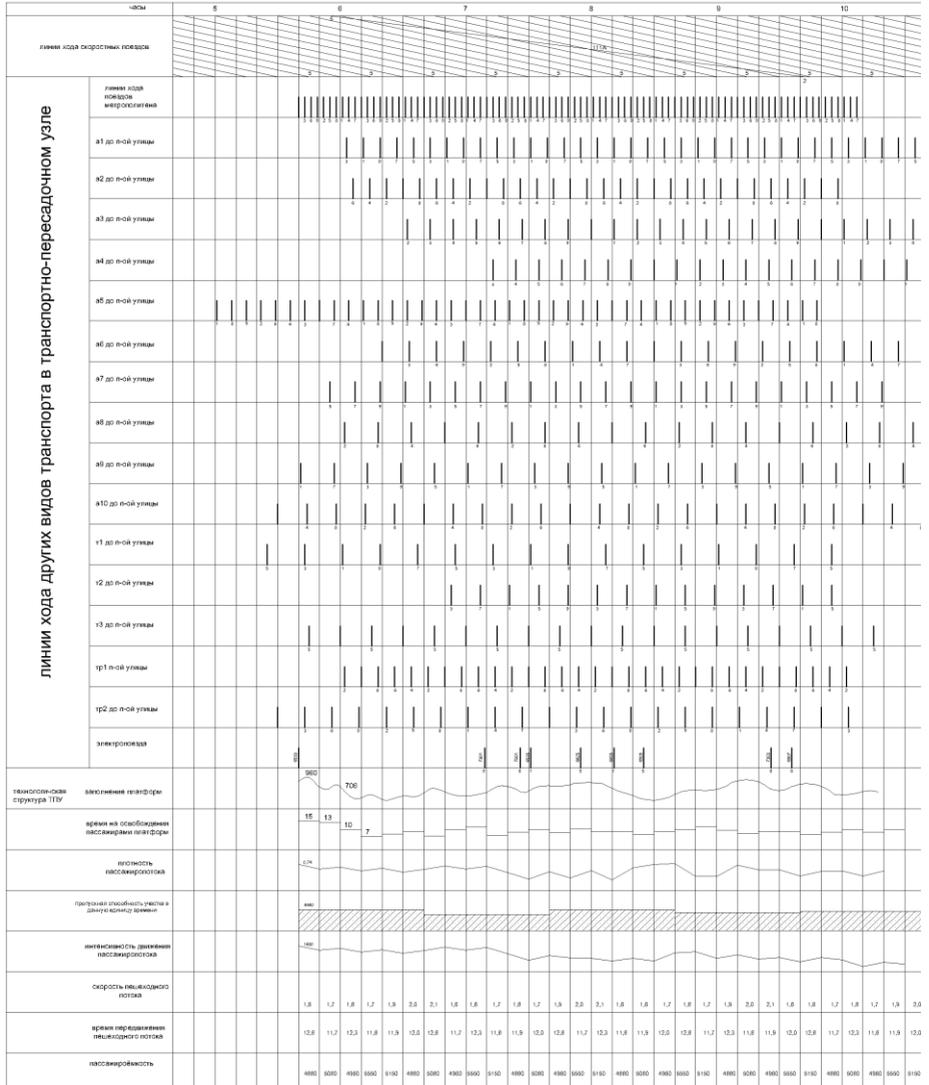


Рисунок 3 – Фрагмент КПГ для ИЛТС Санкт-Петербурга, ТПУ Московский вокзал.

Кроме того, использование контактных графиков позволяет учитывать особенности функционирования каждого вида транспорта, включая интервалы движения, время стоянки на остановках и загрузку перронов, что делает планирование более точным и реалистичным. Это

способствует снижению вероятности возникновения заторов и простоев, а также улучшает экологическую обстановку за счет сокращения времени работы двигателей в режиме ожидания.

В таб. 1 даны результаты расчета по предлагаемой методике.

Таблица 1 – Результаты расчета

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	P _{пасс}	67889	208349	236441	243464	231759
пассажироёмкость	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	З	0,24	0,27	0,27	0,29	0,28

На рис.4 представлен алгоритм анализа построенного КПП.

