

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 656.13.05

КАПСКИЙ
Денис Васильевич

МЕТОДОЛОГИЯ
ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
В ГОРОДСКИХ ОЧАГАХ АВАРИЙНОСТИ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Минск, 2013

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Научный консультант: **Рябчинский Анатолий Иосифович**, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор кафедры «Организация и безопасность движения», ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

Официальные оппоненты: **Альгин Владимир Борисович**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

Головнич Александр Константинович, доктор технических наук, доцент, директор научно-исследовательского института железнодорожного транспорта, УО «Белорусский государственный университет транспорта»

Иванов Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор, кафедра «Технология конструкционных материалов», УО «Полоцкий государственный университет»

Оппонирующая организация: Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «ТРАНСТЕХНИКА»

Защита состоится 31 мая 2013 года в 14 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 02.05.04 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65, Белорусский национальный технический университет, корп. 1, ауд. 202, тел.: 292-83-85.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета

Автореферат разослан «26» апреля 2013 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций

Ч.И. Жданович

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь за последние 20 лет количество автомобилей увеличилось в 4 раза и превысило 3 млн единиц. Этот рост вызвал ряд проблем автомобильного транспорта, связанных с увеличением нагрузки на улично-дорожную сеть, особенно в городах. Снизилась скорость сообщения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, возросло количество аварий. За последние 5 лет в стране произошло около 509,3 тыс. аварий, в которых погибли 6303 человека и получили ранения более 33,3 тыс. человек. В связи с этим резко возросла роль организации дорожного движения в повышении его качества, определяемого совокупностью основных свойств – безопасностью, экологичностью, экономичностью и социологичностью. Особенно это относится к городским очагам аварийности, на долю которых приходится около половины всех аварий в стране. Однако работы по повышению безопасности движения (его качества в целом) требуют дальнейшего совершенствования, так как суммарные потери в дорожном движении составляют около 4 млрд долл./год. При этом основная причина потерь – недостатки в организации дорожного движения (более 50 %, в том числе в крупных и крупнейших городах – до 75 %).

Поскольку основной причиной аварий в очагах аварийности являются недостатки в организации движения, то повышение безопасности должно осуществляться ее методами. Эти методы эффективны, оперативны и некапиталоемки, и от их реализации можно ожидать не только *значительных*, но и *быстрых* результатов. Вместе с тем, в настоящее время работы в области повышения безопасности движения методами организации дорожного движения ведутся не системно и на низком научном уровне. Безопасность движения оценивается только количеством аварий с пострадавшими, а экономические, экологические и социальные аспекты, практически, не учитываются при совершенствовании организации дорожного движения. Такое положение связано с отсутствием научно обоснованной методологии повышения безопасности движения, которая бы предусматривала одновременно со снижением аварийности и повышение совокупного качества дорожного движения, оцениваемого по величине суммарных аварийных, экологических и экономических потерь в дорожном движении.

Поэтому для решения важнейшей научно-технической проблемы – снижение аварийности – разработана методология, основанная на комплексе новых методологических принципов и новой научно-методической системе, а также создано программно-методическое и нормативное обеспечение принятия решений по повышению безопасности движения. Социальная значимость диссертационной работы заключается в повышении безопасности дорожного движения, что связано с сохранением жизни, здоровья и благосостояния людей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Тема диссертации соответствует Государственной политике в области обеспечения безопасности дорожного движения и включена в научный план работы Белорусского национального технического университета.

Диссертационные исследования выполнены в соответствии с Концепцией обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь (п. 6.4), разработанной во исполнение Указа Президента Республики Беларусь № 551 от 28.11.2005 г. и утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 757 от 14.06.2006 г.; Планом мероприятий по реализации Концепции, выполнение которого контролируется Советом Министров Республики Беларусь в рамках приоритетного направления в области безопасности дорожного движения (№ 37/222-663 от 01.09.2006 г.); решением Постоянной комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения при Совете Министров Республики Беларусь (№ 33/10 от 10.04.2008 г., п. 2.4).

Работа выполнена в рамках:

– комплексных научных исследований эффективности транспортной планировки городов, проводимых в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь № 332 от 28.06.2003 г. «Об утверждении генеральных планов городов» (п. 2.2) и Постановлением Совета Министров № 185 от 09.02.2006 г.;

– ГБ 06-202 «Повышение эффективности транспортной деятельности на основе совершенствования организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов» (2006–2010 гг.);

– ГБ 08-34 «Разработка методики снижения очаговой аварийности в населенных пунктах» (№ ГР 20083269, 2008–2009 гг.) (исследования выполнялись по отдельному заданию Министерства образования Республики Беларусь);

– Программы мероприятий, направленных на совершенствование организации, повышение безопасности дорожного движения и локализацию участков концентрации ДТП на автомобильных дорогах РУП «Минскавтодор-Центр»;

– НИОКР, финансируемых Департаментом «БЕЛАВТОДОР» (тема 09.432.2.2008 «Исследование эффективности применения технических средств организации дорожного движения (шумовые полосы, искусственные неровности и т.д.) и разработка методики обоснования эффективности их применения», № ГР 20080891, 2008–2009 гг.); Главного управления внутренних дел Мингорисполкома (тема «Разработка методики оценки (прогнозирования) издержек в дорожном движении при координированном регулировании на магистральной улице», № ГР 20091018, 2009 г.) и др.

Цель и задачи исследования

Цель работы – разработка методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности на основе прогнозирования аварийности и учета аварийных, экономических и экологических потерь.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих *задач*:

1) проанализировать существующее положение в области повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности, выбрать оценочные критерии качества дорожного движения и разработать основные методологические принципы повышения безопасности дорожного движения;

2) разработать структуру научно-методической системы повышения безопасности движения в городских очагах аварийности и выделить этапы работ по повышению безопасности движения;

3) выполнить исследования и разработать методику очагового анализа аварийности на типовых конфликтных объектах;

4) разработать методику определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь;

5) разработать методики прогнозирования аварийности для объектов исследования на основе моделей прогнозирования аварийности по авторскому методу конфликтных зон;

6) выполнить исследования процесса дорожного движения, создать модели задержек и остановок транспорта, псевдорегулируемого режима и разработать для объектов исследования методики расчета экономических и экологических потерь;

7) разработать новую модель прогнозирования аварийности и усовершенствовать метод конфликтных ситуаций для создания на его основе методики оперативной контрольной оценки аварийности при внедрении мероприятий;

8) создать и внедрить программно-методическое обеспечение на исследуемых типовых объектах и новые конструкции технических средств организации движения, а также проектные и организационно-технические решения в организацию дорожного движения.

Объекты исследования – типовые городские очаги аварийности: регулируемые перекрестки и искусственные неровности.

Предмет исследования – безопасность движения в городских очагах аварийности.

Положения, выносимые на защиту

1. Теоретически обоснованная и практически апробированная **методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности**, базирующаяся на комплексе новых методологических принципов и на новой научно-методической системе, включающая оценку качества и оптимизацию принимаемых решений по критерию минимизации суммарных потерь, оценку

качества и оптимизацию внедряемых мероприятий по критерию минимизации суммарной стоимости функционирования объекта и обязательную оперативную контрольную оценку аварийности при внедрении мероприятий, что в совокупности *обеспечивает* разработку и внедрение оптимальных (наилучших) мероприятий по повышению безопасности движения при одновременном снижении суммарных потерь и *позволяет* решить важнейшую социально-экономическую и научно-техническую проблему – повышение безопасности дорожного движения.

2. Комплекс методологических принципов повышения безопасности движения, включающий:

– принцип сбалансированного учета аварийных и экологических потерь, *основанный* на том, что в случае равенства суммарных потерь сопоставляемых решений проводятся ранжирование (повышение значимости) аварийных и экологических потерь и выбор по ранжированным суммарным потерям, *позволяющий* повысить точность оценки и вероятность выбора оптимальных (наилучших) решений;

– принцип минимизации суммарной стоимости функционирования объекта, *основанный* на учете одновременно капитальных вложений на внедрение мероприятий, затрат на эксплуатацию объекта и связанных с объектом суммарных потерь в дорожном движении, *позволяющий* выбрать оптимальное (наилучшее) мероприятие по повышению безопасности дорожного движения;

– принцип обязательной оперативной контрольной оценки аварийности, *основанный* на проведении оценки на реальном объекте по усовершенствованному методу конфликтных ситуаций в процессе внедрения мероприятий, *позволяющий* оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений, разработки или внедрения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения.

3. Научно-методическая система повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности, состоящая из 20 элементов, в том числе из программно-методического и нормативного обеспечений, трех методов прогнозирования аварийности и 15 различных методик, включающая 4 этапа работ, а именно: выбор исследуемого очага, анализ существующего положения, поиск и выбор наилучших решений, выбор и внедрение наилучших мероприятий, отличающаяся системным подходом к повышению безопасности движения в очагах аварийности, позволяющая резко снизить аварийность (в 1,5 раза и более), вплоть до ликвидации очага.

4. Усовершенствованный метод конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности, отличающийся новой математической моделью прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям, которая учитывает динамическое приведение конфликтных ситуаций по степени опасности к легкой, порог чувствительности конфликта, динамическое приведение аварий по тяжести по-

следствий и установленные нелинейные зависимости аварий от конфликтных ситуаций, *позволяющий* повысить точность прогноза в среднем в 4 раза по сравнению с известным методом и выполнить оперативную контрольную оценку аварийности при внедрении мероприятий в существующих городских очагах.

5. Методика очагового анализа аварийности, основанная на комплексном подходе к выявлению очагов и *учитывающая* предварительное установление причин аварий с использованием разработанного перечня типовых причин, методику натурного обследования очага с использованием разработанного перечня вопросов, заключительное установление причин аварий, *отличающаяся* предварительным выбором решений с использованием разработанного специального перечня типовых решений, в котором указана их эффективность, *позволяющая* оценить капиталовложения и разработать предварительные решения по повышению безопасности дорожного движения.

6. Методика определения расчетной социально-экономической стоимости аварий, включающая экономическую и социальную составляющие этой стоимости, *отличающаяся* наличием корреляционной зависимости расчетной стоимости аварий от удельной величины ВВП (на одного человека), *позволяющая* впервые определить расчетную стоимость аварий различной тяжести последствий и тем самым повысить качество принимаемых решений по повышению безопасности дорожного движения.

7. Комплекс методик прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон, включающий три методики прогнозирования на регулируемых перекрестках и две методики прогнозирования на искусственных неровностях, *отличающиеся* учетом большого количества факторов (более 10), характеризующихся около 110 параметрами, влияющих на аварийность, и высокой точностью прогноза (более чем в пять раз по сравнению с самым современным известным методом), *позволяющий* прогнозировать аварийность на стадиях выбора решений, проектирования, реконструкции или функционирования объекта и повысить путем разработки технических решений безопасность движения не менее чем на 15 %.

8. Комплекс методик определения экономических и экологических потерь, включающий методику расчета экономических потерь на искусственных неровностях, основанную на модели расчета потерь от остановок и задержек транспорта, *отличающуюся* учетом влияния расположенного в непосредственной близости пешеходного перехода и применением модели псевдорегулируемого режима движения для определения величины экономических издержек, *позволяющую* рассчитывать потери от задержек и остановок транспорта как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке; усовершенствованную методику расчета экологических потерь на регулируемых пе-

реквестках, отличающуюся способом формирования расчетного суммарного транспортного потока, учетом произведенных выбросов вредных веществ в нерегулируемом режиме работы перекрестка при расчете потерь от выбросов в атмосферу, учетом «сжатия» транспортных потоков при проезде перекрестка и времени нахождения каждого потока на перекрестке при расчете потерь от транспортного шума, что в совокупности обеспечило снижение экологических потерь на 12–32 %, экономических – на 18–38 % за счет внедрения оптимальных режимов регулирования, проектных решений по устройству транспортных объектов и размещению технических средств организации движения.

Личный вклад соискателя

Соискатель самостоятельно получил все основные результаты диссертационного исследования по созданию методологии, в том числе все положения, выносимые на защиту, выводы, рекомендации и заключение. Общая концепция исследований произведена с научным консультантом профессором А.И. Рябчинским. Под руководством соискателя и при его участии разработаны нормативные правовые акты по вопросам организации дорожного движения.

Соискатель совместно с соавторами выполненных работ (работниками кафедр «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения», «Охрана труда», «Автомобили» Белорусского национального технического университета (БНТУ), а также Научно-исследовательского центра дорожного движения БНТУ и УП «БелНИИПградостроительства») провел исследования транспортного шума на регулируемых перекрестках и имитационное моделирование проезда автомобиля через искусственную неровность, создал компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета аварийных, экономических и экологических потерь на регулируемых перекрестках, а также разработал новые конструкции дорожных светофоров.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты работы доложены и обсуждены более чем на пятидесяти *Международных научно-практических и научно-технических конференциях* по проблемам безопасности дорожного движения и совершенствования организации дорожного движения, которые проходили в городах: Минске (2005–2013 гг.), Гомеле (2008, 2010 и 2012 гг.), Санкт-Петербурге (2005, 2006, 2008–2010, 2012 гг.), Екатеринбурге (2008–2012 гг.), Челябинске (2009 г.), Харькове (2006, 2009–2012 гг.), Киеве (2010 и 2012 гг.), Риге (2005–2010, 2012 гг.), а также на Белорусско-Латвийском научно-инновационном форуме (г. Минск, 2007 г.); на семинарах «Совершенствование безопасности перевозки грузов и пассажиров» в рамках второй и третьей Международных специализированных выставках «Человек и безопасность» (г. Минск, 2006 и 2008 гг.); на научно-технической конферен-

ции «Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений» (г. Минск, 2012 г.).

На протяжении 2004–2012 гг. разработанные автором и руководимыми им коллективами технические средства организации движения и программные продукты экспонировались на Международных специализированных выставках «Транспорт и логистика» и «Человек и безопасность» с соответствующими докладами и презентациями разработок, например, в рамках II, IV и V Белорусских транспортных конгрессов «Транспорт и логистика» (г. Минск, 2008, 2010 и 2011 гг.), семинара «Совершенствование профилактической работы по обеспечению транспортной деятельности и охраны труда» в рамках V Международной специализированной выставки «Человек и безопасность» (6–8 июня 2012 г.) и др.

Опубликованность результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 109 печатных работ, в том числе 3 (две в соавторстве) монографии (21,6 а.л.); 41 статья в научно-технических журналах, включенных в перечень ВАК и удовлетворяющих ее требованиям (16,4 а.л.); 40 статей в сборниках научных трудов, докладов и материалов конференций (11,2 а.л.); 18 тезисов докладов (0,9 а.л.), 7 патентов. Общее количество авторских листов опубликованных материалов – 50,1.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, оглавления, общей характеристики работы, шести глав с выводами по каждой из них, заключения, списка использованных источников (227 наименований), списка публикаций соискателя по теме диссертации (109 наименований), приложения (отдельный том).

Объем диссертации – 194 страницы, полный объем диссертации составляет 462 страницы, в том числе 75 иллюстраций (34 страницы); 39 таблиц (22 страницы); библиографический список (32 страницы); приложения (180 страниц).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе «Проблемы в области повышения безопасности дорожного движения и пути их решения» проведено исследование существующей среды дорожного движения в Республике Беларусь, рассмотрена аварийность, как основная издержка дорожного движения, и выполнен анализ приведенных в литературных источниках работ по повышению безопасности движения методами организации дорожного движения.

