

На правах рукописи



КРАВЧЕНКО АНДРЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
МЕСТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ  
ПРОИСШЕСТВИЙ**

Специальность 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Орёл – 2021

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент  
**Новиков Иван Алексеевич**

Официальные оппоненты: **Дорохин Сергей Владимирович**  
доктор технических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»,  
декан автомобильного факультета

**Игнатов Антон Валерьевич**  
кандидат технических наук,  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный  
технический университет»  
доцент кафедры «Организация перевозок,  
безопасность движения и сервис автомобилей»

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»**

Защита состоится **«22» декабря 2021г.** в 11 ч. 00 мин. 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 имени И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и в фундаментальной библиотеке по адресу: 302028, г. Орёл, пл. Каменская д.1.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021г. 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 ([www.vak.minobrnauki.gov.ru](http://www.vak.minobrnauki.gov.ru)).

*Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, в двух экземплярах направлять в диссертационный совет 99.2.032.03 по адресу:  
302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д.95, тел.: +79606476660,  
e-mail: srmostu@mail.ru*

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
канд. техн. наук, доцент

Васильева В.В.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы исследования.**

Стабильное развитие экономики - залог успешного развития страны. Грузоперевозки на территории Российской Федерации, осуществляемые преимущественно по дорогам федерального и регионального значения, способствуют увеличению грузооборота и, соответственно, стимулируют развитие экономики субъектов и в целом Российской Федерации. Активное развитие туристической отрасли также требует увеличения пассажирских перевозок, развития и совершенствования качества содержания и обустройства автомобильных дорог. Основные преимущества перевозки пассажиров и грузов по дорогам заключаются в мобильности, скорости и, что особенно важно, в обеспечении максимальной безопасности перевозки.

На сегодняшний день одним из основных критериев эффективного развития экономики страны является сокращение социального риска в результате совершения дорожно-транспортных происшествий, а именно сокращение числа погибших на 100 тыс. населения. Аварии на дорогах возникают вне зависимости от пола, социального положения и возраста ее участников. Дорожные аварии приводят не только к ранениям людей различной степени тяжести, но и к гибели.

Таким образом, задачи по снижению тяжести последствий и сокращение к минимальному числу количества жертв дорожно-транспортных происшествий является наиболее острой социально-экономической задачей. Исследование статистики дорожно-транспортных происшествий базируется на глубоком изучении взаимодействия элементов ВАДС с выявлением составляющих типовых признаков, а именно: места возникновения ДТП, виновника ДТП, показателей среды и технического состояния транспортных средств.

В настоящее время уже проведено большое количество исследований на данную тему, однако, вопрос выявления потенциальных мест возникновения дорожно-транспортных происшествий до конца не изучен, так как это сопряжено со значительными временными и материальными затратами.

**Степень разработанности проблемы.** Вопросами выявления взаимосвязей элементов системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (далее ВАДС) и признаков мест возникновения ДТП занимались в своих работах Агуреев И.Е., Афанасьев М.Б., Бабков В.Ф., Боровской Б.Е., Гиттис В.Ю., Евтюков С.А., Евтюков С.С., Жанказиев С.В., Зырянов В.В., Иларионов В.А., Новиков А.Н., Новиков И.А., Кравченко П.А., Корчагин В.А., Клявин В. Э., Рябоконт Ю.А., Сильянов В.В., Суворов Ю.Б., Байэтт Р., Вонг Дж., Коллинз Д., Моррис Д., Уоттс Р. и др.

Несмотря на достаточно большой объем исследований по данной теме, единого подхода к прогнозированию возможных мест возникновения ДТП на данный момент не выявлено с точки зрения возможности анализа больших

объемов данных по дорожной сети. При этом анализу должны подвергаться тысячи километров дорог и десятки тысяч пересечений, а также необходимо выявить набор признаков для определения наиболее опасных участков с точки зрения вероятности возникновения ДТП.

**Цель работы** – снижение количества дорожно-транспортных происшествий с погибшими путем совершенствования методики прогнозирования мест возникновения дорожных аварий.

**Задачи исследования:**

1. Проанализировать статистику дорожно-транспортных происшествий с погибшими с точки зрения системы ВАДС.
2. Выявить наиболее значимые факторы каждой составляющей системы ВАДС с точки зрения влияния на возникновение ДТП с погибшими.
3. Проанализировать методики и нормативно-правовую документацию по выявлению наиболее опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети.
4. Выполнить анализ статистических данных мест возникновения ДТП с погибшими и разделение их по группам с применением информационной модели дорог.
5. Разработать вероятностную модель выявления опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети.
6. Сформировать типовые решения для снижения рисков возникновения ДТП на опасных участках с точки зрения ДТП с погибшими.
7. Произвести экономическую оценку предложенных решений с точки зрения повышения безопасности дорожного движения.

**Объект исследования** – дорожно-транспортные происшествия.

**Предмет исследования** – взаимодействие элементов системы «Водитель – Автомобиль – Дорога – Среда», как совокупности факторов, способствующих возникновению дорожно-транспортных происшествий.

**Рабочая гипотеза** состоит в том, что на процесс возникновения дорожных аварий оказывает влияние совокупность факторов системы ВАДС, анализ которых дает возможность разработать вероятностную модель возникновения ДТП для выявления наиболее опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети, что позволит прогнозировать и принимать управленческие решения, направленные на минимизацию рисков совершения дорожно-транспортных происшествий и, как следствие, снижать смертность на дорогах.

**Научная новизна исследования:**

- установлены устойчивые зависимости между отдельными элементами системы ВАДС и вероятностью возникновения дорожно-транспортных происшествий с погибшими;
- на основе статистических данных впервые установлены взаимосвязи элементов системы ВАДС, описывающие места совершения дорожно-транспортных происшествий;

– на основе информационной модели дорог общего пользования и улично-дорожной сети населенных пунктов впервые установлены закономерности в выявлении наиболее вероятных участков совершения дорожно-транспортных происшествий.