Таким образом, разработанная система показателей ключевых параметров грузопотоков и предложенная комплексная методика оценки функциональной эффективности КПП обеспечивают высокую степень синхронизации транспортных средств различных видов, снижают суммарные потери времени пассажиров и повышают общую устойчивость ИЛТС. Применение КПП и учёт временного резерва позволяют оперативно реагировать на внешние возмущения и сохранять регулярность перевозок даже в условиях высокой динамики пассажиропотоков.

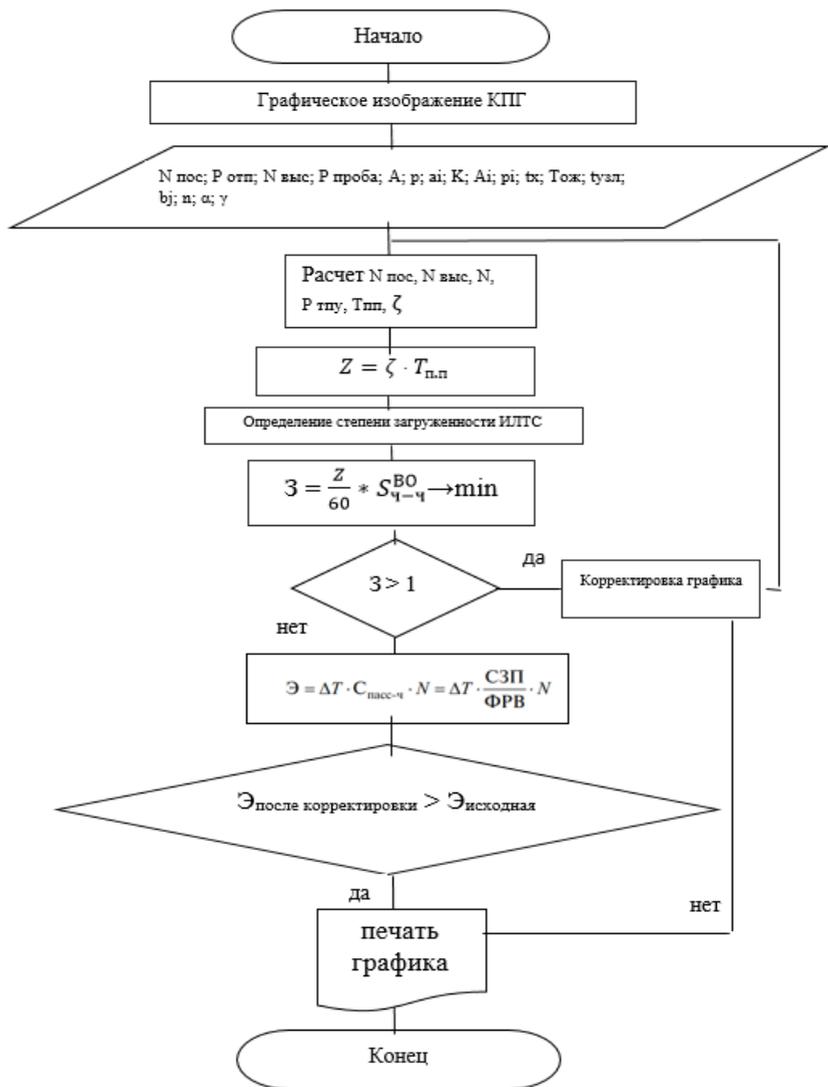


Рисунок 4 – Алгоритм анализа построенного КПП.

В четвертой главе «Эффективность и апробация предложений в условиях Санкт-Петербурга» разработан порядок экономической оценки ИЛТС с учётом загруженности. В качестве примера использован расчёт системы показателей на основе построенного КПП (рис.3) для условий Санкт-Петербурга.

Алгоритм оценки включает следующие этапы:

- Выполняются расчёты таких показателей, как: размеры посадки и высадки пассажиров, размеры движения по видам транспорта в ТПУ, пассажирооборот, пассажироёмкость, индекс потери времени пассажира, коэффициент и показатель загруженности ИЛТС, годовой экономический эффект и др.

- Определяется класс КПП.

- Результаты оформляются в сводную таблицу.