Установлено, что в связи с резким ростом количества автомобилей в Республике Беларусь изменилась **среда дорожного движения**, материальная составляющая которой (транспортные средства, дороги, обустройство, технические средства регулирования) соответствует возросшей транспортной нагрузке

и изменившимся условиям движения. Однако *организационно-управленческая составляющая* (организация движения, обслуживание движения и др.) не адаптировалась к возросшей нагрузке и требует совершенствования. Уровень *организации движения в городах* страны отстает от современных требований. Отставание объясняется отсутствием научной методологии и системного подхода к организации движения.

Рассмотрена *аварийность*, как основная издержка дорожного движения, в том числе классификация дорожно-транспортных ситуаций, классификация аварий, оценка опасности участка улично-дорожной сети и оценочные показатели, а также виды анализа аварийности. Отмечена важность очагового анализа, который позволяет точно и быстро выявить причины аварий в конкретных очагах.

Установлено, что в подсистемах «Дороги», «Транспортные средства» и «Подготовка кадров» положение соответствует современному международному направлению комплексного повышения безопасности. Рассмотрено положение в подсистеме «Организация дорожного движения», оказывающей существенное влияние на безопасность движения. Установлено, что в дорожном движении Республики Беларусь еще не сформировалась надлежащая система повышения безопасности методами организации движения.

Отражена проблема выбора *оценочных критериев* качества дорожного движения. Используемые в отечественной и зарубежной практике частные критерии позволяют оценить отдельные свойства дорожного движения (аварийность, экономичность, экологичность), но не качество дорожного движения в целом. Для этих целей могут применяться лишь два комплексных оценочных критерия – «уровень обслуживания», дающий качественную оценку (отнесение к тому или иному «уровню»), и «потери в дорожном движении», дающие количественную (стоимостную) оценку. Последний критерий позволяет сопоставлять между собой различные свойства дорожного движения, а также объективно и всесторонне оценивать качество движения в целом на любом участке улично-дорожной сети. Однако для использования критерия потерь необходимы методики их расчета для различных условий движения.

Рассмотрены *методы прогнозирования аварийности*, определяющие методический уровень деятельности по повышению безопасности движения, и проведен обзор проводимых исследований в этой области. Предложена классификация методов и областей используемой ими информации. Установлено, что существующие методы непригодны для прогнозирования аварийности в городских очагах на стадии принятия решений. Исключение составляет лишь метод *конфликтных зон*, точность которого приемлема для практических работ по организации движения. Выполнен обзор исследований по оценке расчетной *социально-экономической стоимости аварийных издержек*. Установлено, что эта стоимость зависит от

удельной (на 1 чел./год) величины ВВП. В качестве *объектов исследования* приняты наиболее опасный и наименее изученный очаги аварийности – регулируемый перекресток и искусственная неровность. Обоснованы и сформулированы направленность и цель работы и определены основные задачи исследования.

Во второй главе «*Основные положения методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности*» рассматриваются основные *методологические принципы* повышения безопасности и объединенные в *научно-методическую систему* основные методы и способы снижения очаговой аварийности, а также вопросы определения исходных данных, необходимых для расчетных работ. Разработанная *методология* объединяет в систему методологические принципы, методы и способы организации деятельности по повышению безопасности движения (рисунок 1). Она построена на пяти специальных *методологических принципах*, из которых два существующих: максимизация опасности при выборе первоочередного объекта исследования; минимизация суммарных потерь при оценке качества и выборе решений; и три новых: сбалансированный учет аварийных и экологических потерь при выборе решений, применяется в случаях равенства суммарных и неравенства аварийных и экологических потерь конкурирующих вариантов – предпочтение отдается варианту с наименьшими аварийными и затем экологическими потерями; минимизация суммарной стоимости функционирования объекта, в которую входят приведенные к годовым капитальные вложения, затраты на эксплуатацию и суммарные потери в дорожном движении – применяется при выборе и разработке мероприятий; обязательная оперативная контрольная оценка аварийности на основе метода конфликтных ситуаций при внедрении мероприятий, позволяющая обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений, разработки и внедрения мероприятий.

Научно-методическая система – совокупность методов, способов повышения безопасности движения и необходимого обеспечения, состоит из 20 элементов и включает четыре этапа работ. В качестве элементов системы выступают методы, методики и обеспечение, а в качестве способов – этапы работ, представляющие объединенные целевые группы приемов повышения безопасности дорожного движения. Разработанная система рассматривает не только теоретическую, но и практическую стороны деятельности по повышению безопасности движения в городских очагах аварийности.

К *элементам* научно-методической системы относятся три метода прогнозирования аварийности (разработанный ранее авторский метод конфликтных зон; усовершенствованный метод конфликтных ситуаций; адаптированный (к городским условиям Республики Беларусь в части установки искусственных неровностей) статистический метод); комплекс методик прогнозирования аварийности по

методу конфликтных зон на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях; методика определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек; методика расчета аварийных потерь; комплекс методик расчета экономических и экологических потерь; методика очагового анализа аварийности; методика проведения экспериментальных исследований дорожного движения, а также программно-методическое и нормативное обеспечения.

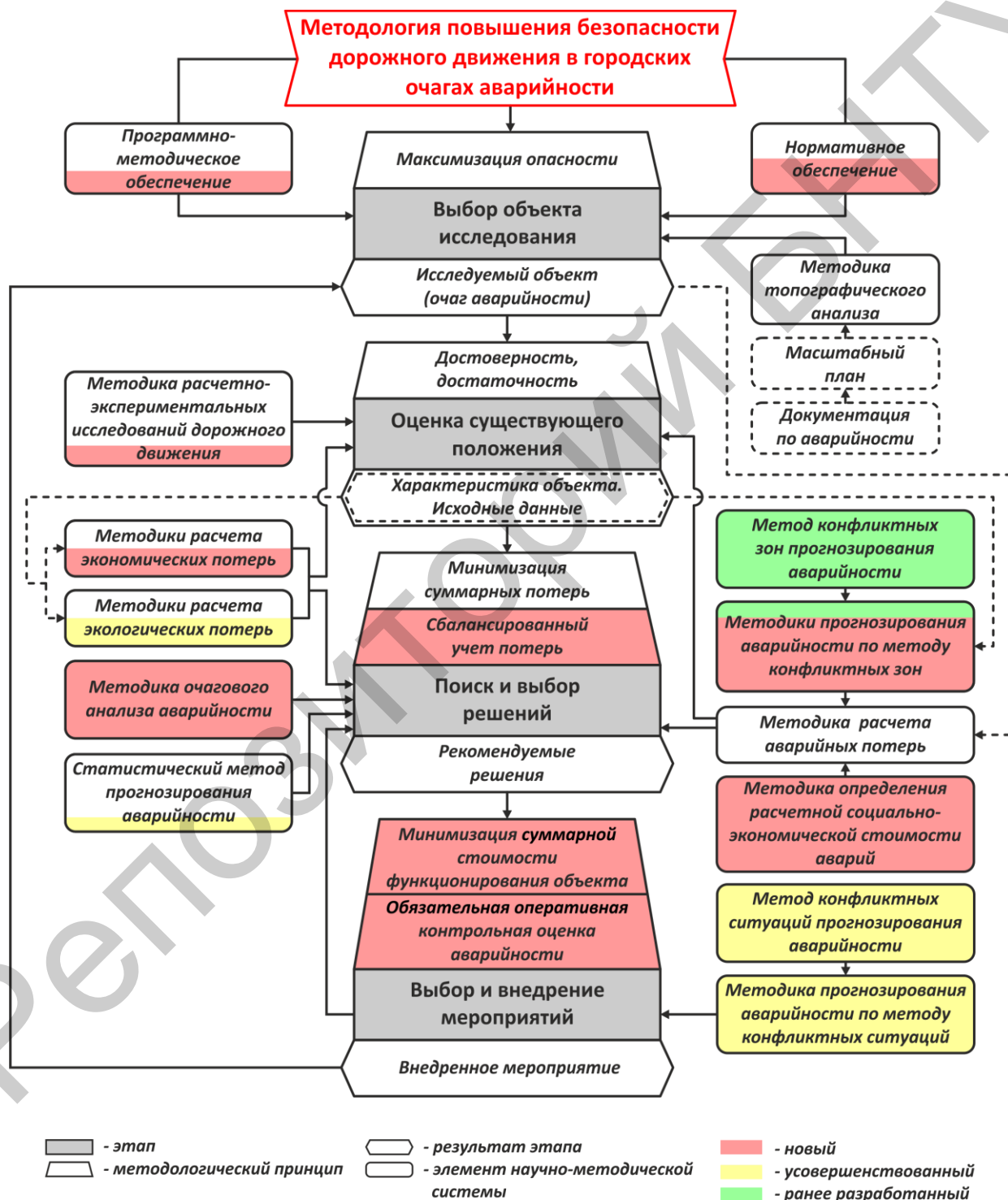


Рисунок 1 – Принципиальная структура методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности

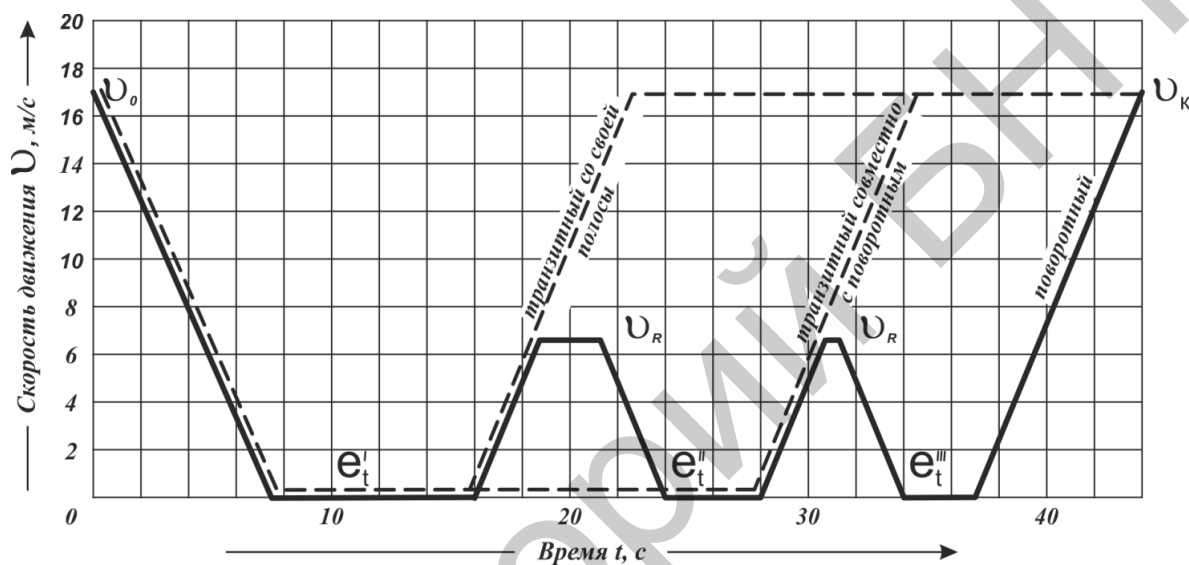
Научно-методическая система включает следующие *этапы* работ: 1) выбор объекта исследования на основе топографического анализа (принимаются наиболее «тяжелые» по аварийности или наиболее значимые объекты в транспортной системе города); 2) оценка существующего положения на объекте, включающая четыре процедуры: натурное обследование, определение исходных данных, расчет потерь, прогнозирование аварийности по методам конфликтных зон и конфликтных ситуаций с целью определения погрешности прогноза; 3) поиск и выбор решений, включающая три процедуры: очаговый анализ аварийности, предварительный поиск и выбор решений, оценка сопоставляемых решений по величине потерь и выбор наилучших решений; 4) выбор и внедрение мероприятий проводятся исполнительной (эксплуатирующей) организацией на основе переданных ей наилучших решений, а также материально-технических, финансовых, организационных и иных возможностей этой организации. В процессе внедрения осуществляется оперативная контрольная оценка аварийности при внедрении мероприятия, позволяющая выявить и устранить возможные недоработки или ошибки.

Приведены *особенности определения исходных данных* для анализа и прогнозирования аварийности, расчета потерь и выбора решений, которые можно разделить на четыре группы: геометрические характеристики; светофорное регулирование и обустройство; дорожные условия; транспортно-пешеходная нагрузка. Приведены перечень необходимых исходных данных и способы получения некоторых из них. Например, параметры распределения скоростей движения транспортных потоков на регулируемом перекрестке, необходимые для стандартных расчетов экологических потерь (математическое ожидание \bar{v} , м/с; среднее квадратическое отклонение σ_v , м/с; коэффициент вариации распределения скорости I_v ; среднее квадратическое отклонение распределения ускорений σ_a , м/с²; градиент скорости: $G_v = \frac{\sigma_a}{\bar{v}}$, 1/с; коэффициент изменения расхода топлива от неравномерности скорости: $K_{FG} = 1 + 0,3(20G_v + I_v)$), рекомендуется определять расчетным путем с учетом удельных остановок и задержек транспорта на всех трех стоп-линиях (рисунок 2).

В третьей главе «*Разработка методики очагового анализа аварийности*» рассмотрены указанная методика и исследования статистического метода прогнозирования аварийности на искусственных неровностях по адаптации к городским условиям Республики Беларусь.

Методика очагового анализа аварийности включает следующие этапы: 1) предварительное установление причин на основе анализа дислокации аварий с использованием разработанного перечня типовых причин и сопутствующих обстоятельств, относящихся в основном к организации движения; 2) натурное обследование очага по разработанным инструкциям для всех типовых город-

ских очагов аварийности с использованием специальных бланков аудита; 3) заключительное установление причин аварий по результатам натурного обследования. В случае затруднений с установлением причин аварий проводится повторное натурное обследование с участием транспортников, психологов и других специалистов; 4) предварительный выбор решений по повышению безопасности движения, исходя из условия непревышения существующих суммарных потерь в очаге (выполняется с использованием разработанного специального перечня типовых решений, для каждого из которых указана предварительная аварийная, экологическая и экономическая эффективность).



v_0 и v_k – начальная и конечная скорости; v_R – скорость движения поворотных потоков; e_t^I – удельная задержка на 1-й стоп-линии; e_t^{II} и e_t^{III} – удельная задержка на условных 2-й и 3-й стоп-линиях

Рисунок 2 – Обобщенная $t-v$ диаграмма распределения скорости движения на регулируемом перекрестке

Поскольку имеющаяся статистическая информация противоречива и коэффициенты снижения аварийности в разных международных источниках отличаются до трех раз, то проведены исследования статистического метода прогнозирования аварийности в части, касающейся применения искусственных неровностей в городских условиях Республики Беларусь. Установлено, что устройство в зоне пешеходного перехода искусственной неровности снижает аварийность с пострадавшими на 50 %, что не противоречит европейским данным, но повышает почти на 10 % число аварий с материальным ущербом.

Четвертая глава «Разработка методики расчета аварийных потерь и моделей прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон» посвящена созданию комплекса методик прогнозирования аварийности по автор-

скому методу конфликтных зон на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях и методики определения расчетной социально-экономической стоимости аварий, что в совокупности позволяет рассчитать аварийные потери.

