Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №1, Том 5 / 2018, No 1, Vol 5 <https://t-s.today/issue-1-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/07SATS118.pdf>

DOI: 10.15862/07SATS118 (<http://dx.doi.org/10.15862/07SATS118>)

Статья поступила в редакцию 30.01.2018; опубликована 28.02.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Юшков В.С., Овчинников И.Г., Пугин К.Г. Значение искусственных неровностей для обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №1, <https://t-s.today/PDF/07SATS118.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/07SATS118

For citation:

Yushkov V.S., Ovchinnikov I.G., Pugin K.G. (2018). The importance of artificial nervouses for safety of movement of road transport. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/07SATS118.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/07SATS118

УДК 625.7:621.317

Юшков Владимир Сергеевич

ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет»
Анапский филиал, Россия
Старший преподаватель
E-mail: vova_84_07@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=595349

Овчинников Игорь Георгиевич

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Доктор технических наук, профессор
E-mail: bridgesar@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=2922

Пугин Константин Георгиевич

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Доктор технических наук, профессор
E-mail: 123zzz@rambler.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=622336

Значение искусственных неровностей для обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта

Аннотация. Современное состояние безопасности движения на автомобильных дорогах нашей страны по сравнению с предыдущими годами становится более благоприятным. Однако, ужесточение правил дорожного движения и высокие штрафы за их нарушение не всегда приводят к значительному снижению смертности и ранений на автомобильных дорогах. Масштабы и характер данной проблемы по обеспечению безопасности дорожного движения (БДД) в нашей стране, а как следствие, социальные, экономические и демографические последствия, оказывают существенное влияние на национальную безопасность России, поэтому задача обеспечения БДД представляет самостоятельную государственную проблему. С целью снижения аварийности на автомобильных дорогах требуется реализация различных мероприятий, направленных на повышение БДД, при этом очевидно, что, по мере улучшения

социально-экономической ситуации в стране, достижения политической стабильности, обстановка с обеспечением БДД будет улучшаться. По нашему мнению, эффективность разработки и применения различных технических средств, которые способствуют повышению БДД напрямую зависит от готовности общества заплатить цену, способную обеспечить безопасность. Развитое и богатое общество и государство имеет более высокие ценности человеческой жизни и тем самым готово заплатить за свою безопасность больше средств, обеспечивая при этом более высокие ценности в данном направлении. В работе предложено техническое средство в виде искусственной неровности, устраиваемой на автомобильных дорогах, направленное на снижение аварийности. Представлен мировой опыт использования искусственных неровностей. Рассмотрены варианты устройства данных технических средств на автомобильных дорогах.

Ключевые слова: автомобильная дорога; вибрация; виброускорение; искусственная неровность; математическая модель; транспортное средство

Введение

Высокие темпы развития транспортной инфраструктуры и широкое применение транспортных средств приводят к повышению аварийности на автомобильных дорогах нашей страны. Так за 2016 год общее количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) составило 173500, что на 5,6 % меньше по сравнению с 2015 годом. Наиболее часто ДТП случаются с пятницы по воскресенье, а в будни с 18 до 21 часа [1, 2].

В настоящее время вопросам обеспечения безопасности движения на автомобильных дорогах большое внимание уделяется в Федеральном дорожном агентстве, ФГУП «РОСДОРНИИ», МАДГТУ (МАДИ), СГТУ имени Гагарина Ю.А., ПНИПУ и других организациях. Проблемы использования технических средств организации и обеспечения безопасности дорожного движения рассмотрены в исследованиях Афанасьева Н.Б., Бабкова В.Ф., Васильева А.П., Дивочкина О.А., Живописцева И.Ф. (РосдорНИИ), Зайцева Д.И., Залуги В.П., Кликовштейна Г.И., Кузнецова Ю.В., Лобанова Е.М., Менделева Г.А., Пospelова П.И., Пуркина В.И., Сильянова В.В., Шевякова А.П., Шевякова А.А. МАДГТУ (МАДИ), Чванова В.В. (Росавтодор). Эти специалисты занимались проблемами влияния дорожных условий на безопасность движения автомобилей и пешеходов. Ими исследованы основные особенности устройства дорожных сетей и влияние природно-климатических условий различных регионов с точки зрения обеспечения безопасности движения. Рассмотрена роль дорожников в решении проблемы безопасности дорожного движения, а также основные возможные варианты обеспечения безопасности движения при проектировании новых, а также реконструкции, ремонте и содержании существующих дорог.

Одной из основных причин аварий на автомобильных дорогах является выезд на полосу встречного движения. Для снижения аварийности по этой причине в России и за рубежом используются различные технические средства организации дорожного движения, в том числе и устройство искусственных неровностей.