#### **Теоретическая значимость работы.**

Теоретическая значимость работы заключается в совершенствовании методики определения опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети, мест возникновения дорожно-транспортных происшествий, отражающей объективные закономерности в области обеспечения безопасности дорожного движения с использованием ранее не применяемого в данной сфере информационного подхода для решения главной задачи – снижения смертности на дорогах.

**Практическая значимость работы** заключается в усовершенствованном подходе получения исходных данных для принятия решений в области безопасности дорожного движения на дорожной сети с целью предотвращения дорожно-транспортных происшествий с тяжкими последствиями.

Результаты исследований имеют прикладной характер и могут быть использованы в работе службы ГИБДД и органах исполнительной власти субъектов РФ и муниципальных образований, владельцами дорог, организациями, отвечающих за содержание улиц и дорог.

**Методология и методы исследования** представлены теоретическими и практическими исследованиями на основе анализа статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях с пострадавшими и использованием геоинформационной системы для выявления на дорожной сети элементов с определенными признаками. Методы исследований: статистический анализ; математическая статистика и теория вероятностей; прогнозирование; математическое программирование; эксперимент.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

– результаты анализа существующих методов оценки улично-дорожной сети с точки зрения возможности возникновения ДТП;

– теоретический подход на основе развернутого статистического анализа ДТП в системе ВАДС, позволяющего описать признаки места возникновения ДТП;

– геоинформационная система для определения наиболее опасных участков дорог общего пользования или участков улично-дорожной сети с точки зрения возникновения дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими;

– результаты математического анализа с использованием SVD разложения для определения уровня влияния отдельных элементов системы ВАДС на место возникновения ДТП;

— результаты экспериментального внедрения системы выбора участков дорог общего пользования или участков улично-дорожной сети для снижения рисков возникновения ДТП с погибшими;

— оценка экономической эффективности предложенного способа на примере дорожно-транспортного происшествия.

#### **Степень достоверности и апробация результатов.**

Основные положения и результаты исследования доложены, обсуждены и одобрены на Международных научно-практических конференциях, конгрессах и форумах: IV Всероссийской научно-практической конференции «ГЛОНАСС-регионам, 2014», (Орел, 2014 г.), II Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орел, 2016 г.), IX Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвящённой памяти профессора, доктора технических наук Резника Л.Г. «Организация и безопасность дорожного движения» (Тюмень, 2016 г.), XI Международной научно-практической конференции «Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования» (Орел, 2017 г.), XII Международной научно-практической конференции «Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования» (Орел, 2018 г.), Journal of Physics: Conference Series (Bristol, UK, 2018 г.), MATEC Web of Conferences 298, 00077 (2019) International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science (ICMTMTE 2019), CATPID-2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Russia, Nalchik, VII Международной научно-практической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орел, 2021 г.).

#### **Информационная база исследования.**

Законодательные и нормативные правовые акты, Стратегия безопасности дорожного движения, федеральные и региональные целевые программы развития транспортных систем, материалы федеральных и региональных органов власти, управлений и ведомств, статистические данные.

#### **Личный вклад автора.**

Автором определены и осуществлены направления теоретических и экспериментальных исследований, проведен анализ полученных данных, разработаны концептуальные положения по совершенствованию методики прогнозирования мест возникновения ДТП, сформулированы выводы и внедрены результаты исследований.

#### **Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.**

Выполненные исследования отвечают формуле паспорта научной специальности 2.9.5 – Эксплуатация автомобильного транспорта по пунктам: «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного

комплекса; совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков»; «Исследования в области безопасности движения с учетом технического состояния автомобиля, дорожной сети, организации движения автомобилей, качеств водителей»; проведение дорожно-транспортной экспертизы, разработка мероприятий по снижению аварийности».

### **Публикации.**

Основные теоретико-методологические положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 15 печатных работах, в том числе 3 научные статьи в изданиях, из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 3 статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus, Web Of Sciens).

В опубликованных работах автору принадлежат основные научные идеи, теоретические и расчетно-прикладные разработки, заключение и выводы.

### **Структура и объем работы.**

Структура и последовательность изложения результатов диссертационной работы определены целью и задачами исследования. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений, содержит 183 страницы текста, 17 таблиц, 80 рисунков. Библиографический список включает 103 наименования.

## **2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

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

В первой главе **«Система ВАДС и ее влияние на дорожно-транспортные происшествия»** рассмотрены вопросы безопасности дорожного движения, выполнен анализ состояния аварийности в Российской Федерации, проведен обзор основных научных трудов в области обеспечения безопасности дорожного движения.

Согласно анализу статистики ДТП, на автомобильных дорогах общего пользования в Российской Федерации в 2020 г. произошло 47 986 ДТП, что составляет 33,1% от всех происшествий. В городах и населённых пунктах в этом же году произошло 42 426 ДТП, в которых 3256 человек погибло и 52 090 человек получили ранения. Поэтому можно сделать вывод, что значительная часть происшествий совершается в населённых пунктах и на участках улично-дорожной сети (УДС). За последние 5 лет в Российской Федерации и Белгородской области, в частности, прослеживается положительная динамика снижения количества ДТП и пострадавших в них людей. При этом социальные риски также снижаются, а с учетом действия национального проекта «Безопасные качественные дороги» (БКД) планируется дальнейшее снижение данного показателя (рисунок 1).

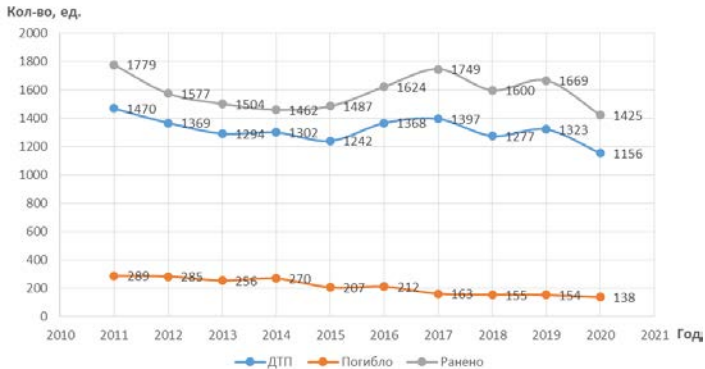


Рисунок 1 - Статистика ДТП на территории Белгородской области за период 2011-2020 гг.

