

На правах рукописи



ЛОКТИОНОВА АЛИНА ГЕННАДЬЕВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОФОРНОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Орел – 2023

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, доцент,
заведующий кафедрой транспортных систем
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный архитектурно-
строительный университет»

Кулев Андрей Владимирович
кандидат технических наук, доцент кафедры
сервиса и ремонта машин ФГБОУ ВО
«Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева»

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования **«Донской государственный
технический университет»**

Защита состоится «28» февраля 2024г. в 11:00 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
«ОГУ им. И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и в фундаментальной библиотеке
по адресу: 302028, г. Орел, пл. Каменская, д. 1.

Автореферат разослан «__» _____ 202_г. Объявление о защите
диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на
официальном сайте ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и
на официальном сайте Министерства науки и высшего образования Российской
Федерации (www.vak.minobrnauki.gov.ru).

*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 исследования. Существующие сегодня условия для развития транспортной инфраструктуры городов, и высокие экономические показатели многих регионов, обуславливают изменение численности транспортных средств. Статистические показатели численности автотранспортных средств в Российской Федерации подтверждают преобладание легковых автомобилей в потоках в преимущественном значении – 80–90% от общего числа. Стоит отметить, что за последние десятилетия значительно изменились технические параметры легковых автомобилей в том числе и динамические. Данное изменение, в первую очередь улучшение динамических показателей, оказывает влияние на процесс движения транспортных потоков, что требует обязательного учета при организации дорожного движения, в частности, при использовании систем светофорного регулирования и определении параметров их работы.

В соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, внедрению новых технологий комплексного управления транспортной системой, отводится особое внимание. Такими технологиями являются применение систем светофорного регулирования и разработка различных программно-аппаратных комплексов, с возможностью интеграции в адаптивные системы управления, что приводит к повышению нормативных требований, особенно при анализе первичных данных, в том числе и состава транспортного потока.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью развития методов расчета управляющих параметров при использовании систем светофорного регулирования с учетом изменения динамических показателей автотранспортных средств.

Степень разработанности темы. Наибольший вклад в теорию транспортных потоков, методов организации дорожного движения, обеспечения безопасности дорожного движения и управления транспортными потоками внесли такие отечественные и зарубежные ученые как Л.Л. Афанасьев, В.Ф. Бабков, В.Н. Басков, В.Е. Веревкин, В.М. Власов, Ю.А. Врубель, С.В. Дорохин, С.А. Евтюков, С.С. Евтюков, 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, В. Хаддор, К. Джетто и др.

Анализ многих известных научных и практических работ, результатов теоретико-прикладных исследований в области организации дорожного движения, позволил определить недостаточную степень разработки в сфере управления движением транспортных потоков в городских транспортных системах. Развитие практико-ориентированных подходов к повышению эффективности процесса управления городскими транспортными потоками с учетом использования динамических показателей легковых автомобилей при расчете эффективных управляющих параметров требует проведения научных исследований.

Цель исследования – снижение времени задержки автотранспортных средств при проезде перекрестков посредством корректировки светофорного регулирования с учетом динамических показателей автомобилей.

Для достижения цели исследования, **определены основные задачи:**

1. Выполнить анализ теоретических и научно-практических подходов к применению основных направлений и методов повышения эффективности организации дорожного движения с учетом использования первичных данных – технических параметров легковых автомобилей.

2. Исследовать основные характеристики городского транспортного потока с определением разнородности состава легковых автомобилей и установить динамические параметры определенных моделей легковых автомобилей, входящих в состав городского транспортного потока.

3. Разработать математическую модель определения параметров калиброванного автомобиля и автоматизировать процесс расчета данных параметров путем разработки программно-аппаратного комплекса.

4. Теоретически обосновать связь между параметрами калиброванного автомобиля и пропускной способностью управляемых участков в городской улично-дорожной сети и усовершенствовать алгоритм расчета управляющих параметров.

5. Осуществить оценку эффективности разработанных математических моделей, алгоритма расчета управляющих параметров, программно-аппаратного комплекса с помощью определения эколого-экономических показателей.

Объект исследования – состав городского транспортного потока на регулируемых перекрестках.

Предмет исследования – динамические показатели легковых автомобилей в городском транспортном потоке при расчете параметров управления светофорного регулирования.

Научная новизна исследования:

1. Введено понятие «калиброванный автомобиль» как условной транспортной единицы, имеющей усредненные показатели технических и динамических параметров транспортных средств, преобладающей в транспортных потоках. Применение данного показателя позволяет расширить ранее используемое понятие расчетного автомобиля в плане динамических параметров, применительно к процессу управления городскими транспортными потоками при использовании светофорного регулирования.

2. Разработана математическая модель определения динамических параметров калиброванного автомобиля, на основании данных о существующем составе легковых автомобилей в городском транспортном потоке.

3. Разработана математическая модель определения пропускной способности регулируемого участка улично-дорожной сети с использованием динамических параметров калиброванного автомобиля.

Положения, выносимые на защиту:

1. Структурная схема основных направлений и методов повышения эффективности организации дорожного движения с учетом использования первичных данных – технических параметров легковых автомобилей.

2. Результаты исследования характеристик городского транспортного потока и разнородности состава легковых автомобилей, обобщенные результаты расчета динамических параметров, характеризующие «калиброванный автомобиль».

3. Математическая модель определения параметров калиброванного автомобиля, как условной транспортной единицы, имеющей усредненные показатели динамических параметров транспортных средств, преобладающей в транспортных потоках.

4. Программно-аппаратный комплекс, позволяющий автоматизировать процесс расчета параметров калиброванного автомобиля.

5. Математическая модель определения пропускной способности регулируемого участка с учетом динамических параметров калиброванного автомобиля и усовершенствованный на ее основе алгоритм расчета параметров управления городским транспортным потоком.

6. Результаты оценки эффективности предложенных математических моделей, усовершенствованного алгоритма расчета управляющих параметров, программно-аппаратного комплекса с помощью эколого-экономических показателей.

Теоретическая значимость работы состоит во введении понятия «калиброванный автомобиль», как условной транспортной единицы, имеющей усредненные показатели технических и динамических параметров транспортных средств, преобладающей в транспортных потоках; разработке математической модели определения параметров калиброванного автомобиля; разработке математической модели определения пропускной способности регулируемого участка с учетом динамических параметров калиброванного автомобиля и усовершенствованного на ее основе алгоритма расчета параметров управления городским транспортным потоком.

Практическая значимость работы заключается в разработке программно-аппаратного комплекса и применении результатов исследования органами исполнительной власти и федеральными структурами на уровне субъекта, что подтверждено актами внедрения, выданными: муниципальным бюджетным учреждением «Управление Белгородблагоустройство» (МБУ «УБГБ»), Министерством автомобильных дорог и транспорта Белгородской области (МИНТРАНС Белгородской области), ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».

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. Евтюков, С.С. Евтюков, 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 математических методов расчета управляющих параметров систем светофорного регулирования и апробации на улично-дорожной сети г. Белгород публикациями автора 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 исследований доложены, обсуждены и одобрены на конференциях и форумах: «Образование. Наука. Производство» (Белгород, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023); «Организация и безопасность движения» (Тюмень, 2018, 2019); «Транспортные и транспортно-технологические системы» (Тюмень, 2022); «Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ)» (Курск, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023); «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (Санкт-Петербург, 2022); Ежегодная научная сессия аспирантов и молодых ученых (Вологда, 2020); «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации» (Омск, 2021); «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орёл, 2020, 2021, 2022, 2023); «Information Technologies and Management of Transport Systems» (ITMITS 2021) (Орёл, 2021); «Молодежь и транспорт. Настоящее и будущее» (Орёл, 2022); 2022 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH) (Вена (Австрия), 2022); «Актуальные проблемы развития транспортно-промышленного комплекса: инфраструктурный, управленческий и образовательный аспекты» (Донецк, 2022); «Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования» (Орёл, 2023).