Годовой экономический эффект от снижения времени пересадки пассажиров в ТПУ определяется по формуле (5), для перевозчиков – по формуле (6).

$$\mathcal{E}_{\text{год.пас}} = \mathcal{C}_{\text{рд}} * \mathcal{C}_{ij} * \Delta t_{\text{ср}} * \alpha_{\text{тр}} / 100 * \mathcal{C}_{\text{вр.час}} * \beta_{\text{пт}} * k_{\text{кор}}, \quad (5)$$

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; \mathcal{C}_{ij} – среднесуточный пассажиропоток в системе ТПУ, пассажиров в сутки; $\Delta t_{\text{ср}}$ – средняя величина экономии времени пассажира при пересадке в ТПУ, часов; $\alpha_{\text{тр}}$ – доля пассажиров, совершающих поездки к местам приложения труда в системе ТПУ, в общем числе перемещающихся через ТПУ пассажиров, %; $\mathcal{C}_{\text{вр.час}}$ – среднечасовой валовой внутренний продукт в расчете на 1 занятого в экономике мегаполиса, трлн. рублей; $\beta_{\text{пт}}$ – коэффициент уменьшения производительности труда работников при нахождении времени в пути от дома до работы свыше 45 минут; $k_{\text{кор}}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий влияние фактического сокращения времени в пути пассажира на прирост производительности труда.

$$\mathcal{E}_{\text{год.пер}} = \Delta N * \Sigma(\gamma_i * \mathcal{C}_i * R_i / 100), \quad (6)$$

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, пассажиров в год); $\Sigma(\gamma_i * \mathcal{C}_i * R_i / 100)$ – средневзвешенная оценка прибыли от оказания услуг перевозки одному пассажиру, рублей; \mathcal{C}_i – средний доход от перевозки пассажира на транспорте i -го вида, рублей; R_i – средний уровень рентабельности по доходам от перевозки пассажиров на транспорте i -го вида, %; γ_i – доля i -го вида транспорта в общем объеме поездок пассажиров через ТПУ (за исключением перевозок пассажиров железнодорожным транспортом дальнего следования).

Для повышения наглядности и удобства анализа контактный график может быть представлен в виде интерактивной визуализации, которая позволяет отслеживать текущее состояние транспортной системы в режиме реального времени. Интеграция КПП с цифровыми

платформами управления транспортными потоками создаст основу для перехода к «умным» транспортным системам, соответствующим требованиям цифровизации и устойчивого развития мегаполисов.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности применения КПП и комплексной методики оценки загруженности интегрированных логистических транспортных систем. Предложенный в настоящем исследовании логистический подход позволяет не только выявлять «узкие места» в транспортной инфраструктуре города, но и прогнозировать социально-экономические эффекты от реализации конкретных мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании предложены и научно обоснованы технические и технологические решения, имеющие существенное значение для координации взаимодействия видов транспорта, при «бесшовном» транспортно-логистическом обслуживании населения на основе пассажирского контактного графика. В частности, сформулированы следующие **выводы**:

1. Анализ теории и практики организации пассажиропотоков в интегрированных транспортно-логистических системах (ИЛТС) различных мегаполисов мира и Санкт-Петербурга, в частности, показал, что существует ряд проблем, связанных с управлением пассажиропотоками в условиях загруженности 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. Показано, что обеспечение эффективности ИЛТС связано как с комфортом для пассажира при смене используемых в поездке видов транспорта, так и с ритмичностью работающих в мегаполисе видов транспорта. Это обстоятельство обуславливает актуальность совершенствования функционирования ИЛТС в условиях быстрого роста мегаполисов и соразмерного ему роста транспортной мобильности населения и комплексного «бесшовного» мультимодального сервиса.

2. Разработан логистический подход к координации работы видов транспорта в ИЛТС мегаполиса на основе пассажирских контактных

графиков, КПП. КПП отличается тем, что: предназначен для пассажирского движения увязывает графики движения для минимизации времени ожидания; обладает иной структурой и порядком построения. КПП рассматривается как универсальный логистический инструмент организации, планирования и нормирования пассажиропотоков, предназначенный для координации, контроля, оценки и обеспечения синхронности работающих в мегаполисе видов транспорта. Такой подход обеспечивает возможность проведения предварительного анализа и оптимизации расписаний до их практической реализации.