В разработанной *методике определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек* эта стоимость зависит от удельной величины ВВП (на одного человека), стоимости лечения и реабилитации пострадавших и реальных выплат по обязательному страхованию и состоит из экономической составляющей, отражающей материальный ущерб, нанесенный государству и обществу, и социальной составляющей, отражающей «душевную боль» от гибели, ранения или подвержения смертельному риску людей.

Предложена формула определения стоимости издержек аварии с материальным ущербом C_a^M , в которой первый член оценивает экономическую составляющую, а второй – социальную:

$$C_a^M = C_{стр} (1 + \Delta_{стл}) (1 + \Delta C_{соп}) + 10^{-3} C_{ВВП}^{\beta} \frac{(1 + \Delta_{стл}) n_{рбт}}{365}, \text{ долл./ав.}, \quad (1)$$

где $C_{стр}$ – средняя величина страховых выплат на одно транспортное средство при аварии с материальным ущербом. По состоянию на 2010 г. $C_{стр} = 950$ долл./авт.;

$\Delta_{стл}$ – доля столкновений в общем числе аварий с материальным ущербом. Основываясь на результатах статистических исследований: $\Delta_{стл} = 0,7$;

$\Delta C_{соп}$ – доля сопутствующих расходов (оформление и сопровождение документации по аварии, возможные судебные издержки, транспортные затруднения на месте аварии и т.д.) в общей стоимости экономической составляющей аварии с материальным ущербом. Основываясь на результатах исследований: $\Delta C_{соп} = 0,08$ (около половины этой величины составляет стоимость транспортных затруднений на месте аварии);

$C_{ВВП}$ – удельная величина ВВП, долл./чел.год. ($C_{ВВП} = 5\,500$ долл./чел.год);

β – показатель степени, условно характеризующий долю ВВП в государственных расходах на социально-гуманитарные потребности общества. В результате исследований установлено: $\beta = 1,97$;

$n_{рбт}$ – количество дней реабилитации (без госпитализации) потерпевшего, для аварий с легким ранением $n_{рбт} = 7$; с тяжелым ранением – 14; для аварий с материальным ущербом это относится к водителю и $n_{рбт} = 1$.

Стоимость издержек аварий с легким $C_a^{рл}$ или тяжелым $C_a^{рт}$ ранениями определяются по формуле

$$C_a^{р(л, т)} = C_{ВВП} \frac{3n_{гсп} + n_{рбт}}{365} + C_{ВВП}^{\beta} \frac{n_{гсп} + n_{рбт}}{365} 10^{-3} + C_a^M, \text{ долл./ав.}, \quad (2)$$

где $n_{гсп}$ – количество дней госпитализации пострадавшего. При легком ранении $n_{гсп} = 7$ дней, при тяжелом – 30 дней.

Расчетная стоимость издержек аварии со смертельным исходом C_a^c определяется по формуле

$$C_a^c = 20 C_{ВВП} + C_{ВВП}^{\beta} 10^{-3} + C_a^M, \text{ долл./ав.} \quad (3)$$

Расчетная стоимость издержек *аварий с ранением, повлекшим инвалидность*, принята равной 1/3 от расчетной стоимости аварий со смертельным исходом. Стоимость издержек *аварии с ранением без указания тяжести последствий* определена как средневзвешенная расчетной стоимости аварий с ранениями различной тяжести; *аварии без указания тяжести последствий* – как средневзвешенная расчетной стоимости аварий с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом. В таблице 1 приведены результаты расчетов стоимости аварийных издержек по предложенной методике.

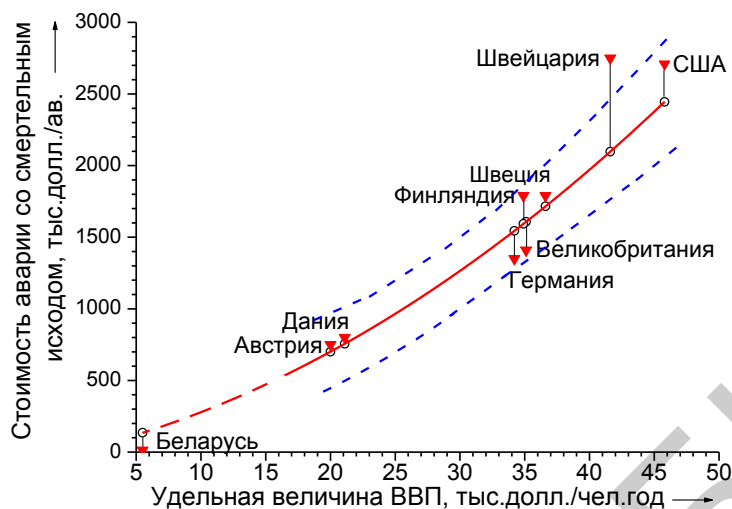
Таблица 1 – Зависимость расчетной стоимости аварийных издержек в Республике Беларусь от удельной величины ВВП

Тяжесть последствий	Прогнозные значения ВВП, долл./чел.год						
	5 000	5 500	6 000	7 000	8 000	9 000	10 000
Материальный ущерб	1 800	1 800	1 800	1 900	1 900	1 900	2 000
Ранение легкое	2 900	3 100	3 300	3 800	4 400	5 000	5 600
Ранение тяжелое	5 600	6 200	6 900	8 300	10 000	12 000	14 000
Ранение, повлекшее инвалидность	40 000	45 000	50 000	60 000	70 000	81 000	93 000
Ранение в среднем	4 000	4 400	4 800	5 600	6 500	7 500	8 500
Смертельный исход	120 000	135 000	150 000	180 000	210 000	240 000	280 000
Авария, в среднем	3 800	4 000	4 300	4 800	5 400	6 000	6 700

Для проверки адекватности разработанной методики были сопоставлены страховые оценки стоимости аварий со смертельным исходом в развитых странах с результатами расчета по предложенной методике (рисунок 3). Видно, что сходимость результатов высокая (средняя погрешность не превышает 12 %).

В диссертационной работе разработан **комплекс методик прогнозирования аварийности** по авторскому методу конфликтных зон, состоящий из *индивидуальных* и *частных* методик. Индивидуальная методика относится к типовому конфликтному объекту. Она включает несколько частных методик, относящихся к данному виду (или группе видов) конфликта на данном типовом объекте. Частная методика включает несколько *моделей* определения приве-

денной аварийности в данном режиме работы объекта – нерегулируемом, регулируемом внутрифазном и регулируемом межфазном.



стоимость аварий со смертельным исходом:
 ○ полученная по предложенной методике; — полином второй степени $Y = 0,7X^2 + 21,34X - 7,71$ ($R=0,95$; $F=124,5$)
 ▼ страховая (из информационных источников) - - - границы 90% доверительного интервала

Рисунок 3 – Зависимость стоимости аварийных издержек со смертельным исходом от удельной величины ВВП

Индивидуальная методика прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках состоит из четырех частных методик в конфликтах: «транспорт–транспорт», столкновения боковые и поворотные; «транспорт–транспорт», столкновения с ударом сзади и попутные; «поворотный транспорт–пешеход» и «транзитный транспорт–пешеход», а на искусственных неровностях – из двух частных методик в конфликтах: «транспорт–транспорт» и «транзитный транспорт–пешеход». Ниже рассмотрена структура методик прогнозирования аварийности. Потенциальная опасность P_0 определяется по формуле

$$P_0 = K_{он}^a \cdot K_v^{a_2} \cdot K_b^a \cdot K_p^a \cdot K_n^a \cdot K_y^a \cdot K_t^a, \text{ ед.}, \quad (4)$$

где $K_{он}$ – коэффициент начальной вероятности конфликта, характеризующий вероятность одновременного появления двух конфликтующих участников в пространстве вокруг конфликтной точки, условно ограниченном эллипсом с полуосями, равными расстоянию, преодолеваемому конфликтующими участниками за 1 с;

K_v – коэффициент скоростей, являющийся функцией скоростей, квадрата скоростей и угла взаимодействия конфликтующих участников;

K_b – коэффициент вида конфликта, характеризующий пространственные факторы, являющиеся функцией габаритов конфликтующих участников, угла их взаимодействия, видимости, ширины полосы движения и т.п.;

K_p – коэффициент плотности, характеризующий влияние интенсивности и плотности транспортного потока на вероятность возникновения аварии, являющийся функцией интенсивности и состава потоков, характеристик светофорного цикла и др.;

K_n – коэффициент нарушений, характеризующий вероятность возникновения коллизии при грубых нарушениях Правил дорожного движения, является функцией загрузки полосы движением, интенсивности движения, наличия непосредственного контроля за движением и т.д.;

K_y – коэффициент условий, характеризующий ранжируемые условия конфликтного движения – видимость, скользкость и ровность покрытия проезжей части, ширину полос движения и пр.;

K_t – коэффициент времени, характеризующий продолжительность работы объекта под расчетной транспортно-пешеходной нагрузкой;

a_1 – a_6 – показатели степени коэффициентов, позволяющие учитывать влияние каждой группы факторов, определяемых приведенными коэффициентами, на потенциальную опасность.

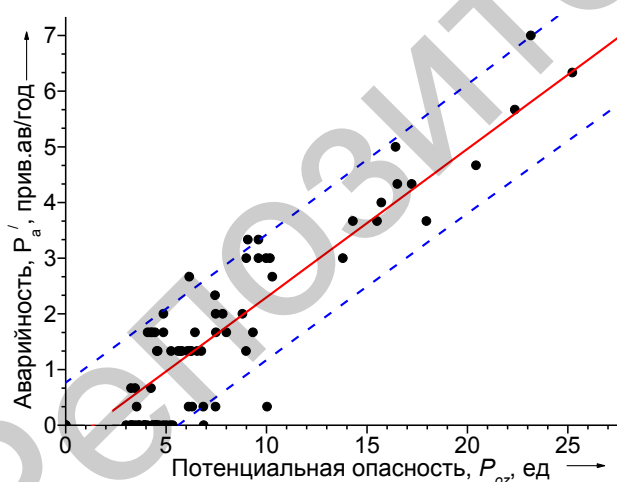
Определяются конфликтные точки и конфликтные зоны. Для каждой конфликтной точки рассчитывается потенциальная опасность P_o , после чего проводится их ранжированное суммирование с учетом порога чувствительности P_{o0} в пределах конфликтной зоны. Определяется потенциальная опасность конфликтных зон P_{oz} и проводится их ранжирование по отношению к самой опасной зоне P'_{oz} . Определяется вероятное число приведенных аварий P'_a в каждой ранжированной конфликтной зоне, а затем суммируются в пределах перекрестка. Используя полученное из специальной статистической выборки распределение аварий по тяжести последствий, определяется количество аварий каждой тяжести.

Зависимости аварийности от потенциальной опасности, полученные для всех разработанных методик, являются статистически значимыми и имеют точность, пригодную для практических работ по организации движения (таблица 2). В таблице 2 приведены следующие обозначения: R – коэффициент корреляции; F – критерий Фишера; E – коэффициент линейной ошибки аппроксимации; (н) – нерегулируемый; (рв) – регулируемый внутрифазный; (рм) – регулируемый межфазный; Т–Т – «транспорт–транспорт»; Т–П – «транспорт–пешеход».

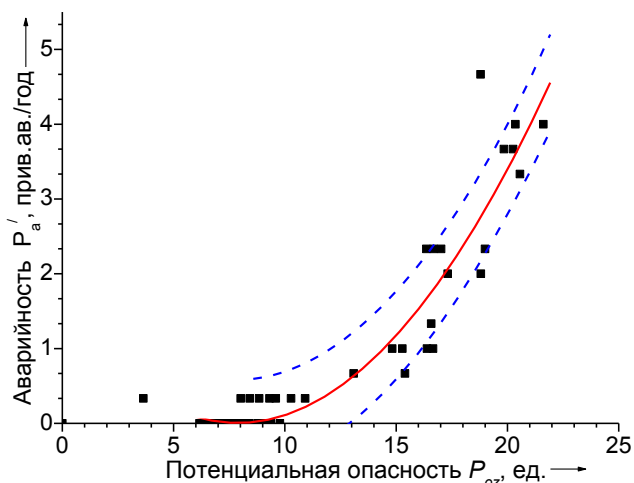
На рисунке 4 в качестве примера приведены графики некоторых из установленных зависимостей. Видно, что зависимости статистически значимы и имеют точность, приемлемую для практических работ по организации движения. Видно также, что в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» при наличии искусственной неровности пороговое значение потенциальной опасности более высокое, чем для перекрестка, и значительно выше, чем для других видов конфликта. Это объясняется тем, что при наличии искусственной неровности пешеходы переоценивают свою защищенность и принимают несколько больший риск.

Таблица 2 – Результаты исследования зависимости аварийности от потенциальной опасности

Типовой объект	Тип и вид конфликта		Режим движения и вид зависимости	Статистика		
				R	F	E
Регулируемый перекресток	Т-Т	Столкновения боковые, поворотные	(н) $P'_a = -0,087 + 0,348P_{oz}$	0,93	521,8	0,51
			(рм) $P'_a = -0,038 + 1,465P_{oz}$	0,92	503,2	0,66
			(рв) $P'_a = 0,339 + 0,334P_{oz}$	0,93	495,6	0,50
		Столкновения с ударом сзади, попутные	(н) $P'_a = 0,04 - 0,002P_{oz} + 0,05P_{oz}^2$	0,84	343,6	0,59
			(рм) $P'_a = 0,103 - 0,072P_{oz} + 0,02P_{oz}^2$	0,81	290,1	0,56
			(рв) $P'_a = -0,22 + 1,337P_{oz}$	0,84	347,8	0,52
	Т-П	Поворотный Т-П	(н) $P'_a = -0,01 + 0,042P_{oz}$	0,74	221,4	0,68
			(рв) $P'_a = -0,22 + 1,337P_{oz}$	0,84	347,8	0,52
	Транзитный Т-П	(н) $P'_a = -0,004 - 0,058P_{oz} + 0,014P_{oz}^2$	0,90	450,1	0,49	
		(рм) $P'_a = -0,364 + 0,267P_{oz}$	0,83	466,7	0,53	
Искусственная неровность	Т-Т	Столкновения с ударом сзади, попутные	(н) $P'_a = -1,76 + 0,471P_{oz}$	0,85	216,4	0,63
	Т-П	Транзитный Т-П	(н) $P'_a = 1,438 - 0,364P_{oz} + 0,023P_{oz}^2$	0,91	395,8	0,61



а



б

— $P'_a = -0,364 + 0,267P_{oz}$ ($R=0,83; F=466,7; E=0,53$) — $P'_a = 1,438 - 0,364P_{oz} + 0,023P_{oz}^2$ ($R=0,91; F=395,8; E=0,61$)
 - - - границы 90 % доверительного интервала - - - границы 90 % доверительного интервала

Рисунок 4 – Зависимости аварийности от потенциальной опасности в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» нерегулируемого режима работы перекрестка (а) и на искусственной неровности (б)

Пятая глава «Научно-методическое обеспечение методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности» посвящена разработке методик расчета экономических и экологических потерь на регулируемых перекрестках и искусственных неровностей, а также оперативной контрольной оценки аварийности при внедрении мероприятий и процессу совершенствования метода конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности, на котором базируется эта методика.