Результаты исследований использованы при реализации следующих научно-исследовательских работ и хозяйственных работ НИР: 2021.04.02 «Разработка планов координации светофорного регулирования путем методики расчета параметров цикла светофора на основании качественной оценки

транспортного потока», выполняемой при поддержке Правительства Белгородской области; МК-4803.2022.4 «Прецизионное управление движением транспортных потоков посредством технических средств организации дорожного движения на территории Арктической зоны Российской Федерации», выполняемой при поддержке совета по грантам Президента Российской Федерации.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 26 статьях, в том числе 9 – в ведущих изданиях, из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 4 – в изданиях, включенных в зарубежную аналитическую базу данных SCOPUS/ Web of Science, получено 6 свидетельств 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 126 наименований и 5 приложений. Текст диссертации изложен на 148 страницах машинописного текста и включает 31 таблицу и 42 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Проблемы функционирования городских транспортных систем» выполнен анализ основных направлений транспортной системы Российской Федерации, в результате которого разработана структурная схема основных направлений и методов повышения эффективности организации дорожного движения (рис. 1). Установлено, что функционирование городских транспортных систем осуществляется при комплексной реализации таких направлений как планирование, организация, контроль и управление. В рамках каждого направления установлены основные методы повышения эффективности организации дорожного движения, определено что многие из них подразумевают использование первичных данных – исходных данных, определяемых на этапе управления транспортной системой и взаимосвязанных с основными направлениями и методами разработанной структурной схемы (зеленые блоки на рис. 1). В частности, первичные данные используются при определении параметров систем светофорного регулирования, которые основываются на технических показателях расчетного автомобиля. Следует отметить, что за последние десятилетия значительно изменились технические показатели легковых автомобилей, в первую очередь динамические. Улучшение динамических показателей, например динамики разгона и динамики торможения, безусловно оказывает влияние на процесс движения транспортных потоков в городских транспортных системах, что требует обязательного контроля и учета.

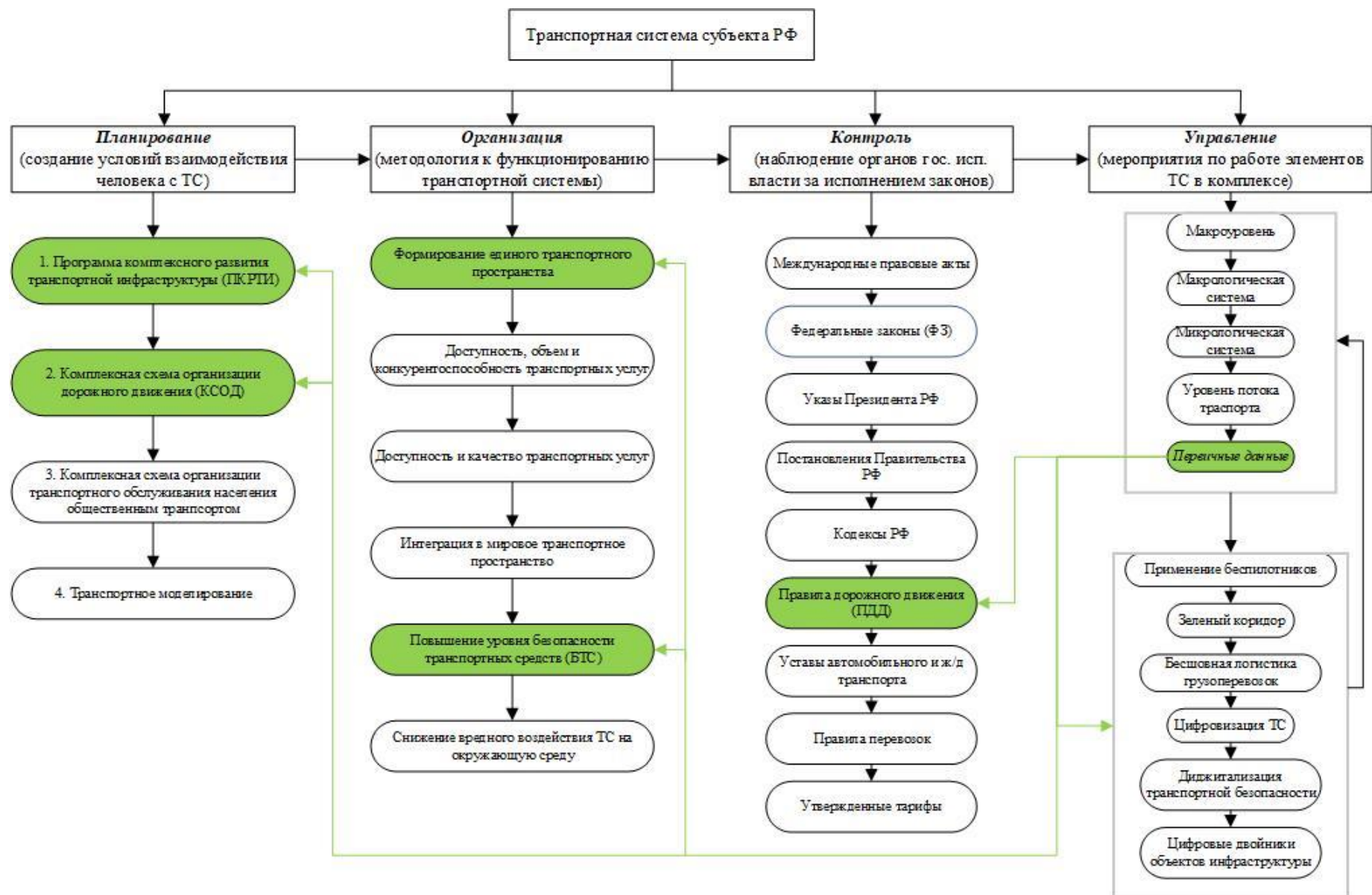


Рисунок 1 – Структурная схема основных направлений и методов повышения эффективности организации дорожного движения

Во второй главе «Исследование характеристик транспортных потоков» выполнено исследование основных въездных направлений г. Белгорода (рис. 2), в результате которого определены основные характеристики транспортного потока – интенсивность и состав, выполнена оценка разнородности легковых автомобилей.