Исходя из поставленных задач в национальном проекте БКД по снижению социальных рисков, был проведен анализ дорожно-транспортных происшествий с погибшими за период 2015-2020 гг. При этом момент возникновения ДТП предполагался вероятностным событием, зависящим от взаимодействия системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (ВАДС).

Выявлены наиболее значимые факторы каждой составляющей системы ВАДС с точки зрения влияния на возникновение ДТП со смертельным исходом, а именно: управляет автомобилем вероятнее всего – мужчина, со стажем управления 5-10 лет, самозанятый или наемный рабочий, в возрасте от 26 до 46 лет, который нарушает ПДД 1-2 раза в месяц; автомобиль стоимостью от 380 до 750 тыс. рублей, вероятнее всего белого, серого, черного или синего цвета, с вероятностями 70% - легковой и 93 % исправный; на прямолинейном участке дороги протяженностью 600-1700 м, вероятнее всего – 2-полосном, с вероятностью 66%, 4-полосном с вероятностью 27%, последняя точка концентрации внимания не ближе 100 м от зоны ДТП, простой с точки зрения организации дорожного движения участок с вероятностью 84,9%; фактор «Среда» имеет ограниченное влияние, за исключением ДТП вне населенного пункта с участием пешеходов, где явно прослеживается наиболее опасный временной интервал времени с 18 до 24 часов.

Как показал проведенный анализ статистики дорожно-транспортных происшествий, момент возникновения аварийной ситуации описывается с большой долей вероятности, целым рядом параметров системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда». Однако необходимо определить или разработать методику выявления наиболее опасных с точки зрения ДТП участков улично-дорожной сети и разработать алгоритмы действий по их устранению. Для этого необходимо рассмотреть существующие методы и методики оценки опасности участков УДС, а также провести оценку их



эффективности на реальных объектах улично-дорожной сети Белгорода и Белгородской области.

Во второй главе «Сравнительный анализ существующих методик оценки вероятности возникновения ДТП на участках УДС» выполнено комплексное исследование существующих на сегодняшний день методик вероятности возникновения ДТП.

В настоящее время используется несколько методов для выполнения анализа транспортных рисков. Метод, который в основном применяется в большинстве случаев, получил название «итогового коэффициента аварийности» (*K<sub>ит</sub>*), предложенный В.Ф. Бабковым. Данный метод используется для решения задач по безопасности дорожного движения на стадии проектирования дорог или улично-дорожной сети населенного пункта с целью снижения вероятности возникновения дорожно-транспортных происшествий. При этом в нем предусматривается целый набор мероприятий и связанных с повышением эффективности функционирования пересечений с наличием концентраторов ДТП. Итоговое значение коэффициента аварийности определяется как перемножение рядов чисел (частных коэффициентов аварийности *K<sub>i</sub>*) друг на друга. В то же время каждый частный коэффициент является результатом деления количества совершенных ДТП при реальных дорожных условиях на число ДТП, происходящих в идеальных условиях. Каждый из рассматриваемых коэффициентов *K<sub>i</sub>* показывает реальные условия дороги общего пользования или улично-дорожной сети, такие, как геометрические параметры или иные показатели.

$$K_{\text{авар}} = \prod_{i=1}^{i=n} K_i \cdot \quad (1)$$

Наиболее рациональным подходом при оценке безопасности дорожного движения на узлах и ребрах транспортной сети является «Метод итоговых коэффициентов аварийности». Основной подход при реализации данного метода - изучение влияния любого элемента дороги, к примеру - ее состояние или геометрические параметры, на количество дорожно-транспортных происшествий. Достоинства данного метода неоспоримы, но в это же время существуют некоторые ограничения и недочеты, такие, как: число и многообразие параметров обстоятельств дорожного движения требуют на свое определение большое количество временных, физических и физиологических затрат; так как в методике профессора В.Ф. Бабкова представлены лишь некоторые значения всего спектра изменений параметров и характеристик дорожного движения, то любая дорожная организация, либо инженер, работающий в этой сфере, могут интерпретировать определенные условия движения на свое усмотрение. Поэтому требуется рассмотреть следующий метод - метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (статистический анализ).

Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (статистический анализ), разработанный в Липецком государственном технологическом

университете, состоит в том, чтобы наиболее точно определять уровень обеспечения БДД путем оценивания возможности возникновения дорожно-транспортных происшествий с помощью введения лингвистических переменных и экспертизы на ее основе (рисунок 2).



Рисунок 2 – Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (статистический анализ)

В этом методе каждый качественный показатель передается в виде нечеткого числа, которое находится в диапазоне от 0 до 1. Для визуализации метода комплексной оценки уровня обеспечения безопасности дорожного движения применяется устройство элементов улично-дорожной сети, которое обеспечивает пешеходное движение через проезжую часть. Выделяется  $e$  видов деталей устройства, которые оцениваются и анализируются в зависимости от величины риска возникновения ДТП. На основании разработанных алгоритмов проведения исследований формируется группа из  $m$  экспертов. Чтобы оценить риски возникновения ДТП согласно видам элементов устройств, вводится лингвистическая переменная.

При составлении понятийных терминов указывается облако возможных значений, которые могут включать следующие лингвистические переменные - *очень высокий, высокий, выше среднего, средний, ниже среднего, низкий, очень низкий*. В этом случае переменная  $T(x)$  будет иметь количественный параметр  $n = 7$ .

Применяя нормальный закон распределения к каждому из термножеству, строится соответствующее графическое отображение полученных данных. Это распределение является предельно достижимым, т. е. с ним максимально коррелируются другие возможные распределения, в том числе и наиболее используемые (рисунок 3).