В методике расчета *экономических потерь на регулируемых перекрестках* определяются потери от экономических издержек – задержки, остановки и перепробег транспорта, а также задержки и перепроход пешеходов. Потери от задержек и остановок транспорта рассчитываются для каждой полосы движения отдельного направления и затем суммируются в пределах перекрестка. Потери от перепробега транспорта – в случае запрещения или отнесения поворотов; потери от задержек пешеходов – для каждого пешеходного перехода и затем суммируются в пределах перекрестка. Потери от перепрохода пешеходов – только в случае закрытия пешеходного перехода или существенного отнесения его от перекрестка (более 6 м от линии тротуаров).

Разработана методика расчета *экономических потерь на искусственных неровностях*. Поскольку проезд искусственной неровности близок к процессу остановки автомобиля, то принято допущение, что основные издержки определяются как одна условная остановка автомобиля с разрешенной скорости движения. Имеются еще дополнительные издержки, связанные с образованием небольших очередей при подъезде к искусственной неровности плотных пачек автомобилей или с наличием рядом с ней нерегулируемого пешеходного перехода. Образование этих очередей вызывает задержки транспорта и дополнительные остановки (со скорости около 20 км/ч) при «ступенчатом» перемещении автомобиля на первую позицию в очереди. Возможны случаи, когда в зоне искусственной неровности возникает транспортно-пешеходная перегрузка, вызывающая образование долго не «рассасывающихся» очередей (заторов). Все эти особенности учтены при расчете потерь по разработанной методике.

При расчете задержек и дополнительных остановок транспорта возникли трудности, связанные с неоднозначностью приоритета при переходе проезжей части на нерегулируемом пешеходном переходе. Действующие Правила дорожного движения предоставляют пешеходу приоритет в двух фазах перехода из трех, а именно: непосредственно в переходе и окончании перехода (п. 16.2 ПДД). Начинать переход проезжей части пешеход может лишь тогда, когда он убедится в безопасности выхода (п. 17.2 ПДД), т.е. в неприоритетном режиме. Поэтому применение здесь существующих формул расчета задержек и дополнительных остановок транспорта в нерегулируемом конфликте, когда один из

участников имеет однозначный приоритет, является некорректным. Выход был найден путем замены модели расчета нерегулируемого режима движения на модель расчета *псевдорегулируемого режима*, что позволяет рассчитывать задержки и дополнительные остановки транспорта как при нормальной нагрузке, так и при перегрузках.

Такая модель была разработана, и на основании ее построены графики для определения удельных задержек (рисунок 5, а) и удельных дополнительных остановок (рисунок 5, б) для любой транспортно-пешеходной нагрузки при наличии в непосредственной близости нерегулируемого пешеходного перехода.

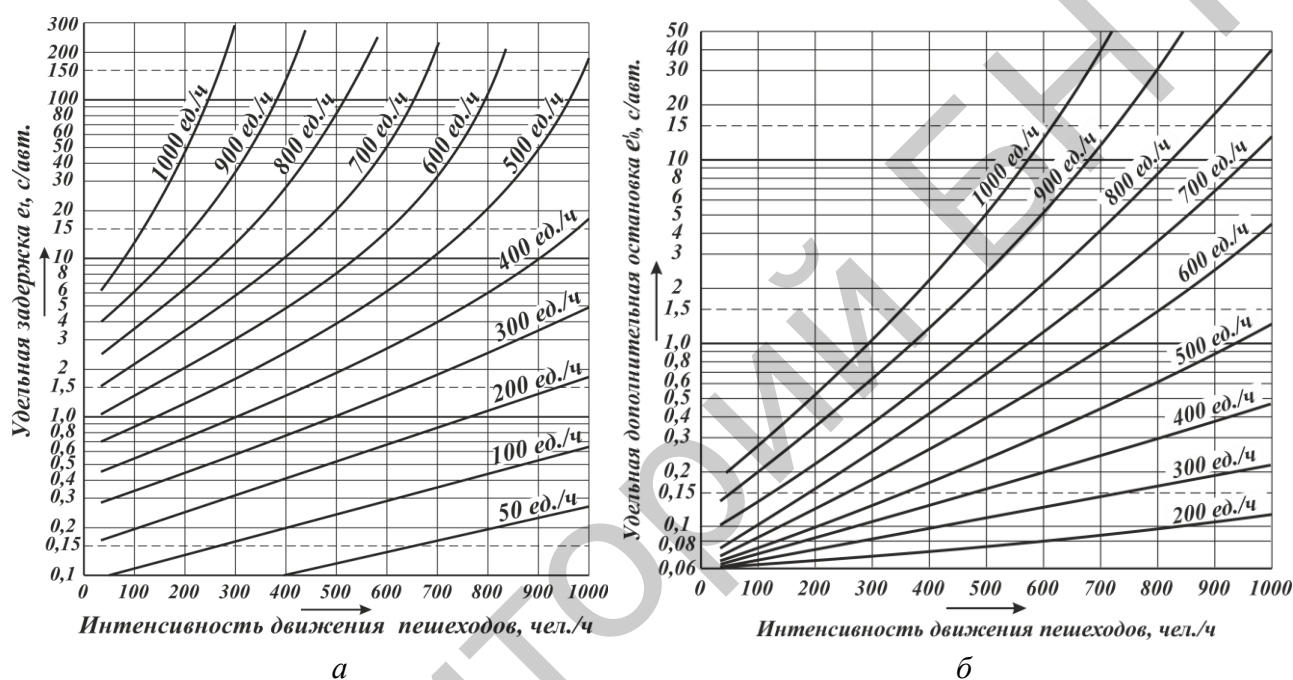


Рисунок 5 – График определения удельной задержки (а) и удельных дополнительных остановок (б) транспорта на искусственных неровностях

В методику *расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках* внесены изменения по формированию расчетных суммарных транспортных потоков, по дополнительному учету выбросов вредных веществ в атмосферу при нерегулируемом режиме работы перекрестка, а также по определению и суммированию экологического вреда от каждого суммарного транспортного потока при расчете потерь от транспортного шума. Эти изменения позволили повысить точность расчета. *Методика расчета экологических потерь на искусственных неровностях* структурно не отличается от методики расчета потерь на регулируемых перекрестках. Имеются отличия по способу формирования расчетного суммарного транспортного потока и по специфике получения отдельных исходных данных.

Апробация методик проводилась при разработке проектных решений и последующей их реализации в дорожной отрасли, о чем имеются соответствующие акты (справки) внедрения.

На основе разработанных методик прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон и методик расчета аварийных, экономических и экологических потерь созданы **компьютерные программы прогнозирования аварийности и расчета потерь** для выбора и обоснования принимаемых решений по критерию минимизации потерь. Они зарегистрированы в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь.

Методика оперативной контрольной оценки аварийности при внедрении мероприятий основана на подсчете числа конфликтных ситуаций на объекте сразу же после внедрения мероприятий с последующим перерасчетом их в прогнозируемое число аварий. Это позволяет оперативно оценить аварийную эффективность внедряемых мероприятий на объекте и при необходимости внести соответствующие коррективы. Однако существующий метод прогнозирования аварийности по конфликтным ситуациям не обладает достаточной точностью прогноза, пригодной для практического применения, поэтому проведены исследования и его совершенствование с целью повышения точности.

В существующем **методе конфликтных ситуаций** прогнозируемое число аварий P_a определяется для каждого вида конфликта по формуле

$$P_a = n_{\text{кфс}} \eta_{\text{кфс}}, \text{ ав./год} \quad (5)$$

где $n_{\text{кфс}}$ – число конфликтных ситуаций, кфс/год;

$\eta_{\text{кфс}}$ – коэффициент приведения конфликтных ситуаций к авариям.

Разработана новая модель:

$$P'_a = f(n''_{\text{кфс}} 10^{-3}), \text{ прив.ав./год}, \quad (6)$$

где P'_a – прогнозируемое число *приведенных* аварий, прив.ав./год;

$f(n''_{\text{кфс}} 10^{-3})$ – функция пересчета числа расчетных приведенных конфликтных ситуаций в число приведенных аварий для каждого вида конфликта;

$n''_{\text{кфс}}$ – число расчетных приведенных конфликтных ситуаций. Определяются с учетом порога чувствительности по формуле

$$n''_{\text{кфс}} = n'_{\text{кфс}} - (k d_{\text{кфс}}) \Phi_t, \text{ прив.кфс/год}, \quad (7)$$

где $n'_{\text{кфс}}$ – число приведенных конфликтных ситуаций, прив.кфс/год;

k – число конфликтных точек данного вида конфликта на исследуемом конфликтном объекте, в которых происходили конфликтные ситуации;

$d_{\text{кфс}}$ – порог чувствительности конфликта по конфликтным ситуациям в данном виде конфликта, кфс/ч;

Φ_t – годовой фонд времени, ч/год.

Число *неприведенных* аварий i -й тяжести последствий P_{ai} определяется как

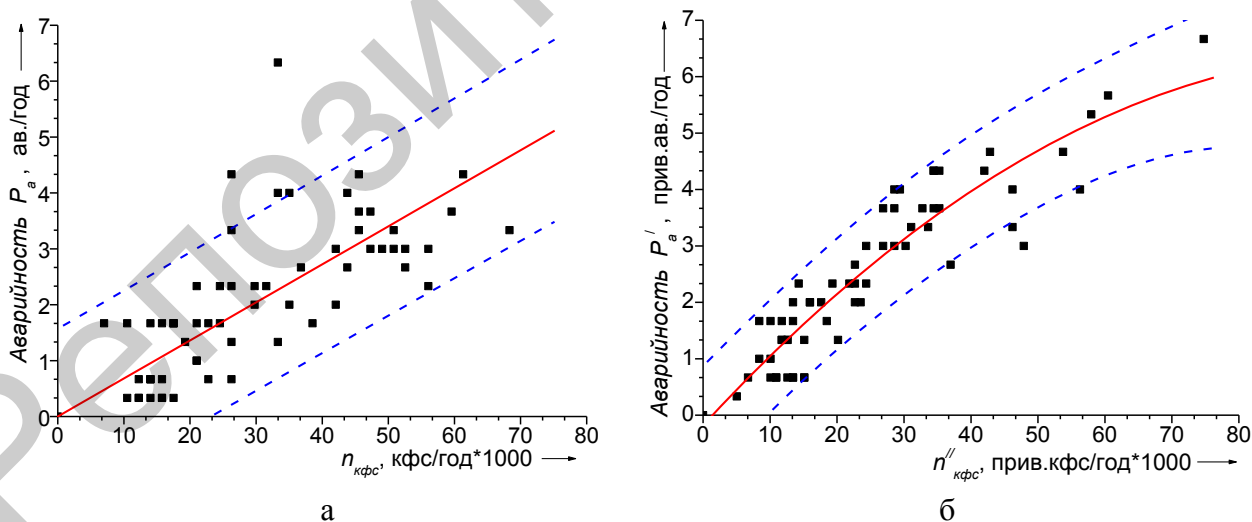
$$P_{ai} = \frac{P'_a \delta_{ai}}{K_{\text{пак}}^{\Sigma}}, \text{ ав./год}, \quad (8)$$

где δ_{ai} – доля аварий i -й тяжести последствий в исследуемом конфликте. Определяется из статистики аварийности для каждого вида конфликта;

$K_{\text{пак}}^{\Sigma}$ – суммарный динамический коэффициент приведения аварий по тяжести последствий.

Исследуемая выборка включала 180 объектов (100 регулируемых перекрестков и 80 искусственных неровностей); 3 360 аварий (2 946 с материальным ущербом, 395 с ранением и 19 со смертельным исходом); 19 995 конфликтных ситуаций за 5 часов измерений (19 019 легких, 871 средних и 105 тяжелых).

На рисунке 6 и в таблице 3 в качестве примера приведены некоторые результаты исследований. Зависимости аварийности от конфликтных ситуаций, полученные для всех шести основных видов конфликтов, являются статистически значимыми и имеют точность, пригодную для практических работ по организации дорожного движения.



— $P_a = 0,062n_{\text{кфс}}$ ($R=0,51; F\text{-критерий}=62,6; E=1,1$) — $P'_a = -0,18 + 0,129 n''_{\text{кфс}} - 0,0006 n''_{\text{кфс}}{}^2$ ($R=0,84; F=169,5; E=0,61$)
 - - - границы 90 % доверительного интервала - - - границы 90 % доверительного интервала

Рисунок 6 – Зависимость аварийности от конфликтных ситуаций для базовой (а) и новой (б) модели в конфликте «столкновения боковые»

Таблица 3 – Результаты исследований конфликтных ситуаций

Схема конфликта	Динамические коэффициенты приведения				Порог чувствительности, кфс/ч	$K_{\text{пак}}^{\Sigma}$	Доля аварий i -й тяжести			Расчетная функция для определения числа приведенных аварий P'_a : $P'_a = f(n''_{\text{кфс}} 10^{-3})$, прив.ав./год	$\eta_{\text{кфс}} 10^{-5}$ (автор)	Статистика			
	конфликтных ситуаций		аварий				δ_a^M	δ_a^P	δ_a^C			R	E	F	
	$K_{\text{пк}}^P$	$K_{\text{пк}}^C$	$K_{\text{пак}}^P$	$K_{\text{пак}}^C$											
	4	11	2	6	0,04	1,185	0,867	0,120	0,013	$P'_a = -0,0006(n''_{\text{кфс}} 10^{-3})^2 + 0,129 n''_{\text{кфс}} 10^{-3} - 0,18$	6,2	0,84	0,61	169	
	9	25	3	10	0,08	1,213	0,904	0,093	0,003	$P'_a = 0,113 n''_{\text{кфс}} 10^{-3} - 0,52$	18,4	0,89	0,65	422	
	7	36	7	16	0,30	1,132	0,981	0,017	0,002	$P'_a = 0,00027(n''_{\text{кфс}} 10^{-3})^2 + 0,04 n''_{\text{кфс}} 10^{-3} - 0,211$	6,0	0,89	0,61	301	
	13	61	9	23	0,30	1,268	0,970	0,028	0,002	$P'_a = 0,073 n''_{\text{кфс}} 10^{-3}$	9,1	0,84	0,74	274	
	$V \leq 30$	32	72	10	18	0,08	8,736	0,118	0,862	0,020	$P'_a = 0,002(n''_{\text{кфс}} 10^{-3})^2 + 0,067 n''_{\text{кфс}} 10^{-3} - 0,369$	2,9	0,79	0,72	313
	$V > 30$	36	81	11	22	0,04	10,289	0,103	0,868	0,029	$P'_a = 0,00027(n''_{\text{кфс}} 10^{-3})^2 + 0,038 n''_{\text{кфс}} 10^{-3} - 0,435$	7,4	0,81	0,73	378
	27	38	6	15	0,14	5,495	0,137	0,843	0,020	$P'_a = 0,067 n''_{\text{кфс}} 10^{-3} - 0,406$	2,7	0,82	0,68	373	

Примечание – $K_{\text{пк}}^P$ и $K_{\text{пк}}^C$ – динамические коэффициенты приведения соответственно средних и тяжелых конфликтных ситуаций к легкой; $K_{\text{пак}}^P$ и $K_{\text{пак}}^C$ – динамические коэффициенты приведения аварий соответственно с ранением и смертельным исходом к авариям с материальным ущербом; δ_a^M , δ_a^P , δ_a^C – доля аварий соответственно с материальным ущербом, ранением и смертельным исходом.