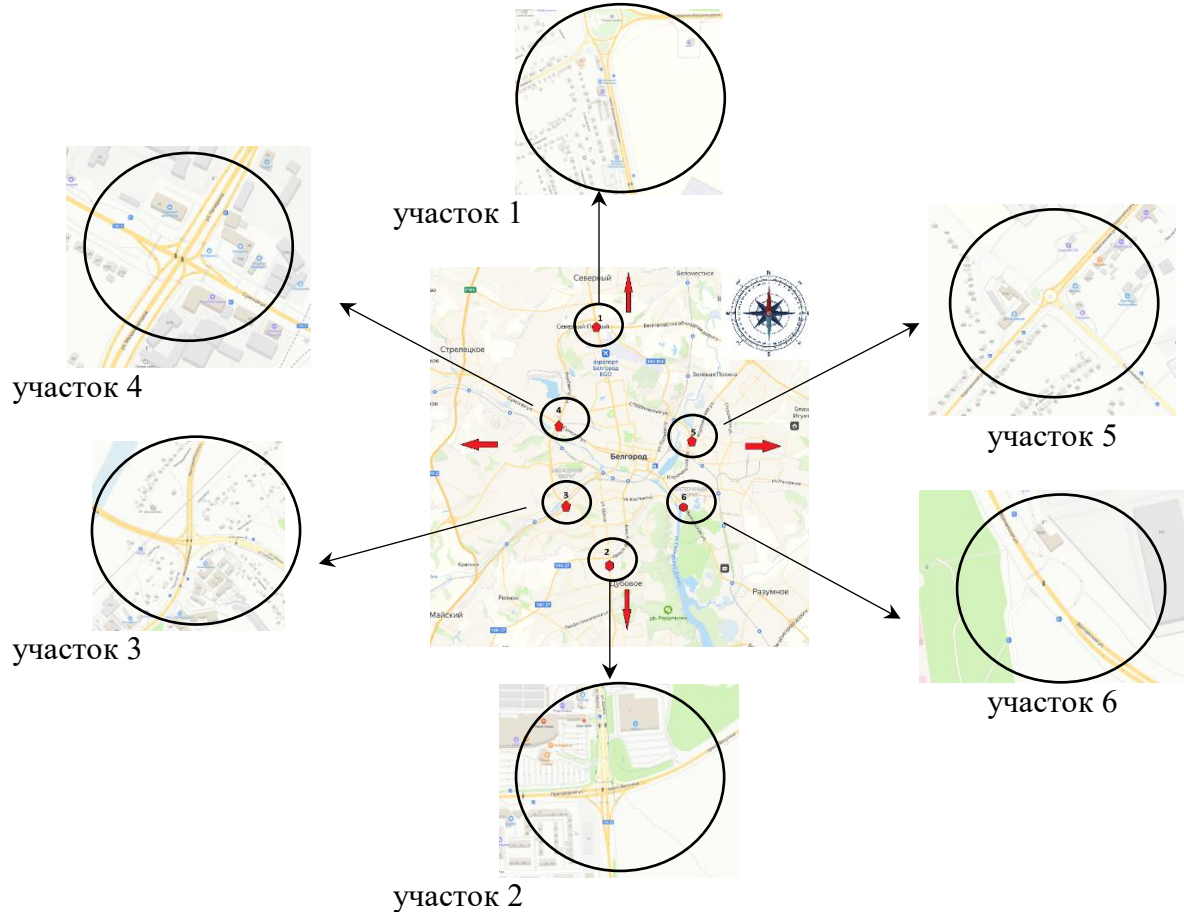


Рисунок 2 – Обозначение исследуемых въездных участков в г. Белгород где участок 1 – прямой участок пр. Б-Хмельницкого – Белгородская объездная дорога; участок 2 – регулируемое X-образное пересечение пр. Ватутина – ул. Щорса; участок 3 – регулируемое X-образное пересечение ул. Магистральная - ул. Красноармейская; участок 4 – регулируемое X-образное пересечение ул. Сумская - ул. Чичерина; участок 5 – кольцевое пересечение ул. Корочанская – ул. Сторожевая; участок 6 – прямой участок ул. Волчанская

Продолжительный мониторинг въездного транспортного потока позволил установить его неравномерность по часам суток (рис. 3) и месяцам что позволило определить годовой коэффициент неравномерности $K_{н\ год} = 0,31$ (табл. 1).

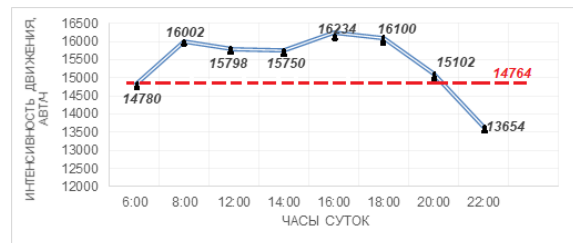


Рисунок 3 – Результаты исследования неравномерности

Таблица 1 – Коэффициенты неравномерности транспортного потока по результату мониторинга въездных транспортных потоков в г. Белгород

Год	$K_{н\сут}$	$K_{н\ год}$	$K_{н\кв}$			
			$K_{н1}$ (I квартал)	$K_{н2}$ (II квартал)	$K_{н3}$ (III квартал)	$K_{н4}$ (IV квартал)
2022	0,25	0,31	0,29	0,31	0,32	0,31

Средняя интенсивность транспортного потока, въезжающего в город, составила около 15 000 авт./ч (рис. 3), анализ состава транспортного потока показал, что более 90 % составляют легковые автотранспортные средства различных марок (рис. 4). Оценка разнородности состава легковых автомобилей для Белгородской области, позволила установить, что наиболее часто встречающиеся в городском транспортном потоке, являются: Lada Granta (18,15%), Kia Rio (17,59 %), Renault Logan (16,45 %), Lada Vesta (10,84 %), Toyota Camry (10,26 %), Haval Jolion (4,49%), УАЗ Patriot (4,08%), Hyundai Creta (2,94%), Gelly Emgrand (2,67%), Mazda CX-5 (2,53%), другие 10%.

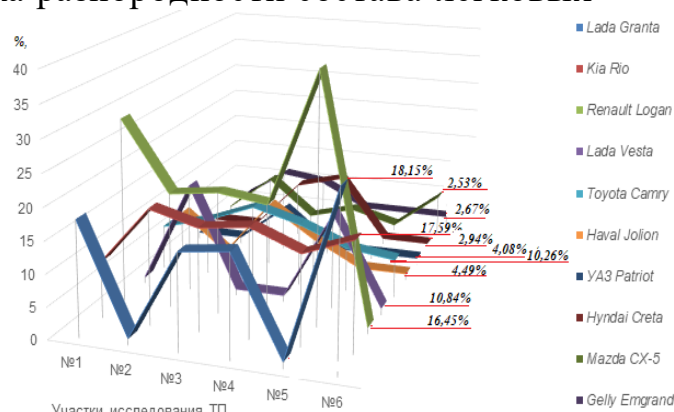


Рисунок 4 – Результаты исследования разнородности состава легковых автомобилей в транспортных потоках Белгородской области

Полученные результаты в ходе исследования разнородности состава легковых автомобилей (рис. 4), с использованием технических справочников и паспортов транспортных средств, позволили установить основные технические характеристики определенных моделей легковых автомобилей что позволило выполнить расчет динамических показателей.

В соответствии с разработанным алгоритмом расчета динамических показателей автотранспортных средств (рис. 5), и использованием формул (1) – (6), были определены динамические показатели для определенных моделей легковых автомобилей (рис. 4), в частности выполнено:

- определение мощности (P_e):

$$P_e = P_{\max} \cdot \left(\frac{n}{n_p} \cdot a + b \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{n}{n_p} \right)^3 \right), \quad (1)$$

где P_{\max} - максимальная мощность двигателя, Вт; n_p - частота вращения коленчатого вала двигателя, соответствующая максимальной мощности двигателя, об/мин; n - частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин; a, b, c – коэффициенты, зависящие от типа и конструкции двигателя, определяемые расчетным путем.

- определение крутящего момента (M_e):

$$M_e = \frac{30 \cdot P_e}{\pi \cdot n}, \quad (2)$$

где P_e - эффективная мощность двигателя, Вт; n - частота вращения, соответствующая максимальному крутящему моменту двигателя, об/мин.

- определение силы тяги (F_T):

$$F_T = \frac{M_T}{r} = \frac{M_e \cdot i_{TP} \cdot \eta}{r}, \quad (3)$$

где M_e - крутящий момент, кН·м; r – радиус колеса исследуемого ТС, м; i_{TP} – передаточное число трансмиссии; η – коэффициент полезного действия трансмиссии.

- определение скорости (v_a):

$$v_a = \frac{3,6 \cdot \pi \cdot n \cdot r}{30 \cdot i_{TP}} = 0,377 \cdot \frac{n \cdot r}{i_{TP}}, \quad (4)$$

где n - частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин; r - радиус колеса исследуемого ТС, м; $i_{тр}$ - передаточное число трансмиссии.