Актуальность этой проблемы подтверждается данными отдельных региональных ГИБДД, в том числе и на территориях Пермского и Краснодарского краев. Так, например, за 10 месяцев 2017 года в Пермском крае зарегистрировано 2828 дорожно-транспортных происшествий, в которых 278 человек погибли и 3632 получили ранения¹. При этом 70 % случаев гибели людей в ДТП зарегистрированы на автодорогах, где в условиях повышенных

¹ Управление ГИБДД ГУ МВД России по Пермскому краю [Электронный ресурс]. – URL: <https://59.xn--b1aew.xn--p1ai/news/item/11588522>.

скоростей водительские ошибки стоят особенно дорого. По данным автоинспекторов Краснодарского края выявлено более 20 000 случаев выезда на полосу встречного движения при этом 97 человек погибло и 344 человека получили травмы разной степени тяжести².

Все это подтверждает актуальность устройства данных типов неровностей для организации дорожного движения и исследования влияния различных параметров этих технических средств организации движения на безопасность дорожного движения.

1. Мировой опыт использования искусственных неровностей (шумовых полос)

Анализ использования шумовых полос за рубежом показал, что впервые эти полосы появились на дороге в штате Нью-Джерси в 1955 г., когда в округах Мидлсекс и Монмут было установлено 40,2 км таких полос. Шумовая полоса представляла собой полосу из рифленого бетона, при движении по которой производился шум.

Начиная с 1960-х годов, в разных штатах в США использовались различные виды шумовых полос, устраиваемых на обочинах. В связи с значительным количеством положительных отзывов об эффективности шумовых полос, применение их на многих дорогах с высокой интенсивностью движения возросло. Эффективность этих полос в последние годы привела к их широкому применению не только на крупных автомагистралях, но и на двухполосных дорогах.

Фрезерованные шумовые полосы можно встретить в Финляндии, Норвегии, Швеции, но основоположниками их применения и исследования являются США и Канада³.

С 2003 года в Австрии шумовые полосы используются на въездах в тоннели и вдоль центральной дорожной разметки. Эти полосы, как правило, выполнены в виде канавок в асфальтобетонном или цементобетонном покрытии.

В Эстонии применяется разновидность шумовых полос – так называемая, профилированная полоса с нанесенной поверх неё дорожной разметкой⁴.

Исследование продольных шумовых полос в Швеции показало, что при использовании данных типов полос число погибших и тяжелораненых сократилось на 10...15 %. При устройстве таких полос были удовлетворены и требования мотоциклистов, так как представители шведской организация мотоциклистов являлись членами рабочей группы и были в состоянии повлиять на конструктивные решения. Швеция имеет долгосрочную стратегию по оснащению различных типов дорог шумовыми полосами различного вида. Одним из таких видов является центральная шумовая полоса, размещенная по оси проезжей части, которая повышает бдительность водителей и тем самым уменьшает число аварий. При этом продольные шумовые полосы не должны использоваться в районах, где максимальный уровень шума составляет 70 дБ (А), и на расстоянии 100 м до них [3].

В связи с ростом требований, направленных на снижение тяжести последствий наезда транспортных средств на технические средства организации дорожного движения в зарубежных странах разработаны специальные нормативные документы для них. Так

² Управление ГИБДД ГУ МВД России по Краснодарскому краю [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gibdd.ru/r/23/news>.

³ Американская дорога или как водят в США [Электронный ресурс]. – URL: <http://wheelclamp.narod.ru/index/0-23>.

⁴ Fundowicz P., Wicher J. Semi-empirical model of tire-pavement contact: Pap. 6th United Engineering Foundation Conference on «Vehicle-Infrastructure Interaction», Zakopane, Sept. 26-Oct. 1, 1999 // Eng.Trans. – 2000. – № 3.

например, в Испании действуют «Нормы применения барьеров безопасности»; в Швеции – «Транспортные магистрали на внегородских участках Ао 110:1»; в Нидерландах – «Временная инструкция по установке ограждений»; в Германии требования к установке ограждений изложены в технических условиях на проектирование дорог (RAL); в США – в «Руководстве по обеспечению безопасности дорожного движения» (Handbook of Highway safety design and operating practices US Department of Transportation Federal Highway Administration) [4].

По данным Шведского Национального Исследовательского Института Дорожного Движения:

- применение искусственных неровностей за краевой линией, как показывает практика, приводит к снижению числа ДТП, связанных со съездом с проезжей части на 40 %;
- применение неровностей на разделительных полосах, приводит к снижению количества ДТП на 15 %.