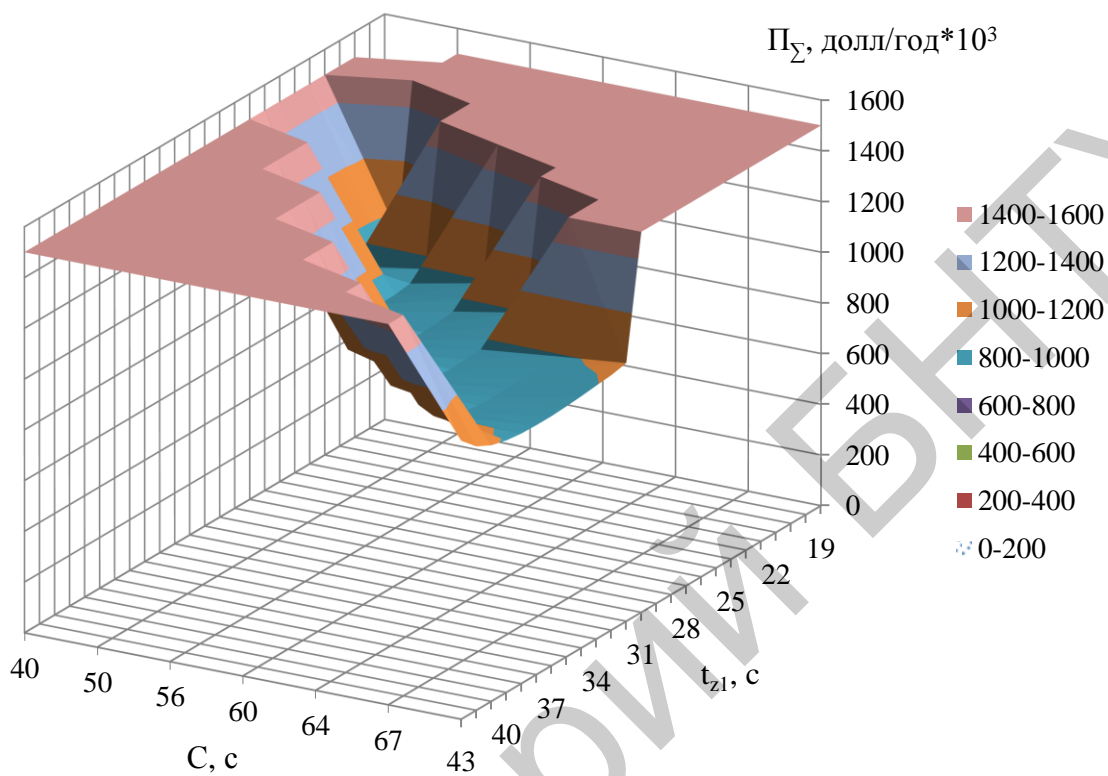
Оценка адекватности существующего и усовершенствованного методов конфликтных ситуаций была выполнена на пяти типовых объектах – трех регулируемых перекрестках и двух нерегулируемых пешеходных переходах в зоне искусственных неровностей. Определялась прогнозируемая аварийность, которая сравнивалась с реальной по каждому виду конфликта и объекту. Установлено, что усовершенствованный метод по сравнению с существующим обладает более высокой точностью прогноза как для каждого вида конфликта, так и для каждого исследуемого объекта – в среднем в 4 раза, и является пригодным для практических работ по повышению безопасности движения.

В шестой главе «Внедрение результатов работ по повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности» приведены некоторые из них, касающиеся внедрения разработанных методик в дорожное движение, разработки нормативных правовых и технических актов, проектных решений по регулируемым перекресткам и применению искусственных неровностей и использования эффективных методов организации движения, паспортизации городских улиц, а также технических средств организации движения, которые широко используются в дорожном движении.

Методики определения потерь применяются при оптимизации параметров управления светофорными объектами и разработке координации (с учетом специфики различных алгоритмов автоматизированных систем управления дорожным движением) (рисунок 7). Полученные в результате исследований значения снижения аварийных, экономических и экологических потерь вошли в качестве целевых показателей в Концепцию обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, а также учитываются ГАИ в технических условиях и заданиях на проектирование. С помощью программно-методического обеспечения осуществляется оценка организационных и планировочных решений, в т.ч. и развязок в разных уровнях. Для визуального отображения работоспособности созданных методик определения потерь автором совместно с УП «БелНИИПградостроительства» произведено имитационное моделирование дорожного движения на транспортных развязках в разных уровнях в программном комплексе PTV VISION VISSIM 5.30.

Результаты исследований и рекомендации, касающиеся информирования водителей, величины переходного интервала, допустимости внутрифазных конфликтов, оптимизации светофорного регулирования и планировочных характеристик на регулируемых перекрестках использованы во многих проектах, прошедших государственную экспертизу и реализованных на улично-дорожной сети городов. При организации движения правоповоротных транспортных потоков, конфликтующих с пешеходами, целесообразно применять запатентованную конструкцию светофора с дополнительной многофункциональной секцией,

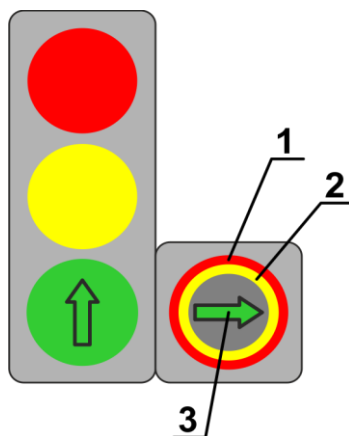
имеющей, кроме зеленой стрелки, красное и желтое кольца, которые информируют водителей о режимах регулирования (рисунок 8). Это техническое решение вошло в СТБ 1300-2007 [п. 8.4.2, с. 51].



C – время цикла, с; t_{z1} – время горения зеленого сигнала для главного направления, с;

P_{Σ} – суммарные годовые потери, долл./год

Рисунок 7 – Изменение потерь в дорожном движении от времени горения зеленого сигнала, определенных для различных значений времени цикла



1 – красное кольцо; 2 – желтое кольцо; 3 – зеленая стрелка дополнительной секции

Рисунок 8 – Оповещение водителей о наличии дополнительной секции, о переходном интервале и приоритете

Искусственная неровность – это «*последний инструмент из набора инструментов, предназначенных для повышения безопасности движения*». При малых нагрузках она снижает аварийность с пострадавшими, примерно, наполовину, увеличивает аварийность без пострадавших, примерно на 10 % и снижает общую аварийность, примерно, на 15 %. Аварийность на искусственных неровностях остается, поскольку из множества причин она устраняет только одну – снижает скорость движения. В этом отношении она менее эффективна, чем светофорное регулирование, при котором аварии с пострадавшими снижаются на полпорядка. Исследованиями установлено, что искусственная неровность вызывает экономические и экологические потери – от 6000 долл./год на дворовых территориях, до 650000 долл./год на магистральных улицах, а снижение аварийности на 1 долл. ее расчетной социально-экономической стоимости приводит к увеличению потерь на 20–120 долл. в экономическом и экологическом аспектах. Кроме того, она вызывает значительные социальные потери из-за ее неприятия и водителями, и пассажирами.

Исходя из изложенного рекомендуется:

1. *Разрешить* установку искусственных неровностей: в жилых зонах и приравненных к ним дворовых территориях, где скорость движения законодательно ограничена 20 км/ч и менее; *как исключение*, например, при крутом спуске перед школой – на двухполосных улицах местного значения с интенсивностью движения не более 120 авт./ч суммарно в обоих направлениях.

2. *Запретить* установку искусственных неровностей: на улицах с тремя и более полосами движения; на двухполосных улицах с движением грузовых машин и маршрутного пассажирского транспорта или с интенсивностью движения свыше 120 авт./ч в обоих направлениях.

Паспортизация очагов аварийности *нагруженных городских улиц* способствует активизации деятельности по повышению качества дорожного движения, включая и безопасность. Предлагается для каждого очага аварийности завести «Дело», в котором бы фиксировались состояние (и изменения) геометрии, условий движения, регулирования, аварийности и мероприятий по ее снижению.

На нагруженных городских улицах имеют место значительные потери, в основном, из-за недостатков в организации движения, достигающие в ряде случаев величины порядка 1 млн долл./км. При этом документации по этому вопросу не ведется и реальное положение не известно. Для нагруженных городских улиц предлагается строить т.н. *линейные графики потерь в дорожном движении* (рисунок 9), на которых указывались бы аварийные, экологические, экономические потери. Такой информацией должны располагать распорядительные и исполнительные структуры города.

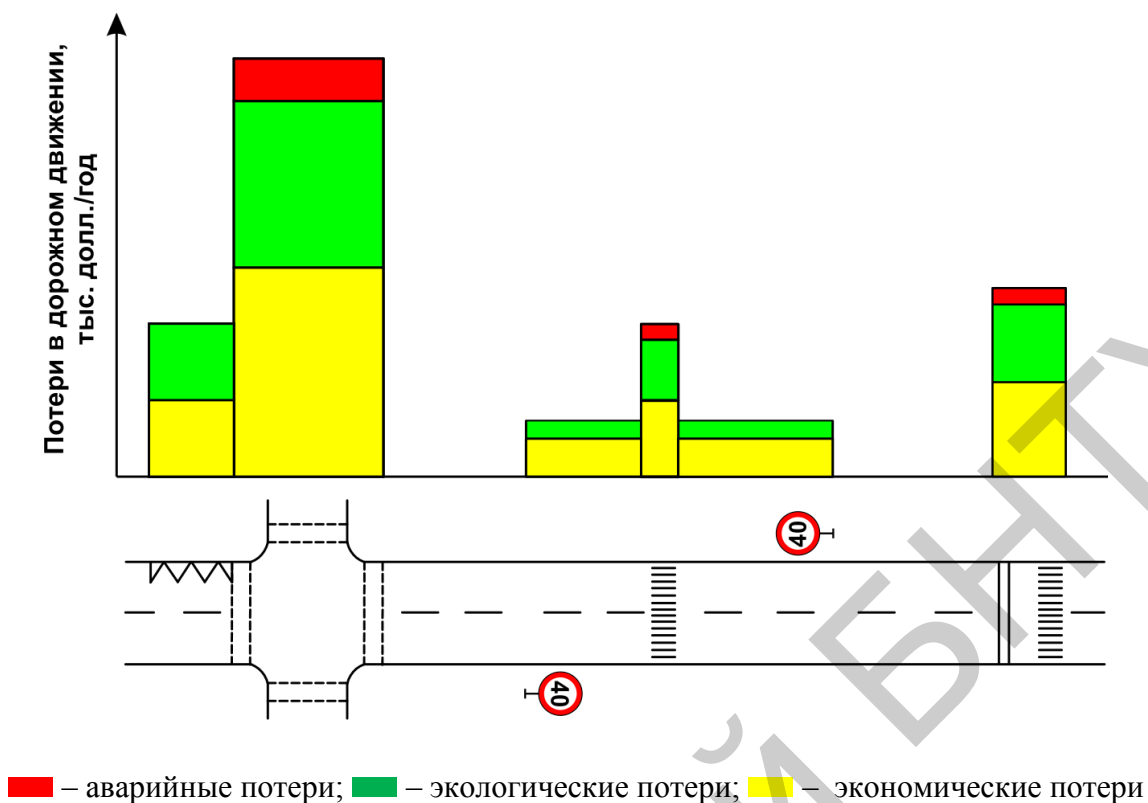


Рисунок 9 – Линейный график потерь на городской улице

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

Работа представляет собой концептуальное развитие актуального научного направления по *повышению качества дорожного движения методами его организации*, а полученные в ней принципиально новые теоретические и практические результаты впервые позволили реализовать комплекс способов определения потерь в дорожном движении, являются значительным вкладом в обеспечение безопасности движения.

1. На основе комплексного анализа процесса дорожного движения в Республике Беларусь разработана *методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности*, базирующаяся на комплексе новых методологических принципов и на новой научно-методической системе, *включающая* оценку качества и оптимизацию принимаемых решений по критерию минимизации суммарных потерь, оценку качества и оптимизацию внедряемых мероприятий по критерию минимизации суммарной стоимости функционирования объекта и обязательную оперативную контрольную оценку аварийности при внедрении мероприятий, что в совокупности *обеспечивает* разработку и внедрение оптимальных (наилучших) мероприятий по повышению безопасности движения при одновременном снижении суммарных потерь

и *позволяет* решить важнейшую социально-экономическую и научно-техническую проблему – повышение безопасности дорожного движения [1–А, 2–А, 20–А, 24–А, 25–А, 37–А, 42–А, 44–А].

2. Разработан **комплекс новых методологических принципов повышения безопасности дорожного движения**, включающий [37–А, 41–А, 42–А]:

– принцип *сбалансированного учета аварийных и экологических потерь*, который применяется при выборе решений по повышению безопасности движения и заключается в том, что в случае равенства суммарных потерь в дорожном движении сопоставляемых решений по повышению безопасности движения проводится ранжирование аварийных ($K_{ра} = 1,25$) и экологических ($K_{рэ} = 1,05$) потерь и выбор осуществляется по ранжированным суммарным потерям, что позволяет повысить точность оценки и вероятность выбора оптимальных (наилучших) решений;

– принцип *минимизации суммарной стоимости функционирования объекта*. Установлено, что суммарные потери в дорожном движении на исследуемом объекте являются частью стоимости его функционирования. В эту стоимость входят приведенные капитальные вложения на реализацию выбранного мероприятия по повышению безопасности движения и расходы на эксплуатацию объекта. Поэтому необходим одновременный учет капитальных вложений на внедрение мероприятий, затрат на эксплуатацию объекта и связанных с объектом суммарных потерь в дорожном движении, что *позволяет* выбрать оптимальные (наилучшие) мероприятия по повышению безопасности движения;

– принцип *обязательной оперативной контрольной оценки аварийности на основе метода конфликтных ситуаций*. Установлено, что применение этого принципа дает возможность сопоставить между собой результаты, полученные по исходным данным при прогнозировании аварийности по статистическому методу или по методу конфликтных зон, с результатами прогнозирования по реальным условиям на конкретном объекте по методу конфликтных ситуаций и в случае необходимости внести соответствующие коррективы. Это позволяет оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений, разработки или внедрения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения.

3. Установлено, что в Республике Беларусь при высоких темпах автомобилизации происходит неуклонный рост очаговой аварийности. Предложена **научно-методическая система повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности**, базирующаяся на современных методах анализа и прогнозирования аварийности, расчета потерь и выбора принимаемых решений. Она состоит из 20 элементов, в том числе из программно-методического и нормативного обеспечений, трех методов прогнозирования

аварийности (метод конфликтных зон разработан ранее автором, усовершенствованный метод конфликтных ситуаций и статистический метод, адаптированный к городским условиям Республики Беларусь в части установки искусственных неровностей) и 15 различных методик (5 новых методик прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон, новые методики очагового анализа аварийности, определения расчетной стоимости аварийных издержек и расчета экономических потерь на искусственных неровностях, усовершенствованные методики расчетно-экспериментальных исследований дорожного движения, расчета экологических потерь на регулируемых перекрестках и прогнозирования аварийности по методу конфликтных ситуаций). Научно-методическая система включает 4 этапа работ: выбор исследуемого очага, анализ существующего положения, поиск и выбор наилучших решений, выбор и внедрение мероприятий, учитывает теоретическую и практическую стороны деятельности по повышению безопасности движения в городских очагах аварийности. Предложенный системный подход к повышению безопасности движения в очагах аварийности, заключающийся в учете взаимовлияния элементов в исследуемой системе, позволяет резко снизить аварийность (в 1,5 раза и более), вплоть до ликвидации очага [37–А, 41–А, 42–А].

