

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 656.13.08

КАРАСЕВИЧ
Сергей Николаевич

**СНИЖЕНИЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТЕРЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ
ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного
транспорта

Минск, 2014

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Научный
руководитель

Рожанский Дмитрий Виленович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения» Белорусского национального технического университета

Официальные
оппоненты:

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 26 июня 2014 года в 14 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.04 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202. Тел.: (017) 292-83-85.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «23» мая 2014 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций

Ч.И. Жданович

© Карасевич С.Н., 2014

© Белорусский национальный
технический университет, 2014

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Проблема роста экономических, экологических и аварийных автотранспортных потерь на улично-дорожной сети (УДС) в зоне железнодорожных переездов (ЖДП) характерна не только для Республики Беларусь. Во всем мире на переездах совершаются дорожно-транспортные происшествия (ДТП), в которых погибают или получают ранения тысячи человек и причиняется значительный материальный и социальный ущерб от аварий, задержек и заторов. На территории нашей страны более 90% всех пересечений железных дорог с автодорогами составляют пересечения в одном уровне и остаются актуальными проблемы, связанные с эксплуатацией автотранспорта в местах их расположения. Снижение автотранспортных потерь на ЖДП является составной частью национальных задач обеспечения общественной безопасности, решения экономических, демографических и социальных проблем, повышения качества жизнедеятельности, содействия отраслевому и региональному развитию.

В диссертации рассмотрены принципы и эффективные пути использования полученных теоретических результатов в практическом контексте разработки мероприятий по повышению безопасности и эффективности движения автомобилей в зоне ЖДП. Повышение адекватности моделирования ТП, обновление и развитие экспериментальных данных об особенностях движения транспортных средств (ТС) способствует принятию обоснованных решений по организации дорожного движения (ОДД) на ЖДП, что позволит повысить уровень безопасности движения (БД) и снизить автотранспортные потери в целом.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Тема диссертации соответствует государственной политике Республики Беларусь в сфере обеспечения безопасности дорожного движения и выполнена в рамках реализации: Директивы Президента Республики Беларусь № 1 от 11.03.2004 г. «О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины», Указа Президента Республики Беларусь № 551 от 28.11.2005 г. «О мерах по повыше-

нию безопасности дорожного движения», принятой Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 757 от 14.06.2006 г. и научного плана БНТУ с темой ГБ 06-202 «Повышение эффективности транспортной деятельности на основе совершенствования организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов» (2006–2010 гг.).

При непосредственном участии автора в период времени с 10.06.2005 г. по 19.02.2007 г. в НИЛ «Комплексная эксплуатация видов транспорта» БелГУТа выполнена НИР по теме № 3764 «Обследование инфраструктуры пересечений автомобильных дорог с железной дорогой в одном уровне на участках линии Брест – Орша – Красное», утвержденная Белорусской железной дорогой (№ ГР 20053035).

Цель и задачи исследования

Цель исследования заключается в разработке эффективных путей снижения экономических, экологических и аварийных потерь при эксплуатации автомобильного транспорта на ЖДП техническими средствами ОДД.

Задачи исследования:

1) оценка экономических, экологических и аварийных автотранспортных потерь в зоне ЖДП на основе анализа сведений о структуре, режимах движения ТП, исследовании конфликтных ситуаций и статистических данных об аварийности;

2) установление особенностей и закономерностей движения ТП при разгрузке очереди ТС у ЖДП на основе экспериментальных исследований;

3) разработка алгоритма и математической модели имитации управления автомобилем при движении ТП через ЖДП (участок ограничения скорости) включающего новые, ранее не учитываемые факторы, и создание компьютерной программы, реализующей данный моделирующий алгоритм;

4) разработка методики оценки эффективности решений по ОДД в зоне ЖДП на основе компьютерного моделирования движения ТП и учета экономических, экологических и аварийных автотранспортных потерь;

5) проведение исследований и разработка практических рекомендаций по повышению эффективности и безопасности движения автомобилей путем совершенствования оборудования ЖДП техническими средствами ОДД.

Исходя из сущности поставленных задач, *объектом исследования* в настоящей диссертационной работе является ТП в зоне ЖДП, *предметом исследования* – показатели и характеристики движения ТП в зоне переездов, а также методы их улучшения для повышения эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на исследуемых объектах УДС.

Положения, выносимые на защиту

1. Статистические данные относительной аварийности на переездах, *отличающиеся* учетом ДТП без пострадавших, и оценочные показатели конфликтного взаимодействия ТС на ЖДП (коэффициент конфликтности η_k и коэффициент нарушений η_n), характеризующие установку шлагбаума и автоматической светофорной сигнализации (АСС) значениями – $\eta_k = 0,63$ и $\eta_n = 0,01$, АСС без шлагбаума – $\eta_k = 0,38$ и $\eta_n = 0,05$, *позволяющие* оценить уровень обеспеченности БД через переезды и обосновать внедрение новых решений по совершенствованию условий движения автомобилей.

2. Результаты экспериментов, *отличающиеся* установлением закономерностей распределения временных интервалов между автомобилями (3,26 – 4,30 с) и средних скоростей движения ТС в потоке (2,31 – 3,96 м/с), *свидетельствующие* о прогрессирующем падении скорости ТС в потоке при движении очереди автомобилей через неровности проезжей части переезда, что вызывает задержки и аварийные ситуации, *позволяющие* обосновать рациональный вариант инженерного обустройства ЖДП и применения технических средств ОДД для снижения экономических, экологических и аварийных автотранспортных потерь.

