

На правах рукописи

КРАВЧЕНКО Людмила Александровна



**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕТОДАМИ
РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА АВТОМОБИЛЕЙ**

(Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2003

Работа выполнена на кафедре « Организация и безопасность движения»
Московского автомобильно - дорожного института (государственного
технического университета)

Научные руководители:

доктор технических наук,
профессор А.И. Рябчинский
кандидат технических наук,
доцент М.Б. Афанасьев

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор В.М. Власов
кандидат технических наук,
В.С. Емышев

Ведущая организация:

Федеральное государственное
унитарное предприятие
научно-исследовательский
институт автомобильного
транспорта

Защита состоится «16» сентября 2003 г. в 10 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.126.04 при Московском автомобильно-
дорожном институте (государственном техническом университете) по ад-
ресу: 125319, Москва, А-319, Ленинградский проспект, 64, ауд. 42.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского ав-
томобильно-дорожного института (государственного технического уни-
верситета).

Автореферат разослан «__» _____ 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., профессор

В.А. Максимов

2003-А
18429

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ. Обеспечение безопасности дорожного движения, в связи с быстрыми темпами автомобилизации страны, является одной из важнейших социально-экономических проблем России. В последние годы наметилась неблагоприятная тенденция роста дорожно-транспортных происшествий (ДТП), количества погибших и раненых в них людей. Только в 2002 году в Российской Федерации было совершено 184365 ДТП, в которых погибло 33243 и ранено 215678 человек. Социально-экономический ущерб от ДТП оценивается примерно в 280 млрд. рублей.

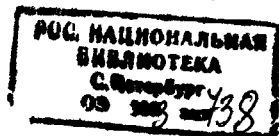
Причиной 75-85% являются ошибки водителей, а также различные нарушения ими Правил дорожного движения. Почти 40% от этих ДТП связано с нарушением установленной Правилами дорожного движения скорости или выбором скорости, не соответствующей конкретным условиям. Такой высокий уровень ДТП, связанных со скоростью свидетельствует о необходимости проведения настоящего исследования и об актуальности выбранной темы диссертации.

Существующие на практике методы ограничения скорости учитывают геометрические и эксплуатационные параметры дороги, однако, при этом не учитываются влияние динамических возможностей современных транспортных средств на риск ДТП и отношение водителей к установленным ограничениям скорости. Методы, используемые для обеспечения требуемого скоростного режима, недостаточно учитывают влияние отдельных элементов системы ВАДС, определяющих выбор водителем скорости движения. В связи с этим, при решении вопросов повышения безопасности дорожного движения, является актуальной необходимостью более полного учета взаимодействия элементов комплекса ВАДС и их влияния на скорость.

ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ является разработка научно обоснованных методов и практических рекомендаций, повышающих безопасность дорожного движения, на основе вероятностного подхода к оценке факторов, влияющих на выбор скорости движения.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ – транспортные потоки, режимы движения автомобилей на различных участках улично-дорожной сети г. Краснодара и автомобильных дорогах Краснодарского края.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ базировались на системном и



статистическом анализе, математическом моделировании и использовании элементов теории риска.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА проведенных исследований заключается в следующем:

- установлена зависимость величины ошибки, допускаемой водителями при оценке скорости движения управляемого автомобиля от модели транспортного средства;

- разработана новая методика прогнозирования риска недооценки водителями скорости движения управляемого автомобиля в зависимости от его модели;

- предложена новая методика использования дополнительных приборов, повышающих внутреннюю информативность автомобилей при подготовке водителей;

- разработаны рекомендации по ограничению скоростных режимов при проезде транспортных средств через искусственные неровности с учетом вертикальных ускорений, действующих на водителя и переднего пассажира.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ работы заключается в разработке рекомендаций по повышению безопасности движения путем использования новых подходов к ограничению скорости, основанных на теории риска, применении искусственных неровностей на опасных участках улично-дорожной сети и повышении внутренней информативности автомобиля. Разработанные алгоритмы прогнозирования ошибок, допускаемых водителями, при оценке скорости движения управляемого автомобиля, могут использоваться в качестве одного из показателей надежности управления в процессе эксплуатации транспортного средства и прогнозирования успешной деятельности на этапе подготовки водителей, а также при оценке их профпригодности.

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ. Результаты исследования внедрены в практической деятельности Управления Федеральными дорогами по Краснодарскому краю. Прикладная программа прогнозирования риска недооценки скорости водителем, в зависимости от модели транспортного средства, была использована при подготовке водителей в автошколе. Материалы исследований используются в учебном процессе на автодорожном факультете Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ) в г.Краснодаре.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Основные положения и результаты работы

докладывались на научно-технической конференции “Актуальные проблемы автомобильного транспорта и дорожного хозяйства, пути их решения” (г.Сочи,1998г.), всероссийской научно-технической конференции “Актуальные проблемы дорожно-транспортного комплекса России” (г.Сочи,1999г.), всероссийской научно-практической конференции “Повышение надежности и долговечности автомобильных дорог и искусственных сооружений” (г.Сочи, 2000 г.), а также на ежегодных научно-исследовательских конференциях МАДИ (ГТУ) (г.Москва, 2001-2003гг) и КубГТУ (г.Краснодар, 1997-2000).

Основные положения диссертации отражены в 4 печатных публикациях.

НА ЗАЩИТУ ВЫНОСЯТСЯ методы и результаты исследований оценки водителем скорости движения управляемого транспортного средства в зависимости от его модели; математическая модель прогнозирования риска недооценки водителями скорости управляемого автомобиля в зависимости от модели транспортного средства; рекомендации по использованию приборов, сигнализирующих о превышении скорости движения; рекомендации по назначению скоростных режимов транспортных средств при использовании искусственных неровностей с учетом вертикальных ускорений, действующих на водителя и переднего пассажира.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Текст диссертации изложен на 173 страницах, включая 33 рисунка, 42 таблицы. Список используемой литературы содержит 148 наименований работ российских и зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко обосновывается актуальность темы диссертационного исследования, его научная новизна.