4. Проведенные исследования аварийности и причин возникновения аварий позволили реализовать комплексный подход по выявлению очагов и разработать *методику очагового анализа аварийности*, которая включает предварительное установление причин с использованием разработанного перечня типовых причин аварий, натурное обследование очага с использованием разработанного перечня вопросов (бланков аудита), заключительное установление причин аварий. Отличительной особенностью является предварительный выбор решений по повышению безопасности движения с использованием разработанного специального перечня типовых решений с указанием их эффективности. Методика позволяет при относительно невысоких требованиях к специальной подготовке исполнителей оценить капиталовложения и разработать предварительные решения по повышению безопасности дорожного движения [2–А, 34–А, 36–А, 41–А, 42–А].

5. Показано, что отсутствие данных о социально-экономической стоимости аварийных издержек процесса дорожного движения делает невозможным выбор и снижает качество принимаемых решений по повышению безопасности движения. Разработана *методика определения расчетной социально-экономической стоимости аварийных издержек*, включающая экономическую и социальную составляющие стоимости, отличающаяся наличием корреляционной зависимости расчетной стоимости аварий от удельной величины ВВП (на одного человека), позволяющая впервые определить расчетную стоимость аварий различной

тяжести последствий и аварийные потери в зависимости от текущей величины ВВП и тем самым повысить качество принимаемых решений по безопасности дорожного движения [2–А, 23–А, 29–А, 30–А].

6. Разработан **комплекс методик прогнозирования аварийности** на основе авторского *метода конфликтных зон* для различных типов и видов конфликтов и режимов движения. Установлены статистически значимые зависимости аварийности от потенциальной опасности (критерий Фишера ≥ 200 ; коэффициент корреляции $\geq 0,74$; коэффициент линейной ошибки аппроксимации $\leq 0,74$), характеризующие опасность конфликтного взаимодействия в конфликтах «транспорт–транспорт», «поворотный транспорт–пешеход», «транзитный транспорт–пешеход» при формировании конфликтных зон на исследуемых объектах. Установлено, что многие конфликтные объекты работают безаварийно в течение длительного времени, и при определении потенциальной опасности конфликтных зон необходимо учитывать порог чувствительности, значения которого находятся в пределах 0,01–3,79 ед. (в зависимости от типа и вида конфликтов и режима движения). Разработаны математические модели определения потенциальной опасности, включающие взаимодействие участников движения в различных видах конфликтов «транспорт–транспорт» и «транспорт–пешеход» на регулируемых перекрестках и искусственных неровностях, позволяющие адекватно учитывать функционирование системы «водитель–автомобиль–дорога–окружающая среда» и происходящие в ней процессы для каждого режима движения (нерегулируемого, регулируемого межфазного и регулируемого внутрифазного). Разработанные методики отличаются учетом большого количества факторов (более 10), характеризующихся около 110 параметрами, влияющих на аварийность, и высокой точностью прогноза (более чем в пять раз по сравнению с известным методом), что позволяет прогнозировать аварийность на стадиях выбора решений, проектирования, реконструкции или функционирования объекта и повысить путем разработки технических решений безопасность движения не менее чем на 15 % [1–А, 2–А, 4–А, 6–А, 16–А, 35–А, 36–А, 43–А].

7. Разработано научно-методическое обеспечение методологии, включающее методики расчета экономических потерь на искусственных неровностях и экологических потерь на регулируемых перекрестках, что позволило обосновать принимаемые решения по критерию минимизации суммарных потерь, обеспечило за счет внедрения оптимальных режимов регулирования, проектных решений по организации движения и размещению технических средств регулирования на объектах исследования снижение экологических потерь на 12–32 % и экономических – на 18–38 % [1–А, 7–А, 31–А, 33–А, 38–А].

Исследовав процесс дорожного движения в зоне размещения искусственной неровности, установили, что [7–А, 31–А, 38–А]:

– поток насыщения на искусственной неровности значительно меньше, чем на ровном покрытии, – соответственно 0,33 и 0,55 авт./с. Поэтому при проезде через искусственную неровность плотных пачек автомобилей (интервал прибытия ≈ 2 с, интервал убытия – 3 с) начинают формироваться небольшие очереди – эти дополнительные издержки учтены в модели расчета потерь от остановок и задержек транспорта;

– из-за неоднозначности приоритета в конфликте «транспорт–пешеход» на нерегулируемом пешеходном переходе невозможно применение известных формул расчета удельных задержек и остановок транспорта и пешеходов в нерегулируемом конфликте, когда один из конфликтующих участников имеет однозначный приоритет. Поэтому разработана модель псевдорегулируемого режима движения для определения величины экономических издержек, учитывающая специфику пересечения проезжей части пешеходами по нерегулируемому переходу, что позволило установить соответствующие зависимости удельной задержки и удельной остановки автомобилей от соотношения интенсивности движения пешеходов (в пределах от 50 до 1 000 чел./ч) и приведенной (по динамическому коэффициенту приведения) интенсивности движения транспорта (в пределах от 50 до 1 000 ед./ч), которые позволяют определять экономические потери как при нормальной транспортно-пешеходной нагрузке, так и при перегрузке ($x > 0,93$).

8. Доказано, что выбросы вредных веществ постоянно накапливаются и действуют на окружающую среду, поэтому необходим их учет независимо от интенсивности их производства – это учтено в новой модели расчета с помощью коэффициента годового фонда времени K_{TF} , увеличивающего расчетный объем произведенных выбросов (1,14 – 1,20 раза) в зависимости от загруженности улицы. Проведены экспериментальные исследования транспортного шума, которые показали, что шумовое воздействие в данной конкретной точке перекрестка имеет циклический характер и зависит от времени прохождения через перекресток транспортных (транзитных и поворотных) потоков. Поэтому в новой модели потери на перекрестке определяются суммированием потерь для транспортных потоков на каждой из пересекающихся (примыкающих) улиц с учетом доли их зеленого сигнала в цикле, т.е. с учетом времени их нахождения на перекрестке, а также учитывать интенсивность поворотных потоков с пересекающихся улиц, что повышает точность расчета издержек в среднем в 1,3 раза [1–А, 33–А].

9. Выполнены исследования конфликтных ситуаций и разработана методика оперативной контрольной оценки аварийности по усовершенствованному методу конфликтных ситуаций, который отличается новой математической моделью прогнозирования аварийности, учитывающей динамическое приведение

конфликтных ситуаций по степени опасности (рisku аварий R_a) к легкой конфликтной ситуации, динамическое приведение аварий по тяжести последствий к аварии с материальным ущербом, порог чувствительности конфликта (0,04–0,30 кфс/ч) в каждой конфликтной точке, представляющий собой наибольшее число приведенных конфликтных ситуаций в данной конфликтной точке, не вызывающих в ней аварий, что позволяет учитывать конфликтное взаимодействие участников движения в каждом виде конфликтов «транспорт–транспорт» и «транспорт–пешеход». Установлены зависимости аварий от конфликтных ситуаций с учетом динамических коэффициентов приведения и порога чувствительности, которые адекватно учитывают происходящие на существующих объектах процессы в дорожном движении (критерий Фишера – 169–378; коэффициент корреляции – 0,79–0,89; коэффициент линейной ошибки аппроксимации – 0,61–0,74), повышают точность прогноза в среднем в 4 раза по сравнению с известным методом и позволяют выполнить оперативную контрольную оценку аварийности, оперативно обнаружить и устранить возможные недоработки или ошибки, допущенные в процессе выбора решений, разработки или внедрения мероприятий по повышению безопасности движения в существующих городских очагах [2–А, 25–А, 32–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты проведенных исследований подтверждены 28 актами и справками внедрения в нормативы, в научную, учебную и проектную деятельность, связанную с дорожным движением, новизна и полезность которых защищена 7 патентами, 6 свидетельствами о регистрации программ [103–А – 109–А]. В частности, они внедрены:

- в более 200 проектах, разработанных при участии и под руководством автора, которые реализованы в Минске, Могилеве, Гомеле, Гродно, Бресте, Витебске, Бобруйске, Мозыре, Барановичах, Борисове, Полоцке, Новополоцке, Пинске, Молодечно и других городах нашей страны (заказчики: УГАИ ГУВД Мингорисполкома, УП «Минскинжпроект», УП «Минскградо», ГП «Белгипродор», УП «БелНИИПградостроительства», РУП «МинскАвтодор-Центр», ГП «БелдорНИИ» и др.);

- в 8 нормативных технических правовых актах, представляющих собой часть нормативного обеспечения методологии (СНБ 3.03.02-97, ТКП 45-3.01-116–2008, ДМД 02191.3.020–2009, ТКП 45-3.03-227–2010, Концепция обеспечения безопасности дорожного движения и др.);

- в подведомственных Департаменту «БЕЛАВТОДОР» организациях, использующих методики расчета экологических (МД 02071903.3.005-2009) и экономических (МД 02071903.3.014-2009) потерь, расчетно-экспериментального

определения характеристик объекта (МД 02071903.3.023-2010) и другое программно-методическое обеспечение (может использоваться в коммунальных службах и проектных организациях) [8–А–11–А, 13–А, 15–А, 21–А, 27–А, 28–А, 103–А–109–А и др.];

– при строительстве транспортных объектов, где широко используются технические решения транспортных светофоров с дополнительными многофункциональными лево- и правоповоротными секциями для реализации безопасных схем светофорного регулирования (включены в СТБ 1300–2007 [п. 8.4.2, с. 51]) [103–А], что в совокупности повысило качество дорожного движения на объектах внедрения не менее чем на 10 %, в т.ч. снизило аварийность на 15–100 %.

Суммарный экономический эффект от внедрения результатов работы составил более 7,2 млрд руб. или 1,1 млн долл. США.

Кроме того, предложенная методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности может использоваться при разработке транспортных систем городов, планировочных решений интеллектуальных транспортных систем, обосновании и размещения транспортно-логистических центров и др., что позволит снизить аварийность на объектах внедрения не менее чем на 50–75 %, а ожидаемый экономический эффект от повышения качества дорожного движения составит около 90 млн долл./год, в том числе около половины – от снижения аварийности.

Результаты исследований используются также в учебном процессе вузов Республики Беларусь, Российской Федерации, Украины, Латвии и Италии.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Монографии

1–А. Врубель, Ю.А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с.

2–А. Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении : монография / Д.В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с. + вкл.

3–А. Врубель, Ю.А. Координированное управление дорожным движением : монография / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Д.В. Рожанский, Д.В. Навой, Е.Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2011. – 230 с.

Статьи в научных журналах и сборниках трудов, включенных в перечень ВАК

4–А. Капский, Д.В. Разработка методики прогнозирования аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский // Вестн. БНТУ. – 2004. – № 5. – С. 41–43.

5–А. Капский, Д.В. Разработка мероприятий по повышению безопасности движения на регулируемых перекрестках / Д.В. Капский // Вестн. БНТУ. – 2005. – № 1. – С. 55–58.

6–А. Кот, Е.Н. Оценка аварийности в конфликте «поворотный транспорт–пешеход» на регулируемых перекрестках / Е.Н. Кот, Д.В. Капский // Вестн. БНТУ. – 2005. – № 4. – С. 39–41.

7–А. Капский, Д.В. Оценка экономических потерь в дорожном движении / Д.В. Капский, Г.М. Кухаренок // Вестн. Могилевского гос. техн. ун-та. Сер. «Транспортные и строительные машины». – 2005. – № 2. – С. 85–88.

8–А. Врубель, Ю.А. Повышение безопасности движения на пешеходных переходах / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Г.М. Кухаренок // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – № 3-4. – С. 54–61.

9–А. Капский, Д.В. Совершенствование организации дорожного движения в г. Гродно / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, А.Д. Лукьянчук // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – № 3-4 (21). – С. 79–88.

10–А. Капский, Д.В. Совершенствование условий дорожного движения в г. Бресте / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, А.Д. Лукьянчук // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – № 3–4 (21). – С. 89–99.

11–А. Капский, Д.В. Разработка рекомендаций по совершенствованию дорожного движения в г. Могилеве / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, В.Н. Кузьменко // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 1-2. – С. 66–75.

12–А. Капский, Д.В. Разработка методики определения экологических потерь в дорожном движении / Д.В. Капский // Безпека дорожнього руху України. – 2006. – № 1–2. – С. 99–103.

13–А. Капский, Д.В. Совершенствование применения периферийных устройств при модернизации АСУ дорожным движением / Д.В. Капский, Д.В. Рожанский, Д.В. Навой // *Безпека дорожнього руху України*. – 2006. – № 1-2. – С. 112–120.

14–А. Капский, Д.В. Проведение исследований интенсивности движения транспортных потоков: теория и эксперимент / Д.В. Капский, Д.В. Рожанский, Д.В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. – 2006. – № 3-4 (23). – С. 35–40.

15–А. Капский, Д.В. Совершенствование комплексной схемы организации движения в городе Гомель // Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, А.Д. Лукьянчук, Д.В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. – 2006. – № 3-4 (23). – С. 41–52.

16–А. Капский, Д.В. Теоретические основы прогнозирования попутных столкновений на перекрестках по методу замедлений / Д.В. Капский, Ю.А. Врубель, Д.В. Мозалевский // *Безпека дорожнього руху України*. – 2006. – № 3-4 (23). – С. 53–59.

17–А. Кухаренок, Г.М. Повышение безопасности дорожного движения на основе оценки аварийности на конфликтных объектах / Д.В. Капский, Г.М. Кухаренок // *Вестн. Белорусско-Российского ун-та. Сер. «Транспорт, машиностроение, металлургия, электротехника»*. – 2006. – № 3 (12). – С. 33–38.

18–А. Капский, Д. Рекомендации по разработке режимов светофорного регулирования на пешеходных переходах / Д. Капский, Е. Кот // *Transport and telecommunication*. – 2006. – Vol. 7, № 3. – P. 496–503.

19–А. Kapski, D. Theoretical principles of forecasting accident rate in the conflict section of the cities by the method of potential danger / D. Kapski, I. Leonovich, K. Ratkevičiūtė // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. – 2007. – Vol. II, № 3. – P. 133–140.

20–А. Леонович, И.И. К вопросу оценки аварийности на государственном уровне / И.И. Леонович, Д.В. Капский // *Автомобильные дороги и мосты*. – 2008. – № 1. – С. 100–106.

21–А. Капский, Д.В. Выбор организационно-планировочного решения при реконструкции кольцевых пересечений в одном уровне / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко // *Вестн. БелГУТа. Сер. «Наука и транспорт»*. – 2008. – № 2 (17). – С. 49–54.