3. Расчетная модель ТП, реализованная в виде компьютерной программы, *отличающаяся* введением и детальной алгоритмизацией дополнительных режимов выравнивания скоростей в потоке, *позволяющая* воспроизводить поведение ТП и (или) отдельного автомобиля при движении в зоне ЖДП (участка дороги с ограничен-

ной скоростью) и учесть информацию о сложившихся условиях движения внутри потока с требуемой точностью.

4. Методика оценки эффективности решений, принимаемых по ОДД в зоне ЖДП, *учитывающая* экспериментальные и расчетные показатели режимов движения потоков автомобилей, *отличающаяся* возможностью определения экономических, экологических и аварийных автотранспортных потерь на участке дороги, пропускная способность которой меньше интенсивности ТП, что *позволило* оценить условия движения как отдельных ТС, так и потока в целом, и тем самым обеспечить принятие вариантов ОДД, обеспечивающих снижение суммарных (экономических, экологических и аварийных) потерь автотранспорта на объектах исследования до 45883,4 долл. США/год.

5. Разработанные на основе предложенной методики оценки эффективности ОДД рекомендации, *отличающиеся* новыми решениями по применению в зоне ЖДП дорожной разметки, светофорной сигнализации, заграждения и наружного освещения, что *позволило* снизить суммарные (экономические, экологические и аварийные) автотранспортные потери на объектах исследования до 15,1 % и не менее чем на 75 % сократить потребление электроэнергии наружным освещением.

Личный вклад соискателя

Автором самостоятельно получены все основные теоретические положения диссертации, проведены сбор, обработка и анализ статистических данных, экспериментальные и расчетные исследования на основе разработанной модели и методики, сформированы положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации. Общая концепция исследований, моделирующий алгоритм и компьютерная программа разработаны соискателем совместно с научным руководителем. Вклад соавторов в опубликованных работах заключается в научном руководстве, обобщении и обсуждении научных результатов.

В ходе разработки диссертационной работы автор сотрудничал со специалистами БНТУ, БелГУТа, НИИ автотранспорта, дорожно-эксплуатационных и проектных организаций, службами ОДД ГАИ МВД Республики Беларусь.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались:

1) на III, IV и V международных научно-практических конференциях (МНПК) «Проблемы безопасности на транспорте» БелГУТ (г. Гомель в 2005, 2007 и 2010 гг.);

2) МНПК «Современный транспорт и транспортные средства: проблемы, решения и перспективы» (г. Минск, БНТУ, 2006 г.);

3) МНПК «Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте» (г. Гомель, БелГУТ, 2006 г.);

4) МНПК «Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния» (г. Екатеринбург, УГЭУ, 2006 г.);

5) научно-технической конференции «Актуальные задачи развития железнодорожного транспорта» (г. Гомель, БелГУТ, 2006 г.);

6) II МНПК «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (г. Гомель, БелГУТ, 2008 г.);

7) заседаниях кафедр «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения» БНТУ (г. Минск, 2013 г.), «Организация дорожного движения» и «Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте» БелГУТа (г. Гомель, 2013 г.).

Опубликованность результатов диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в 20 научных работах (из них 7 в соавторстве), в т.ч. 6 статьях в научно-технических журналах, 1 статье в научном сборнике и 13 статьях сборников материалов конференций. Общий объем опубликованных работ – 9,7 авторских листов, из которых 7,4 листов принадлежат автору диссертации. Объем личных публикаций автора, отвечающих требованиям ВАК, составляет 4,1 авторских листа.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из оглавления, перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, 4 глав, заключения, библиографического списка, 8 приложений, содержит 201 страницу. Общий объем приложений составляет 73 страницы, иллюстрации занимают 13 страниц, таблицы – 7 страниц. Библиографический

список включает 142 наименования, включая 13 личных публикаций автора и 7 научных работ, опубликованных в соавторстве.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность научных исследований, направленных на снижение автотранспортных потерь в зоне ЖДП, что обусловлено стремительным увеличением интенсивности ТП.

В **первой главе** проведен анализ автотранспортных потерь на ЖДП и работ по исследуемой проблематике, выявлены проблемные направления исследований, требующие дальнейшего развития.

В результате анализа установлено, что не решены с необходимой полнотой вопросы научно обоснованного выбора мероприятий по снижению автотранспортных потерь в зоне ЖДП в зависимости от различных вариантов инженерного обустройства и применения технических средств ОДД на таких объектах транспортной инфраструктуры. Предложенные ранее подходы к оценке экономических, экологических и аварийных автотранспортных потерь на ЖДП позволяют получать приближенные результаты, которые не удовлетворяют необходимым требованиям.

В целях повышения достоверности оценки автотранспортных потерь необходимо более тщательно учитывать динамику режимов движения ТС и ее изменения в результате взаимодействия с техническими средствами ОДД и другими элементами переездного обустройства, т.к. часто не удается объективно установить степень влияния дорожных условий в зоне переезда, условий видимости дорожной обстановки, деформации ТП, поведения водителя и других факторов на возникновение аварийных ситуаций, необоснованных задержек ТС, что приводит к росту потерь. Для решения этих задач необходимо проведение дальнейших исследований поведения ТП в различных дорожно-транспортных ситуациях с разработкой надежных (объективных) расчетных методов. Перечисленные обстоятельства определяют задачи диссертационного исследования.

