

На правах рукописи



ЮНГ АНАСТАСИЯ АЛЕКСЕЕВНА

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА
ГОРОДСКОЙ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ СРЕДСТВ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Орел – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова».

Научный руководитель: **Шевцова Анастасия Геннадьевна**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Евтюков Станислав Сергеевич**

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», заведующий кафедрой транспортных систем и дорожного-мостового строительства

Донченко Вадим Валерианович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», заместитель директора центра развития транспорта общего пользования Передовой инженерной школы «Академия ВСМ»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова**»

Зашита состоится «12» ноября 2025 г. в 14:30 часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.032.03 на базе ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» по адресу: 302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77, ауд. 426.

С диссертацией можно ознакомиться на официальном сайте ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и фундаментальной библиотеке по адресу: 302028, г. Орел, пл. Каменская, д.1.

Автореферат разослан _____ 2025 г. Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и на официальном сайте Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (<https://vak.gisnauka.ru/adverts-list/advert>).

*Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, в двух экземплярах направлять в диссертационный совет 99.2.032.03 по адресу:
302030, г. Орел, ул. Московская, д. 77, тел.: +79606476660,
e-mail: srmostu@mail.ru*

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. техн. наук, доцент

Васильева В. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Несмотря на предпринимаемые в последние годы активные меры, существенной проблемой остается безопасность населения на транспорте, которая является системной комплексной проблемой.

С 2017 года в транспортные процессы стали активно внедряться средства индивидуальной мобильности (СИМ). В мегаполисах нашей страны (Москва, Санкт-Петербург и др.) процент передвигающихся СИМ увеличивается с каждым годом в геометрической прогрессии. Областные административные центры также не остаются в стороне, местные жители из-за большого количества положительных факторов пользования данных транспортных средств (экономия времени, денежных средств, исключение лишних контактов с людьми и т. д.) всё чаще выбирают СИМ для передвижения.

Согласно данным официальных источников в 2024 году зарегистрировано 4426 (+42,8%) ДТП с участием СИМ, в результате которых погибли 54 (+25,6%) человека, в том числе 6 детей. Ранение получили 4591 (+44,5%) человек, в числе которых 1165 детей.

В соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2024 года №309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» одними из основных национальных целей развития РФ является сохранение жизни населения и создание комфортной и безопасной среды для жизни, что с точки зрения безопасности дорожного движения находит свое отражение в национальном проекте «Инфраструктура для жизни», в частности в инициативе «Безопасность дорожного движения», согласно которой дороги становятся более безопасными для водителей и пешеходов в том числе и за счет внедрения новых цифровых элементов безопасности.

Следует отметить, что появление СИМ в городских транспортных системах связано в первую очередь с рядом преимуществ, таких как повышенная маневренность, удобство расположения относительно парковочных мест, возможность быстрого перемещения на относительно короткие расстояния (до 5 км), а также возможность социального дистанцирования, что стало очень важным преимуществом в условиях недавнего COVID-19. Однако, ввиду всех перечисленных преимуществ, в связи с увеличением числа используемых средств за последние годы (2017 г. порядка 30 тыс. кикшеринговых устройств и 2024 – 794 тыс. кикшеринговых устройств, согласно данным Ассоциации операторов микромобильности), наблюдается активное внедрение данных устройств (СИМ) в основные сегменты спроса – доставка городской еды и продуктов питания, товаров электронной торговли, доставка посылок и документов и др. Однако возникает проблема, связанная в первую очередь с большим количеством ДТП

с участием СИМ и неприспособленностью городской инфраструктуры для безопасного и комфорtnого передвижения нового вида транспорта.

Данная проблема требует безотлагательного решения, в том числе за счет внедрения новых цифровых технологий, позволяющих совершенствовать и развивать инфраструктуру городских транспортных систем для СИМ, что и обосновывает актуальность выбранной темы.

Степень разработанности темы. Наибольший вклад в теорию транспортных потоков, методов организации дорожного движения, обеспечения безопасности дорожного движения и управлению процесса движения в городских транспортных системах по средствам применения интеллектуальных и цифровых технологий внесли такие отечественные и зарубежные ученые как Л.Л. Афанасьев, В.Ф. Бабков, В.Н. Басков, В.М. Власов, Ю.А. Врубель, С.В. Дорохин, С.А. Евтюков, С.С. Евтюков, С.В. Еремин, С.В. Жанказиев, В.В. Зырянов, Г.И. Клинковштейн, А.Ю. Кременец, А.Н. Новиков, И.А. Новиков, В.В. Сильянов, А.Г. Шевцова, Д. Дрю, Т.М. Метсон, А.Д. Миллер, В. Хаддор, К. Джетто и др. Вопросу безопасности передвижения СИМ с городских транспортных системах и правовому регулированию данного вопроса посвящены труды В.В. Донченко, Д.В. Ирошинова, Ю.В. Мишина, П.С. Шелмакова, С.А. Сойниковой, П.А. Волкова, Е. Мишера, Р. Довлина, Ф. Дэвидсона, П. Товсона и др.

Анализ многих известных научных и практических работ, результатов теоретико-прикладных исследований в области организации дорожного движения позволил выявить недостаточную степень разработки в сфере применения цифровых технологий и управления движением нового вида транспорта, выполняющего определенный вид транспортной работы в городских транспортных системах – СИМ. Совершенствование организации дорожного движения в городских транспортных системах с учетом нового вида транспорта по средствам применения и использования интеллектуальных и цифровых решений требует проведения научных исследований.

Цель исследования – повышение безопасности участников дорожного движения с учетом использования средств индивидуальной мобильности на городской улично-дорожной сети.

Для достижения цели исследования, определены основные задачи:

1. Проведение исследований, направленных на оценку показателей аварийности с участием СИМ;
2. Анализ городской улично-дорожной сети для определения возможностей движения СИМ;
3. Проведение натурных исследований для подтверждения эффективности использования СИМ как транспорта последнего километра;
4. Разработка математической модели для оценки аварийности объектов дорожной инфраструктуры в городской транспортной системе;

5. Разработка информационно-цифровой (интеллектуальной) системы регулирования движения СИМ на основе показателя безопасности дорожного движения;

6. Определение интегрального экономического эффекта от внедрения результатов исследования в городской транспортной системе.

Объект исследования – городская улично-дорожная сеть.

Предмет исследования – движение средств индивидуальной мобильности по городской улично-дорожной сети.

Рабочая гипотеза, состоит в том, что городская улично-дорожная сеть должна быть адаптирована к движению СИМ для обеспечения безопасности дорожного движения.

Научная новизна состоит в:

1. Полученной между временным периодом и количеством дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ закономерности, которая позволила усовершенствовать мультиплекативную модель для выполнения прогноза дорожных аварий;

2. Установленных экспериментальным путём между параметрами «расстояние» и «время» зависимостях, которые позволяют научно обосновать использование средств индивидуальной мобильности на городской улично-дорожной сети, как транспорта последнего километра;

3. Предложенной математической модели прогнозирования аварийности с участием средств индивидуальной мобильности на объектах городской дорожной инфраструктуры.