ПЕРВАЯ ГЛАВА посвящена анализу существующего состояния аварийности в зарубежных странах, Российской Федерации, в том числе, в Краснодарском крае. В результате углубленного анализа причин ДТП, совершаемых по вине водителей, выявлено, что около 40% из них связано со скоростью. По данным ГИБДД за превышение скорости в России ежегодно наказывают более 15 млн. водителей. К ДТП, в которых зафиксированы указанные нарушения, приводят как недостаточные навыки вождения, так и увеличение числа водителей, осознанно нарушающих скоростные режимы.

В нашей стране проблемы обеспечения безопасности дорожного движения, в том числе и вопросы влияния скорости на аварийность нашли отражение в работах М.Б.Афанасьева, В.Ф.Бабкова, И.В.Бегма, А.П.Васильева, В.П.Залуги, С.К.Капкина, Г.И.Клянковцтейна, В.И.Коношянко, Ю.А.Кременца, А.И.Кулермана, Е.М.Лобанова, Г.И.Пенежко, А.И.Рябчинского, В.В.Сильянова, В.В.Столярова, М.И.Фримштейна, Я.В.Хомяка и др. Анализ работ выполненных отечественными учеными, изучение ДТП, обусловленных превышением и неправильным выбором скорости движения позволили сформулировать основные направления исследований по выявлению причин и факторов, оказывающих влияние на скоростные режимы и, как следствие, на безопасность дорожного движения.

Для обеспечения должной эффективности вводимого ограничения скорости необходимо учитывать не только дорожные условия и транспортно-эксплуатационные параметры автомобиля, но и умение водителя правильно выбирать скорость с учетом состояния всей системы «Водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС). При этом предлагается действия водителя в процессе движения оценивать с учетом определенной допустимой величины риска совершения ДТП. Теория риска находит применение в различных отраслях науки и техники, а также используется в проектировании дорог и организации движения. Эти вопросы нашли отражение в работах профессора В.В.Столярова.

Риск ДТП является величиной объективно существующей и допустимой водителем при управлении автомобилем. Установлено, что допустимый каждым водителем уровень риска, даже в самых неблагоприятных дорожных условиях остается в тех же пределах, что и риск ДТП при движении по прямолинейным горизонтальным участкам дорог с сухим и чистым покрытием. В качестве расчетного, согласно общепринятой шкале риска, принимают значение 1×10^{-4} (одно событие на 10 тыс. автомобилей), которое является границей между высокой и умеренной зонами риска, а также характеристикой риска совершения ДТП, допустимого 85% водителей. Причины несоблюдения водителями установленной скорости остаются наименее изученными из всего множества проблем, связанных с обеспечением безопасности движения.

В связи с этим представляется необходимым исследовать комплекс наиболее существенных факторов, оказывающих влияние на выбор водителем скоростного режима в процессе управления автомобилем.

Поэтому в первой главе диссертации сформулирована цель работы, которая заключается в разработке научно обоснованных методов и практических рекомендаций для обеспечения требуемого безопасного скоростного режима. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- определить и обосновать основные факторы системы ВАД(С), влияющие на выбор водителем скорости движения;

- разработать методологию системного подхода при определении механизма выбора водителем скоростного режима в процессе управления транспортным средством;

- определить пределы ошибок, допускаемых водителями при оценке скорости управляемого автомобиля в зависимости от модели транспортного средства;

- определить закономерности оценки водителем скорости движения управляемого автомобиля;

- разработать математическую модель прогнозирования риска недооценки водителем скорости управляемого автомобиля в зависимости от модели транспортного средства;

- определить степень влияния технических средств внутренней информативности автомобиля, сигнализирующих о превышении скорости, на соблюдение водителем установленного скоростного режима;

- исследовать соответствие фактических скоростей движения транспортных средств установленному дорожными знаками скоростному режиму;

- определить риск, допускаемый водителями при превышении скорости в зоне действия знаков ограничения скорости;

- исследовать влияние конструктивных параметров искусственных неровностей на скоростные режимы транспортных средств и величину вертикальных ускорений возникающих при движении через неровности.

ВТОРАЯ ГЛАВА посвящена разработке методологии повышения безопасности дорожного движения на основе выполненного теоретического исследования условий и факторов, влияющих на превышение водителем установленного скоростного режима. Обоснование механизма выбора водителем скорости движения основано на результатах углубленного анализа ДТП, наблюдений за скоростными режимами транспортных средств и данных социологического опроса. В результате анализа аварийности установлено, что большая часть ДТП, совершаемых по вине

водителей (до 40%), связана со скоростью движения. Наблюдения за скоростями движения в населенных пунктах и на дорогах вне их, показали, что более 50% водителей не соблюдают установленный скоростной режим. Для подтверждения полученных данных был проведен социологический опрос водителей, который включал вопросы структурированные в следующие четыре укрупненных блока.

Результаты опроса водителей на предложенные варианты вопросов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты опроса водителей

Блок вопросов	Варианты ответов	Результаты
1. Соблюдение водителями Правил дорожного движения	-считают безопасной для движения в свободных условиях вне населенного пункта скорость -сознательно допускают нарушение ПДД и установленного скоростного режима	115км\ч (среднее из всех ответов) 57% водителей
2. Скорости (средние) выбираемые водителями вне населенных пунктов	-водители грузовых автомобилей -водители легковых автомобилей отечественного производства -водители легковых автомобилей иностранного производства	78км\ч 98км\ч 117км\ч
3. Водители-виновники ДТП	-не имели информации о превышении скорости -не считают себя виновными в ДТП -виновны другие участники движения	85% водителей 72% -// 47% -//
4. Оценка водителями искусственных неровностей	-испытывают дискомфорт при проезде через искусственные неровности -недостаточно информированы о скорости движения по неровностям	89% водителей 85% -//

На основании проведенных в этой главе исследований определены:

- факторы, влияющие на выбор водителем скоростного режима;
- механизм влияния психофизиологических характеристик водителя на выбор скоростного режима;

-механизм влияния конструктивных особенностей автомобиля на выбор водителем скоростного режима;

-механизм влияния дорожных условий на выбор водителем скоростного режима.