По данным Департамента Транспорта Канады применение шумовых полос позволяет снизить количество ДТП на 20 %. В Японии данные неровности применяются как на укрепленной обочине, так и по сплошной разделительной линии, что позволяет снизить количество столкновений со встречным транспортом на 55 %.

В связи с большим количеством ДТП на автомагистралях по причине выезда на полосу встречного движения в РФ существует ГОСТ Р 52605-2006, который распространяется на искусственные неровности, устраиваемые на проезжей части и улицах городов и сельских поселений. Элементы обустройства на проектируемых автомобильных дорогах регламентируются в соответствии с ГОСТ Р 52765-2007.

Согласно СТБ 1538-2005 элементы данных полос конструируются в зависимости от максимально допустимой скорости движения транспортных средств на соответствующем участке дороги. Вертикальная инерционная перегрузка, действующая на водителей и пассажиров должна находиться в пределах $0,6-0,7 \text{ м/с}^2$.

2. Виды искусственных неровностей

Искусственные неровности в продольном сечении могут быть криволинейными и трапециевидными. Криволинейная форма создается дугой окружности радиуса R и линией поверхности проезжей части, соответствующей хорде длиной L (рис. 1). Трапециевидная форма характеризуется длиной основания L , высотой H , углом наезда α (рис. 2).

В зависимости от допустимой скорости движения размеры элементов шумовой полосы криволинейной и трапециевидной формы приведены в таблицах 1, 2⁵.

При выборе типа неровности конструкции учитываются продольный и поперечный уклоны, профили проезжей части, необходимость обеспечения водоотвода, а также возможная потребность использования в процессе эксплуатации дороги механизированной уборки грязи, снежных и ледяных отложений вблизи или непосредственно на данной полосе дороги.

⁵ ГОСТ Р 52605-2006. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. Общие технические требования. Правила применения.

Таблица 1

Размеры элементов искусственных неровностей криволинейной формы⁵

Максимально допустимая скорость движения, км/ч	Размеры элементов шумовой полосы		
	Длина хорды L, м	Высота H, м	Радиус криволинейной поверхности R, м
20	1,0	0,065	1,93
30	1,5	0,065	4,33
40	2,0	0,065	7,69

Рисунок 1. Криволинейная форма (ГОСТ Р 52605-2006)

Рисунок 2. Трапецевидная форма (ГОСТ Р 52605-2006)

Таблица 2

Размеры элементов искусственных неровностей трапецевидной формы⁵

Максимально допустимая скорость движения, км/ч	Размеры элементов шумовой полосы	
	Длина основания L, м	Высота H, м
20	1,00	0,065
20	3,50	0,065
30	1,50	0,065
30	3,50	0,065
40	2,00	0,060
40	3,50	0,065

С учетом того, что каждая страна имеет свои нормы по проектированию, конструкции таких полос отличаются.

Так, например, в США были проведены испытания конструкций продольных полос, которые устанавливали на правой обочине автостреды I-135. При нарезке углублений на поверхности машиной использовался радиус 0,305 м и глубина 0,0127 м на всех участках. На основании проведенных экспериментальных исследований было установлено их эффективное практическое применение на автострадах.

Представленные искусственные аналоги неровностей на опасных участках выполняются поперек дороги, в данной же работе рассматривается устройство искусственных неровностей в продольном направлении, причем таких неровностей, которые кроме шумового эффекта вызывают вибрацию тела водителя. При этом возникает проблема более адекватного описания процесса воздействия искусственных неровностей на водителя [5].

Наиболее распространенными местами устройства искусственных неровностей являются участки концентрации ДТП, а также участки дорог вблизи зон расположения детских садов, образовательных учреждений, перед пешеходными переходами с целью снижения скорости движения транспортного средства⁶.

Однако в работе рассматривается устройство искусственных продольных неровностей на автомагистралях. Обосновывается такой выбор тем, что расстояния между городами нашей страны порой составляют от 150 и более километров, и при преодолении таких расстояний водитель нередко устает и засыпает за рулем, в результате транспортное средство может выехать на полосу встречного движения.

⁶ Устройство шумовых полос для повышения безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. URL: http://www.bdd-lenobl.ru/comission/seminar/16_2_gagloev.pdf.

Перед устройством искусственной неровности в соответствии с требованиями снижения аварийности на автомобильных дорогах путем создания некомфортных условий движения транспортных средств и, как следствие, создания ситуации, при которой водитель вынужден принимать решение о снижении скорости движения или даже об изменении направления движения, требуется оценка технического состояния автомобильной дороги [6, 7].