Положения, выносимые на защиту:

1. Усовершенствованная мультиплекативная модель для выполнения прогноза дорожных аварий с участием СИМ;

2. Алгоритм разработки план-схемы движения СИМ по городской улично-дорожной сети;

3. Информационная модель, обосновывающая использования СИМ на городской улично-дорожной сети как транспорт последнего километра;

4. Математическая модель прогнозирования количества ДТП с участием СИМ на объектах дорожной инфраструктуры в городской транспортной системе;

5. Информационно-цифровая (интеллектуальная) система регулирования движения СИМ на основе показателя безопасности дорожного движения.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии теории движения транспортных потоков с учетом нового вида транспорта – СИМ, основанной на результатах теоретических и практических изысканий в результате которых были получены - информационная модель использования СИМ в городской транспортной системе. Математическая модель оценки аварийности элементов городской улично-дорожной сети с учетом нового вида транспорта – СИМ, а также в теоретическом обосновании разработки системы повышения эффективности организации дорожного движения для

СИМ в городских транспортных системах, с учетом показателя безопасности дорожного движения.

Практическая значимость работы заключается в разработке информационно-цифровой (интеллектуальной) системы повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, с учетом показателя безопасности дорожного движения и применении результатов исследования органами исполнительной власти и федеральными структурами на уровне субъекта, что подтверждено актами внедрения, выданными: муниципальным бюджетным учреждением «Управление Белгорблагоустройство» (МБУ «УБГБ»), Министерством автомобильных дорог и транспорта Белгородской области (МИНТРАНС Белгородской области), ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Департаментом транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы, Государственным казенным учреждением города Москвы - Центром организации дорожного движения Правительства Москвы.

Методология и методы исследования. Диссертационное исследование выполнено на основе трудов ведущих отечественных и зарубежных ученых в области организации дорожного движения, в числе которых Л.Л. Афанасьев, В.Ф. Бабков, В.Н. Басков, В.Е. Веревкин, В.М. Власов, Ю.А. Врубель, С.В. Дорохин, С.А. Евтиков, С.С. Евтиков, С.В. Жанказиев, В.В. Зырянов, Г.И. Клинковштейн, А.Ю. Кременец, А.Г. Левашев, А.Ю. Михайлов, А.Н. Новиков, И.А. Новиков, А.А. Поляков, В.В. Сильянов, А.Г. Шевцова, Ф.В. Вебстер, Д. Дрю, Т.М. Метсон, А.Д. Миллер и многих других специалистов. Теоретико-методологической основой исследования стали натурные наблюдения, статистический анализ, математическое и имитационное моделирование и системный анализ полученных результатов.

Информационная база исследования. Нормативно-правовые и законодательные акты, Постановления Правительства РФ, Транспортная стратегия РФ, Федеральные и региональные целевые программы развития транспортных систем, нормативные документы федеральных и региональных органов власти и управлений, статистические данные.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов выполненного исследования подтверждается теоретически - обеспечивая обоснование поставленных цели и задач исследования; и экспериментально - на основании применения полученных информационных и математических моделей и апробации и внедрения информационно-цифровой (интеллектуальной) системы повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах на примере городской улично-дорожной сети г. Белгорода, а также публикациями в изданиях, рецензируемыми ВАК РФ, Scopus/Web of Science.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности. Выполненные исследования отвечают паспорту научной специальности 2.9.5.

Эксплуатация автомобильного транспорта по пунктам: 3 «Исследование закономерностей, разработка моделей, алгоритмов и специального программного обеспечения в решении задач проектирования, организации, планирования, управления и анализа транспортного процесса»; 8 «Исследования в области технологий организации дорожного движения, развития технических средств организации дорожного движения».

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на конференциях и форумах: «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орёл, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025); «Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ)» (Курск, 2019, 2020, 2021, 2022); «Образование. Наука. Производство» (Белгород, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023); «Транспортные и транспортно-технологические системы» (Тюмень, 2020, 2021, 2022); «Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств» (Саратов, 2020, 2021, 2022); «Молодежь и транспорт. Настоящее и будущее» (Орёл, 2021, 2022, 2023); «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие» (Горловка, 2023); «Актуальные вопросы административно-правовой деятельности органов внутренних дел» (Орёл, 2023); «Перспективы развития транспортного комплекса» (Минск, 2023).

Исследования выполнены в рамках гранта Фонда содействия инновациям Договор: 655ГCCCC15-L/81116 «Система обнаружения средств индивидуальной мобильности в городской среде».

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 28 статьях, в том числе 6 – в ведущих изданиях, из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 3 – в изданиях, включенных в зарубежную аналитическую базу данных SCOPUS/ Web of Science, получено 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка принятых сокращений и условных обозначений, списка литературы из 110 наименований и 2 приложений. Текст диссертации изложен на 123 страницах машинописного текста и включает 40 таблиц и 68 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность представленной темы диссертационного исследования, сформулированы цели и задачи, определены объект и предмет исследования. Раскрыты научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе **«Анализ тенденций применения средств**

индивидуальной мобильности в современных условиях» выполнен анализ мирового опыта использования СИМ в развитых странах мира и в Российской Федерации. Рассмотрены основные проблемы использования СИМ в городских транспортных системах.

Согласно данным научного центра безопасности дорожного движения (НЦ БДД) МВД России в 2018 году было зарегистрировано 39 ДТП, а уже в 2024 году 4426 ДТП, что свидетельствует о рекордно высоком росте аварийности с участием СИМ (рис. 1). Также следует отметить, что в данных ДТП получают ранения и погибают люди (рис. 2).

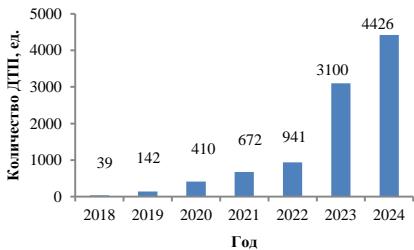


Рисунок 1 – Гистограмма количества ДТП с участием СИМ

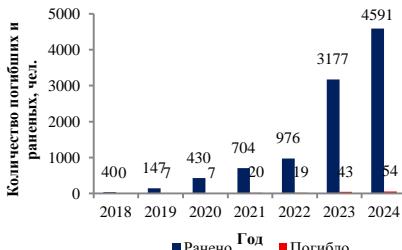


Рисунок 2 – Гистограмма количества погибших и раненых в результате ДТП с участием СИМ

Выполненный анализ показателей аварийности с участием СИМ, позволил установить определенную математическую зависимость их распределения по месяцам на основе временных рядов (рис. 3). Из представленного графика (рис 3) видно, что количество ДТП с участием СИМ увеличивается, при выполнении процедуры сглаживания графика по вершинам, установлено, что вид распределения с достоверностью более 94% описывается линейной функцией (рис. 3). В таком случае, с учетом постоянно увеличивающихся показателей в качестве математической модели для описания такого характера распределения во времени и последующего прогнозирования, возможно, использовать мультипликативную модель.

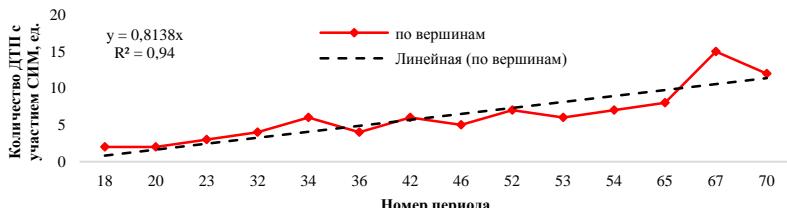


Рисунок 3 – Изменение количества ДТП с участием СИМ с подбором линейного и экспоненциального тренда

В таком случае мультипликативная модель имеет вид:

$$Y = T \cdot S \cdot E \quad (1)$$

где Y – значение показателя временного ряда; T – трендовый компонент; S –

сезонный компонент; Е – случайный компонент.