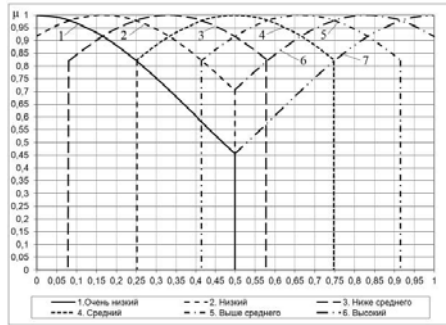


Рисунок 3 – График функций принадлежности элементов терм-множеств

В последующем выполняется расчет комплексной оценки риска возникновения ДТП с участием пешехода на определенном участке  $u$ , и по выражению:

$$O_u = \sum_{e=1}^E \overline{v_{eu}} r_e, u = \overline{1, U}. \quad (2)$$

Выявляя возможность возникновения ДТП с участием пешехода, воспользуемся кодовым расстоянием, т. е. величиной значения между двумя соседними парами функций, которые формируют итоговое значение функциональной зависимости между множествами  $A$  и  $B$ , заданное на известном отрезке  $X$ , согласно ниже приведенной функции:

$$d(A, B) = |\mu_A(x_1) - \mu_B(x_1)| + \dots + |\mu_A(x_q) - \mu_B(x_q)|. \quad (3)$$

Данный метод позволяет дать объективную оценку уровня обеспечения БДД при проектировании, реконструкции элементов обустройства, разрабатывать и принимать управленческие решения. Кроме этого, решаются следующие задачи: снижение тяжести последствий ДТП; снижение экономических затрат от последствий ДТП; увеличение влияния применяемых технических средств, направленных на повышение уровня безопасности движения; непрерывный контроль и своевременное принятие управленческих решений в сфере безопасности дорожного движения; анализ эффективности мероприятий, направленных на снижение аварийности и тяжести последствий ДТП.

Очевидно, что существенное влияние на БДД оказывает не только состояние проезжей части, геометрические параметры, прилегающая территория, пешеходы, но и одним из важнейших факторов в этой системе ВАДС является водитель.

В населенных пунктах с интенсивным и неравномерным движением поведение водителя играет особую роль. Оно имеет прямую зависимость с несоблюдением правил управления транспортным средством на дорогах общего пользования, которые сопровождают различные сценарии возникновения ДТП. Оценивая восприятие водителей, пассажиров и

пешеходов, как субъективное, то выявить их количественную оценку в итоговом значении практически невозможно, что приводит к нечеткости и неопределённости данных. В связи с чем необходимо также рассмотреть субъективное восприятие участниками дорожного движения динамических дорожных ситуаций методом комплексной оценки обеспечения безопасности дорожного движения.

Динамические дорожные ситуации описываются методом комплексной оценки обеспечения безопасности дорожного движения. Данный метод базируется на включении лингвистических переменных, которые отражают субъективное восприятие участниками дорожного движения динамических дорожных ситуаций. В этом методе каждый качественный показатель передается в виде нечеткого числа, который находится в диапазоне от 0 до 1.

Рассмотрение «динамических действий» водителей описывается алгоритмом оценки безопасности дорожного движения (рисунок 4). Выбранное решение есть нечеткие множества и оценки экспертов, которые формируют решение лингвистических переменных.



Рисунок 4 - Метод комплексной оценки уровня обеспечения БДД (динамический анализ)

Данное решение возможно за счет использования статистики по нарушениям ПДД, отсортированных по видам ( $P$  виды), вероятным последствиям и их частоте возникновения в разрезе влияния на ДТП. С этой целью формируется пул экспертов  $m$ .

Используя понятийную переменную, которая выявляет зависимость риска возникновения конфликта пешеход - автомобиль с учетом вида нарушения ПДД. При этом  $n$  в понятийном множестве определено числом Миллера, имеющего вид  $(7 \pm 2) \leq 13$ , которое не может быть четным.

Понятийное множество формируется на основе облака значений языковых переменных, имеющих следующие значения: *очень высокий, высокий, выше среднего, средний, ниже среднего, низкий, очень низкий*.

В этом случае мы используем функцию принадлежности понятийных элементов, которая принадлежит нормальному закону распределения. При этом множество  $M(X)$  принимает значение в интервале от 0 до 1.

Оценка рисков возникновения дорожно-транспортных происшествий проводится с помощью отбора основных видов нарушений правил дорожного движения, которые характерны в черте населенных пунктов. Оценивает риски  $i$  по видам нарушений правил дорожного движения  $k$  эксперт  $j$  в качественной форме, которые преобразуются в нечёткие числа  $rij$ .

Затем совокупность оценок экспертов рассчитывается по выражению (4), и по каждому виду нарушений правил дорожного движения проводится конкретизация оценок риска. После определяются участки УДС, для которых требуется провести оценку уровня БДД.

С целью определения обобщенной оценки рисков совершения дорожно-транспортного происшествия, необходимо знать вес каждого конкретного нарушения правил дорожного движения на каждом участке улично-дорожной сети населенного пункта. Оценивают вес каждого конкретного нарушения правил дорожного движения с помощью статистики, и анализируют, была-ли причинно-следственная связь с совершенным ДТП, на основе этого формируется вывод о значимости того или иного вида нарушения ПДД.

Нормировку весов выполняют с целью соблюдения условий соразмерности, при этом основная цель заключается в приведении количественного показателя к значению, которое находится в интервале  $[0;1]$ :

$$\overline{w_{uk}} = \frac{w_{uk}}{w_{u1}} + w_{u2} + \dots + w_{uP}. \quad (4)$$

Понятийные оценки возникновения рисков как для ребер, так и для узлов транспортной сети  $Uu$  определяются минимальным расстоянием до элемента «ТЕРМ». Эти данные формируют уровень риска для исследуемого участка дорог общего пользования или УДС. Сравнительный анализ ребер и узлов графа дорог формируется расстоянием Хэмминга  $Ru$  и функцией принадлежности элемента понятийного множества «очень низкий»  $du (Ru, M(\text{«очень низкий»}))$  – есть ни что иное, как сравнение участков между собой.

После сравнения участков между собой формируется вывод о том, какой участок рискованный в большей степени, что дает возможность провести их иерархическое расположение. Результаты формируются в виде таблицы.

Данный метод определения и сравнительной оценки уровня БДД применяется к участкам улиц, к целым районам города и к городу в целом.

Так как на сегодняшний день не существует универсального метода, то необходимо развитие исследований в данном направлении.