В результате проведенных исследований и наблюдений, а также данных социологического опроса все основные факторы, влияющие на выбор водителем скорости, сгруппированы и представлены на рис.1 в виде блок-схемы.

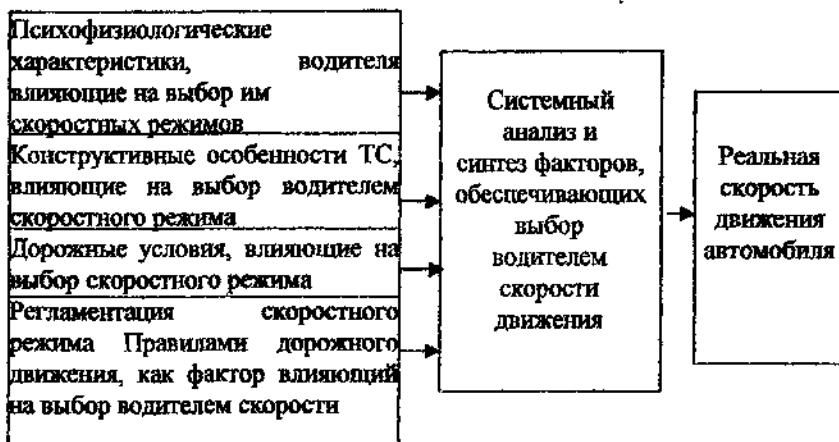


Рис.1. Основные факторы, влияющие на выбор водителем скорости движения

Водитель как основной элемент системы ВАДС, оценивая все факторы с учетом собственного опыта и навыков, выбирает тот или иной режим движения. Причем, как показали результаты социологического опроса около 57% водителей сознательно нарушают установленный скоростной режим. Принимая этот факт во внимание, водители были условно разделены на две группы. Первая группа включает водителей, которые сознательно нарушают скоростные режимы (недисциплинированные водители). Концепция сознательного нарушения скорости заключается в том, что водители своевременно (при помощи спидометра) получают и воспринимают информацию о превышении скорости, но по каким-то причинам не принимают мер для исключения нарушений. Вторая

группа - водители, которые нарушают скоростной режим в результате возникновения ошибок на одном из этапов восприятия ими информации о скорости в процессе движения. Такие ошибки приводят к отклонению управляемых параметров транспортного средства за допустимые пределы, что выражается в превышении водителем скорости движения.

Дальнейшая разработка механизма влияния характеристик водителя на выбор скоростного режима выполнялась на основании:

- использования результатов проведенного анализа статистики ДТП;
- результатов социологического опроса водителей;
- анализа процесса возникновения ошибок при оценке скорости управляемого автомобиля.

В основу разработки механизма влияния психофизиологических характеристик водителя на выбор скорости при управлении транспортным средством положены общие принципы и закономерности распределения внимания водителя при управлении автомобилем, а также присущая человеку недооценка скорости. При этом учитывалось, что субъективная оценка скорости движения водителем отличается от реальной скорости. На рис.2 показана блок-схема факторов, влияющих на оценку скорости водителем.

В результате теоретического исследования механизма выбора скорости водителем, могут быть сделаны следующие выводы:

- большая часть водителей (около 60%) осознанно нарушают скоростной режим;
- влиять на недисциплинированных водителей, нарушающих скоростной режим, можно путем создания условий, направленных на принудительное снижение скорости, а также путем реализации воспитательных, агитационных мероприятий и усиления контроля за скоростью со стороны ГИБДД;
- около 40% водителей превышают скорость движения в результате допущенных ошибок при оценке дорожных условий или скорости управляемого автомобиля;
- способность к адекватной количественной оценке скорости управляемого транспортного средства (с учетом закономерностей распределения внимания), является одной из наиболее значимых психофизиологических характеристик водителя, необходимых ему при управлении автомобилем.



Рис. 2 Факторы, влияющие на оценку скорости водителем

В результате наблюдения за скоростными режимами, с учетом социологического исследования, анализа ДТП и административной практики установлено, что скорость движения, реализуемая водителями, зависит от технических характеристик транспортного средства, прежде всего от его динамических качеств. В связи с этим, в диссертации был изучен механизм влияния конструктивных характеристик автомобиля

на выбор и оценку водителем скорости движения. При теоретическом обосновании механизма влияния конструктивных характеристик транспортного средства на выбор и оценку водителем скорости движения учитывались:

- влияние активной безопасности автомобиля на выбор скорости движения, в том числе, влияние внутренней информативности автомобиля на обеспечение водителя необходимой ему информацией о скорости движения;
- основные закономерности распределения внимания водителя между объектами дорожной обстановки и управляемым транспортным средством;
- данные исследования скоростных режимов автомобилей, оборудованных и необорудованных прибором, сигнализирующим о превышении скорости.



Рис.3. Влияние внутренней информативности автомобиля на выбор водителем скорости движения

В данной главе был разработан механизм влияния внутренней

информативности автомобиля (рис. 3) на выбор водителем скорости и сделаны следующие выводы:

- при управлении автомобилем внимание водителя распределено между объектами дорожной обстановки и управляемым транспортным средством, что приводит к невозможности постоянного контроля за скоростью по показаниям спидометра;

- водитель большую часть времени вынужден ориентироваться на косвенную информацию о скорости движения;

- применение технических средств, обеспечивающих постоянное получение водителем прямой информации о скорости, является существенным и пока неиспользованным резервом повышения безопасности движения.