Расчет всех необходимых компонент позволил определить вид модели прогнозирования количества ДТП с участием СИМ, которая по результату выборки данных за период 2018–2024 гг. имеет вид:

$$Q = S_t \cdot e_t \cdot (0,08 - 0,25 \cdot t) \quad (2)$$

где Q – значение рассматриваемого показателя – количество ДТП с участием СИМ, ед.; S_t – сезонная компонента для определенного месяца (1...12); e_t – случайная компонента; 0,08, -0,25 – коэффициенты b и a соответственно – составляющие трендового компонента; t – время, значение рассматриваемого периода.

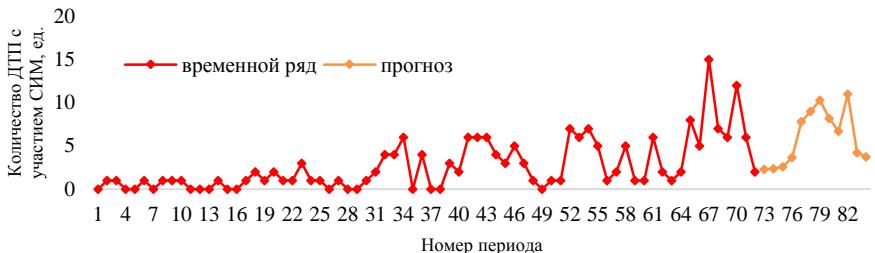


Рисунок 4 – График прогнозирования изменения количества ДТП с участием СИМ

Анализ ДТП с участием СИМ позволил установить, что характер распределения исследуемых величин по месяцам рассматриваемых лет (за период 2018–2024 гг.) описывается времененным рядом. Определено, что увеличивающийся характер изменения рассматриваемых величин, возможно, описать с применением мультиплексной модели, состоящей из трех компонент – сезонной, трендовой и случайной. Расчет всех компонент позволил определить вид модели ($Q = S_t \cdot e_t \cdot (0,08 - 0,25 \cdot t)$), позволяющей произвести расчет количества ДТП с участием СИМ и математически установить, что в случае непринятия научно-обоснованных мероприятий, количество происшествий будет увеличиваться.

Во второй главе «**Теоретическое обоснование использования средств индивидуальной мобильности в городских транспортных системах**» выполнен анализ центральной территории г. Белгорода и разработан план-схема движения СИМ в городской транспортной системе, разработаны информационные структуры движения СИМ по сценариям пользования – «разовое использование», «рабочее использование» и «досуговое использование» и информационная модель использования СИМ в городской транспортной системе, основанная на временном факторе.

Анализ центральной территории г. Белгорода позволил установить протяженность путей сообщения для движения пассажирского транспорта (рис. 5 а), личного автомобильного транспорта (рис. 5 б) и СИМ (рис. 5 в).

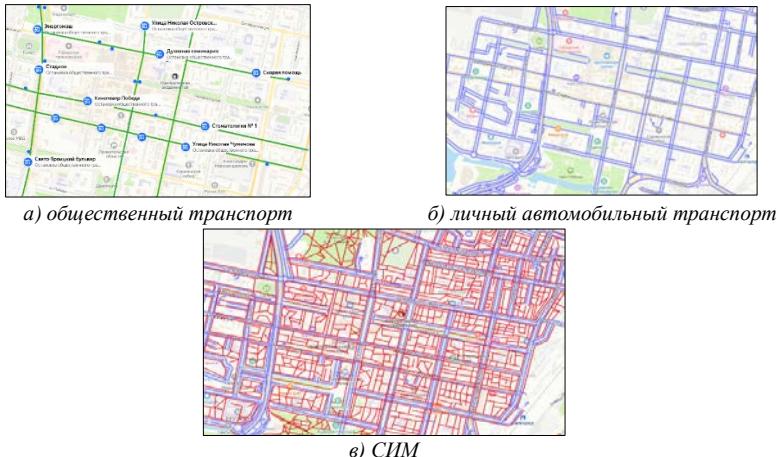


Рисунок 5 - План-схема движения различного транспорта (общественный, личный и СИМ) на городской улично-дорожной сети на примере центральной части г. Белгорода

В результате исследований было установлено, что дороги общего пользования, по которым курсирует общественный транспорт г. Белгород, составляют 378 км. Общая протяженность всех дорог общего пользования, которые используются личным автомобильным транспортом, составляет 1350 км. СИМ в большинстве случаев передвигаются по тротуарным, пешеходным и велосипедным дорожкам. Исходя из законодательных требований к движению СИМ установлена протяженность путей сообщения - 289578 км. Таким образом, установлено, что СИМ обладают высокими возможностями для движения в городской транспортной системе, ввиду большего количества маршрутов для движения в сравнении с общественным и личным автомобильным транспортом.

Следует отметить, что в основном СИМ используются для передвижения на расстояния до 5 км, что подтверждается как зарубежными, так и отечественными научными исследованиями. Для оценки превалентности использования рассматриваемого вида транспорта выполнен натурный эксперимент по основным маршрутам в городской транспортной системе на примере г. Белгорода. Установлено, что сегодня в рассматриваемой городской транспортной системе используется порядка 2 500 кикшеринговых устройств (СИМ), для которых в различных частях города оборудованы специализированные зарядные станции, что наглядно отражено на рис. 6.

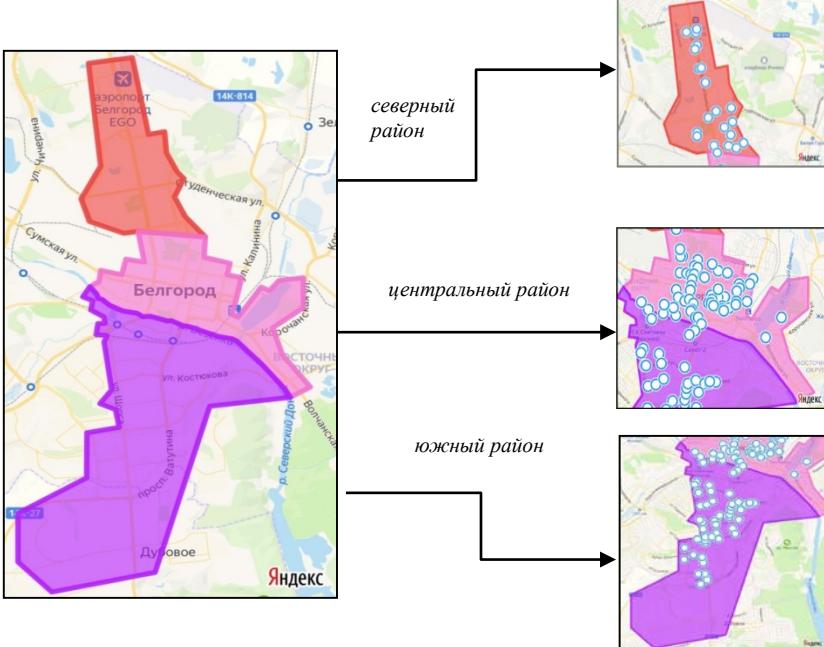


Рисунок 6 – Карта обозначения зарядных станций для СИМ в различных районах г. Белгорода

Для выполнения эксперимента были определены три маршрута для движения (рис. 7). На каждой схеме синий цвет линии - маршрут по воздуху (по прямой линии), красная линия - маршрут на личном автомобиле и зеленый цвет линии - маршрут на электросамокате.