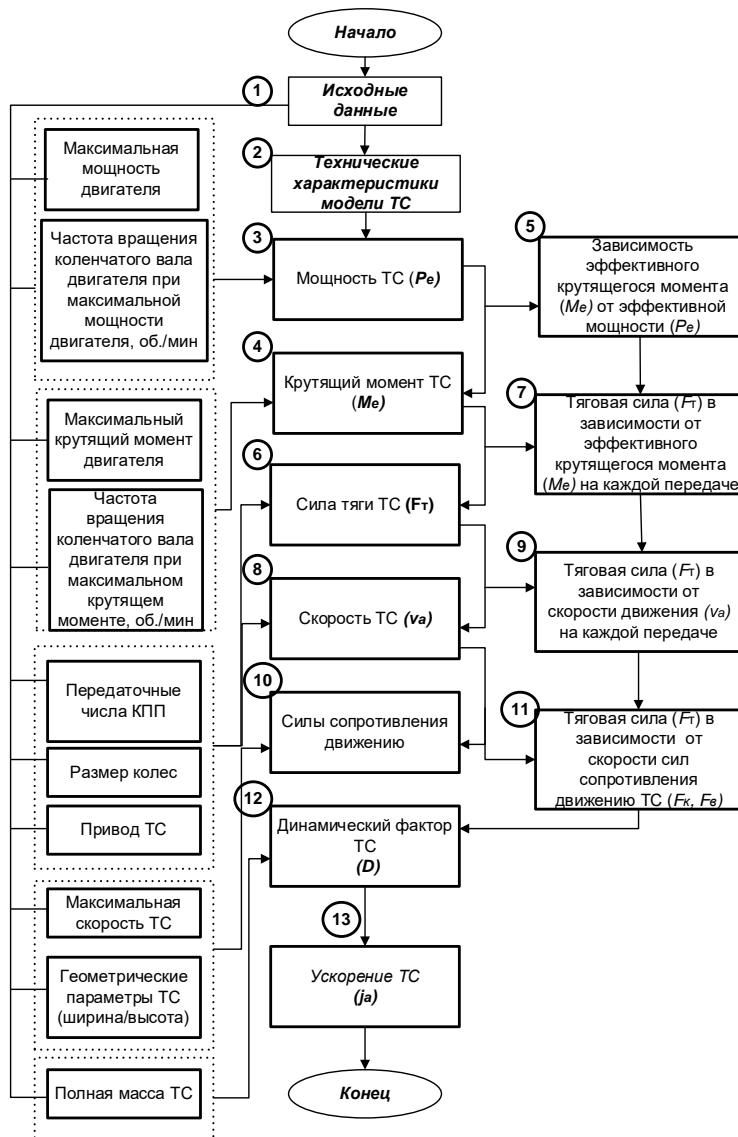


Рисунок 5 – Алгоритм расчета динамических показателей автотранспортных средств

Расчет динамических показателей для определенных моделей легковых автомобилей позволил установить разницу между минимальным и максимальным значением ускорения $1,62 \text{ м/с}^2$, что оказывает влияние на процесс движения в городском транспортном потоке и требует постоянного учета и контроля. На основании полученных данных в пользование введено понятие «калиброванный автомобиль» как условной транспортной единицы, имеющей усредненные показатели технических и динамических параметров транспортных средств, преобладающей в транспортных потоках. Использование данного показателя позволяет расширить ранее используемый показатель расчетного автомобиля в плане динамических параметров, применительно к процессу управления городскими транспортными потоками при использовании светофорного регулирования.

- определение динамического фактора (D):

$$D = \frac{F_{св}}{m \cdot g}, \quad (5)$$

где $F_{св}$ – свободная тяговая сила, Н; где m – масса автомобиля, кг; g – ускорение свободного падения м/с^2 .

- определение ускорения (j_a):

$$j_a = \frac{D - \psi}{\delta_{вр}} \cdot g, \quad (6)$$

где D – динамический фактор; $\delta_{вр}$ – коэффициент учёта масс вращающихся масс (принимается равным 1,05), ψ – коэффициент сопротивления дороги; g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

В результате выполненного расчета были получены значения средней величины ускорения (рис. 6) для I, II, III и IV передачи, что обусловлено определенным ограничением скоростного режима в городах в соответствии с определенным объектом исследования.

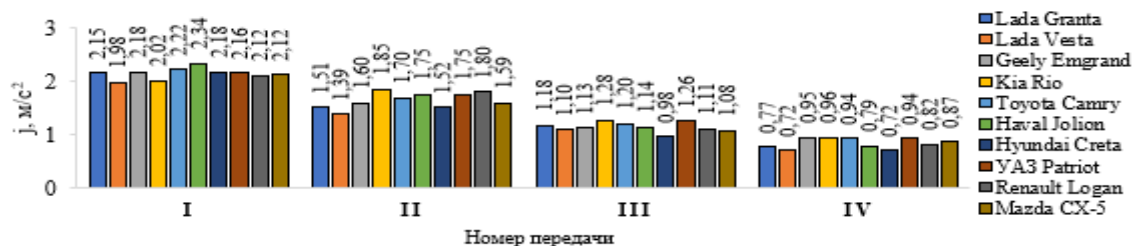


Рисунок 6 – Результаты расчета динамических показателей для определенных моделей легковых автомобилей

Для расчета динамического показателя калиброванного автомобиля предложено использовать формулы (7) и (8):

$$j_{am} = \begin{cases} \bar{j}_{ai_1} = \frac{j_{a1} + \dots + j_{an}}{n} \\ \bar{j}_{ai_2} = \frac{j_{a1} + \dots + j_{an}}{n} \\ \dots \\ \bar{j}_{ai_4} = \frac{j_{a1} + \dots + j_{an}}{n} \end{cases} \quad (7)$$

$$\Sigma j_{am} = \begin{cases} \bar{j}_{ai_1} = \frac{j_{a1} + \dots + j_{an}}{n} \\ \bar{j}_{ai_2} = \frac{j_{a1} + \dots + j_{an}}{n} \\ \dots \\ \bar{j}_{ai_4} = \frac{j_{a1} + \dots + j_{an}}{n} \end{cases} \quad (8)$$

$$j_{ак} = \frac{\Sigma j_{am}}{n} = \frac{\dots}{n}$$

где m – марка ТС; n – множество значений; i_1-i_4 – передаточное число КПП, 1-4 номер передачи; $j_{a1}-j_{an}$ – ускорение ТС в зависимости от передаточного числа КПП, м/с² ($v_a \leq 60$ км/ч); j_{am} – среднее ускорение для определенной марки ТС, м/с²; $\bar{j}_{ai_1} - \bar{j}_{ai_4}$ – среднее ускорение ТС в зависимости от передаточного числа КПП, м/с²; среднее ускорение в зависимости от передаточного числа КПП, м/с².

Используя формулы (7) и (8), с учетом полученных в результате исследований данных о разнородности состава легковых автомобилей, установленных технических характеристик и определенных динамических показателей согласно алгоритму расчета (рис. 5) был рассчитан динамический показатель калиброванного автомобиля, применительно к обследуемой территории административного центра г. Белгорода составивший 1,45 (табл. 2).

Таблица 2 – Динамический показатель калиброванного автомобиля

Наименование ТС	Ускорение на передаче (j_{ai})				Общее ускорение ($j_{ак}$)
	I	II	III	IV	
Калиброванный автомобиль	2,15	1,65	1,15	0,85	1,45

Графически разница между полученными параметрами расчетного и калиброванного автомобилями представлена на рисунке 7.

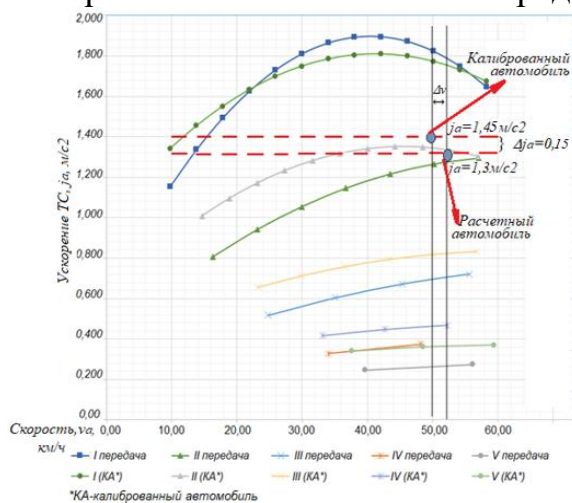


Рисунок 7 – Графическое изображение динамического показателя калиброванного и расчетного автомобиля

В ходе сравнительного анализа установлена разница основного динамического параметра в 11,5%, что подтверждает наличие изменений в динамике движения легковых автотранспортных средств, составляющих транспортный поток. В совокупности графическое изображение динамического показателя калиброванного автомобиля (рис. 7), результатов вычислений (табл. 1) и формулы расчета (7) – (8) представляют математическую модель исследования.