Во **второй главе** обоснован выбор применяемых методов для исследования движения потоков автомобилей через ЖДП.

Проанализированы недостатки существующих математических моделей ТП и установлено, что принятые в известных моделях до-

пущения относительно свойств и режимов движения ТП значительно снижают ценность применения таких разработок для оценки эффективности решений по ОДД на ЖДП. Использование моделей, которые с теми или иными условностями пригодны для применения в этих целях, не позволяет удовлетворительно решать насущные задачи, связанные с определением приоритетов по реконструкции и (или) оборудовании ЖДП техническими средствами ОДД.

Развитие компьютерных технологий способствует созданию имитационных моделей ТП для эффективного решения таких задач. В качестве базового при проведении исследований, как наиболее эффективный инструмент, выбран моделирующий алгоритм, разработанный в БНГУ. Отмечена недостаточность накопленных экспериментальных сведений об особенностях режимов движения ТП на ЖДП и выдвинута гипотеза о прогрессирующем падении скорости ТС в процессе разгрузки очереди вследствие движения через неровности переезда, что приводит к потерям от задержек и ДТП.

Вышеперечисленные обстоятельства определили выбор методов исследования путем проведения натуральных экспериментов, сбора и обработки данных методами теории вероятностей и математической статистики и исследовании режимов движения ТП методами имитационного моделирования [1–А – 20–А].

В **третьей главе** описывается методика экспериментальных исследований и оценки БД на ЖДП, приводятся их результаты.

Основой для оценки степени обеспеченности БД послужили статистические данные о ДТП, информация о конфликтных ситуациях и режимах движения ТП на исследуемых объектах транспортной инфраструктуры. Были собраны и подвергнуты количественному, качественному и топографическому анализу данные по 405 ДТП на ЖДП Республики Беларусь за период с 2001 по 2012 гг. Впервые в анализ аварийности включены данные о ДТП без пострадавших, которые не отражены в ранее проведенных исследованиях, что позволило сделать более достоверные статистически значимые выводы о реальных возможностях предупреждения аварийности на ЖДП за счет устранения причин ее возникновения.

Установлено, что основная причина аварий на переездах (98% всех ДТП) – это недисциплинированность и невнимательность водителей. Полученные данные относительной аварийности на ЖДП с

разным уровнем оборудования показали, что уровень БД снижается на тех переездах, где наблюдается наиболее высокая интенсивность движения ТС (рисунок 1) [1–А, 3–А, 6–А].

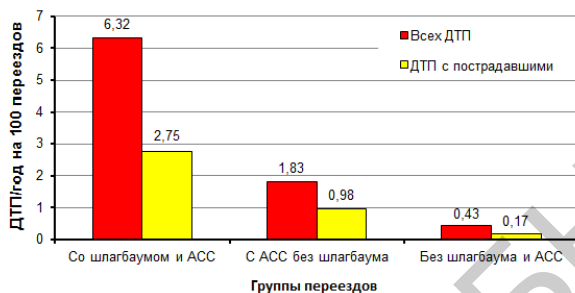


Рисунок 1 – Относительная аварийность на железнодорожных переездах с разным уровнем оборудования

Наиболее актуально совершенствование условий движения ТС на ЖДП с автоматической светофорной сигнализацией (АСС), на которые приходится наибольшее количество ДТП (70% всех ДТП).

ДТП на регулируемых ЖДП часто связаны с отсутствием доверия водителей к системам сигнализации и заграждения из-за длительных простоев у переезда в ожидании прохода поезда.

Для получения объективной картины поведенческих ситуаций в зоне регулируемых ЖДП были проведены исследования по методу конфликтных ситуаций. Предложена классификация в конфликте «автомобиль – поезд», по степени опасности конфликтные ситуации разделены на *легкие* и *тяжелые*.

Для оценки характеристик исследуемого конфликтного взаимодействия ТС на ЖДП введены два новых показателя [9–А]:

1. *Коэффициент конфликтности* определяется как доля автомобилей, вступающих в конфликт с поездом:

$$\eta_k = \frac{n_k}{n} \leq 1, \quad (1)$$

где n_k – число автодорожных ТС, взаимодействующих с поездом;
 n – общее число автодорожных ТС, следующих через переезд.

2. Коэффициент нарушений определяется как удельное число конфликтных ситуаций или как доля автомобилей, создающих конфликтные ситуации по отношению к числу конфликтующих ТС:

$$\eta_n = \frac{n_n}{n_k} \leq 1, \quad (2)$$

где n_n – число автомобилей, создающих конфликтные ситуации.