3. Применение КПП в сочетании с логистическими принципами позволит создать устойчивую и адаптивную транспортную инфраструктуру, ориентированную на реальные потребности пассажиров. В основу системы логистических принципов положены такие, как: клиентоориентированность, модальность, цифровизация и «бесшовность». Разработана система пересадочных (τ_{cmn} , τ_{omn} , τ_m) и межтранспортных (τ_{nmc} , τ_{omc}) интервалов, положенных в основу построения КПП. Анализ КПП предложено проводить на основе разработанной системы логистических принципов с помощью таких показателей, как: индекс потерь времени пассажира и пассажироёмкость.

4. Разработаны на основе предложенного подхода 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. Уточнена 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 расширенной классификации критериев развития ИЛТС мегаполиса разработана 4-х факторная классификация видов КПП. 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. Концепция развития пассажирских перевозок предусматривает создание единой цифровой среды, интегрированной в

автоматизированные системы управления различных видов транспорта. Это возможно при составлении и ведении КПП, а также организации контроля и мониторинга КПП из единого управляющего центра.

5. Разработан и апробирован в условиях Санкт-Петербурга способ комплексной оценки загруженности ИЛТС, автоматизированный в программе для ЭВМ (свидетельство о государственной регистрации № 2024663588 от 07.06.2024 г., язык программирования Java). Способ отличается применением предлагаемого показателя загруженности, с помощью которого определяется экономический эффект снижения потерь времени пассажира. Показано, что экономический эффект для пассажиров заключается в экономии времени на их пересадку в ТПУ.

6. С помощью разработанной автоматизированной программы для ЭВМ проведен расчёт показателя загруженности ИЛТС мегаполиса. Оценка экономического эффекта, достигаемого за счёт сокращения потерь времени пассажиров, проводилась в условиях ИЛТС Санкт-Петербурга на примере муниципального округа Морской, включая жилые комплексы «Я – Романтик» и «Гавань капитанов». Индекс потерь времени пассажиров составил 26,25 минут при коэффициенте загруженности ИЛТС — 10,92. Индекс потерь времени пассажира, учитывающий влияние ожидания на величину потенциального пассажиропотока, достиг 286,65 пасс-мин, что указывает на высокую степень перегрузки транспортной системы и необходимость строительства новых метролиний или трамвайных маршрутов. Особенно проблема ощущается в часы пик, когда среднее время ожидания общественного транспорта превышает 15 минут.

Анализ КПП показал, что существующая инфраструктура не справляется с ростом численности населения и увеличением объёма межрайонных перемещений. Расчёты также показали, что внедрение КПП обеспечит годовой экономический эффект для пассажиров за счёт сокращения времени пересадок в транспортно-пересадочных узлах на сумму около 183,7 млн рублей. Для транспортных компаний рост пассажиропотока благодаря синхронизации расписаний может привести к увеличению доходов от перевозок до 20,1 млн рублей в год. Внедрение КПП может стать основой для создания устойчивой, энергоэффективной и пассажироориентированной ИЛТС города.

Таким образом, в диссертационном исследовании решена научная задача по развитию методов планирования и организации логистических цепей пассажиропотоков в интегрированной транспортно-логистической системе мегаполиса для обеспечения

мобильности населения с использованием видов транспорта на основе контактного графика.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

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. Полиэктв Д.А., Покровская О.Д., Рыбакова И.В. Вопросы зависимости конфигурации подвижного состава и времени на посадку и высадку пассажиров / Д.А. Полиэктв 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.

Иные публикации, 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 (УЭРТ2024)». – 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. Пассажирский контактный график для интегрированной транспортно-логистической системы мегаполиса / И. В. Рыбакова // Экономика железных дорог. – 2025. – № 4. – С. 21-30.

13. 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.

Подп. в печ. 18.07.2025.

Формат 60x90/16.

Объем 1 п.л.

Бумага офисная.

Печать цифровая.

Тираж 100 экз.

Заказ № 987

ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»

Издательский дом ФГБОУ ВО «ГУУ»

109542, Москва, Рязанский проспект, 99, Учебный корпус, ауд. 161

Тел./факс: (495) 377-97-44, e-mail: id@guu.ru

www.guu.ru