В третьей главе **«Вероятностный анализ статистики дорожно-транспортных происшествий с использованием ГИС-технологий»** предлагается новая, ранее неиспользуемая описательная модель вероятностного анализа статистики дорожно-транспортных происшествий с

использованием ГИС-технологий. Проведен геоинформационный анализ графа дорог Белгородской области на основе SVD разложения, с применением метода главных компонент и сингулярного разложения матрицы. Был выполнен анализ закономерностей возникновения ДТП со смертельным исходом в Белгородской области в период с 2015 по 2020 гг., обработка информации осуществлялась с применением программного обеспечения Python 3.8 и библиотеки функций NumPy.

В общем случае (данные о ДТП и сопровождающих их параметрах дорожной обстановки) элементы матрицы  $A$  равны нулю или единице ( $a_{(n,d)}=I(0)$ ):

$$\begin{matrix} & \text{Усл}_1 & \text{Усл}_2 & \dots & \text{Усл}_d & \dots & \text{Усл}_D \\ \text{ДТП}_1 & 1(0) & 1(0) & \dots & 1(0) & \dots & 1(0) \\ \text{ДТП}_2 & 1(0) & 1(0) & \dots & 1(0) & \dots & 1(0) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{ДТП}_n & 1(0) & 1(0) & \dots & 1(0) & \dots & 1(0) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{ДТП}_N & 1(0) & 1(0) & \dots & 1(0) & \dots & 1(0) \end{matrix}$$

Для анализа данных, характеризуемых признаковым описанием объектов, активно используется факторный анализ, основанный на методе главных компонент (*PCA, Principal Component Analysis*) и методе сингулярного разложения матрицы (*SVD, Singular Value Decomposition*). Это позволяет понизить размерность задачи, объединяя схожие по проявлениям параметры дорожной обстановки.

Метод главных компонент предполагает преобразование пространства признаков (набора данных, связывающих наблюдаемые ДТП и параметры обстановки) к виду другого пространства признаков с учётом следующих условий.

В исходном признаковом пространстве оси системы координат (векторы – столбцы матрицы признаков  $A$ , каждый из которых определяется одним из параметров дорожной обстановки) заведомо не ортогональны друг другу. В преобразованном пространстве оси системы координат должны быть взаимно ортогональными. Такие оси имеют название главных компонент. Данное преобразование может быть представлено в виде:

$$Z = A \cdot X = A \cdot \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,d} & \dots & x_{1,D} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,d} & \dots & x_{2,D} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,d} & \dots & x_{n,D} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N,1} & x_{N,2} & \dots & x_{N,d} & \dots & x_{N,D} \end{pmatrix}$$

$$\text{где } Z = \begin{pmatrix} \text{Vec}_{1,1} & \text{Vec}_{1,2} & \dots & \text{Vec}_{1,m} & \dots & \text{Vec}_{1,M} \\ 1(0) & 1(0) & \dots & \text{Vec}_{2,m} & \dots & \text{Vec}_{2,M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{Vec}_{n,1} & \text{Vec}_{n,2} & \dots & \text{Vec}_{n,m} & \dots & \text{Vec}_{n,M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{Vec}_{N,1} & \text{Vec}_{N,2} & \dots & \text{Vec}_{N,m} & \dots & \text{Vec}_{N,M} \end{pmatrix}$$

матрица признаков в преобразованном пространстве;

$$X = \begin{pmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,d} & \dots & x_{1,D} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,d} & \dots & x_{2,D} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n,1} & x_{n,2} & \dots & x_{n,d} & \dots & x_{n,D} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N,1} & x_{N,2} & \dots & x_{N,d} & \dots & x_{N,D} \end{pmatrix}.$$

матрица весовых коэффициентов (собственных векторов матрицы исходных признаков), определяющих главные компоненты преобразованного пространства признаков (расположены по столбцам).

Величины признаков, привязанных к новым осям в преобразованном пространстве, формируются в виде линейной комбинации признаков в исходном пространстве. Причём оценки новых признаков (суть проекции исходного пространства на результирующие) должны обеспечивать как можно большую дисперсию (изменчивость, вариативность) исходных данных:

$$\vec{x}_d^T \cdot S \cdot \vec{x}_d \rightarrow \max,$$

а векторы-столбцы в преобразованной матрице признаков должны быть ортогональны:

$$\vec{x}_{d1}^T \cdot S \cdot \vec{x}_{d2} = 0.$$

Решением задачи факторного анализа по методу главных компонент является именно нахождение коэффициентов, обеспечивающих требуемую линейную комбинацию исходных признаков. В итоге, искомое преобразование исходной матрицы собственными векторами матрицы ковариаций, а собственные числа матрицы являются дисперсиями главных компонент.

Таким образом, коэффициенты, входящие в линейные комбинации признаков, определяют, какие именно параметры дорожной обстановки и с каким весом входят в состав факторов, связанных с осями преобразованного пространства – главными компонентами.

Метод сингулярного разложения матрицы является обобщением и развитием метода главных компонент.

Этот метод тесно связан со спектральным разложением симметричных неотрицательно определенных матриц  $A^T \cdot A$  и  $A \cdot A^T$  и основывается на следующем. Для любой матрицы  $A$  размерностью  $m \times n$  и ранга  $k$  существуют ортогональная матрица  $U$  размерностью  $m \times m$ , ортогональная матрица  $V$  размерностью  $n \times n$  и диагональная матрица  $S$  размерностью  $m \times n$  (т.е. такая матрица  $S$ , что  $S_{i,j} \neq 0$ ) для всех  $i=j$ ) такие, что:

$$U^T \cdot A \cdot V = S, \quad A = U \cdot S \cdot V^T.$$

В методе главных компонент предусматривается формирование матрицы ковариаций исходной матрицы  $A$ , вычисление некоторого количества собственных векторов при наибольших собственных числах,

которые обеспечивают не менее 80% дисперсии исходных данных, и преобразование исходных признаков в новое признаковое пространство.

При сингулярном разложении также формируются собственные векторы матрицы ковариации, но, в данном случае, они формируют матрицу  $V$ . По сути, метод главных компонент аналогичен неполному сингулярному разложению исходной матрицы  $A$ . Отличие заключается в том, что не выполняется операция перевода исходного признакового пространства в новое с использованием собственных векторов весовых коэффициентов, входящих в состав матрицы  $V$ .