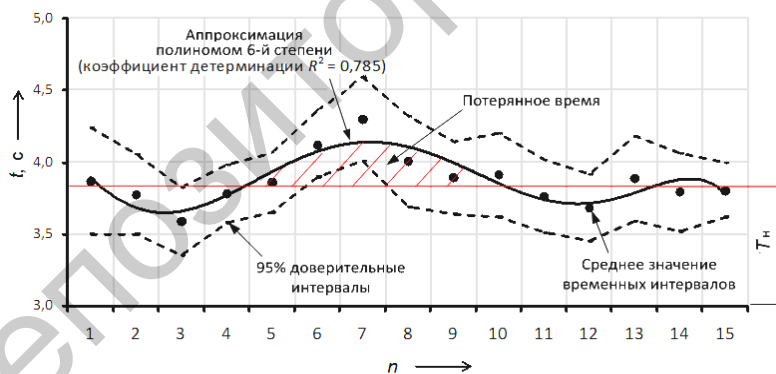
В качестве объектов наблюдения выступили 4 регулируемых ЖДП, из которых 2 – обслуживаемые дежурным и 2 – без дежурного, оборудованные АСС. Непрерывные наблюдения в течение 96 часов на каждом ЖДП позволили зафиксировать уникальную картину поведенческих ситуаций, установить зависимости коэффициентов η_k и η_n от некоторых параметров дорожного движения и свидетельствуют о высокой опасности для движения (таблица 1) [9–А].

Таблица 1 – Результаты исследования конфликтных ситуаций

Способ регулирования	Количество закрытий переезда	Количество транспортных средств			Показатель оценки	
		общее	взаимодействовавших с поездом	создавших конфликтную ситуацию	коэффициент конфликтности η_k	коэффициент нарушений η_n
Шлагбаум и АСС	832	18347	11648	115	0,63	0,01
АСС без шлагбаума	261	5496	2087	98	0,38	0,05

Наблюдения показали, что начало работы АСС задолго до появления на ЖДП поезда наряду с потерями от простоев автомобилей вызывает у водителей недоверие к работе этих устройств и приводит к конфликтным ситуациям. В результате исследований аварийности и конфликтных ситуаций установлены очаги аварийности, причины и условия, способствующие возникновению ДТП, получены обоснования возможности эксплуатации малодеятельных ЖДП, без освещения и определены потребности в оборудовании и развитии технических средств ОДД с учетом требований БД [3–А, 12–А].

Проведены натурные эксперименты и получены оценки числовых характеристик движения ТП при разгрузке очереди автомобилей у ЖДП, определены значения распределения временных интервалов между автомобилями (3,26 – 4,30 с) и средних скоростей движения ТС в потоке (2,31 – 3,96 м/с), следующих друг за другом по одной полосе движения. Эксперименты проводились на трех ЖДП с целью получения информации, необходимой для проведения теоретических исследований, разработки модели и проверки ее адекватности. Измерения проводились в створе линии шлагбаума, а при его отсутствии в створе «стоп-линии». Количество измерений определялось методами математической статистики из условия обеспечения их репрезентативности и доверительной вероятности не менее 95%. Всего было просчитано 40 очередей на каждый ЖДП. Рассматривались очереди ТС, количество которых было не менее 15. Каждому проведенному замеру временного интервала (скорости) присваивался номер $n = 1, 2, 3 \dots$. После математической обработки получены зависимости, отражающие динамику движения ТС. На рисунке 2 в качестве примера показаны экспериментальные точки, соответствующие средним значениям интервалов между автомобилями и аппроксимирующий полином 6-й степени [4–А].



T_n – установившийся временной интервал убытия автомобилей из очереди

Рисунок 2 – Распределение временных интервалов между автомобилями при разгрузке очереди на переезде с тремя путями

Полученные результаты экспериментов, отражающие особенности поведения автомобилей в очереди, подтверждают прогрессиру-

ющее падение скорости ТС в плотном потоке при движении через неровности проезжей части ЖДП. Такой процесс разгрузки очереди из-за возникающих перепадов скоростей движения ТС является неустойчивым, сопровождается возникновением конфликтных ситуаций и потерь времени (рисунок 2), которые накапливаются по мере роста номера n в очереди. На основе выявленных особенностей деформации ТП сформировано предположение о том, что путем *рационализации расположения стоп-линии у ЖДП* можно уменьшить продолжительность разгрузки очереди и повысить БД автомобилей за счет более равномерного движения ТС в потоке [4–А, 10–А].

В **четвертой главе** подробно излагаются вопросы создания имитационной модели ТП и методики оценки эффективности ОДД на ЖДП с примерами практического применения предложенных теоретических разработок. Приводится описание блок-схем и алгоритмов. Общая (укрупненная) блок-схема усовершенствованного моделирующего алгоритма показана на рисунке 3 [5–А, 7–А, 16–А].



Рисунок 3 – Общая блок-схема алгоритма моделирования движения ТП на дорогах с участками ограничения скорости

Разработанная расчетная модель ТП реализована в виде компьютерной программы. Адекватность модели исследуемому процессу подтверждена ее успешными испытаниями и сходимостью результатов натуральных и имитационных экспериментов в пределах 95 % доверительного интервала [5–А, 7–А, 17–А, 19–А].

Компьютерная программа зарегистрирована в Национальном центре регистрации интеллектуальной собственности Республики Беларусь и позволяет выполнять две основные функции [5–А]:

1. Определение характеристик ТП путем проведения пошаговых численных расчетов для последующего их анализа и обработки.

2. Вывод на экран монитора графического отображения движения ТП через ЖДП (участок ограничения скорости), что позволяет визуально оценивать поведение как всего потока в целом, так и отдельных ТС его составляющих.