В результате выполненных вычислений, процесс определения параметров калиброванного автомобиля был автоматизирован путем разработки программно-аппаратного комплекса (рис. 8), включающего:

- разработку и патентование алгоритма расчета тяговой силы транспортных средств (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366370);
- разработку и патентование алгоритма расчета тягового баланса транспортных средств в условиях городского движения (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366371);
- разработку и патентование алгоритма расчета динамического фактора транспортных средств (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366372);
- разработку и патентование алгоритма расчета мощности и крутящего момента двигателя внутреннего сгорания (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366373);

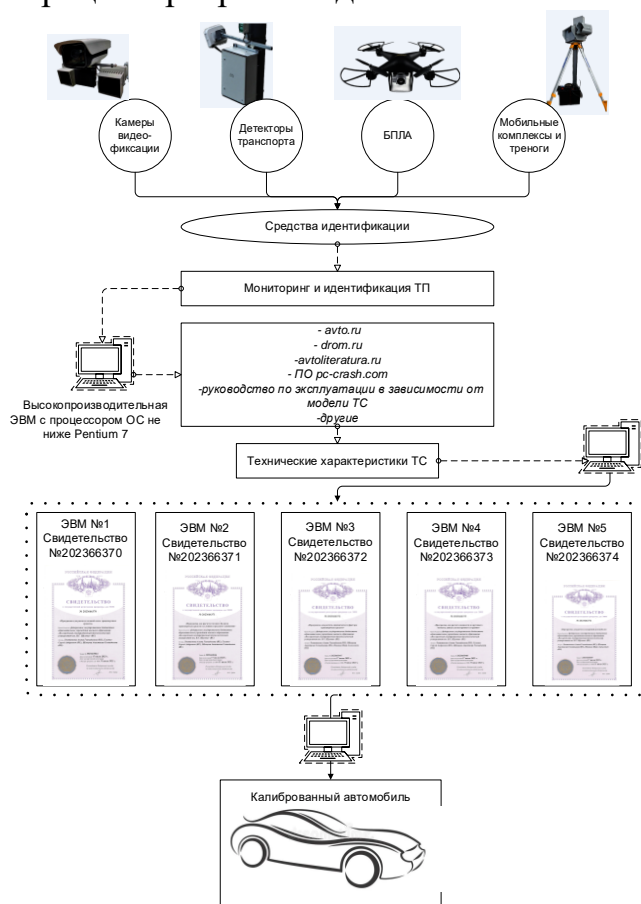


Рисунок 8 – Структурная схема работы программно-аппаратного комплекса

В третьей главе «Экспериментальные исследования и разработка научно-практического подхода к учету динамических показателей легковых автомобилей» на основании полученных результатов и выполненных экспериментальных исследований была разработана математическая модель определения пропускной способности регулируемого участка с использованием динамических параметров калиброванного

- разработку и патентование алгоритма расчета ускорений автомобиля (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366374).

Полученная разница в динамических показателях, свидетельствует об изменении процесса движения, а именно об улучшении динамики движения как самого автомобиля, определенного как «калиброванный автомобиль», так и всего транспортного потока, что требует обязательного учета особенно при использовании светофорного регулирования.

автомобиля на основе которой усовершенствован алгоритм расчета управляющих параметров.

Экспериментальные исследования были выполнены в центральной части г. Белгорода, где основной транспортный поток составляют легковые автомобили (>90%), что характерно для большинства городов Российской Федерации, в виду реализации основных мероприятий, направленных на повышение безопасности дорожного движения, в частности запрета въезда грузовых автомобилей и выделенных полосах движения для общественного транспорта.

Согласно модели расчета пропускной способности регулируемого участка, исследуемая величина связана с временем движения:

$$M_H = \frac{3600}{t_{дв}}, \quad (9)$$

где M_H – пропускная способность регулируемого участка (поток насыщения), ед/ч; $t_{дв}$ – время необходимое автомобилю для проезда стоп-линии, с.

С учетом специфики движения в зоне регулируемого перекрестка $t_{дв}$ определяется как среднее время движения условного автомобиля, необходимое для проезда стоп-линии – $\overline{t_{дв}}$, значение которого составляет 1,95 с:

$$t_{дв} = \overline{t_{дв}} \quad (10)$$

Установленное изменение динамики движения транспортного потока, определенное динамическими параметрами калиброванного автомобиля (рис. 7), принято учесть в модели расчета пропускной способности через величину Δt , рассчитываемую с использованием формулы:

$$t_{ка} = \frac{v_{к(ка)} - v_{н(ка)}}{3.6 \cdot j_{ак}}, \quad (11)$$

где $t_{ка}$ – среднее время движения калиброванного автомобиля, необходимое для проезда стоп-линии, с; $v_{к(ка)}$ – скорость движения калиброванного автомобиля, соответствующая средней скорости движения в ненасыщенном состоянии транспортного потока; $v_{н(ка)}$ – скорость движения калиброванного автомобиля, соответствующая скорости движения в насыщенном состоянии транспортного потока; $j_{ак}$ – величина ускорения, отражающая динамические показатели калиброванного автомобиля, м/с².

В таком случае, модель расчета пропускной способности регулируемого перекрестка с учетом динамических параметров калиброванного автомобиля будет иметь вид:

$$M_{H(ка)} = \frac{3600}{t_{ка}}, \quad (12)$$

где M_H – пропускная способность регулируемого участка (поток насыщения) с учетом динамических параметров калиброванного автомобиля, ед/ч; $t_{ка}$ – среднее время движения калиброванного автомобиля, необходимое для проезда стоп-линии, с.

В результате произведенных расчетов и выполненных экспериментов на регулируемой магистральной улице – пр. Б.Хмельницкого были получены данные по изменению средней скорости движения в ненасыщенном и насыщенном состоянии. Экспериментально установлено, что в ненасыщенном состоянии средняя скорость движения автомобиля в транспортном потоке ≈ 43 км/ч, в насыщенном состоянии средняя скорость составляет ≈ 29 км/ч. С использованием динамических параметров расчетного автомобиля были получены аналогичные данные по скорости движения, что отражено в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение скоростных показателей движения транспортного потока с учетом динамических параметров расчетного и калиброванного автомобиля

Исследуемый условный автомобиль	средняя скорость движения автомобиля в транспортном потоке в ненасыщенном состоянии (v_k , км/ч)	средняя скорость движения автомобиля в транспортном потоке в насыщенном состоянии, (v_n , км/ч)
Расчетный автомобиль	39,49	26,37
Калиброванный автомобиль	42,55	29,56

Установлено, что в результате определения потока насыщения M_n классическим способом, с учетом динамических параметров расчетного автомобиля степень насыщения потока M_n происходит при движении седьмого автомобиля (рис.9), при учете динамических параметров калиброванного автомобиля степень насыщения транспортного потока M_n достигается при движении пятого автомобиля (рис.10).

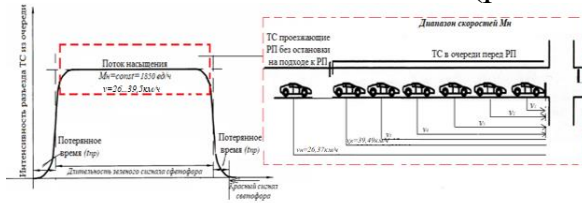


Рисунок 9 – Интерпретация процесса движения с учетом динамических показателей расчетного автомобиля



Рисунок 10 – Интерпретация процесса движения с учетом динамических показателей калиброванного автомобиля

В результате математического моделирования процесса движения в зоне регулируемого перекрестка с учетом параметров расчетного автомобиля и применения модели расчета пропускной способности (9) для движения в прямом направлении было определено значение $t_{дв} = 1,95$ с, соответствующее $M_n = 1850$ ед/ч. Аналогичным образом с учетом параметров калиброванного автомобиля и применения модели расчета пропускной способности (12) для движения в прямом направлении были определены значения: $t_{дв} = 1,74$ с и $M_n = 2069$ ед/ч (рис. 11).