Основой для разработки механизма влияния дорожных условий и установленных Правилами дорожного движения ограничений скорости, на выбор водителем скорости являются: проведенные автором исследования режимов движения автомобилей в населенном пункте и на дорогах вне населенных пунктов, при движении по искусственным неровностям, а также данные социологического опроса водителей. При этом учитывались:

- степень влияния информации, получаемой водителем о дорожных условиях (включая информацию от дорожных знаков, светофоров и разметки) на выбор скорости движения;

- влияние ограничений скорости, регламентированных Правилами дорожного движения;

- влияние ограничений скорости, установленных дорожными знаками;

- возможность сознательного превышения скорости водителями при обосновании выбора параметров искусственных неровностей, в качестве технического средства принудительного ограничения скорости.

В результате проведенного исследования был разработан механизм влияния дорожных условий на скоростные режимы (рис.4) и сформулированы следующие выводы:

- информация о скорости движения, в зависимости от инженерного оборудования дороги и ее влияния на скоростные режимы, делится на «значимую» и «незначимую»;

- инженерное оборудование дороги можно разделить на объекты несущие информацию об определенном режиме движения (дорожные знаки) и объекты, принудительно ограничивающие скорость

(искусственные неровности, трясущие полосы и т.п.);

- учитывая, что около 60% водителей осознанно нарушают скоростной режим, воздействовать на них можно только путем усиления контроля со стороны ГИБДД, применения искусственных неровностей и трясущих полос;

- при ограничении скорости с использованием искусственных неровностей необходимо выбирать их конструктивные параметры с учетом допустимой скорости и нормативной величины вертикального ускорения, возникающего при проезде автомобилей через неровности.

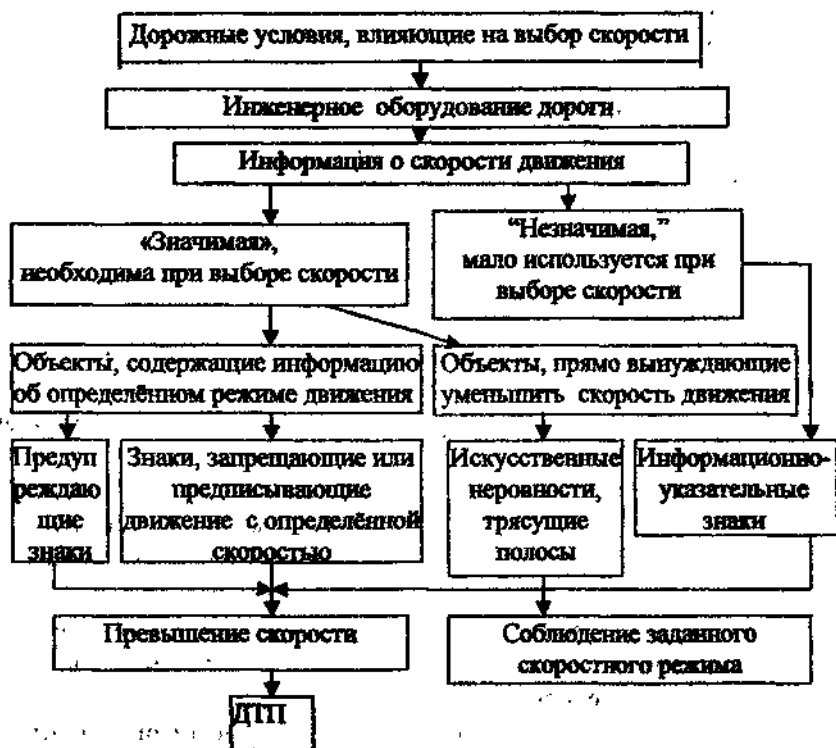


Рис.4. Влияние дорожных условий на выбор водителем скорости

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ представлены результаты экспериментальных исследований факторов, влияющих на выбор скорости движения

водителем. Для исследования ошибок, допускаемых водителем при оценке скорости управляемого автомобиля, без использования водителем спидометра, проведен эксперимент, в котором принимали участие три автомобиля (ВАЗ 2109, ГАЗ 3307 и VW. Polo) и 9 водителей со стажем вождения 5 лет, в возрасте от 30 до 40 лет. Водителю ставилась задача в течение 3 минут двигаться со скоростью 60 км/ч, затем при закрытом спидометре увеличивать скорость до 90, 100, 110, 120, 130 км/ч. Для каждого автомобиля было выполнено не менее 800 замеров. Результаты эксперимента были аппроксимированы при помощи кривых распределения Пирсона.

Тип кривой распределения определялся при помощи критерия Пирсона:

$$x = -\frac{r_3^2(s+2)^{2s+1}}{16(s+1)} \quad (1)$$

где
$$s = \frac{6(r_4 - r_3^2 - 1)}{3r_3^2 - 2r_4 + 6} \quad (2)$$

$r_h = \frac{\mu_h}{\delta^h}$ - основной момент порядка h ,

μ_h - центральный момент порядка h ,

δ - среднее квадратическое отклонение.

В результате обработки данных эксперимента по изучению ошибок, допускаемых водителями при оценке скорости движения управляемого автомобиля, были получены функции плотности распределения случайной величины X - отклонения от действительной скорости. Законы распределения исследуемых параметров для трех различных автомобилей представлены на рис.5,6,7.