Разработана методика оценки эффективности ОДД на ЖДП, которая предусматривает исследование условий движения ТП на основе экспериментальных изысканий, моделирования, расчета и суммирования экономических, экологических и аварийных потерь по сопоставляемым вариантам ОДД. Практическое использование методики осуществляется путем последовательной реализации процедур, показанных на рисунке 5 [7–А, 20–А].

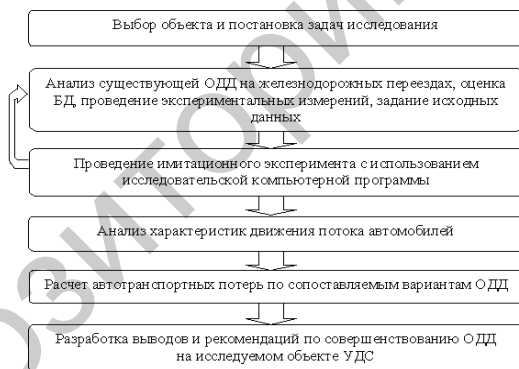


Рисунок 5 – Алгоритм реализации предложенной методики

На основе проведенных исследований внесены предложения, отличающиеся новыми решениями по снижению автотранспортных потерь в зоне ЖДП и снижению затрат на содержание переездов:

1. Рационализация расположения стоп-линии перед ЖДП и скоростей движения ТС через неровности проезжей части переезда, позволяющие уменьшить время разъезда очереди автомобилей и повысить уровень БД за счет более равномерного движения ТП.

2. Выполнено обоснование и установлена возможность эксплуатации неохранных переездов III и IV категории, расположенных вне городской черты, с включением освещения в момент вступления поезда на участок приближения, что позволяет не менее чем на 75% снизить потребление электроэнергии освещением на объектах внедрения. Экономический эффект, от реализации данного решения на 41 ЖДП Белорусской железной дороги, составил 57,8 млн. руб/год (в ценах на 01.01.2011г.) [12–А].

3. Оборудование ЖДП техническими средствами ОДД [2–А]:

– разработаны варианты дорожной разметки повышенной видимости специальной конфигурации, которые наносятся на подходах к ЖДП и информируют о наличии опасного участка дороги;

– предложено оснастить ЖДП желтым мигающим световым сигналом для улучшения его видимости на УДС, как опасного объекта;

– рекомендовано использование шлагбаумов повышенной видимости, перекрывающих всю ширину проезжей части дороги и исключающих несанкционированный выезд автомобилей на ЖДП, а также применение устройств, учитывающих реальную скорость приближающегося поезда и обеспечивающих приемлемый временной интервал между включением АСС и проходом поезда в целях снижения задержек ТС и повышения БД.

4. Для предотвращения заторов на УДС, вызванных чрезмерным возрастанием очереди ТС у ЖДП, предложен оценочный критерий – *ограничение на длину очереди ТС* и рекомендовано устройство дополнительных накопительных полос на перекрестках, расположенных в зоне влияния переезда [15–А, 18–А].

Дана оценка эффективности применения полученных разработок на примере 4 ЖДП с разным уровнем оборудования при характерных для них условиях движения. Максимальный показатель снижения суммарных (экономических, экологических и аварийных) автотранспортных потерь составил 45883,4 долл. США/год на ЖДП, или 15,1 %, минимальный – 2482,9 долл. США/год на ЖДП, или 1,5 %. При этом срок окупаемости затрат не превышает 1,23 года.

Полученные в диссертации результаты прошли апробацию на практике и использованы в производственной, проектной, научной и учебной деятельности, о чем имеются соответствующие акты внедрения и справка практического применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации:

1. Статистические данные относительной аварийности на переездах с разным уровнем оборудования, *отличающиеся* учетом ДТП без пострадавших, и оценочные показатели конфликтного взаимодействия – *коэффициент конфликтности* η_k и *коэффициент нарушений* η_n , характеризующие установку шлагбаума и автоматической светофорной сигнализации (АСС) значениями $\eta_k = 0,63$ и $\eta_n = 0,01$, АСС без шлагбаума – $\eta_k = 0,38$ и $\eta_n = 0,05$, *позволяющие* оценить степень обеспеченности БД через ЖДП, и обосновать внедрение новых решений по совершенствованию условий движения автомобилей. Включение в анализ аварийности данных о ДТП без пострадавших дает возможность сделать более достоверные статистически значимые выводы о реальных возможностях предупреждения аварийности на ЖДП за счет устранения причин ее возникновения [1–А, 3–А, 6–А, 9–А, 13–А].

2. Результаты экспериментальных исследований режимов движения ТП при разгрузке очереди у ЖДП, *отличающиеся* установлением закономерностей распределения временных интервалов между автомобилями (3,26 – 4,30 с) и средних скоростей движения ТС в потоке (2,31 – 3,96 м/с), *свидетельствующие* о прогрессирующем падении скорости движения ТС при движении очереди автомобилей через неровности проезжей части переезда, что вызывает задержки и аварийные ситуации, *позволяющие* обосновать рациональный вариант инженерного обустройства ЖДП и применения технических средств ОДД для снижения экономических, экологических и аварийных автотранспортных потерь. Новизна результатов состоит в установлении особенностей движения ТП в исследуемых локальных зонах УДС, и тем самым в дополнении и уточнении известных сведений, характеризующих условия движения ТС [4–А, 10–А].