Рисунок 7 – Схемы маршрутов выполнения экспериментальных исследований

В результате проведения эксперимента были сформированы три информационные модели пользования СИМ в городской транспортной

системе, представленные на рис. 8, рис. 9 и рис. 10. По каждому виду выделены основные элементы взаимодействия и связь между элементами модели, где A – связь с устройством, а B – связь с СИМ. Каждая модель имеет свои особенности функционирования.

Информационная модель пользования СИМ - «разовое использование» состоит из 12 начальных элементов, из них элементы A1-A3 носят только единоразовый характер и выполняются только при первом использовании приложения, а при последующих они не требуются, следовательно, в процессе исполнения данной модели будет затрачено больше количества времени, это и является особенностью данной модели (рис. 8).

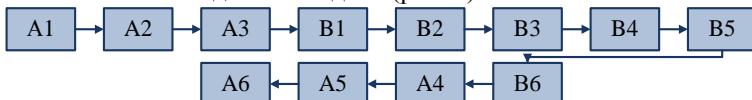


Рисунок 8 – Информационная модель пользования СИМ - «разовое использование» где A1 – процесс скачивания приложения для проката; A2 – привязка банковской карты; A3 – регистрация и ввод личных данных; B1 – поиск на карте ближайшей стоянки; B2 – выбор заряженного самоката; B3 – сканирование qr-кода на руле самоката и разблокировка; B4 – начало движения; B5 – выбор ближайшей стоянки от места назначения; B6 – крепеж самоката к станции для зарядки; A4 – фотосъемка, для подтверждения возврата и целостности самоката, загрузка в приложение фотографии; A5 – завершение поездки ; A6 –оплата в приложении.

Информационная модель пользования СИМ «рабочее использование» включает в себя 9 элементов, находящихся в определенных временных интервалах, а начало использования происходит уже в связи с СИМ (рис. 9). Особенностью данной модели является незавершенность процесса, т. к. эксплуатация происходит на постоянной основе и действия повторяются снова, начиная также со связи с устройством СИМ.

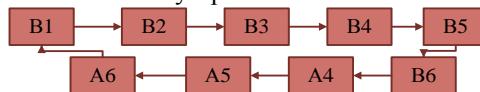


Рисунок 9 – Информационная модель пользования СИМ - «рабочее использование»

Информационная модель использования СИМ «досуговое использование» также состоит из 9 элементов находящихся в определенных временных интервалах, но данная схема разомкнута, следовательно, отличительной особенностью данной модели является завершенность процесса, следовательно, процесс не будет повторяться, и иметь различные характеристики, как по времени, по расстоянию, так и по месту дислокации СИМ (рис. 10).



Рисунок 10 – Информационная модель пользования СИМ - «досуговое использование»

На основе протяженности выбранных для эксперимента маршрутов (рис. 7) было установлено значение элемента В4. Из расчёта максимально допустимой скорости движения электросамоката в городе $v = 25$ км/ч на преодоление расстояния $S = 1$ км потребуется время $t = 2,4$ минуты.

1. Для маршрута №1 на проезд расстояния в 1000 м будет затрачено 2,4 мин.

2. Для проезда по маршруту №2 протяженность 856 м необходимо затратить 2,05 мин.

3. Используя маршрут №3 протяженностью 1700 м пользователю СИМ необходимо на поездку потратить 4,08 мин

В таблице 1 представлены целевые функции для расчета продолжительности пользования СИМ с учетом разработанных информационных моделей.

Таблица 1 – Целевые функции информационных моделей пользования

Тип пользования	«разовое использование» (РИ)	«рабочее использование» (РИ ₁)	«досуговое использование» (ДИ)
Общая формула целевой функции	$T_{РИ} = \sum_{i=1}^{12} t_n$	$T_{РИ1} = \sum_{i=1}^9 t_n$	$T_{ДИ} = \sum_{i=1}^9 t_n$

Исходя, из полученных формул можно вывести вспомогательные в зависимости от каждой информационной модели и назначения составляющих элементов:

$$T_{РИ} = \sum_{i=1}^{n_A} \sum_{i=1}^{n_B} t_{nA} \cdot t_{nB} \sum_{i=1}^6 \sum_{i=1}^6 t_{nA} \cdot t_{nB}, \quad (3)$$

где t_{nA} - продолжительность операций, связанных с устройством, t_{nB} - продолжительность операций, связанных со связью конкретно с СИМ, n_A - количество операций на связь с устройством ($n_A = 6$); n_B - количество операций на связь с СИМ ($n_B = 6$)

$$T_{РИ1} = \sum_{i=1}^{n_A} \sum_{i=1}^{n_B} t_{nA} \cdot t_{nB} \sum_{i=1}^3 \sum_{i=1}^6 t_{nA} \cdot t_{nB}, \quad (4)$$

где n_A - количество операций на связь с устройством ($n_A = 3$); n_B - количество операций на связь с СИМ ($n_B = 6$)

$$T_{ДИ} = \sum_{i=1}^{n_A} \sum_{i=1}^{n_B} t_{nA} \cdot t_{nB} \sum_{i=1}^3 \sum_{i=1}^6 t_{nA} \cdot t_{nB} \quad (5)$$

где n_A - количество операций на связь с устройством ($n_A = 3$); n_B - количество операций на связь с СИМ ($n_B = 6$)

Значения по каждому элементу принимаются минимальные, так как, в данном случае расчет сводится к определению минимальных показателей по каждой модели и маршруту.

Для расчета затраченного времени на общую поездку по каждому маршруту при помощи полученных ранее вспомогательных формул производится подсчет по каждой составленной модели (табл.2).

Таблица 2 – Временные показатели затраченного времени по каждому маршруту

	Маршрут №1	Маршрут №2	Маршрут №3
T_1	5,9 мин	5,55 мин	7,58 мин
T_2	2,4 мин	2,05 мин	4,08 мин
T_3	2,4 мин	2,05 мин	4,08 мин

Несмотря на то, что структуры T_2 и T_3 имеют идентичные итоговые результаты, различие заключается лишь, в завершенности и незавершенности

конечного процесса, в зависимости от достигаемой цели процесса.

В третьей главе «**Разработка математической модели оценки аварийности объектов на городской улично-дорожной сети**» выполнен анализ аварийности основных объектов на городской УДС.

В официальных источниках данных представлена информация по аварийности основных объектов УДС, тех объектов, которые являлись местом ДТП с участием СИМ. В общем виде объектами УДС, на которых были зафиксированы происшествия, являлись – тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона; пешеходные переходы (регулируемые и нерегулируемые); выезд с прилегающей территории; перекресток (нерегулируемый перекресток равнозначных дорог, регулируемый перекресток, нерегулируемый перекресток неравнозначных дорог) и иные.