Для определения точности соответствия полученных результатов теоретической кривой Пирсона применялся критерий «хи-квадрат»:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n_i')^2}{n_i'} \quad (3)$$

где $n_i' = n \cdot \int_{\alpha_i - \frac{\Delta}{2}}^{\alpha_i + \frac{\Delta}{2}} f(x) dx$ - теоретические частоты,

$n = \sum_{i=1}^k n_i$ - объем выборки;

Для автомобиля ВАЗ-2109 уравнение кривой принимает вид:

$$f(x) = 0.133 \cdot \left(1 + \frac{x}{11.782}\right)^{2.093} \cdot \left(1 - \frac{x}{2.711}\right)^{0.482} \quad (4)$$



Рис.5. Распределение ошибок при оценке водителями скорости движения автомобиля ВАЗ-2109

Для автомобиля «VW-Polo» уравнение кривой принимает вид:

$$f(x) = 0.094 \cdot \left(1 + \frac{x}{15.861}\right)^{4.203} \cdot \left(1 - \frac{x}{9.08}\right)^{2.406} \quad (5)$$



Рис.6. Распределение ошибок при оценке водителями скорости движения автомобиля «VW-Polo»

Для автомобиля ГАЗ-3307 уравнение кривой принимает вид:

$$f(x) = 0.1739 \cdot \left(1 + \frac{x}{10.285}\right)^{9.733} \cdot \left(1 - \frac{x}{11.16}\right)^{10.561} \quad (6)$$

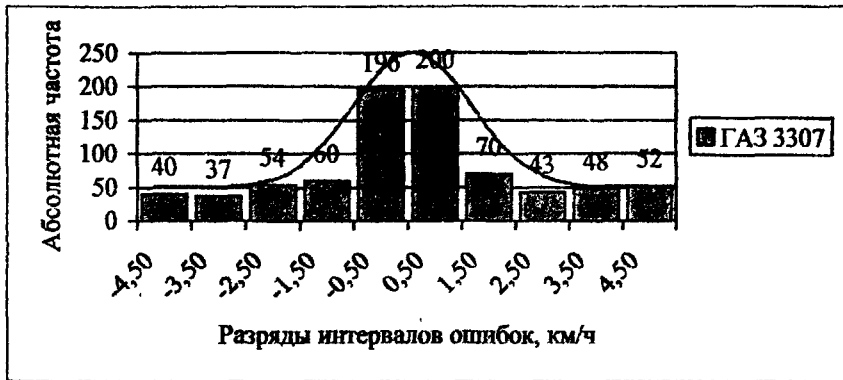


Рис. 7. Распределение ошибок при оценке водителем скорости движения автомобиля ГАЗ-3307

Размах и величина ошибок в оценке скорости водителями подтверждает ранее сделанное предположение, что на ошибку в оценке скорости влияют конструктивные особенности транспортного средства. Для водителя ГАЗ 3307 характерна большая точность определения скорости и меньшее значение ошибки, для водителей легковых автомобилей ВАЗ 2109 и VW. Polo величина ошибки больше и значительно меньше количество водителей, точно определяющих скорость. Большинство ошибок связано с недооценкой водителями скорости движения по отношению к фактической скорости автомобиля. Основываясь на теории риска и учитывая, что нежелательным событием ведущим к ДТП, является неадекватная оценка скорости, определим при каком значении ошибки A_{\min} риск недооценки примет значение между умеренной и высокой зоной 1×10^{-4} .

Для этого воспользуемся определением вероятности и способом её вычисления при известной непрерывной плотности распределения $f(x)$:

$$\begin{aligned} r &= P(|x| > A_{\min}) = P(|hx + \hat{x}| > A_{\min}) = P(hx + \hat{x} > A_{\min}) + P(hx + \hat{x} < -A_{\min}) = \\ &= P\left(x > \frac{A_{\min} - \hat{x}}{h}\right) + P\left(x < \frac{-A_{\min} - \hat{x}}{h}\right) = \int_{\frac{A_{\min} - \hat{x}}{h}}^{\infty} f(x) dx + \int_{-\infty}^{\frac{-A_{\min} - \hat{x}}{h}} f(x) dx \quad (7) \end{aligned}$$

Неизвестные параметры найдём, решив уравнение для каждого из трёх транспортных средств

$$\int_{\frac{A_{\min}-\hat{x}}{h}}^{\infty} f(x)dx + \int_{-\infty}^{\frac{B_{\min}-\hat{x}}{h}} f(x)dx = 10^{-4} \quad (8)$$

Учитывая, что наибольшее число ошибок связано с недооценкой скорости, найдена вероятность превышения скорости водителем для каждого из автомобилей по формуле:

$$P(X>0) = P(hx + \hat{x} > 0) = P\left(x > -\frac{\hat{x}}{h}\right) = \int_{-\frac{\hat{x}}{h}}^{\infty} f(x)dx \quad (9)$$

В таблице 2 представлены результаты расчетов показывающие, что недооценка скорости водителями в процессе управления автомобилем зависит от модели транспортного средства.

Таблица 2

Риск недооценки скорости водителями

Границы допустимой ошибки	А/м ВАЗ-2109	А/м VW-Polo	А/м ГАЗ 3307
A_{\min}	5.94	18.2	6.636
B_{\min}	-7.33	-23.0	-6.228
$P(X>0)$	0.604	0.688	0.522

В диссертации был разработан алгоритм программы, позволяющий по блоку данных ошибок водителя в оценке скорости, определять риск недооценки водителями скорости управляемого автомобиля, в зависимости от модели транспортного средства.

Следующий этап экспериментальных исследований определен предположением, что для водителей, превышающих скорость движения в результате ошибки, связанной с технической частью системы ВАДС, необходимо создать условия, способствующие получению своевременной информации о превышении ими скоростного режима. Был проведен эксперимент, в котором участвовали два автомобиля ВАЗ 2109. Один из них был оснащен прибором "Сигнал", подающим звуковой сигнал при превышении установленного значения скорости. Экспериментальные

заезды проводились в городе при разрешенной ПДД скорости движения 60км/ч и вне города при 90км/ч и 110км/ч (для дорог и автомагистралей). Соответственно фиксировалось число отклонений от разрешенной скорости и время движения с этой скоростью. При обработке данных методом сравнения двух средних нормальных генеральных совокупностей с неизвестными дисперсиями, установлена статистически значимая разница среднего времени движения с заданной скоростью двух автомобилей. Наблюдаемое значение критерия значимости определялось по формуле:

$$T_{\text{набл}} = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{n \cdot s_x^2 + m \cdot s_y^2}} \cdot \sqrt{\frac{nm(n+m-2)}{n+m}} \quad (10)$$

где $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$ и $\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{m}$ - генеральные средние;

$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}$ и $s_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{Y})^2}{m-1}$ - исправленные дисперсии;

X - случайная величина, время движения автомобиля с заданной скоростью без прибора "Сигнал";

Y - случайная величина, время движения автомобиля с заданной скоростью с прибором "Сигнал";

$n=10$ и $m=10$ - объемы выборок.