Применение факторного анализа связано с определённой условностью в выборе необходимого и достаточного для описания наблюдаемых данных количества факторов.

Для определения необходимого количества факторов часто используются два критерия. Первый – критерий Кайзера: число факторов равно числу компонент, собственные значения которых больше 1. Второй способ определения числа факторов – критерий отсеивания  $P$ . Кеттелла, который требует построения графика собственных значений. Количество факторов  $d$  в этом случае определяется приблизительно по точке перегиба на графике собственных значений до его выхода на пологую прямую после резкого спада.

Используя сингулярные числа разложения матриц признаков, зарегистрированных в каждом году, были получены результаты, представленные на рисунке 5.

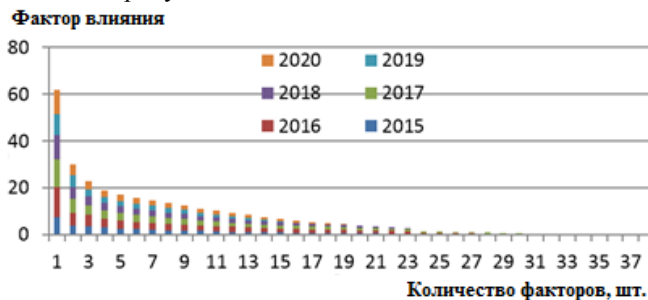


Рисунок 5 – Сингулярные числа разложения для матриц, показывающие влияние обобщённых факторов на наезд на пешехода в городских условиях

Из рисунка 5 видно, что основное влияние на полученные в каждом году результаты оказывает обобщённый первый фактор. В то же время, основываясь на критерии Кеттелла, можно считать, что рассмотрению подлежат также второй, третий и четвёртый факторы.

На рисунке 6 показаны параметры дорожной обстановки, формирующие первый фактор, определяющий наезд на пешехода в городе и тенденции изменения их вклада в этот фактор по годам.





пешеходов, вполне объяснимо с учётом низкой плотности населения вне города. Используя аналогичные подходы был проанализирован еще один вид ДТП «Столкновение», как за территорией населенного пункта, так и в его черте. В результате расчетов можно сделать следующие выводы – так же, как и при анализе ДТП, связанных с наездом на пешеходов, первый фактор оказывается определяющим и, соответственно, параметры обстановки, его определяющие, и являются основными условиями, при которых происходят подобные ДТП.

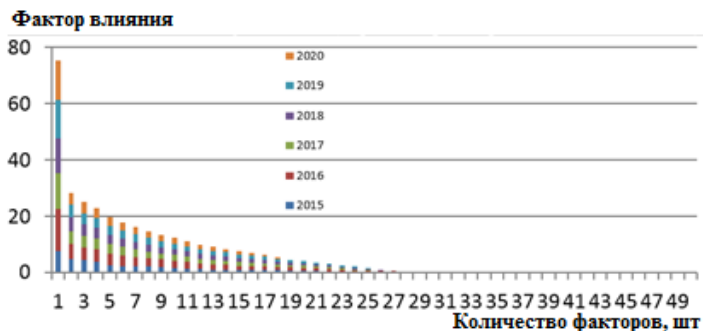


Рисунок 7 – Сингулярные числа разложения для матриц, показывающие влияние обобщённых факторов на столкновение автомобилей вне города

Как видно из рисунка 7, наблюдаемый результат практически полностью описывается первым обобщённым фактором. Остальные факторы проявляют себя в гораздо меньшей степени, но примерно на одном уровне. Далее приведены параметры дорожной обстановки, определяющие первые четыре фактора, связанные со столкновениями автомобилей за городом на протяжении всех шести лет: «Обочина есть»; «Отсутствие недостатков транспортно-эксплуатационного состояния проезжей части»; «Прямая в плане»; «Разделительная полоса отсутствует». Наряду с этим, отмечаются параметры, явно не оказывающие влияния на результат, не отягчающие его, или вполне характерные для загородной территории: «УДС вблизи: Отсутствие в непосредственной близости объектов УДС и объектов притяжения»; «УДС на месте: Перегон (нет объектов на месте ДТП)»; «Тротуара нет». Также следует отметить явное снижение со временем влияния такого параметра, как «Отсутствие, плохая различимость горизонтальной разметки проезжей части». Его влияние неуклонно снижалось, начиная с 2015 г., до полного исчезновения в 2020 г. Второй, третий и четвёртый факторы демонстрируют случайное проявление различных параметров в наблюдаемых результатах.

Для выявления на улично-дорожной сети участков с характерными параметрами была сформирована информационная модель местности, приведенная в таблице 1.

При этом данная модель сформирована на 3d представлении местности. На полученную основу были положены данные о местах совершения ДТП с

погибшими за 2015-2020 гг. с разделением по видам и всей атрибутивной информацией, описывающей само ДТП.

Таблица 1. Информационная модель местности

Наименование	Автомобильные дороги	line	highway-lines
REF	Официальное название (обозначение)	-	-
HIGHWAY	Классификация дороги	-	primary, trunk, secondary, tertiary, footway, residential, etc
ONEWAY	Односторонняя дорога	-	1 или true обозначает движение в направлении линии, 0 или false - движение в обратном направлении, пустое поле - двухсторонняя дорога
BRIDGE	Мост	-	-
TUNNEL	Туннель	-	-
MAXSPEED	Официально разрешенная максимальная скорость	-	-
LANES	Количество полос	-	-
WIDTH	Ширина проезжей части	-	-
SURFACE	Покрытие	-	asphalt, gravel, paved, unpaved, pebblestone, ground, etc
-	Пешеходные переходы	point	highway-crossing-point
HIGHWAY	Признак пешеходного перехода	-	
CROSSING	Тип пешеходного перехода	-	uncontrolled, unmarked, traffic signal
CROSSING_R	Код пешеходного перехода	-	-

В общем случае транспортная сеть Белгородской области состоит из 82 804 объектов. На основе анализа выбрано 48 055, которые относятся к дорогам общего пользования. После чего производится фильтрация по длине участков, определенных в SVD модели, т.е. были выявлены перегоны протяженностью от 600 до 1800 м, количество которых 5228, при этом содержат пешеходные переходы 2131 объект.