3. Расчетная модель ТП, реализованная в виде компьютерной программы, *отличающаяся* введением и детальной алгоритмизацией дополнительных режимов выравнивания скоростей в потоке, *позволяющая* воспроизводить поведение ТП и (или) отдельного автомобиля при движении в зоне ЖДП (на дорогах с участками ограничения скорости) и учесть информацию о сложившихся условиях

движения ТС внутри потока с требуемой точностью. Возможность достаточно быстрой реализации с помощью компьютерной программы вычислительных процедур позволяет повысить производительность проектных работ [5–А, 7–А].

4. Методика оценки эффективности решений, принимаемых по ОДД в зоне ЖДП, учитывающая экспериментальные и расчетные показатели режимов движения потоков автомобилей, *отличающаяся* возможностью определения экономических, экологических и аварийных потерь на участке дороги, пропускная способность которого меньше интенсивности ТП, что *позволило* оценить условия движения как отдельных ТС, так и потока в целом, и тем самым обеспечить принятие рациональных вариантов ОДД, обеспечивающих снижение суммарных (экономических, экологических и аварийных) автотранспортных потерь на объектах исследования до 45883,4 долл. США/год [9–А, 15–А, 16–А – 20–А].

5. Разработанные на основе предложенной методики оценки эффективности ОДД на переездах рекомендации, *отличающиеся* новыми решениями по применению в зоне ЖДП: *дорожной разметки* (рационализация расположения стоп-линии и применения дорожной разметки повышенной видимости специальной конфигурации), *светофорной сигнализации* (использование светофора с желтым мигающим сигналом и устройств, обеспечивающих приемлемый временной интервал между включением светофорной сигнализации и проходом поезда), *средств заграждения* (применение шлагбаумов, перекрывающих все проезжую часть дороги и оборудованных средствами повышенной видимости), что *обеспечило* снижение суммарных (экономических, экологических и аварийных) автотранспортных потерь на объектах исследования до 15,1 %. Снижение экономических потерь, связанных с задержками, остановками и перерасходом топлива автомобилей на объектах исследования составило от 1,2% до 15,5%, экологических потерь – в диапазоне от 2,8 до 9,0%. Аварийные потери на объекте исследования снизились в 20 раз. Реализация на ЖДП III и IV категории решения, предусматривающего включение освещения в момент вступления поезда на участок приближения, позволяет снизить потребление электроэнергии освещением на объектах внедрения не менее чем на 75 % [2–А, 12–А, 14–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты проведенных исследований подтверждены актами внедрения и справкой практического применения в производственную, проектную, научную и учебную деятельность, связанную с ОДД, эксплуатацией автотранспорта и ЖДП. Получено свидетельство о регистрации разработанной компьютерной программы, выданное Национальным центром регистрации интеллектуальной собственности Республики Беларусь от 21.02.2013 года № 475. Предложенные в диссертации методические подходы к оценке эффективности ОДД в зоне ЖДП внедрены в ФБУ «Агентство автомобильного транспорта» Министерства транспорта Российской Федерации, УГАИ УВД Гомельского облисполкома, РУП «Белжелдорпроект» (г. Минск), РУП «Гомельавтодор», ТРУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги», КУП «Гомельский городской дорожный строительно-ремонтный трест».

Результаты работы внедрены в учебный процесс УО «БелГУТ» для студентов, обучающихся по специальностям 1-44 01 01 "Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте" и 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» и применены в рамках выполнения научно-исследовательских работ в НИЛ «Комплексная эксплуатация видов транспорта» УО «БелГУТ» по хоздоговорной теме № 3764 «Обследование инфраструктуры пересечений автодорог с железной дорогой в одном уровне на участках направления Осиновка – Брест» (№ ГР 200553035).

Разработанные теоретические и практические рекомендации являются эффективным средством при разработке решений по ОДД в зоне ЖДП с целью определения приоритетов в реконструкции и (или) оборудования переездов техническими средствами ОДД, очередности их закрытия, а также устройства вместо них пересечений дорог в разных уровнях, что позволит снизить риски принятия ошибочных проектных решений и неэффективного использования капитальных вложений, которые измеряются миллиардами рублей. Кроме того, предложенные теоретические разработки представляются эффективным инструментом для оценки и анализа движения ТП в других местах на УДС, где ограничена пропускная способность и скорость движения автомобилей.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

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

1–А. Кот, Е.Н. Повышение безопасности движения на пересечениях автомобильных дорог с железнодорожными путями / Е.Н. Кот, Д.В. Капский, Д.В. Рожанский, С.Н. Карасевич // Вест. Белорус. гос. ун-та трансп.: наука и транспорт. – 2005. – № 1(10). – С. 28–31.

2–А. Рожанский, Д.В. Повышение безопасности движения в зоне железнодорожных переездов / Д.В. Рожанский, С.Н. Карасевич // Вест. Белорус. нац. техн. ун-та. – 2007. – № 2. – С. 60–65.

3–А. Карасевич, С.Н. Влияние технических средств переездного обустройства и условий видимости на безопасность движения / С.Н. Карасевич // Вест. Белорус. гос. ун-та трансп.: наука и транспорт. – 2007. – № 1–2 (14–15). – С. 124–128.