Нулевая гипотеза $H_0: M(X) = M(Y)$ т.е. средние значения случайных величин X и Y совпадают и конкурирующая гипотеза $H_1: M(X) < M(Y)$ т.е. среднее значение случайной величины X меньше среднего значения случайной величины Y .

Если $T_{\text{набл.}} > -t_{\text{прав.кр.}}$ (правостороннее критическое значение) то принимается гипотеза H_0 . Если $T_{\text{набл.}} < -t_{\text{прав.кр.}}$ то принимается гипотеза H_1 . Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Так как, в результате проверки оказалось, что среднее время движения с регламентированной скоростью автомобиля без прибора "Сигнал" значимо меньше среднего времени движения автомобиля с прибором, то справедливо условие:

$$r_1 = P(X < T_{\text{min}}) > r_2 = P(Y < T_{\text{min}}) \quad (11)$$

Таблица 3

Критерий значимости среднего времени движения автомобилей с заданной скоростью

Условия движения	\bar{X}	\bar{Y}	s_x^2	s_y^2	$T_{набл.}$
В городе при 60 км/ч	41.5	62.2	65.167	51.511	-5.749
Вне города при 90 км/ч	34.4	48.7	38.711	27.567	-5.27
Вне города при 110 км/ч	19.5	52.7	17.167	30.011	-14.501

Это дает основание предполагать, что риск совершения ДТП при движении автомобиля с прибором «Сигнал», сигнализирующим о превышении скорости, уменьшается.

Дальнейшим направлением экспериментальных работ было исследование скоростных режимов автомобилей в различных условиях движения. Изучались скорости движения ТС в зоне действия знаков ограничения максимальной скорости движения 30,40,50 км/ч на прямых участках дорог расположенных вне населенного пункта, а также при ограничении скорости регламентированной ПДД. На рис.8 показаны кумулятивные кривые скоростей движения легковых автомобилей в зоне действия знаков ограничивающих скорость.

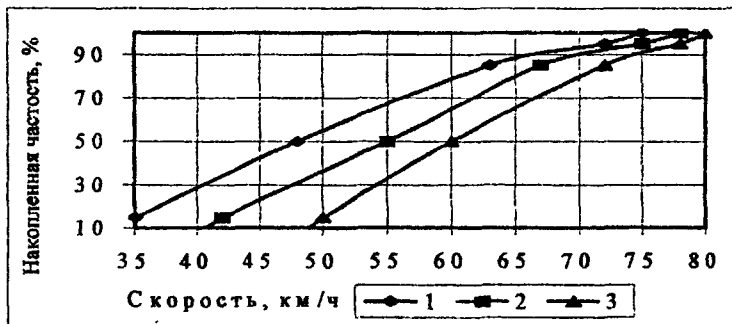


Рис.8. Кумулятивные кривые скоростей движения легковых автомобилей в зоне действия знака 3.24 «Ограничение максимальной скорости»

1 - 30 км/ч, 2 - 40 км/ч, 3 - 50 км/ч

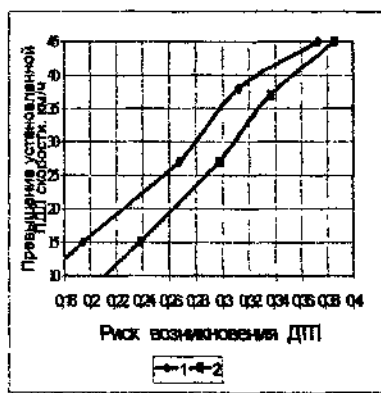
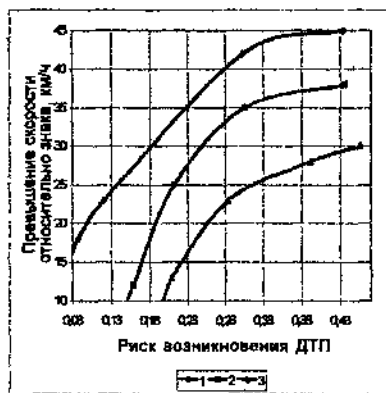
Для определения риска допустимого водителями при превышении установленной скорости, используем основную формулу теории риска:

$$r = 0,5 - \Phi \left(\frac{A - A_m}{\sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_m^2}} \right) \quad (12)$$

где A и σ_a – математическое ожидание расчетного параметра скорости (в данном случае – скорость соответствующая 50%, 85% или 95% обеспеченности) и ее среднеквадратическое отклонение;

A_m и σ_m – математическое ожидание фактической скорости движения, ограничиваемой знаком, и ее среднеквадратическое отклонение.

Очевидно, что при превышении скорости относительно установленной знаком увеличивается и риск ДТП. Однако представленные на рис.9а зависимости риска ДТП от величины превышения скорости показывают, что при ограничении скорости знаком 30 км/ч водители допускают наибольшие превышения установленной скорости на 45 км/ч.



а)

б)

Рис. 9. Влияние превышений скорости, допускаемых водителями на риск возникновения ДТП

а) в зоне действия знака 3.24 «Ограничение максимальной скорости»

1- 30 км/ч; 2 - 40 км/ч; 3 - 50 км/ч;

б) регламентируемая Правилами дорожного движения

1- в населенном пункте 60 км/ч; 2 – вне населенного пункта 90 км/ч;

При установке знаков ограничения скорости 40 и 50 км/ч величины превышения водителями скорости уменьшаются и составляют

соответственно 38 и 30 км/ч. При этом максимальный риск ДТП для ограничений 30, 40 и 50 км/ч практически одинаков, что в свою очередь свидетельствует о тенденции большинства водителей игнорировать ограничение скорости 30 км/ч, как мало обоснованное для конкретных дорожных условий. Аналогичные зависимости получены при превышении водителями регламентированной ПДД скорости (рис.9.б).