Анализ информационной модели местности показал необходимость проведения экспериментальных исследований.

В четвертой главе «**Оценка эффективности использования вероятностной модели и ГИС на примере мест ДТП со смертельным исходом в 2021 году**» рассмотрено экспериментальное внедрение принятого подхода и оценены результаты его эффективности.

Как отмечалось выше наиболее быстрым способом воздействия на снижение количества учетных ДТП, в том числе с погибшими, является создание условий на дороге, препятствующих их возникновению. Для решения данной задачи были выбраны следующие методы решения: установка светофорных объектов; установка камер фотовидеофиксации; снижение скоростного режима

вне населенных пунктов до 70 км/ч; снижение скоростного режима до 40 км/ч в населенном пункте.

Учитывая объемы финансирования и выполнения всех условий было принято решение о строительстве 9 светофорных объектов на дорогах общего пользования областного значения, снижения скоростного режима на 48 участках с зонами контроля системами фотовидеофиксации. В результате эффективность принятых решений составила: фотофиксация из 42 ДТП с погибшими, за 5 месяцев 2021 г., только 2 попали в зону действия камер, т. е. эффективность камер составляет 95,2%; внедрение светофорных объектов – 100%.

Однако анализ мест возникновения ДТП с погибшими показывал, что возможно возникновение ДТП между рядом расположенными камерами, но не перекрывающими друг друга. Одним из вариантов решения данной задачи является внедрение систем контроля средней скорости на участках, отвечающих требованиям.

В пятой главе **«Определение экономической эффективности предложенного способа»** рассмотрена апробация предложенного способа на опасных участках дорожной сети Белгородской области. При применении разработанной методики количество ДТП в Белгородской области должно снизиться в 2021 г. на 5 %. Таким образом, экономические потери составят 1685 847,0 тыс. руб.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе выполненных исследований, реализованных в новой разработанной вероятностной математической модели выявления опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети, выполнено совершенствование методики определения мест возникновения ДТП, выявлены наиболее значимые факторы каждой составляющей системы ВАДС с точки зрения влияния на возникновение ДТП с погибшими. При совершенствовании методики выполнялись: анализ методик и нормативно-правовой документации по выявлению наиболее опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети; геоинформационный анализ статистических данных мест возникновения ДТП с погибшими и разделение их по группам. Эффективность методики подтверждается разработкой и внедрением типовых решений для снижения рисков возникновения ДТП на опасных участках с погибшими.

Основные научно-практические результаты состоят в следующем:

1. Выполненный анализ статистики ДТП с погибшими, совершенных на территории Российской Федерации, с точки зрения системы ВАДС показал, что на автомобильных дорогах общего пользования в 2020 г. произошло 47 986 ДТП, что составляет 33,1% от всех происшествий. В городах и населённых пунктах в этом же году произошло 42 426 ДТП, в которых 3256 человек погибло и 52 090 человек получили ранения. Таким образом, можно сделать вывод о том, что значительная часть происшествий совершается в населённых пунктах и на участках улично-дорожной сети (УДС).

2. Выявлены наиболее значимые факторы каждой составляющей системы ВАДС с точки зрения влияния на возникновение ДТП с погибшими, а именно: управляет автомобилем вероятнее всего – мужчина, со стажем управления 5-10 лет, самозанятый или наемный рабочий, в возрасте от 26 до 46 лет, который нарушает ПДД 1-2 раза в месяц; автомобиль стоимостью от 380 до 750 тыс. рублей, вероятнее всего белого, серого, черного или синего цвета, с вероятностями 70% - легковой и 93 % исправный; на прямолинейном участке

дороги протяженностью 600-1700 м, вероятнее всего – 2–полосном, с вероятностью 66%, 4–полосном с вероятностью 27%, последняя точка концентрации внимания не ближе 100 м от зоны ДТП, простой с точки зрения организации дорожного движения участок с вероятностью 84,9%; фактор «среда» имеет ограниченное влияние, за исключением ДТП вне населенного пункта с участием пешеходов, где явно прослеживается наиболее опасный временной интервал времени с 18 до 24 часов.

3. Анализ методик и нормативно-правовой документации по выявлению наиболее опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети с точки зрения выявления наиболее опасных участков показал следующее: метод итоговых коэффициентов аварийности составляет основу для выполнения проектных решений. Он формирует целый ряд требований к выполнению отдельных элементов узла и ребра дорожной сети. Однако данный метод не учитывает реальные обстоятельства возникновения дорожно-транспортных происшествий и не коррелируется с реальной статистикой ДТП, в том числе и погибшими; является одной из наиболее рациональных при оценке условий БДД на отдельных участках УДС; метод комплексной оценки уровня обеспечения безопасности позволяет оценить уровень рисков как на ребрах, так и на узлах транспортной сети. Позволяет принимать управленческие решения с точки зрения снижения рисков. Однако он не позволяет проводить массовую оценку улично-дорожной сети, крайне трудоемок в процессе проведения работ. При этом он формирует перечень признаков, который может быть использован для дальнейшего формирования описательной части участка вероятного возникновения ДТП; метод динамического анализа основывается на введении в модель различных видов нарушения ПДД и восприятия ситуации на дороге, водителем, пассажиром и пешеходом. Однако данный подход крайне сложен в реализации, поскольку та же реакционная способность, эмоциональный настрой изменяется в течение суток. В том числе различные виды нарушений ПДД связаны и с климатическими явлениями и временем суток. Для оценки риска выбираются наиболее характерные для городских условий виды нарушений ПДД.

4. Геоинформационный анализ участков УДС показал низкую эффективность рассмотренных методик оценки уровня безопасности дорожной сети на территории Белгородской области. То есть возникает необходимость в разработке решения для «массового» обследования улично-дорожной сети и дорог общего пользования с выявлением типовых элементов на основе статистических данных.