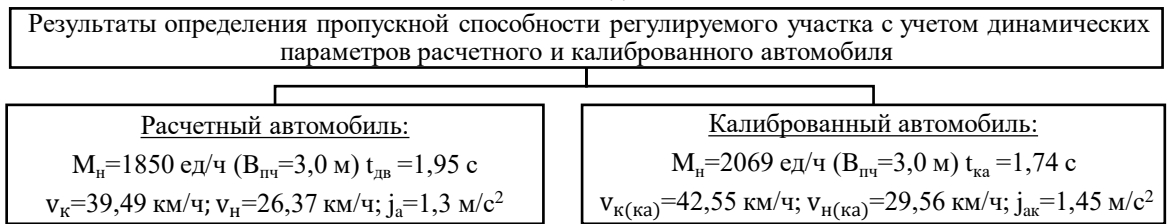


Рисунок 11 – Результаты определения пропускной способности регулируемого участка с учетом динамических параметров расчетного и калиброванного автомобиля

Выполненный сравнительный анализ ранее используемых показателей, позволил установить разницу в значениях пропускной способности в 11,8%, что подтверждает улучшение динамики движения транспортного потока в зоне регулируемого перекрестка. На основании разработанной математической модели определения пропускной способности регулируемого участка с использованием динамических параметров калиброванного автомобиля был усовершенствован алгоритм расчета управляющих параметров городскими транспортными потоками (рис. 12).

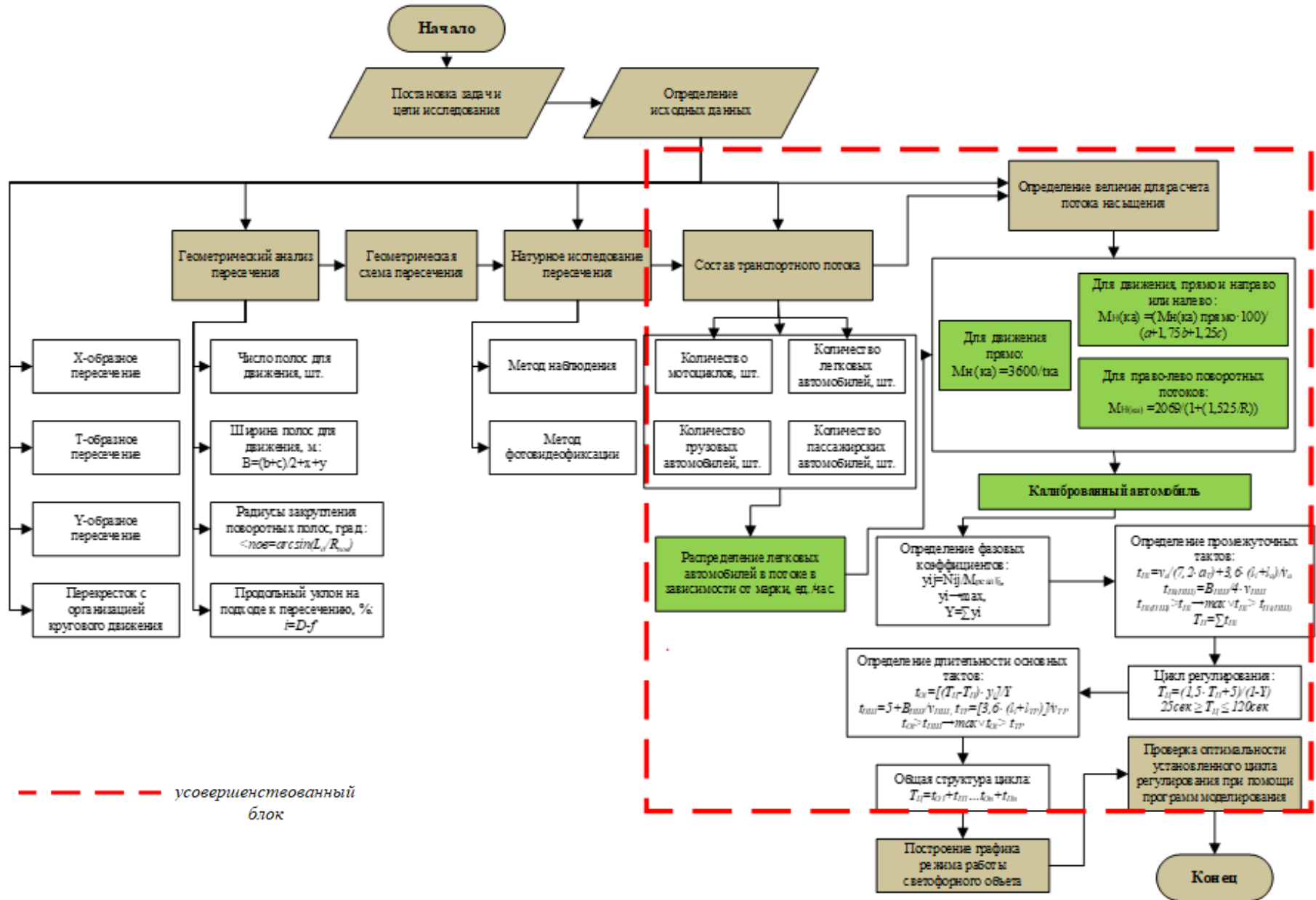
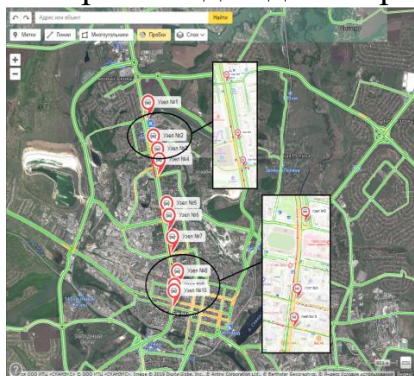
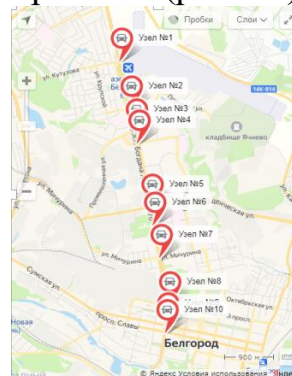


Рисунок 12 – Усовершенствованный алгоритм расчета управляющих параметров городскими транспортными потоками

На основании полученных результатов – определения пропускной способности регулируемого участка с использованием динамических параметров калиброванного автомобиля и усовершенствования алгоритма расчета управляющих параметров городскими транспортными потоками были определены значения технических параметров программ координации светофоров на исследуемой магистральной улице – пр. Б.Хмельницкого, в состав которой входит десять регулируемых перекрёстков (рис. 13).



а) вид пр. Б.Хмельницкого в режиме «спутник» с обозначением перекрестков - узлов



б) вид пр. Б.Хмельницкого в режиме «карты» с обозначением перекрестков - узлов

Рисунок 13 – Изображение исследуемой улицы в г. Белгород – пр. Б.Хмельницкого

В результате расчетов технических параметров программ координации, в частности длительности циклов, была установлена разница с действующими длительностями циклов от 2 с до 18 с (табл.4).

Таблица 4 – Результаты расчета технических параметров программ координации – длительностей циклов регулирования

Номер узла (пересечения)	Узел №1	Узел №2	Узел №3	Узел №4	Узел №5	Узел №6	Узел №7	Узел №8	Узел №9	Узел №10
$T_{ц}$, с	74	84	82	90	110	82	84	90	84	110
$T_{ц(ка)}$, с	92	94	88	104	108	88	94	104	94	108

где $T_{ц}$ – существующая длительность цикла, полученная без учета параметров калиброванного автомобиля, с; $T_{ц(ка)}$ – рассчитанная длительность цикла, с учетом параметров калиброванного автомобиля.