При превышении водителями установленной скорости все входные величины имеют некоторый диапазон значений, который зависит от многих факторов и носит вероятностный характер. В данном случае диапазон значений между минимальным и максимальным риском ДТП представляет собой область риска, характеризующего недисциплинированность водителей, которая выражается в превышении скорости относительно регламентированной ПДД и знаками. Под минимальным понимается риск возникновения ДТП при скорости 50% обеспеченности, а под максимальным понимается риск возникновения ДТП при максимальном превышении скорости. Область риска (диапазон $\Gamma_{\max} - \Gamma_{\min}$) как показано в таблице 4, в зоне действия знака ограничения скорости 30 км/ч является наибольшей.

Таблица 4

Область риска возникновения ДТП при превышении скорости регламентируемой знаками и ПДД

Ограничение максимальной скорости км/ч	min происшествий Γ_{\min}	max происшествий Γ_{\max}	Область риска $\Gamma_{\max} - \Gamma_{\min}$
30 (знак)	0,087	0,434	0,347
40 (знак)	0,158	0,436	0,278
50 (знак)	0,208	0,456	0,248
60 (ПДД)	0,194	0,373	0,179
90 (ПДД)	0,238	0,386	0,148

Таким образом, может быть сделан вывод о том, что чрезмерно низкое ограничение скорости мало влияет на недисциплинированных водителей и без применения дополнительных мер не приводит к желаемому результату.

Поэтому в пределах населенных пунктов, где по условиям движения требуется максимально ограничить скорость, совместно с установкой знаков рекомендуется использовать искусственные неровности, в качестве

высокоэффективного средства, вынуждающего недисциплинированных водителей снижать скорость. Однако, необходимо отметить, что получившие уже во многих городах России распространение искусственные неровности устраивались в период отсутствия необходимых технических нормативов и стандартов. При проезде через них транспортные средства, а также водители и пассажиры испытывают значительные вертикальные ускорения, превышающие допустимые, которые рекомендованы рабочей группой по безопасности дорожного движения КВТ ЕЭК ООН. В рамках проводимых исследований изучались условия движения автомобилей через искусственные неровности с различными конструктивными параметрами.



Рис.10. Влияние ширины неровностей (при высоте 0,1м) на вертикальные ускорения, действующие на водителя автомобиля ВАЗ 2121

На рис.10 приведены данные о вертикальных ускорениях, действующих на водителя и пассажиров в зависимости конструктивных особенностей искусственных неровностей при движении со скоростью 30 км/ч. Как показали наблюдения вертикальные ускорения при ширине неровностей 0,25м до 0,9м менее 0,7g, что отвечает рекомендациям КВТ ЕЭК ООН. При ширине неровностей от 0,9 до 2,9м (при данной скорости) вертикальные ускорения выше допустимых значений и лишь при более широких неровностях ускорения укладываются в установленные предельные значения. Поэтому выбор параметров искусственных неровностей должен учитывать максимально допустимую на данном участке скорость транспортных средств, состав транспортного потока и предельное значение вертикальных перегрузок.

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА посвящена разработке рекомендаций по практическому применению полученных результатов.

Рассмотрены основные пути повышения безопасности дорожного движения, связанные с мероприятиями по обеспечению установленных скоростных режимов.

Разработан алгоритм программы, позволяющей по блоку данных ошибок водителя, допускаемых при оценке скорости управляемого автомобиля, прогнозировать риск недооценки скорости движения в зависимости от модели транспортного средства. На основе математической модели прогнозирования риска недооценки водителем скорости движения разработана методика и практические рекомендации по ее использованию на этапе подготовки водителей.

Рекомендуется при управлении автомобилем, а также при подготовке водителей использовать технические средства повышающие внутреннюю информативность автомобиля - устройство, сигнализирующее водителю о превышении установленной скорости. Даны рекомендации по использованию звукового сигнализатора (прибор «Сигнал») при подготовке водителей.

Разработаны рекомендации по ограничению скоростных режимов транспортных средств, при проезде через искусственные неровности с учетом вертикальных ускорений, действующих на водителя и пассажиров.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ причин и факторов, способствующих возникновению ДТП, связанных с превышением скорости показал необходимость разработки и реализации новых методов, основанных на установленных механизмах влияния всех составляющих системы «ВАДС» на выбор водителями скоростного режима.

2. Теоретические исследования и эксперименты проведенные как на улично-дорожной сети в городских условиях, так и на дорогах вне населенных пунктов с использованием для оценки действий водителя по выбору скорости, основных положений теории риска позволили установить границы допустимых ошибок в оценке водителями скорости управляемого автомобиля.

3. В результате исследований выявлена зависимость величины ошибки, допускаемой водителем при оценке скорости управляемого автомобиля от его транспортно-эксплуатационных характеристик и экспериментально подтверждена гипотеза о влиянии уровня комфортабельности автомобиля на точность в оценке водителем скорости.

4. Разработанные практические рекомендации и методика использования

на этапе обучения водителей математической модели прогнозирования риска недооценки водителем скорости движения в зависимости от величины допускаемой ошибки и модели транспортного средства позволяют повысить безопасность движения за счет улучшения качества подготовки водителей.

5. Проведенные исследования показали эффективность приборов, сигнализирующих водителю о превышении скорости и их влияние на движение с регламентированной скоростью. В этой связи, при обучении вождению водителей и при эксплуатации автомобиля рекомендуется использовать технические средства, повышающие внутреннюю информативность. Даны рекомендации по использованию звукового сигнализатора превышения скорости движения (прибор «Сигнал»).

6. Исследования скоростных режимов в зоне действия знаков ограничения скорости позволили установить область допускаемого водителями риска. При необходимости ограничений скорости до 30 км/ч рекомендуется использовать искусственные неровности, как одно из эффективных средств обеспечения требуемого скоростного режима. Данный подход позволяет существенно снизить риск возникновения ДТП по причине несоблюдения водителями скоростного режима.