Схематично, сложная структура наступления событий на элементах УДС городской транспортной системы представлена в виде «дерева событий» (рис. 11).

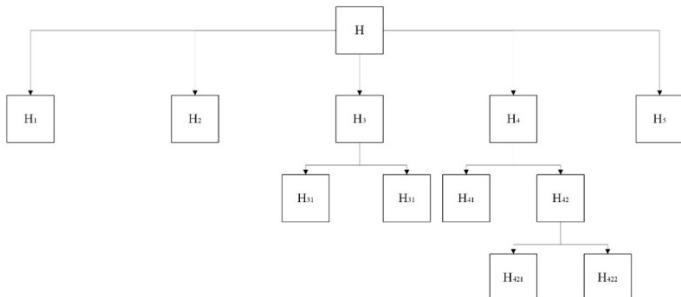


Рисунок 11 – Дерево событий на элементах УДС городской транспортной системы где H_1 – ДТП на тротуаре, пешеходной дорожке и в пешеходной зоне; H_2 – ДТП на выездах с прилегающей территорией; H_3 – ДТП на пешеходных переходах: H_{31} – ДТП на регулируемых пешеходных переходах и H_{32} – ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах; H_4 – ДТП на перекрестках: H_{41} – ДТП на регулируемых перекрестках H_{42} – ДТП на нерегулируемых перекрестках; H_{421} – ДТП на нерегулируемых перекрестках неравнозначных улиц (дорог) и H_{422} – ДТП на нерегулируемых перекрестках равнозначных улиц (дорог); H_5 – ДТП на иных объектах УДС.

Данные, имеющиеся в официальных источниках, представлены в виде процентного распределения (рис. 12), что позволяет перейти к показателям статистической вероятности возникновения события, в общем виде полная статистическая вероятность будет иметь вид:

$$P(H) = P(H_1) + P(H_2) + P(H_3) + P(H_4) + P(H_5) \quad (6)$$

где

$$P(H_3) = P(H_{31}) + P(H_{32}) \quad (7)$$

$$P(H_4) = P(H_{41}) + P(H_{42}) \quad (8)$$

$$P(H_{42}) = P(H_{421}) + P(H_{422}) \quad (9)$$

$P(H)$ – полная статистическая вероятность; $P(H_1)$ – вероятность ДТП на тротуаре, пешеходной дорожке и в пешеходной зоне; $P(H_2)$ – вероятность ДТП на выездах с прилегающей территорией;

$P(H_3)$ – вероятность ДТП на пешеходных переходах; $P(H_{31})$ – вероятность ДТП на регулируемых пешеходных переходах; $P(H_{32})$ – вероятность ДТП на нерегулируемых пешеходных переходах; $P(H_4)$ – вероятность ДТП на перекрестках; $P(H_{41})$ – вероятность ДТП на регулируемых перекрестках; $P(H_{42})$ – вероятность ДТП на нерегулируемых перекрестках; $P(H_{421})$ – вероятность ДТП на нерегулируемых перекрестках неравнозначных улиц (дорог); $P(H_{422})$ – вероятность ДТП на нерегулируемых перекрестках равнозначных улиц (дорог); $P(H_5)$ – вероятность ДТП на иных объектах УДС городской транспортной системы.

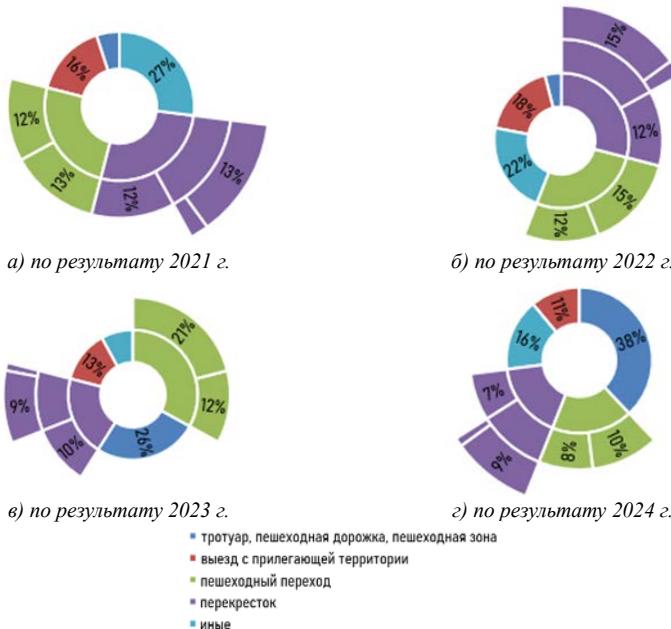


Рисунок 12 – Диаграммы «солнечные лучи» распределения количества ДТП на основных объектах УДС

Результаты расчета вероятности наступления событий представлены в табл. 3.

В дальнейшем по каждому объекту выполнен математический расчет, позволивший получить уравнения расчета вероятности наступления события. Так, для первого исследуемого объекта – тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона статистическая вероятность наступления события за четыре периода изменилась существенно (табл. 3), если в первом и во втором периоде значение не превышало 0,05, то в третьем и четвертом периоде наблюдается резкий рост, что свидетельствует об увеличении числа ДТП с участием пешеходов.

Регрессионный анализ статистической вероятности $P(H_1)$ позволил установить наиболее точный вид функции, описывающей распределение исследуемых значений (табл. 4).

Таблица 3 – Результаты расчета вероятности наступления событий на объектах УДС за период 2021–2024 гг.

№ п/п	Наименование объекта УДС	Обозначение статистической вероятности	Год/номер периода			
			2021	2022	2023	2024
			1	2	3	4
1	тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона	$P(H_1)$	0,05	0,04	0,26	0,38
2	выезд с прилегающей территории	$P(H_2)$	0,16	0,18	0,13	0,11
3	пешеходный переход	$P(H_3)$	0,25	0,27	0,33	0,18
3.1	регулируемый пешеходный переход	$P(H_{31})$	0,12	0,12	0,21	0,08
3.2	нерегулируемый пешеходный переход	$P(H_{32})$	0,13	0,15	0,12	0,1
4	перекресток	$P(H_4)$	0,27	0,29	0,2	0,17
4.1	регулируемый перекресток	$P(H_{41})$	0,12	0,12	0,1	0,07
4.2	нерегулируемый перекресток	$P(H_{42})$	0,15	0,17	0,1	0,1
4.2.1	нерегулируемый перекресток неравнозначных улиц (дорог)	$P(H_{421})$	0,13	0,15	0,09	0,09
4.2.2	нерегулируемый перекресток равнозначных улиц (дорог)	$P(H_{422})$	0,02	0,02	0,01	0,01
5	иные	$P(H_5)$	0,27	0,22	0,08	0,16
		$P(H)$	1	1	1	1

Таблица 4 – Уравнения функции и значение величины достоверности в результате анализа объекта на городской УДС «тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона» - $P(H_1)$

Наименование функции	Уравнение функции	Величина достоверности, R^2
Степенная	$y = 0,0335 \cdot x^{1,5903}$	0,92
Экспоненциальная	$y = 0,0162 \cdot e^{0,7956 \cdot x}$	0,9
Линейная	$y = 0,121 \cdot x - 0,12$	0,88
Логарифмическая	$y = 0,24 \ln(x) - 0,0081$	0,75

Наиболее точно рассматриваемые данные описываются степенной функцией вида:

$$y = 0,0335 \cdot x^{1,5903} \quad (10)$$

где y – вероятность ДТП на объекте «тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона»; x – номер периода, соответствующий рассматриваемому году.