22–А. Леонович, И.И. Влияние транспортной инфраструктуры города Минска на аварийность в дорожном движении / И.И. Леонович, Д.В. Капский // *Архитектура и строительные науки*. – 2008. – № 1 (8). – С. 49–54.

23–А. Kapskij, D. Theoretical basis for an economic evaluation of road accident losses / D. Kapskij, T. Samoilovich // *Transport*. – 2009. – Vol. 24, № 3. – P. 200–204.

24–А. Kapskij, D. Development of the system of road traffic safety improvement in accident seats of urban areas / D. Kapskij // Transport and Telecommunication. – 2009. – Vol. 10, № 1. – P. 30–37.

25–А. Капский, Д.В. Разработка системы принципов и методов повышения безопасности дорожного движения в очагах аварийности населенных пунктов / Д.В. Капский // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сб. Сер. «Технические науки и архитектура». – Киев : Техніка, 2010. – Вып. 95. – С. 193–198.

26–А. Капский, Д.В. Применение аудита безопасности дорожного движения на магистральных улицах городов / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, С.В. Кабак // Автомобильные дороги и мосты. – 2010. – № 2 (6). – С. 127–137.

27–А. Капский, Д.В. Совершенствование дорожного движения в городе Барановичи / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский // Безпека дорожнього руху України. – 2010. – № 1–4. – С. 72–83.

28–А. Капский, Д.В. Исследования условий дорожного движения в городе Мозырь / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский // Безпека дорожнього руху України. – 2010. – № 1–4. – С. 84–93.

29–А. Капский, Д.В. Определение аварийных потерь в дорожном движении: подходы, методология, стоимость аварий / Д.В. Капский // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер. «Экономика». – 2010. – № 3 (63). – С. 49–52.

30–А. Капский, Д.В. Аварийность в дорожном движении. Исследование дорожно-транспортных происшествий с помощью страховой статистики / Д.В. Капский // Вестн. БНТУ. – 2011. – № 1. – С. 48–54.

31–А. Кухаренок, Г.М. Применение искусственных неровностей для повышения безопасности дорожного движения / Г.М. Кухаренок, Д.В. Капский, Б.У. Бусел // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та (машиностроение, электротехника, строительство). – 2011. – № 1 (30). – С. 39–50.

32–А. Капский, Д.В. Методика оперативной оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности движения / Д.В. Капский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2011. – № 11. – С. 17–24.

33–А. Капский, Д.В. Методика определения экологических потерь с учетом транспортного шума // Д.В. Капский, А.И. Рябчинский // Вестн. Бел. гос. ун-та транспорта : Наука и транспорт. 2012. – № 1 (24) – С. 39–42.

34–А. Капский, Д.В. Совершенствование организации дорожного движения на магистральной улице общегородского значения / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, А.В. Коржова, Е.Н. Горелик, А.С. Полховская // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2012. – № 3. – С. 15–20.

35–А. Капский, Д.В. Разработка методик прогнозирования аварийности на различных типовых городских объектах / Д.В. Капский // Наука и техника. – 2012. – № 4. – С. 58–63.

36–А. Капский, Д.В. Прогнозирование аварийности по потенциальной опасности – направления совершенствования / Д.В. Капский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2012. – № 11. – С. 67–73.

37–А. Капский, Д.В. Перспективные направления развития методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности и аспекты ее практического применения / Д.В. Капский // Вестн. Московского автомобильно-дорожного гос. техн. ун-та. – 2012. – Вып. 3 (30). – С. 109–112.

38–А. Капский, Д.В. Определение экономических потерь в дорожном движении на нерегулируемых пешеходных переходах в местах установки искусственных неровностей / Д.В. Капский, А.И. Рябчинский, П.А. Пегин // Мир транспорта и технологических машин. 2012. – № 3 (38). – С. 103–112.

39–А. Капский, Д.В. Учет «человеческого фактора» в модели определения потенциальной опасности при прогнозировании аварийности по методу «Конфликтных зон» / Д.В. Капский // Вестн. тихоокеан. гос. ун-та. – 2012. – № 2 (25). – С. 123–126.

40–А. Рябчинский, А.И. Повышение безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности Республики Беларусь / А.И. Рябчинский, Д.В. Капский // Вестн. тихоокеан. гос. ун-та. – 2012. – № 3 (26). – С. 91–98.

41–А. Капский, Д.В. Системный подход к повышению безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности / Д.В. Капский // Междунар. технико-экономический журнал. – 2012. – № 2. – С. 99–104.

42–А. Капский, Д.В. Методология повышения безопасности движения в городских очагах аварийности: принципы и способы / Д.В. Капский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 3/3 (57). – С. 65–69.

43–А. Рябчинский, А.И. Разработка и апробация методик прогнозирования аварийности по методу «Конфликтных зон» в городских очагах аварийности / А.И. Рябчинский, Д.В. Капский // Междунар. научн. журнал. – 2012. – № 4. – С. 81–86.

44–А. Капский, Д.В. Внедрение методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности / Д.В. Капский, А.И. Рябчинский // Наука и техника. – 2013. – № 1. – С. 71–79.

Статьи в сборниках научных трудов, статей и докладов

45–А. Капский, Д.В. Повышение безопасности дорожного движения на основе прогнозирования аварийности по методу потенциальной опасности / Д.В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных

городах : сб. докл. седьмой междунар. конф., посвящ. 70-летию Гос. инспекции безопасности дорожного движения МВД России, Санкт-Петербург, 21-22 сент. 2006 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2006. – С. 401–405.

46–А. Капский, Д. Многофункциональные секции светофоров / Д. Капский, Е. Кот, Г. Кухаренок, В. Карпилович // Reliability and Statistics in Transportation and Communication : Proceedings 6th International conference, Riga, Latvia, 25–28 october 2006 / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2006. – P. 60–67.

47–А. Капский, Д. Применение методов сдерживания скорости в крупных городах / Д. Капский, А. Коржова // Reliability and Statistics in Transportation and Communication : Proceedings 6th International Conference, Riga, Latvia, 25–28 october 2006 / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2006. – P. 144–148.

48–А. Врубель, Ю.А. Исследование аварийности и конфликтного взаимодействия транспортных и пешеходных потоков в зоне искусственных неровностей на пешеходных переходах / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот, А.В. Коржова, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский // Системы организации и управления безопасностью дорожного движения: сб. докл. и ст. специализированной целевой конф. Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах», Санкт-Петербург, 22–24 сент. 2008 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2008. – С. 35–48.

49–А. Мочалов, В.В. Влияние на безопасность движения автомобильных телематических систем / В.В. Мочалов, А.Я. Андреев, Д.В. Капский // Вместе к эффективному дорожному движению! : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 28–31 окт. 2008 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А.С. Калининченко [и др.]. – Минск, 2008. – С. 136–145.

50–А. Капский, Д.В. Методологические аспекты прогнозирования аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : Междунар. сб. науч. тр. / Тихоокеанский гос. ун-т ; редкол.: А.И. Ярмолинский, И.Ю. Белуцкий, П.А. Пегин. – Хабаровск, 2008. – № 8. – С. 58–66.

51–А. Капский, Д.В. Разработка методики определения экономических потерь при координированном регулировании транспортно-пешеходных потоков / Д.В. Капский, Д.В. Навой // Дальний Восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : Междунар. сб. науч. тр. / Тихоокеанский гос. ун-т ; редкол.: А.И. Ярмолинский, И.Ю. Белуцкий, П.А. Пегин. – Хабаровск, 2009. – № 9. – С. 12–31.

52–А. Капский, Д.В. Методика оценки транспортного шума на перекрестках / Д.В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. девятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 23-24 сент. 2010 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2010. – С. 209–212.

53–А. Капский, Д.В. Разработка рекомендации по изменению нормативных актов в дорожном движении / Д.В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. девятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 23-24 сент. 2010 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2010. – С. 379–383.

54–А. Капский, Д.В. Очаговый анализ аварийности – основа аудита безопасности дорожного движения / Д.В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. девятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 23-24 сент. 2010 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2010. – С. 498–503.

55–А. Kapski, D. The theory and practice of improving road traffic safety at accident sites through methods of road traffic organization / D. Kapski, V. Kuzmenko, A. Korzhova, A. Polhovskaya, K. Kostyukovich, D. Mozalevskiy, E. Kot // Reliability and Statistics in Transportation and Communication : Proceedings of the 10th International Conference (RelStat'10), 20–23 October 2010 / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2010. – P. 84–96.

56–А. Мочалов, В.В. Разработка программы для расчета экономических потерь на регулируемых перекрестках / В.В. Мочалов, Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 окт. 2009 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А.С. Калиниченко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 10–15.

57–А. Мозалевский, Д.В. Совершенствование пешеходного движения в г. Минске на нерегулируемых переходах / Д.В. Мозалевский, А.В. Коржова, А.С. Полховская, Е.Н. Костюкович, А.А. Кустенко, Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 окт. 2009 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А.С. Калиниченко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 179–182.

58–А. Мозалевский, Д.В. Повышение безопасности движения на регулируемых пешеходных переходах в центральной части г. Минска / Д.В. Мозалевский, А.В. Коржова, А.С. Полховская, Е.Н. Костюкович, А.А. Кустенко, Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, Е.Н. Кот // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 окт. 2009 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: А.С. Калиниченко [и др.]. – Минск, 2010. – С. 182–188.

59–А. Kapski, Denis. Working out a new model of forecasting of road accidents on a method of conflict situations for city conditions / Denis Kapski, Antonina Korzhova // Reliability and Statistics in Transportation and Communication : Proceedings of the 11th International Conference (RelStat'11), 19–22 October 2011 / Transport and Telecommunication Institute. – Riga, 2011. – P. 165–172.

60–А. Капский, Д.В. Направленность работ по повышению безопасности движения / Д.В. Капский // Дальний восток. Автомобильные дороги и безопасность движения : Междунар. сб. науч. тр. / Тихоокеан. гос. ун-т; редкол.: А.И. Ярмолинский, И.Ю. Белуцкий, П.А. Пегин. – Хабаровск, 2011. – № 11. – С. 137–145.

61–А. Капский, Д.В. Повышение качества дорожного движения в городах / Д.В. Капский // Транспортные системы мегаполисов. Проблемы и пути решения : тр. Междунар. науч.-практ. конф., Харьков, 11-12 октября 2011 г. / Харьков. нац. автомобильно-дорожный ун-т ; редкол.: А.Н. Туренко [и др.]. – Харьков, 2011. – С. 20–26.

62–А. Капский, Д.В. Прикладные вопросы методологии принятия решений по повышению безопасности дорожного движения / Д.В. Капский, А.В. Коржова, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозалевский, А.С. Полховская, Е.Н. Горелик, Н.В. Артюшевская, В.В. Мочалов // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : сб. науч. тр. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Ф.А. Романюк [и др.]. – Минск, 2012. – С. 331–339.

63–А. Капский, Д.В. Разработка методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности / Д.В. Капский // Современные проблемы транспортного комплекса России : Межвуз. сб. науч. тр. молодых ученых, магистрантов и аспирантов / Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова ; под ред. А.Н. Рахмангулова. – Магнитогорск, 2012. – Вып. 2. – С. 118–127.

64–А. Капский, Д.В. Методика исследования и анализа условий движения в районе торгового центра с многоуровневой автостоянкой с сопутствующим сервисом в районе станции метро / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, В.Ю. Ромейко, В.Н. Кузьменко, А.С. Полховская, Д.В. Мозалевский, Н.В. Артюшевская // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах – инновации: ресурс и возможности : сб. докл. десятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 20-22 сент. 2012 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2012. – С. 138–145.

65–А. Капский, Д.В. Рекомендации по повышению безопасности дорожного движения / Д.В. Капский // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах – инновации: ресурс и возможности : сб. докл. десятой междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 20-22 сент. 2012 г. / СПбГАСУ. – СПб., 2012. – С. 259–265.

Статьи в материалах конференций

66–А. Седюкевич, В.Н. Повышение безопасности пешеходов / В.Н. Седюкевич, Е.Н. Кот, Д.В. Капский // Безопасная дорога : материалы Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам безопасности дорожного движения, 23-24 окт. 2003 г. / МВД Республ. Беларусь, Управление Гос. автомобильной инспекции

МВД Республ. Беларусь, Научно-исследовательский центр ГАИ ; редкол.: Н.Н. Дрозд [и др.] ; под общ. ред. А.С. Щурко. – Минск, 2004. – С. 78–80.

67–А. Капский, Д.В. Составляющие аварийных потерь / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : науч. материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2008 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2008. – С. 162–167.

68–А. Капский, Д.В. Математическое моделирование процессов конфликтного взаимодействия при прогнозировании аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский // Устойчивое развитие городов. Управление проектами и программами городского и регионального развития : материалы VI Междунар. науч.-практ. интернет-конф. / ХНАГХ. – Харьков, 2008. – С. 227–231.

69–А. Капский, Д.В. Повышение безопасности движения путем совершенствования его организации в населенных пунктах (методологические основы) / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2009 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2009. – С. 143–147.

70–А. Врубель, Ю.А. Некоторые проблемы дорожного транспорта в Республике Беларусь / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2009 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2009. – С. 147–152.

71–А. Капский, Д.В. Методология оценки опасности и исследования аварийности в населенных пунктах / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2009 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2009. – С. 152–157.

72–А. Врубель, Ю.А. Анализ правил дорожного движения и технических средств управления дорожным движением / Ю.А. Врубель, В.В. Мочалов, Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2009 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2009. – С. 157–161.

73–А. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения – организационно-методическое обеспечение дорожного движения / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 12-13 мая 2009 г. / Южно-Уральский гос. ун-т ; под ред. О.Н. Ларина, Ю.В. Рождественского. – Челябинск, 2009. – С. 151–153.

74–А. Капский, Д.В. Анализ аварийности в зоне трамвайного движения / Д.В. Капский, А.А. Кустенко // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 12-13 мая 2009 г. / Южно-Уральский гос. ун-т ; под ред. О.Н. Ларина, Ю.В. Рождественского. – Челябинск, 2009. – С. 172–176.

75–А. Капский, Д.В. Совершенствование метода прогнозирования дорожной аварийности по конфликтным ситуациям / Д.В. Капский // Проблемы безопасности на транспорте : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. ж. д., Белорус. гос. ун-т транспорта ; под общ. ред. В.И. Сенько. – Гомель, 2010. – С. 38–40.

76–А. Капский, Д.В. Анализ исследований в области оценки стоимости ущерба от аварий в дорожном движении / Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2010 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2010. – С. 234–240.

77–А. Капский, Д.В. Анализ условий движения по ул. К. Цеткин в г. Минске / Д.В. Капский, В.Н. Кузьменко, А.В. Коржова, А.С. Полховская, К.Н. Костюкович, Д.В. Мозолевский, Е.Н. Кот // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2010 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2010. – С. 342–346.

78–А. Ваксман, С.А. Концепция парковочной политики в крупном городе / С.А. Ваксман, Ф.Г. Глик, Д.В. Капский // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2011 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2011. – С. 98–104.

79–А. Капский, Д.В. Реализация методологии повышения безопасности движения (на примере нерегулируемого пешеходного перехода) / Д.В. Капский, А.В. Коржова, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозолевский, А.С. Полховская, Е.Н. Горелик, Н.В. Артюшевская, Ю.К. Шлендик // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16-17 июня 2012 г. / Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург, 2012. – С. 278–286.