Различие полученных результатов длительностей циклов регулирования в среднем составляет $\approx 11\%$.

В четвертой главе «Экономическая оценка эффективности предлагаемых мероприятий» выполнен экономический анализ результатов предлагаемых мероприятий с помощью расчета эколого-экономических показателей по нескольким показателям: снижение транспортной задержки, экономия топлива транспортными средствами, уменьшение вредных выбросов в атмосферу.

Определение транспортной задержки на исследуемых пересечениях (узел №1-10) выполнено с использованием программного продукта Avenue App 2.0, полученные результаты представлены на рисунке 14.

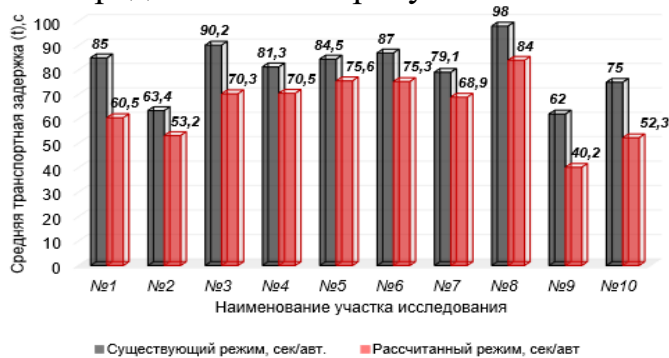


Рисунок 14 – Изменения средней задержки на исследуемых РП

При внедрении полученных режимов работы на исследуемой улице – пр. Б. Хмельницкого было установлено снижение величины задержки в среднем на 7-9% в зависимости от дня недели и времени суток, что подтверждено актом внедрения выданным ЦОДД г. Белгорода МБУ «УБГБ».

С учетом полученных данных по изменению величины задержки была определена годовая экономия топлива с использованием формулы:

$$Q_{\text{год}} = Q \cdot C_{\text{АИ-92}} \cdot K_{\text{нi1...4}} \cdot D \quad (13)$$

где Q - экономия топлива, литр. /час (определена автоматически в Avenue App 2.0); $C_{\text{АИ-92}}$ - стоимость 1л. бензина марки АИ-92, руб; $K_{\text{нi1...4}}$ - коэффициент неравномерности транспортного потока с учетом сезона года (табл. 1); D - количество дней в году.

Установлено, что в результате применения режимов работы светофорного объекта, определенных с использованием динамических параметров калиброванного автомобиля годовая экономия топлива составит 1543 л/год, что в денежном эквиваленте составляет более 8 млн. руб./год.

Уменьшение расхода топлива способствует снижению вредных выбросов в атмосферу канцерогенных веществ в среднем на 11%, что улучшает экологические показатели в городе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании были получены новые технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития транспортной отрасли страны (разработаны математическая модель определения параметров калиброванного автомобиля, математическая модель определения пропускной способности регулируемого участка с учетом динамических параметров калиброванного автомобиля; усовершенствован алгоритм расчета параметров управления городским транспортным потоком, разработан программно-аппаратный комплекс по определению параметров калиброванного автомобиля в автоматическом режиме) позволяющие снизить время задержки автотранспортных средств при проезде регулируемых перекрестков.

Основные научно-практические результаты состоят в следующем:

1. Разработана структурная схема основных направлений и методов повышения эффективности организации дорожного движения с учетом использования первичных данных – технических параметров легковых автомобилей.

2. В результате исследований характеристик городского транспортного потока по основным въездным направлениям была определена интенсивность транспортного потока и ее неравномерность в течении дня, недели и месяцев года. Установлено, что более 90% состава городского транспортного потока составляют легковые автомобили. Оценка разнородности состава легковых автомобилей, позволила установить, что наиболее часто встречающиеся в городском транспортном потоке, являются: Lada Granta (18,15%), Kia Rio (17,59 %), Renault Logan (16,45 %), Lada Vesta (10,84 %), Toyota Camry (10,26 %), NaVal Jolion (4,49%), УАЗ Patriot (4,08%), Hyundai Creta (2,94%), Gelly Emgrand (2,67%), Mazda CX-5 (2,53%), другие 10%. Расчет динамических показателей для определенных моделей легковых автомобилей позволил установить разницу между минимальным и максимальным значением ускорения $1,62 \text{ м/с}^2$, что оказывает влияние на процесс движения в городском транспортном потоке и требует постоянного учета и контроля. На основании полученных данных в пользование введено понятие «калиброванный автомобиль» как условной транспортной единицы, имеющей усредненные показатели технических и динамических параметров транспортных средств, преобладающей в транспортных потоках. Использование данного понятия позволяет расширить ранее используемый показатель расчетного автомобиля в плане динамических параметров, применительно к процессу управления городскими транспортными потоками при использовании светофорного регулирования.

3. Разработана математическая модель определения параметров калиброванного автомобиля, которая позволила установить значение ускорения калиброванного автомобиля $1,45 \text{ м/с}^2$, которое в сравнении с аналогичным значением ускорения для расчетного автомобиля $1,3 \text{ м/с}^2$ отличается на 11,5%, что свидетельствует о наличии определенного изменения в процессе движения городского транспортного потока - улучшении его динамических показателей, что требует контроля и учета при определении параметров управления.

На основе выполненных исследований был разработан программно-аппаратный комплекс, в котором автоматизирован процесс определения параметров калиброванного автомобиля.

4. Теоретически обоснована связь между параметрами калиброванного автомобиля и пропускной способностью управляемых участков в городской улично-дорожной сети. В результате проведения экспериментальных исследований на регулируемых участках г. Белгорода было установлено изменение скорости движения и среднее время движения городского транспортного потока при проезде регулируемых перекрестков которое изменилось с 1,95 с до 1,74 с в результате улучшения динамических

параметров легковых автомобилей, которые при выполнении расчетов характеризуются показателем калиброванного автомобиля.

Полученные результаты позволили разработать математическую модель определения пропускной способности регулируемого участка с использованием динамических параметров калиброванного автомобиля и на ее основе усовершенствовать алгоритм расчета управляющих параметров.

5. Проверка полученных результатов исследования – разработанных математических моделей, усовершенствованного алгоритма расчета управляющих параметров, программно-аппаратного комплекса в масштабах магистральной улицы г. Белгорода, в состав которой входят 10-ть регулируемых перекрестков позволили получить эффективные технические показатели программ координации светофоров, что обосновано изменением эколого-экономических показателей – снижением времени задержки в среднем от 7-9%, экономией топлива в 1543 л/год, что в денежном эквиваленте составляет более 8 млн. руб./год и снижением количества вредных выбросов в атмосферу на 11%, что в значительной мере положительно отразится на экологической обстановке в городе.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные теоретические и экспериментальные результаты позволяют сформулировать перспективы дальнейшей разработки темы, которая заключается в применении полученных математических моделей, усовершенствованного алгоритма расчета параметров управления и программно-аппаратного комплекса на различных уровнях (мезо и макро) городской транспортной системы для повышения эффективности управления транспортными потоками.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

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

1. **Бурлуцкая, А.Г.** Метод адаптации микромоделей участка дорожной сети с использованием директивного управления / А.Г. Бурлуцкая, И.А. Новиков, Ю.В. Фоменко, А.Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2017 -№ 4 (59). – С. 80-88.

2. **Бурлуцкая, А. Г.** Разработка методики адаптации модели регулируемого пересечения / И.А. Новиков, А.Г. Шевцова, А.А. Кравченко, А.Г. Бурлуцкая // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020 – Т. 17 № 6 (76). – С. 726-735.

3. **Бурлуцкая, А. Г.** Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения / А. Г. Шевцова, А. Г. Бурлуцкая, А. А. Юнг // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. – № 1. – С. 126-134.

4. **Локтионова, А. Г.** Оценка методов применения технических и динамических параметров автомобилей в мировой практике / А. Г. Шевцова, А. Г. Локтионова // Воронежский научно-технический Вестник. – 2022. – Т. 2, № 2(40). – С. 74-81.