Аналогичные процедуры были выполнены по каждому

рассматриваемому объекту (табл. 5).

В общем виде математическая модель оценки аварийности объектов городской УДС с учетом нового вида транспорта – СИМ, будет иметь вид:

$$P(H) = \begin{cases} P(H_1) & y = 0,0335 \cdot x^{1,5903} \\ P(H_2) & y = -0,02 \cdot x + 0,195 \\ P(H_3) = & y = -0,0425 \cdot x^2 + 0,1975 \cdot x + 0,0825 \\ P(H_4) & y = -0,039 \cdot x + 0,33 \\ P(H_5) & y = 0,2691 \cdot x^{-0,608} \end{cases} \quad (11)$$

Таблица 5 – Результаты математического расчета

№ п/п	Наименование объекта УДС	Полученное уравнение функции	Величина достоверности, R^2
1	тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона	$y = 0,0335 \cdot x^{1,5903}$	0,92
2	выезд с прилегающей территории	$y = -0,02 \cdot x + 0,195$	0,69
3	пешеходный переход	$y = -0,0425 \cdot x^2 + 0,1975 \cdot x + 0,0825$	0,73
3.1	регулируемый пешеходный переход	$y = -0,0325 \cdot x^2 + 0,1595 \cdot x - 0,0225$	0,47
3.2	нерегулируемый пешеходный переход	$y = -0,012 \cdot x + 0,155$	0,55
4	перекресток	$y = -0,039 \cdot x + 0,33$	0,79
4.1	регулируемый перекресток	$y = -0,017 \cdot x + 0,145$	0,86
4.2	нерегулируемый перекресток	$y = -0,022 \cdot x + 0,185$	0,64
4.2.1	нерегулируемый перекресток неравнозначных улиц (дорог)	$y = -0,018 \cdot x + 0,16$	0,6
4.2.2	нерегулируемый перекресток равнозначных улиц (дорог)	$y = 0,0283 \cdot e^{-0,277 \cdot x}$	0,78
5	иные	$y = 0,2691 \cdot x^{-0,608}$	0,65

Полученные уравнения функций позволяют оценить аварийность рассматриваемых объектов на городской УДС, что позволяет спрогнозировать вероятность наступления ДТП.

Результаты выполненных математических расчетов стали основой для разработки информационно-цифровой (интеллектуальной) системы повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя безопасности дорожного движения основных элементов городской улично-дорожной сети.

В четвертой главе «**Система повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ и экономическая эффективность**» выполнен анализ основных структурных и исполнительных элементов в городской транспортной системе, на основании чего разработана информационно-цифровая (интеллектуальная) система повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя безопасности дорожного движения основных элементов городской улично-дорожной сети и выполнена

ее экономическая эффективность.

Городская транспортная система включает в себя ряд структурных элементов, таких как транспорт, так и инфраструктуру для его эффективного функционирования. Одним из основных направлений на сегодняшний день является поддержание устойчивости такого рода систем.

По инициативе Минтранса России реализуется эстафета Общеевропейской Программы Европейской экономической Комиссии ООН (ЕЭК ООН) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по транспорту, окружающей среде и охране здоровья (Эстафета ОПТОСОЗ), объединяющая заинтересованные в развитии устойчивого транспорта города России и зарубежных стран. Образовано международное Партнерство ОПТОСОЗ по интеграции вопросов транспорта, охраны здоровья населения и окружающей среды в городское и пространственное планирование.

Согласно нормативному документу ЕЭК ООН «Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию». Содействие активной мобильности определены основные принципы устойчивой городской транспортной системы, в которой можно выделить основные блоки (красный цвет линии), направленные на повышение эффективности организации дорожного движения с учётом нового вида транспорта – СИМ (рис. 13).

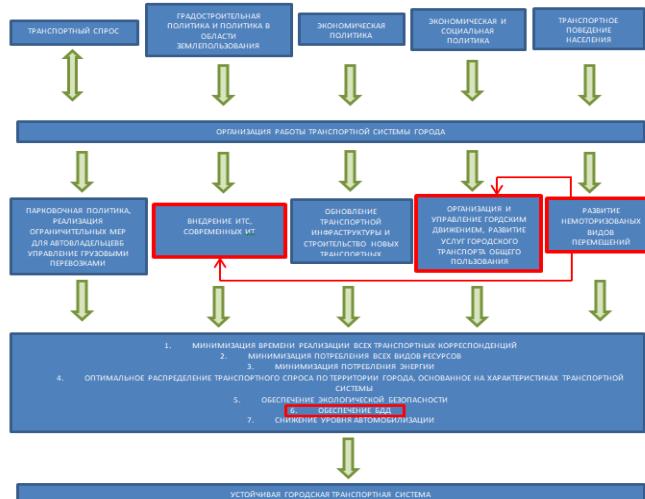


Рисунок 13 – Принципы устойчивой городской транспортной системы*

*Руководство по устойчивой городской мобильности и территориальному планированию – содействие активной мобильности

Таким образом, для реализации одного из основных направлений – организации работы транспортной системы города по средствам развития немоторизованных видов транспорта, к которым можно отнести СИМ

необходимо организовать управление городским движением по средствам применения современных ИТС на основе обеспечения БДД (рис. 13). В рамках выполненного исследования, следуя данному принципу устойчивой городской транспортной системы разработана информационно-цифровая (интеллектуальная) система повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя БДД основных элементов УДС. Принцип работы системы основан на математической модели оценки аварийности элементов УДС и города с учетом нового вида транспорта – СИМ и своевременного оповещения водителя СИМ и возможном возникновении опасности, и принудительном снижении скорости на особо аварийных элементах УДС (рис. 14).

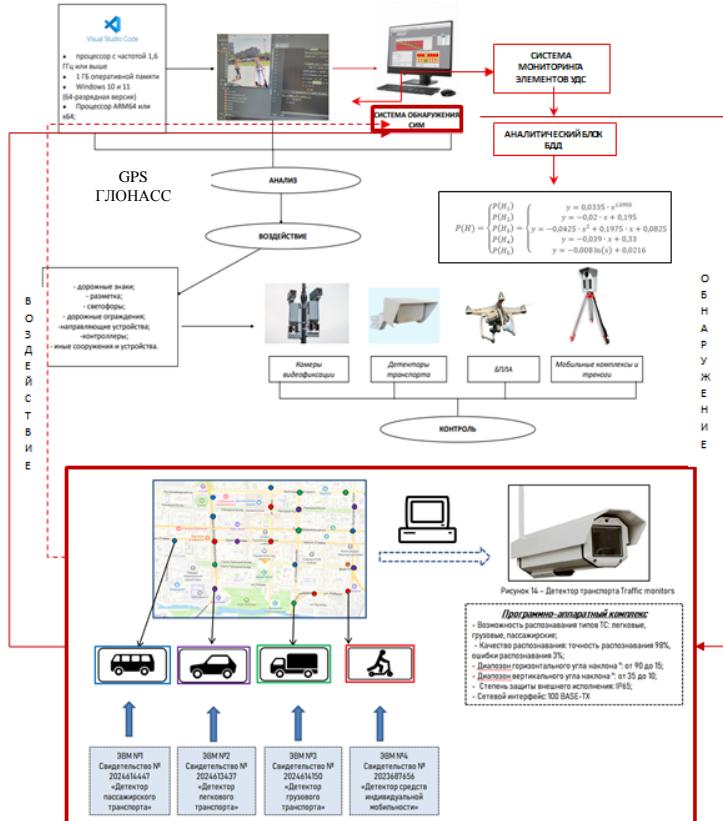


Рисунок 14 – Информационно-цифровая (интеллектуальная) система повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя БДД основных элементов городской УДС