4–А. Карасевич, С.Н. Исследование характеристик транспортных потоков при разгрузке очереди у железнодорожных переездов / С.Н. Карасевич // Вест. Белорус. гос. ун-та трансп.: наука и транспорт. – 2008. – № 1 (16). – С. 112–116.

5–А. Карасевич, С.Н. Оптимизация проектных решений по организации движения в зоне железнодорожных переездов методами имитационного моделирования / С.Н. Карасевич // Вест. Гомел. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2007. – № 4. – С. 11–19.

Статьи в сборниках научных трудов и журналах

6–А. Капский, Д.В. Организация движения на пересечениях автомобильных и железных дорог / Д.В. Капский, Е.Н. Кот, Д.В. Рожанский, С.Н. Карасевич // Дороги и мосты: сб. науч. ст. / ГосдорНИИ им. Шульгина. – Киев, 2006. – Вып.4. – С. 337–346.

7–А. Карасевич, С.Н. Моделирование движения транспортных потоков в зонах с ограниченной скоростью движения / С.Н. Карасевич // Научн. вест. автомоб. т-та / НИИАТ. – Москва, 2013. – Вып. 6 (июнь). – С. 23–36.

Материалы конференций

8–А. Карасевич, С.Н. Обеспечение условий безопасности на железнодорожных переездах / С.Н. Карасевич // Проблемы безопасно-

сти на транспорте: материалы IV Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 15-16 ноября 2007 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 119–121.

9–А. Карасевич, С.Н. Оценка опасности движения на железнодорожных переездах / С.Н.Карасевич // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса: материалы II Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 27-28 окт. 2008 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2008. – С. 58–59.

10–А. Карасевич, С.Н. Экспериментальное исследование загрузки очереди автомобилей на пересечениях автомобильных и железных дорог / С.Н. Карасевич // Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте: тезисы докладов Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 26-27 окт. 2006 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. В.М. Овчинников. – Гомель, 2006. – С. 159–162.

11–А. Карасевич, С.Н. Концепция повышения безопасности на железнодорожных переездах / С.Н.Карасевич // Проблемы безопасности на транспорте: материалы III Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 27-28 окт. 2005 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2005. – С. 26–27.

12–А. Карасевич, С.Н. Возможность эксплуатации малодетельных железнодорожных переездов, расположенных вне черты городов и населенных пунктов без наружного освещения / С.Н. Карасевич // Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте: тезисы докладов Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 26-27 окт. 2006 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. В.М. Овчинников. – Гомель, 2006. – С. 125–128.

13–А. Капский, Д.В. Безопасность движения на железнодорожных переездах Республики Беларусь / Д.В.Капский, Е.Н. Кот, Д.В. Рожанский, С.Н. Карасевич // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XII Междунар. (XV екатеринбургской) научн.- практ. конф., Екатеринбург, 14-15 июня 2006 г. / Уральский гос. экономич. ун-т; изд-во АМБ; ред.кол.: С.А. Ваксман [и др.]. – Екатеринбург, 2006. – С. 107–112.

14—А.Рожанский, Д.В. Совершенствование технических средств организации дорожного движения в зоне железнодорожных переездов. / Д.В. Рожанский, С.Н. Карасевич. // Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте: тезисы докладов Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 26-27 окт. 2006г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. В.М. Овчинников. – Гомель, 2006. – С. 131–134.

15—А.Карасевич, С.Н. Совершенствование организации движения на пересечениях железных дорог с автодорогами / С.Н. Карасевич // Проблемы безопасности на транспорте: материалы IV Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 15-16 ноября 2007 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 121–122.

16—А.Карасевич, С.Н. Алгоритмизация действий водителя по управлению автомобилем в зоне железнодорожного переезда / С.Н. Карасевич // Современный транспорт и транспортные средства: проблемы, решения, перспективы: тезисы докладов Междунар. научн.-техн. конф., посвящ. 55-летию автотракт. фак. БНТУ, Минск, 2007 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2007. – С. 200–203.

17—А.Карасевич, С.Н. Применение имитационного моделирования для оценки организации движения на дорогах с участками ограничения скорости / С.Н. Карасевич, Д.В. Рожанский // Проблемы безопасности на транспорте: материалы IV Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 15-16 ноября 2007 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 20–22.

18—А.Карасевич, С.Н. Ограничение на длину очереди автомобилей у железнодорожного переезда / С.Н. Карасевич // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: материалы X респ. научн. конф. студентов и аспирантов, Гомель, 12-14 мар. 2007 г. / Гомел. гос. ун-т им. Ф.Скорины; редкол.: Д.Г. Лин [и др.]. – Гомель, 2007. – С. 97–98.

19—А.Рожанский, Д.В. Модель плотного транспортного потока/ Д.В. Рожанский, С.Н. Карасевич // Проблемы безопасности на транспорте: материалы V Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 25-26 ноября 2010 г. / Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2010. – С. 76–77.

20–А. Карасевич, С.Н. Оценка организации движения на дорогах с участками ограничения верхнего предела скорости/ С.Н. Карасевич // Проблемы безопасности на транспорте: материалы V Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 25-26 ноября 2010 г./ Белорус. гос. ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2010. – С. 44–45.



РЭЗІЮМЭ

Карасевіч Сяргей Мікалаевіч

Зніжэнне аўтатранспартных страт на чыгуначных пераездах тэхнічнымі сродкамі арганізацыі дарожнага руху

Ключавыя словы: чыгуначны пераезд, арганізацыя дарожнага руху, шчыльны транспартны паток, ацэнка эфектыўнасці рашэнняў, імітацыйнае мадэляванне.