5. **Локтионова, А. Г.** Оценка технических параметров автомобилей в транспортном потоке / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 4-2(79). – С. 75-80.

6. **Локтионова, А.Г.** Оценка технических параметров автомобилей для анализа экологических показателей / В. В. Васильева, А. Г. Шевцова, Е. А. Новописный, А. Г. Локтионова // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3-1(78). – С. 65-72.

7. **Локтионова, А. Г.** Оценка изменений технических параметров транспортных средств / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова, Е. А. Новописный // Вестник гражданских инженеров. – 2022. – № 3(92). – С. 146-153.

8. **Локтионова, А. Г.** Определение динамического показателя автомобиля в транспортных потоках городской транспортной системы / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 1-2 (80). – С. 37-42.

9. **Локтионова, А.Г.** Исследование разнородности динамических показателей легковых автомобилей для повышения эффективности функционирования городских транспортных систем / Локтионова А.Г., Шевцова А.Г., Копылова Е.В., Щетинин Н.А. // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3-4(82). – С. 47-53.

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

10. **A. Burlutskaya.** Improving the efficiency of the road junction at the city entrance / A. G. Shevtsova, A. G. Burlutskaya, V. V. Vasilieva, K. V. Levshina, E. M. Minaeva // MATEC Web of Conferences (см. в книгах). 2020. Т. 329. С. 2020.

11. **A. Burlutskaya.** Qualitative assessment of the composition of the traffic flow / A. Burlutskaya, A. Shevtsova // MATEC Web of Conferences Volume 341 (2021) The VII International Scientific and Practical Conference “Information Technologies and Management of Transport Systems” (ITMTS 2021) Orel, Russia, May 18 - 19, 2021 M. Kulev and S. Roshchupkin (Eds.).

12. **A. Loktionova.** Calculation of the Parameters of the Calibrated Vehicle to Perform Work on the Organization of Traffic / Published in: 2022 International Conference on Engineering Management of Communication and Technology (EMCTECH) 08.11.2022, Vienna, Austria. DOI: 10.1109/EMCTECH55220.2022.9934033

13. **A. Loktionova.** Application of calibrated vehicle dynamic indicators in city traffic management / A. Loktionova, A. Novikov, A. Shevtsova // E3S Web of Conferences 413, 05010 (2023) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341305010>

Объекты интеллектуальной собственности

14. Программа для расчета потока насыщения: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023613925/ **А.Г. Локтионова, А. Г. Шевцова.** - №: 2023612588: заявл. 09.02.2023: опубл. 21.02.2023.

15. Программа для расчета тяговой силы транспортных средств: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366370/ **А. Г. Локтионова**, С.А. Гузенко, А. Г. Шевцова. - №: 2023665044: заявл. 17.07.2023: опубли. 31.07.2023.

16. Программа для расчета тягового баланса транспортных средств в условиях городского движения: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366371/ **А. Г. Локтионова**, С.А. Гузенко, А. Г. Шевцова. - №: 2023665046: заявл. 17.07.2023: опубли. 31.07.2023.

17. Программа для расчета динамического фактора транспортных средств: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366372/ **А. Г. Локтионова**, А. Г. Шевцова, И.А. Новиков. - №: 2023665047: заявл. 17.07.2023: опубли. 31.07.2023.

18. Программа для расчета мощности и крутящего момента двигателя внутреннего сгорания: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366373/ **А. Г. Локтионова**, С.А. Гузенко, А. Г. Шевцова. - №: 2023665048: заявл. 17.07.2023: опубли. 31.07.2023.

19. Программа для расчета ускорений автомобиля: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 202366374/ **А. Г. Локтионова**, А. Г. Шевцова, И.А. Новиков. - №: 2023665049: заявл. 17.07.2023: опубли. 31.07.2023.

Публикации в прочих изданиях, индексируемых в РИНЦ

20. **Бурлуцкая, А.Г.** Параметры для проверки адекватности моделирования /А.Г. Бурлуцкая, Ю.В. Семикопенко, А.Г. Шевцова // В сборнике: Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта. Материалы Международной очно-заочной научно-технической конференции. – 2017 – С.279-283.

21. **Бурлуцкая, А.Г.** Экономическая оценка внедрения устройства контроля скоростного режима / А.Г. Бурлуцкая, А.Г. Шевцова // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2017). Сборник статей IX Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Е.В. Агеев. – 2017 – С. 43-46.

22. **Бурлуцкая, А. Г.** Разработка метода контроля скоростного режима транспортных средств / А. Г. Бурлуцкая, А. Г. Шевцова // Магистратура - автотранспортной отрасли : материалы II Всероссийской межвузовской конференции: в 2 частях, Санкт-Петербург, 26–27 октября 2017 года. Том Часть 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. – С. 34-38.

23. **Бурлуцкая, А. Г.** Экономическая оценка задержек транспортных средств на регулируемом пересечении г. Белгород / А. Г. Бурлуцкая, А. Г. Шевцова // Организация и безопасность дорожного движения: материалы XI международной научно-практической конференции: в 2-х томах, Тюмень, 15 марта 2018 года. Том 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 167-172.

24. **Бурлуцкая, А. Г.** Организация транспортного процесса с помощью программ моделирования / А. Г. Шевцова, А. Г. Бурлуцкая, Д. А. Лашин // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок и безопасности движения: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Саратов, 25 апреля 2018 года. – Саратов: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2018.

25. **Бурлуцкая, А. Г.** К вопросу соблюдения скоростного режима / А. Г. Бурлуцкая, А. Г. Шевцова // Альтернативные транспортные технологии. – 2018. – Т. 5, № 1(8). – С. 80-84.

26. **Бурлуцкая, А. Г.** Концепция развития системы "умный город" в транспортной отрасли / А. Г. Бурлуцкая, А. Г. Шевцова // Организация и безопасность дорожного движения: Материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 14 марта 2019 года / Ответственный редактор Д.А. Захаров, редакторы: Е.М. Чикишев, И.А. Анисимов. Том 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019.

27. **Бурлуцкая, А. Г.** Формирование подхода к качественной оценке состава транспортного потока при разработке планов координации светофорного регулирования / А. Г. Бурлуцкая, А. Г. Шевцова // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Орёл, 20 мая 2020 года / Под общей редакцией А.Н. Новиков. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2020. – С. 29-32.

28. **Локтионова, А. Г.** Разработка подхода к определению параметров калиброванного автомобиля / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Омск, 25–26 ноября 2021 года. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2021. – С. 210-214.

29. **Бурлуцкая, А. Г.** Качественная оценка состава транспортного потока / А. Г. Шевцова, А. Г. Бурлуцкая // Информационные технологии и инновации на транспорте: Материалы VII Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Орел, 18–19 мая 2021 года. Том 2. – Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2021.

30. **Локтионова, А.Г.** Учет технических характеристик автомобилей при производстве изыскательских работ / Е. Д. Манина, А. Г. Локтионова // 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, 18–20 мая 2022 года. Том Часть 9. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2022. – С. 207-211.

31. **Локтионова, А. Г.** Применение параметров калиброванного автомобиля в дорожной отрасли / А. Г. Локтионова, А. Г. Шевцова // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2022):

сборник научных статей 14-й Международной научно-технической конференции, Курск, 18 ноября 2022 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 166-169.

32. **Локтионова, А. Г.** Реализация инфраструктурных элементов ИТС в Белгородской области / А. Г. Локтионова, И. А. Новиков // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования : Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, Орёл, 20–21 апреля 2023 года / Редколлегия: Д.Л. Проказин [и др.]. – Орёл: Орловский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.В. Лукьянова, 2023. – С. 250-256.

Локтионова Алина Геннадьевна

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ
ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
АВТОРЕФЕРАТ

Подписано в печать ____ . ____ . ____ г.
п. л. 1.0 Тираж 100

Формат 60×84/16
Заказ № ____

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом
университете им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.