Принцип работы системы основан на работе модулей и исполнительных элементов городской транспортной системы, таких как детекторы транспорта, камеры фото и видеофиксации, а также индивидуальных модулях, которыми оборудовано СИМ. В результате работы системы мониторинга и обнаружения возможно установить наличие СИМ и траекторию его движения, а также элемент УДС, по которому движения транспортное средство. Работа аналитического модуля, основанная на математической модели оценки аварийности элементов УДС и города с учетом нового вида транспорта – СИМ осуществляется расчет вероятности возникновения события – ДТП с учетом градации (табл. 6) и происходит оповещение водителя СИМ по средствам вибрационного воздействия и последующего снижения скорости или полной остановки.

Таблица 6 – Уровни градации вероятности возникновения события (ДТП) на объектах городской УДС

Уровень градации	1	2	3	4
Значение вероятности возникновения события	0-0,25	0,251-0,5	0,51-0,7	0,71-0,99
Действие	вибрационное воздействие	принудительное снижение скорости до 12 км/ч	принудительное снижение скорости до 7 км/ч	полная остановка

В результате выполненных экономических расчетов установлено, что внедрение разработанной информационно-цифровой (интеллектуальной) системы повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя БДД основных элементов УДС в масштабах г. Белгорода потребует порядка 10,5 млн. рублей для оборудования основных элементов УДС исполнительными устройствами позволяющими осуществлять функцию «обнаружения» и выстраивания гибкого модуля связи, по средствам отдельно выделенного канала GPS для реализации функции «воздействия». Относительно не высокие затраты в масштабах городской транспортной системы обоснованы реализацией программы «Развитие ИТС» в рамках субсидии Федерального дорожного агентства Росавтодор при Министерстве транспорта Российской Федерации.

Экономический эффект от внедрения системы заключается в снижении социальной напряженности за счет минимизации тяжести последствий от ДТП с участием СИМ и поддержания устойчивости городской транспортной системы, основанной на принципе безопасности дорожного движения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании были получены новые технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития транспортной отрасли страны (разработана математическая модель

оценки аварийности элементов УДС города с учетом нового вида транспорта – СИМ; разработана информационно-цифровая (интеллектуальная) система повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя безопасности дорожного движения основных элементов городской улично-дорожной сети) что в целом позволяет повысить безопасность городского дорожного движения за счет снижения социальной напряженности, выраженной в тяжести последствий от ДТП и поддержать устойчивость городской транспортной системы.

Основные результаты и выводы

1. Анализ количества ДТП с участием СИМ позволил определить, что увеличивающийся характер количества происшествий, возможно, описать с помощью временного ряда и последующим математическим анализом, основанным на мультиплекативной модели, состоящей из трех компонент – сезонной, трендовой и случайной. Расчет всех компонент позволил установить вид модели $Q = S_t \cdot e_t \cdot (0,08 - 0,25 \cdot t)$, что позволило произвести расчет количества ДТП с участием СИМ и математически установить, что в случае непринятия научно-обоснованных мероприятий, количество происшествий будет увеличиваться.

2. Анализ городской улично-дорожной сети на примере г. Белгорода позволил разработать план-схему движения СИМ, на основании чего была определена протяженность путей сообщения 289578 км и установить, что СИМ обладают высокими возможностями для движения в городской транспортной системе, ввиду большего количества маршрутов для движения в сравнении с общественным и личным автомобильным транспортом.

3. В результате выполненного эксперимента были получены информационные модели движения СИМ по сценариям пользования – «разовое использование» включающего в себя 12 элементов и описываемое целевой функцией вида $T_{РИ} = \sum_{i=1}^{12} t_n$; «рабочее использование», включающее в себя 9 элементов и описываемое целевой функцией вида $T_{РИ1} = \sum_{i=1}^9 t_n$; «досуговое использование», включающее в себя 9 элементов и описываемое целевой функцией вида $T_{ДИ} = \sum_{i=1}^9 t_n$ основанной на временном факторе. В рамках выполненного эксперимента были установлены временные диапазоны по каждой информационной модели: «разовое пользование» - $T_1 [5,55; 7,58]$; «рабочее использование» - $T_2 [2,05; 4,08]$; «досуговое использование» - $T_3 [2,05; 4,08]$.

4. В результате оценки аварийности элементов УДС города с учетом нового вида транспорта – СИМ была разработана древовидная структура вероятности возникновения события – ДТП на таких элементах УДС города как – тротуар, пешеходная дорожка, пешеходная зона; пешеходные переходы (регулируемые и нерегулируемые); выезд с прилегающей территории; перекресток (нерегулируемый перекресток равнозначных дорог, регулируемый перекресток, нерегулируемый перекресток неравнозначных

дорог) и иные. Выполненный математический расчет, позволил получить уравнения расчета вероятности наступления события на исследуемых элементах УДС города оцениваемые величиной достоверности R^2 от 0,65 до 0,92 и разработать математическую модель оценки аварийности элементов УДС города с учетом нового вида транспорта – СИМ.

5. В результате выполненных математических расчетов была получена математическая модель оценки аварийности элементов УДС города с учетом нового вида транспорта – СИМ, что стало основой для разработки информационно-цифровой (интеллектуальной) системы повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя безопасности дорожного движения основных элементов городской улично-дорожной сети.

6. В результате выполненных экономических расчетов и определения интегрального экономического эффекта установлено, что внедрение разработанной информационно-цифровой (интеллектуальной) системы повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах, на основе показателя БДД основных элементов УДС в масштабах г. Белгорода потребует порядка 10,5 млн рублей.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволяют сформулировать перспективы дальнейшей разработки темы, которая заключается в применении полученных информационных и математических моделей и информационно-цифровой (интеллектуальной) системы повышения эффективности организации дорожного движения для СИМ в городских транспортных системах в крупных и крупнейших городах с целью поддержания устойчивости городской транспортной системы, основанной на принципе безопасности дорожного движения.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертации (ВАК)

1. Юнг, А.А. Результат оценки характеристик транспортного потока с учетом движения средств индивидуальной мобильности с помощью моделирования участка дорожного движения / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2022 – Т.19 № 5 (87). – С. 716-726.

2. Юнг, А.А. Оценка влияния СИМ на показатели транспортного потока при совместном движении / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2023 - № 1-2 (80). – С. 43-49.

3. Юнг, А.А. Концепция использования средств индивидуальной мобильности как экологичного вида транспорта / А.Г. Шевцова, В.В.

Васильева, А.А. Юнг // Мир транспорта и технологических машин. – 2023 - № 4-1 (83). – С. 115-120.