5. Разработана вероятностная модель выявления опасных участков дорог общего пользования и улично-дорожной сети, на основании статистических данных о ДТП с погибшими осуществлен факторный анализ, основанный на методе главных компонент (PCA, Principal Component Analysis), выявлены участки улично-дорожной сети и дорог общего пользования с наиболее вероятными показателями возникновения ДТП с погибшими, использование ГИС и программы БКД 2020 и 2021, обращения граждан в органы власти, был сформирован перечень объектов для принятия инженерных решений по повышению БДД, анализ эффективности принятых решений показал вероятность 95,2%.

6. Разработанные мероприятия на основе анализа статистики ДТП ГИС анализа дорожной сети Белгородской области показали высокую эффективность от 95,2 до 100%, а также показали возможность возникновения ДТП между рядом расположенными камерами, но не перекрывающими друг друга. Одним из вариантов

решения данной задачи является внедрение систем контроля средней скорости на участках.

7. Экономическая оценка предложенных решений с точки зрения повышения безопасности дорожного движения показала, что экономия от снижения затрат времени транспортных средств на рассматриваемом участке составляет 21 341,2 тыс. руб., а экономия от снижения затрат, связанных с нахождением пассажиров в пути, составила 11 027,4 тыс. руб.; суммарные экономические потери от задержек на рассматриваемом участке составляют 32 356,6 тыс. руб.; при применении разработанной методики количество ДТП в Белгородской области должно снизиться в 2021 г. на 5 %, а экономические потери составят 1 685 847,0 тыс. руб.

#### **Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций (ВАК)**

1. Кравченко А.А. Научно-методологический подход к снижению аварийности на дорогах Российской Федерации / И.А. Новиков, А.А. Кравченко, А.Г. Шевцова, В.В. Васильева // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 3. – С. 58 – 65.

2. Кравченко А.А. Влияние состояния качества автомобильных дорог на ДТП / А.А. Кравченко, Л.А. Королева, Л.Е. Кущенко, П.П. Рыжкин // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 1. – С. 49-58.

3. Кравченко А.А. Исследование эколого-экономических показателей автомобильного транспорта в городской агломерации Белгородской области / А.А. Кравченко, Е.В. Давыдова, Л.Е. Кущенко, С.В. Кущенко // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 2. – С.83-91.

#### **Публикации в изданиях, входящих в базы Scopus и Web of Science**

4. Kravchenko A.A. Development of a graphical method for choosing the optimal mode of traffic light / A.N. Novikov, A.A. Katunin, I.A. Novikov, A.A. Kravchenko, A.G. Shevtsova Journal of Physics: Conference Series –2018. – Т. 1015. – р. 032127-032134.

5. Kravchenko A.A. Assessment of the level of influence of weather conditions on the mode of operation of the regulated intersection / A.A. Kravchenko, A. Shevtsova, V. Vasilyeva // MATEC Web of Conferences 298, 00077 (2019) International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science (ICMTMTE 2019).

6. Kravchenko A.A. Improving traffic safety and forecasting accidents at pedestrian crossings/ A.A. Kravchenko, Yu.S. Shatova, L.E. Kushchenko, S.V. Kushchenko// CATPID-2020, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Russia, pp. 1-7.

#### **Публикации в других изданиях**

7. Кравченко А.А. Совершенствование системы контроля соблюдения ПДД на основе использования электронных тахографов и геодезически привязанных дислокаций знаков и дорожной разметки / А.А. Кравченко, А.Е. Боровской, М.Ю. Яблоновская, Т.А. Титова // IV Международная научно-практическая конференция «ГЛЮНАСС-регионам, 2014». – 2014. – С. 15-19.

8. Кравченко А.А. Роль телематических систем в определении характеристик транспортного потока / А.А. Кравченко, А.М. Лукьянов, А.Е. Боровской, Н.В. Смоляков, Е.И. Яковлева // ГЛЮНАСС – Регионам: материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции; под общ. Ред. А.Н. Новикова. – 2014. – С. 15-19.

9. Кравченко А.А. Влияние режимов функционирования парковочного пространства на характеристики транспортного потока прилегающих участков

УДС/А.А. Кравченко, А.Е. Боровской, Н.В. Смоляков // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы 2-й Международной научно-практической конференции; под общ. Ред. А.Н. Новикова. – 2016. – С. 350-356.

10. Кравченко А.А. Формирование динамической модели транспортной системы на примере Белгородской агломерации / А.А. Кравченко, А.Е. Боровской, С.И. Соколов, Е.И. Ходырева // Организация и безопасность дорожного движения: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвящённой памяти профессора, доктора технических наук Резника Л.Г. – 2016. – С. 58-64.

11. Кравченко А.А. Использование систем спутниковой навигации для прогнозирования характеристик транспортных потоков / А.А. Кравченко, А.М. Лукьянов, А.Е. Боровской, Н.В. Смоляков // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. – 2017. – С. 81-83.

12. Кравченко А.А. Определение показателей качества технических систем / А.А. Кравченко, А.С. Семькина, А.С. Федоров // Студенческий научный форум. – 2017. – Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru>

13. Кравченко А.А. Интеграция современных средств фотовидеофиксации нарушений ПДД в систему управления светофорными объектами/ А.А. Кравченко, А.Е. Боровской, Н.В. Смоляков, Н.А. Буряченко // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. – 2017. – С. 78-80.

14. Кравченко А.А. Использование современных ГИС-систем в контроле за нормативным обустройством и содержанием улично-дорожной сети техническими средствами организации дорожного движения / А.А. Кравченко, Н.В. Смоляков, А.Е. Боровской, Е.И. Глушенко, В.Э. Харузин // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. – 2018. – № 1. – С. 114-121.

15. Кравченко А.А. О развитии системы мониторинга и контроля организации дорожного движения на основе телематических данных и геоинформационных систем / А.А. Кравченко, Н.В. Смоляков, А.Е. Боровской, В.Э. Харузин // Управление деятельностью по обеспечению безопасности дорожного движения: состояние, проблемы, пути совершенствования. – 2018. – № 1. – С. 389-398.

Кравченко Андрей Алексеевич

Совершенствование методики определения

мест возникновения дорожно-транспортных происшествий

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 15.10.2021 г.

Усл. печ. л. 2,0

Тираж 100 экз.

Формат 60×84/16

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете

им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.