Мэта працы: распрацоўка эфектыўных шляхоў зніжэння эканамічных, экалагічных і аварыйных страт пры эксплуатацыі аўтамабільнага транспарту на чыгуначных пераездах тэхнічнымі сродкамі арганізацыі дарожнага руху.

Асноўныя метады даследавання: метады імітацыйнага мадэліравання, тэорыі імавернасці і матэматычнай статыстыкі, аналогій, назірання, вымярэння.

Навуковая навізна атрыманых вынікаў заключаецца ў распрацоўцы метадычных рэкамендацый для ацэнкі эфектыўнасці рашэнняў, якія прымаюцца па арганізацыі дарожнага руху ў зоне чыгуначных пераездаў.

Рэкамендацыі па выкарыстанню і галіна прымянення. Вынікі навуковага даследавання прыняты для практычнага выкарыстання ў ФБУ «Агенцтва аўтамабільнага транспарту» Міністэрства транспарту Расійскай Федэрацыі, ДАІ УУС Гомельскага аблвыканкама, ПВРУП «Белчыгундарпраект» г. Мінска, РУП «Гомельаўтадар» г. Гомеля, ТРУП «Гомельскае аддзяленне Беларускай чыгункі», г. Гомеля, КУП «Гомельскі ГДБРТ», г. Гомеля. Атрыманыя вынікі могуць выкарыстоўвацца навуковымі, практычнымі і вытворчымі арганізацыямі ў рамках удасканалення ўмоў руху аўтамабіляў у зоне чыгуначных пераездаў і на іншых участках аўтамабільных дарог з участкамі абмежавання хуткасці. Дысертацыя звязана з Канцэпцыяй замацавання бяспекі дарожнага руху ў Рэспубліцы Беларусь, зацверджанай пастановай Савета Міністраў Рэспублікі Беларусь № 757 ад 14.06.2006г.

РЕЗЮМЕ

Карасевич Сергей Николаевич

Снижение автотранспортных потерь на железнодорожных переездах техническими средствами организации дорожного движения

Ключевые слова: железнодорожный переезд, организация дорожного движения, плотный транспортный поток, оценка эффективности решений, имитационное моделирование.

Цель работы: разработка эффективных путей снижения экономических, экологических и аварийных потерь при эксплуатации автомобильного транспорта на железнодорожных переездах техническими средствами организации дорожного движения.

Основные методы исследования: методы имитационного моделирования, теории вероятностей и математической статистики, аналогий, наблюдения, измерений.

Научная новизна полученных результатов заключается в разработке методических рекомендаций для оценки эффективности решений по организации дорожного движения в зоне железнодорожных переездов.

Рекомендации по использованию и область применения. Результаты диссертации приняты для практического использования в ФБУ «Агентство автомобильного транспорта» Министерства транспорта Российской Федерации, УГАИ УВД Гомельского облисполкома, ПИРУП «Белжелдорпроект», г. Минск, РУП «Гомельавтодор», г. Гомель, ТРУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги», г. Гомель, и КУП «Гомельский ГДСРТ», г. Гомель. Полученные результаты могут быть использованы научными, проектными и производственными организациями в рамках совершенствования условий движения автомобилей в зоне железнодорожных переездов и на автодорогах с участками ограничения скорости. Диссертация связана с Концепцией обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 757 от 14.06.2006г.

SUMMARY

Karasevich Sergey Nicolaevich

Reduction of road traffic losses at railway crossings by technical means of road traffic management

Keywords: the railway crossings, the traffic organization, the dense transport stream, the estimation of efficiency of decisions, imitating modeling.

Work purpose: development of effective ways of decrease in economic, ecological and emergency losses at operation of the motor transport on railway crossings by means of technical means of the organization of traffic.

The basic methods of research: methods of imitating modelling, probability theory and the mathematical statistics, analogies, supervision, measurements.

Scientific novelty of the received results consists in working out of methodical recommendations for the estimation of efficiency of the design decisions accepted on the organization of traffic in the zone of railway crossings.

Recommendations on use and application. Results of the thesis are accepted for practical use in the FSI "Agency of road Transport" of the Ministry of Transport of the Russian Federation, Office of the State Automobile Inspection (SAI) of the Department of Internal Affairs of the Gomel Regional Executive Committee, and also at the enterprises: design-prospecting Republican Unitary Enterprise «Belrailtrafdesign», Minsk, Republican Unitary Enterprise «Gomelautoroad», Gomel, Transportation Republican Unitary Enterprise «Gomel Branch of Belarusian Railway», Gomel, and Municipal Unitary Enterprise «Gomel city road-building repair trust», Gomel. The results can be used by scientific, engineering and manufacturing organizations in the framework of improving traffic conditions in the area of vehicles and railroad crossings on roads with speed limits areas. Dissertation related to the concept of road safety in the Republic of Belarus, approved by the Council of Ministers of the Republic of Belarus № 757 from 14.06.2006.

Научное издание

КАРАСЕВИЧ Сергей Николаевич

**СНИЖЕНИЕ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТЕРЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ
ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Подписано в печать 20.05.2014. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 80. Заказ 397.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.