4. Юнг, А.А. Прогнозирование количества дорожно-транспортных происшествий с участием средств индивидуальной мобильности на примере Краснодарского края / А. Г. Шевцова, С. Е. Савотченко, А. А. Юнг // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 4. – С. 594-604.

5. Юнг, А. А. Разработка методики оценки эффективности использования средств индивидуальной мобильности в городских условиях / А. А. Юнг, А. Г. Шевцова // Воронежский научно-технический Вестник. – 2024. – Т. 3, № 3(49). – С. 87-94.

6. Юнг А.А. Разработка математической модели прогнозирования количества дорожно-транспортных происшествий с участием средств индивидуальной мобильности / А.А. Юнг // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2025. – Т. 22, № 1. – С. 112-122.

Публикации в изданиях, включённых в международную базу цитирования Scopus / WoS

7. Yung, A. Mathematical Description of the influence of SIM on the movement of TP in the Area of a Controlled intersection / A.A. Jung, A. G. Shevtsova // 5 th international Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA-2023) Lipetsk, Russia, 2023. C. 30-32.

8. Yung, A. Positive and negative aspects of using personal mobility devices on the road network / A. Yung, A. Shevtsova, Ch. Buchkova // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 549. – P. 08006.

9. Yung, A. Evaluation of the effectiveness of the use of intellectual systems of individual mobility devices in the urban transport system Novikov A.I., Shevtsova A.G., Jung A.A. E3S Web of Conferences. 2024. T. 583. C. 08021.

Объекты интеллектуальной собственности

10. Программа для обнаружения легковых автомобилей: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024613437/ А.А. Юнг, А. Г. Шевцова. - №: 2024611871: заявл. 02.02.2024: опубл. 13.02.2024.

11. Программа для обнаружения пассажирского транспорта: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024614447/ А.А. Юнг, А. Г. Шевцова. - №: 2024611882: заявл. 02.02.2024: опубл. 26.02.2024.

12. Программа для обнаружения грузового транспорта: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024614150/ А.А. Юнг, А. Г. Шевцова. - №: 2024611861: заявл. 02.02.2024: опубл. 20.02.2024.

13. Программа для обнаружения средств индивидуальной мобильности: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №

2023687656 А.А. Юнг, А. Г. Шевцова. - №: 2023687101: заявл. 08.12.2023: опубл. 18.12.2023.

Публикации в прочих изданиях, индексируемых в РИНЦ

14. Юнг, А.А. Оценка динамики достижения показателей стратегии безопасности дорожного движения / А.А. Юнг, И.А. Новиков, А.Г. Шевцова // В сборнике: Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах. Ответственный редактор А.В. Медведев.- 2020 - С. 332-335.
15. Юнг, А.А. Моделирование процесса движения средств индивидуальной мобильности в городской среде / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2022. - № 1 (31).
16. Юнг, А.А. Оценка аварийности средств индивидуальной мобильности в различных условиях движения / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова // Современная наука. – 2021 - №2. – С. 31-36.
17. Юнг, А.А. Анализ рынка распространенных моделей средств индивидуальной мобильности / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова, Е.А. Новописный // В сборнике: Организация и безопасность дорожного движения. материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Тюмень: - 2021 - С. 84-88.
18. Юнг, А.А. Разработка подхода к управлению транспортных потоков в зоне автоматизированного перекрестка / А.И. Галюзин, А.А. Юнг // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Материалы конференции. – Белгород: - 2021 - С. 1945-1950.
19. Юнг, А.А. К вопросу о безопасности движения средств индивидуальной мобильности / А.А. Юнг // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Материалы конференции. – Белгород: - 2021 - С. 2411-2417.
20. Юнг, А.А. Средства индивидуальной мобильности. основные проблемы и пути решения / А.А. Юнг // В сборнике: Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. – Белгород: - 2021 - С. 1291-1294.
21. Юнг, А.А. Теоретическое представление моделей для анализа движения СИМ в городской среде / А.А. Юнг, А.И. Галюзин, А.Г. Шевцова // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2021). Сборник статей XIII Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Е.В. Агеев. – Курск: - 2021 - С. 350-354.
22. Юнг, А.А. Оценка аварийности с участием средств индивидуальной мобильности с учетом сезонности / А.Г. Шевцова А.А. Юнг // В сборнике: Наукоменные технологии и инновации (XXIV научные чтения). Сборник

докладов Международной научно-практической конференции. – Белгород: - 2021 - С. 238-241.

23. Юнг, А.А. Информационная модель движения средств индивидуальной мобильности в городской среде / А.А. Юнг // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук. Сборник докладов Национальной конференции с международным участием. – Белгород: - 2022 - С. 434-438.

24. Юнг, А.А. Анализ аварийности с участием средств индивидуальной мобильности / А.А. Юнг, И.С. Мурзина, А.Г. Шевцова // В сборнике: Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств. Сборник научных трудов по материалам XVI Международной научно-технической конференции. – Саратов: - 2021 - С. 23-28.

25. Юнг, А.А. Обзор основных индивидуальных средств передвижения в городской среде / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова, Н.В. Голубенко // В сборнике: Наука и образование: Актуальные вопросы теории и практики. Материалы Международной научно-методической конференции. Оренбургский институт путей сообщения. – Оренбург: - 2021 - С. 195-200.

26. Юнг, А.А. Повышение БДД СИМ в крупных городах с помощью моделирования участка дорожного движения / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова // В сборнике: Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции: в 2 томах. – Тюмень: - 2022 - С. 166-172.

27. Юнг, А.А. Перспективные направления повышения БДД средств индивидуальной мобильности в крупных городах / А.А. Юнг, В.А. Высоцкий, А.Г. Шевцова // В сборнике: Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств. Сборник научных трудов по материалам XVII Международной научно-технической конференции. – Саратов: - 2022 - С. 137-142.

28. Юнг, А.А. Транспортный поток в условия моделирования движения средств индивидуальной мобильности / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова // В сборнике: Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2023. Материалы IX Международной научно-практической конференции (заочно-дистанционная) в рамках 9-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие». – Горловка: - 2023 - С. 328-332.

29. Юнг, А.А. Конфликтные зоны в условиях движения средств индивидуальной мобильности на улично-дорожной сети / А.А. Юнг, А.Г. Шевцова // В сборнике: Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2023. Материалы IX Международной научно-

практической конференции (заочно-дистанционная) в рамках 9-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие». Горловка: - 2023 - С. 333-337.

30. Юнг, А.А. Математическое описание влияния СИМ на движение ТП в зоне регулируемого перекрестка / А.А. Юнг, А.А. Долиненко // В сборнике: Образование. Наука. Производство. Сборник докладов XV Международного молодежного форума. – Белгород: - 2023 - С. 139-144.

31. Юнг, А.А. Основные направления, способствующие эффективному передвижению СИМ в городской среде / А.А. Юнг, А.В. Куликов, А.Г. Шевцова // В сборнике: Наукомкие технологии и инновации (XXV научные чтения). Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – Белгород: - 2023 - С. 1126-1130.

32. Юнг, А.А. Виды дорожно-транспортных происшествий с участием средств индивидуальной мобильности / А.Г. Шевцова, А.А. Юнг, Д.С. Сбоева // В сборнике: Перспективы развития транспортного комплекса. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. - Минск: - 2023 - С. 111-112.