7. Рекомендуется при использовании искусственных неровностей устанавливать знаки ограничения скорости перед ними на основе оценки и анализа вертикальных ускорений, действующих на водителя и пассажиров. Предложена методика выбора конструктивных параметров неровностей в зависимости от необходимых пределов ограничения скорости.

8. Исследование по рассмотренной в диссертации теме целесообразно продолжить в направлении изучения влияния различных типов и конструкций искусственных неровностей на соблюдение водителем установленных скоростных режимов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

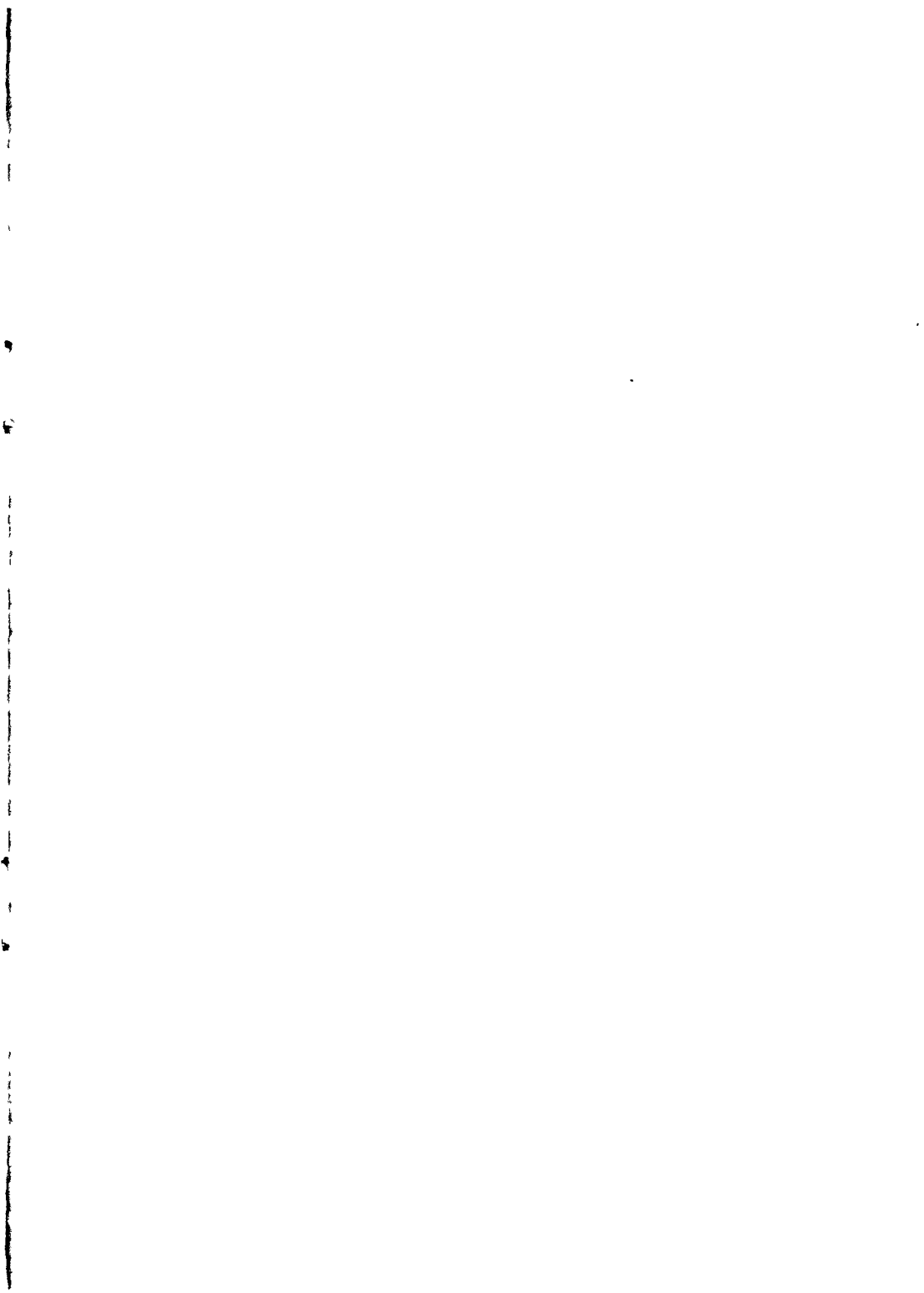
1. Киселев А.Ю., Кравченко Л.А., Зинченко Е.С. Наблюдение за поведенческой деятельностью водителей автомобильного транспорта на улицах города // Актуальные проблемы дорожно-транспортного комплекса России: Материалы Всероссийской научно-технической конференции. - Краснодар: КубГТУ, 1999. - Ч.2. - С.32-33.

2. Кравченко Л.А., Киселев А.Ю. Комплексная оценка причин ДТП в системе ВАДС // Актуальные проблемы дорожно-транспортного комплекса России: Материалы Всероссийской научно-технической конференции.-

Краснодар: КубГТУ, 1999. - Ч.2.- С.40-41.

3. Кравченко Л.А., Искендеров Т.Н., Маслий С.В. Использование искусственных неровностей для снижения скорости движения на улично-дорожной сети // Повышение надежности и долговечности автомобильных дорог и искусственных сооружений: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар: КубГТУ, 2000. – С.122-125.

4. Кравченко Л.А., Искендеров Т.Н., Маслий С.В. Оценка улично-дорожной сети с точки зрения надежности переработки информации водителем // Повышение надежности и долговечности автомобильных дорог и искусственных сооружений: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар: КубГТУ, 2000. – С.126 - 127.



2003-A

18429

№ 18429

Подписано в печать 10.11.2003г. Зак. № 1112 Тираж 100.

Лиц. ПД №10-47020 от 11.09.2000

Типографии КубГУ. 350058, Краснодар, ул. Старокубанская. 88.1