80–А. Капский, Д.В. Повышение качества дорожного движения на ул. Гагарина в г. Борисове / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, Е.Н. Горелик, В.Н. Кузьменко, Д.В. Мозолевский, А.В. Коржова, А.С. Полховская, Н.В. Артюшевская // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем : материалы четвертой Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 3 мая 2012 г. / Южно-

Уральский гос. ун-т ; под ред. О.Н. Ларина, Ю.В. Рождественского. – Челябинск, 2012. – С. 205–217.

81–А. Леонович, И.И. Теоретические основы аудита безопасности дорожного движения и его практическое применение / И.И. Леонович, Д.В. Капский, А.И. Рябчинский / Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений : материалы науч.-техн. конф., посвящ. 50-летию респ. дочернего унитарного предприятия «Белорус. дорожный науч.-исслед. ин-т «БелдорНИИ», Минск, 25-26 окт. 2012 г. / ОНТИ респ. дочернего унитарного предприятия «Белорус. дорожный науч.-исслед. ин-т «БелдорНИИ». – Минск, 2012. – С. 125–130.

82–А. Капский, Д.В. Развитие методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности / Д.В. Капский // Автомобильный транспорт Дальнего Востока : материалы шестой Междунар. науч.-практ. конф., Хабаровск, 13–16 сент. 2012 г. / Тихоокеан. гос. ун-т; под общ. ред. А.В. Фейгена. – Хабаровск, 2012. – С. 127–138.

83–А. Капский, Д.В. Практическое применение методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности при выборе проектного решения транспортной развязки в разных уровнях / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, В.Н. Кузьменко, А.С. Полховская, Д.В. Мозалевский, Н.В. Артюшевская // Автомобильный транспорт Дальнего Востока : материалы шестой Междунар. науч.-практ. конф., Хабаровск, 13–16 сент. 2012 г. / Тихоокеан. гос. ун-т; под общ. ред. А.В. Фейгена. – Хабаровск, 2012. – С. 139–148.

84–А. Капский, Д.В. Разработка предложений по совершенствованию организации дорожного движения на участке улицы Хатаевича от ул. Советской до ул. Докутович в г. Гомеле / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, В.Н. Кузьменко, А.С. Полховская, Д.В. Мозалевский, Н.В. Артюшевская // Автомобильный транспорт Дальнего Востока : материалы шестой Междунар. науч.-практ. конф., Хабаровск, 13–16 сент. 2012 г. / Тихоокеан. гос. ун-т; под общ. ред. А.В. Фейгена. – Хабаровск, 2012. – С. 158–162.

Тезисы докладов

85–А. Капский, Д.В. Разработка методологии прогнозирования аварийности в дорожном движении / Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Шестой междунар. науч.-техн. конф. : в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2008. – Т. 2. – С. 186.

86–А. Врубель, Ю.А. Пути Реализации Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Шестой междунар. науч.-техн. конф. : в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2008. – Т. 2. – С. 189.

87–А. Капский, Д.В. Особенности автоматизации проектирования в дорожном движении / Д.В. Капский, Д.В. Мозалевский // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т транспорта ; под общ. ред. В.И. Сенько. – Гомель, 2008. – С. 57–58.

88–А. Капский, Д.В. Повышение эффективности дорожного движения путем координированного регулирования с учетом трамвайного движения / Д.В. Капский // Сталий розвиток міст. Електричний транспорт – перспективи розвитку та кадрове забезпечення : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвячується 75-річчю кафедри електричного транспорту ХНАМГ, Харків, 1–3 жовтня 2009 р. / Харківська національна академія міського господарства. – Харків, 2009. – С. 82–83.

89–А. Ваксман, С.А. Принципы разработки и содержание КСОД столичного города (на примере Минска) / С.А. Ваксман, Ф.Г. Глик, Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Седьмой международной науч.-техн. конф. : в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2009. – Т. 2. – С. 267–268.

90–А. Коржова, А.В. Анализ аварийности в конфликте «транзитный транспорт–пешеход» в зоне пешеходного перехода / А.В. Коржова, Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Седьмой международной науч.-техн. конф. : в 3 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2009. – Т.2. – С. 268–269.

91–А. Капский, Д.В. Разработка методики очагового анализа аварийности в населенных пунктах / Д.В. Капский // Совершенствование системы сбора и анализа сведений об условиях совершения ДТП : раздаточные материалы специализированной целевой конф. Федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 годах», Санкт-Петербург, 27–29 апр. 2009 г. / Московский автомобильно-дорожный институт (гос. техн. ун-т) ; Ин-т безопасности дорожного движения СПбГАСУ. – СПб., 2009. – С. 51–53.

92–А. Капский, Д.В. Создание методологических основ повышения безопасности движения методами и средствами организации дорожного движения / Д.В. Капский // LXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей / Національний транспортний університет ; редколегія: М.М. Дмитрієв, М.О. Білякович. – Київ, 2010. – С. 204.

93–А. Капский, Д.В. Разработка метода прогнозирования аварийности «Конфликтных зон» / Д.В. Капский // LXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених струк-

турних підрозділів університету : тези доповідей / Національний транспортний університет ; редколегія: М.М. Дмитрієв, М.О. Білякович. – Київ, 2010. – С. 204.

94–А. Капский, Д.В. Повышение безопасности дорожного движения в городах / Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Восьмой междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2010. – Т. 3. – С. 89.

95–А. Врубель, Ю.А. Разработка программного комплекса по расчету потерь на локальном перекрестке со светофорным регулированием / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, В.В. Мочалов // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Восьмой междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2010. – Т. 3. – С. 90–91.

96–А. Капский, Д.В. Роль организации дорожного движения на современном этапе развития населенных пунктов / Д.В. Капский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Девятой междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Б.М. Хрусталеv, Ф.А. Романюк, А.С. Калиниченко. – Минск, 2011. – Т. 3. – С. 169.

97–А. Капский, Д.В. Повышение безопасности движения методами организации дорожного движения / Д.В. Капский // LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей / Нац. техн. ун-т ; редкол.: М.М. Дмитриев, М.О. Билякович. – Киев, 2012. – С. 234.

98–А. Капский, Д.В. Проблема выбора оценочных критериев качества дорожного движения / Д.В. Капский // LXVIII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету : тези доповідей / Нац. техн. ун-т ; редкол.: М.М. Дмитриев, М.О. Билякович. – Киев, 2012. – С. 234.

99–А. Капский, Д.В. Оптимизация светофорного регулирования по критерию минимизации потерь в дорожном движении / Д.В. Капский, В.В. Мочалов // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Десятой междунар. науч.-техн. конф. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2012. – Т. 3. – С. 166.

100–А. Капский, Д.В. Методы оценки эффективности координированного регулирования / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, Д.В. Рожанский // Сталий розвиток міст. Управління проектами і програмами міського і регіонального розвитку : матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва ; редкол.: В.М. Бабаєв [и др.]. – Харків, 2012. – С. 160.

101–А. Капский, Д.В. Зависимости аварийности от потенциальной опасности конфликтных зон / Д.В. Капский // Транспортные проблемы крупнейших городов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Харьков, 12–16 марта

2012 г. / Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва ; редкол.: В.К. Доля [и др.]. – Харьков, 2012. – С. 67–69.

102–А. Капский, Д.В. Городской дизайн – способ повышения качества дорожного движения / Д.В. Капский, А.В. Коржова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т транспорта ; под общ. ред. В.И. Сенько. – Гомель, 2012. – С. 18–19.

Патенты

103–А. Дорожный светофор с дополнительной секцией : пат. 3681 Респ. Беларусь, МПК (2006) G 08G 1/01 / Е.Н. Кот, Д.В. Капский, В.Ю. Карпилович ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № и 20060833 ; заявл. 07.12.2006 ; опубл. 30.06.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3. – С. 230.

104–А. Пересечение дорог в одном уровне : пат. 9664 Респ. Беларусь, МПК (2006) E 01C 1/00 / Д.В. Капский ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20031042 ; заявл. 13.11.2003 ; опубл. 30.08.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4. – С. 115–116.

105–А. Дорожный односекционный транспортный светофор : пат. 13322 Респ. Беларусь, МПК (2009) G 08G 1/095 / Д.В. Капский ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20080680 ; заявл. 28.05.2008 ; опубл. 30.06.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 3. – С. 113.

106–А. Дорожный односекционный пешеходный светофор : пат. 13325 Респ. Беларусь, МПК (2009) G 08G 1/095 / Д.В. Капский ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20080681 ; заявл. 28.05.2008 ; опубл. 30.06.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 3. – С. 113.

107–А. Дорожный пешеходный светофор : пат. 11685 Респ. Беларусь, МПК (2006)G08G1/095, G 08G 1/005, G 09F 9/00 / Д.В. Капский, В.Н. Седюкевич ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20070663 ; заявл. 31.05.2007 ; опубл. 28.02.2009//Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.–2009.– № 1.– С. 127.

108–А. Дорожный светофор с дополнительной секцией : пат. 7332 Респ. Беларусь, МПК G 08G 1/095 (2006.01) / А.А. Кустенко, Д.В. Капский ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № и 20100952 ; заявл. 17.11.2010 ; опубл. 30.06.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 3. – С. 224.

109–А. Транспортный светофор : пат. 16614 Респ. Беларусь, МПК G 08G 1/095 (2006.01) / А.А. Кустенко, Д.В. Капский ; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20101639 ; заявл. 17.11.2010 ; опубл. 30.12.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 158–159.

РЭЗІЮМЭ

Капскі Дзяніс Васільевіч

Метадалогія павышэння бяспекі дарожнага руху ў гарадскіх ачагах аварыйнасці

Ключавыя словы: арганізацыя дарожнага руху, бяспека дарожнага руху, урон у дарожным руху, ачаг аварыйнасці, прагназаванне аварыйнасці, выбар рашэнняў і мерапрыемстваў.

Аб'екты даследавання: тыповыя гарадскія ачагі аварыйнасці – рэгулюемыя скрыжаванні і штучныя няроўнасці.

Мэта даследаванняў: распрацоўка метадалогіі павышэння бяспекі дарожнага руху ў гарадскіх ачагах аварыйнасці на аснове прагназавання аварыйнасці і ўліку аварыйнага, эканамічнага і экалагічнага урона.

Метады даследавання: рэгрэсійны аналіз, метады матэматычнай статыстыкі, аналізу і сінтэзу, кампутарнага мадэлявання.

Навуковая навізна атрыманых вынікаў: распрацавана метадалогія павышэння бяспекі дарожнага руху ў гарадскіх ачагах аварыйнасці, на долю якіх прыходзіцца каля 50 % усіх аварый ў краіне.

Распрацаваны комплекс новых метадалагічных прынцыпаў і новая навукова-метадычная сістэма павышэння бяспекі дарожнага руху, якая ўключае, у якасці элементаў, распрацаваныя комплекс новых метадык прагназавання аварыйнасці па аўтарскаму метаду канфліктных зон у канфліктах «транспарт–транспарт» і «транспарт–пешаход»; новыя метадыкі ачаговага аналізу аварыйнасці, вызначэння разліковага сацыяльна-эканамічнага кошту аварый і апэратыўнай кантрольнай ацэнкі аварыйнасцей ажыццяўляемых мерапрыемстваў і ўдасканалены метады канфліктных сітуацый прагназавання аварыйнасці.

Для аб'ектаў даследавання распрацаваны праграма-метадычнае і нарматыўнае забеспячэнне для ўкаранення метадалогіі ў практыку арганізацыі дарожнага руху.

Ступень выкарыстання: вынікі даследаванняў знайшлі шырокае прымяненне ў галінах дзейнасці, звязаных з дарожным рухам, у Рэспубліцы Беларусь і за мяжой, у тым ліку ў нарматыўных прававых актах, у рабоце навукова-даследчых, праектных устаноў, кантраліруючых структур па арганізацыі дарожнага руху і у ВНУ пры падрыхтоўцы спецыялістаў.

РЕЗЮМЕ

Капский Денис Васильевич

Методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности

Ключевые слова: организация дорожного движения, безопасность дорожного движения, потери в дорожном движении, очаг аварийности, прогнозирование аварийности, выбор решений и мероприятий.

Объекты исследований: типовые городские очаги аварийности – регулируемые перекрестки и искусственные неровности.

Цель исследований: разработка методологии повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности на основе прогнозирования аварийности и учета аварийных, экономических и экологических потерь.

Методы исследования: регрессионный анализ, методы математической статистики, анализа и синтеза, компьютерного моделирования.

Научная новизна полученных результатов: разработана методология повышения безопасности дорожного движения в городских очагах аварийности, на долю которых приходится около 50 % всех аварий в стране. Разработаны комплекс новых методологических принципов и новая научно-методическая система повышения безопасности движения, включающая, в качестве элементов, комплекс новых методик прогнозирования аварийности по авторскому методу конфликтных зон в конфликтах «транспорт–транспорт» и «транспорт–пешеход»; новые методики очагового анализа аварийности, определения расчетной социально-экономической стоимости аварий и оперативной контрольной оценки аварийности при внедрении мероприятий и усовершенствованный метод конфликтных ситуаций прогнозирования аварийности. Для объектов исследования разработаны программно-методическое и нормативное обеспечения для внедрения методологии в практику организации дорожного движения.

Степень использования: результаты исследований нашли широкое применение в областях деятельности, связанных с дорожным движением, в Республике Беларусь и за рубежом, в нормативных правовых актах, в работе научно-исследовательских, проектных учреждений, контролирующих структур по организации движения и в вузах при подготовке специалистов.

SUMMARY

Kapsky Denis Vasiljevich

Methodology of road safety improvement in urban accident spots

Keywords: traffic management, road traffic safety, the loss in road traffic, accident spots, the accident prediction, selection of design solutions and activities.

Objects of researches: typical urban accident spots – the intersections crossroads and speed humps.

Purpose of research: to develop a methodology of road traffic safety improvement in urban accident spots on the accident prediction and by taking into account accident, economic and ecological losses.

Methods: regression analysis, methods of mathematical statistics, analysis and synthesis, computer modeling.

Scientific novelty of the results: a methodology of road safety improvement in urban accident spots, which almost 50 % of all accidents in the country happen. Developed a set of new methodological principles and and new scientific-methodical system to improve road safety, including, as elements to develop: methodic to predict accidents by the author's method of conflict zones in conflict «transport–transport» and «transport–pedestrian»; new methodic of accident spots analysis, defining estimated socio-economic costs of road accidents and operational control evaluation of accidents implemented measures and introduced an improved method of predicting conflict accidents. Designed for complex objects of study to develop a software and methodological and regulatory support for the implementation of the methodology in the practice of road traffic.

Application field: the obtained results have found an extended application in areas related to road traffic in the Republic of Belarus and other countries, including regulatory legal acts, in the work of research and development institutes, controlling structures for road traffic management and for university students' training.

Научное издание

КАПСКИЙ
Денис Васильевич

МЕТОДОЛОГИЯ
ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ
В ГОРОДСКИХ ОЧАГАХ АВАРИЙНОСТИ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Подписано в печать 22.04.2013. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,85. Уч.-изд. л. 2,23. Тираж 100. Заказ 385.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.