3. Методические подходы, алгоритм расчета и конструктивные особенности разрабатываемой искусственной неровности

Анализ нормативной литературы и полученные ранее в процессе исследования воздействия искусственных неровностей на водителей предварительные данные позволили разработать математическую модель взаимодействия и разработать конструкцию виброполосы [8].

Среди множества возможностей моделирования, включающих в себя моделирование на основе математических, логических моделей, моделей на основе использования знаний и т. д., было принято с учетом наглядности представления отношений между параметрами входных и выходных процессов и линейности этих отношений использование математического подхода [9].

Методические подходы, которые использовались при решении поставленных задач:

- 1) экспериментально-теоретические исследования эргодической системы («среда – дорога – автомобиль – водитель») с целью разработки геометрических параметров виброполосы;
- 2) доработка аналитических решений уравнений Лагранжа и системы уравнений колебаний транспортных средств, для построения инженерной методики анализа колебательных режимов автотранспортных средств (АТС);
- 3) анализ существующих методов создания шумовых полос позволил выбрать процесс изготовления методом фрезерования;
- 4) подтверждение результатов, полученных с использованием математической модели в экспериментальных исследованиях движения автомобиля по виброполосе.

На рис. 3 представлен алгоритм расчета параметров искусственной неровности в виде виброполосы. Для проведения расчетов использовались параметры четырех типов транспортных средств: грузовой КамАЗ-53212, автобус ЛИАЗ-5256, кроссовер Lifan X60, легковой ВАЗ-2110.

Рисунок 3. Алгоритм расчета параметров виброполосы (составлено авторами)

Основные параметры виброполосы были рассчитаны с учетом вертикальной инерционной перегрузки, действующей на водителей и пассажиров. Для ее определения имеем формулу [10]:

$$F = -0,107 \cdot H \cdot \sqrt{V} \cdot (L^2 - 2,072L - 15,315),$$

где: F – вертикальная инерционная перегрузка, м/с^2 ; H – высота искусственной неровности, м ; L – длина основания (хорды), м ; V – допустимая скорость движения, км/ч ; 0,107; 2,072; 15,315 – эмпирические коэффициенты.

С целью снижения деформации покрышек колес транспортных средств при наезде на искусственную неровность, угол наезда должен составлять от 15° до 45° .

4. Анализ результатов

Конструкция искусственной неровности на покрытии дороги представлена на (рис. 3а,б).

Рисунок 3. а – конструкция дорожной одежды без использования виброполосы, б – конструкция дорожной одежды с использованием виброполосы (составлено авторами)

Как показано на рисунке 3б, данная неровность устраивается в верхнем слое асфальтобетонном слое дорожной одежды на тех участках автомобильной дороги, где имеется повышенная опасность возникновения ДТП, при этом главной особенностью является ее устройство перпендикулярно направлению движения транспортного средства с геометрическими параметрами (шагом и глубиной), функционально ориентированными на создание некомфортных условий для водителя. Для лучшей видимости, особенно при плохих погодных условиях, данные полосы рекомендуется выделять цветным асфальтобетонном [11].

Искусственную неровность предлагается устанавливать в качестве краевой, осевой и средней.

Анализ существующих отечественных и зарубежных проектов позволил выделить четыре типа неровностей по способу изготовления:

1. фрезерованные;
2. прессованные;
3. формованные;
4. приподнятые.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что устройство прессованных и формованных полос имеет важный недостаток, который заключается в том, что их устройство

возможно только в горячем асфальтобетоне при строительстве автомобильной дороги. Устройство приподнятых полос возможно только в регионах с теплым климатом, так как в зимний период времени они будут снесены снегоуборочной техникой. Таким образом, более эффективно устраивать фрезерованные искусственные неровности на уже существующих автомобильных дорогах с асфальтобетонным покрытием.

Опыт эксплуатации автомобильных дорог показывает, что фрезерованные неровности можно устраивать не только на асфальтобетонном, но и на бетонном покрытии. Однако при этом необходимо соблюдать два важных условия:

- 1) при нанесении фрезерованных полос на асфальтобетонном покрытии толщина верхнего слоя должна превышать глубину нарезки полос, чтобы не нарушать целостность верхнего и нижележащего слоев;
- 2) при нарезке данных полос на бетонные покрытия необходимо избегать нарезки на швах [12].

Заключение

Проведенный расчет параметров искусственной неровности позволил определить такие её параметры, при которых частота вынужденных колебаний автомобиля находится вне зоны собственных частот колебаний конструкций транспортного средства с 2...12 Гц до 20...35 Гц.

Установлено, что оптимальными геометрическими параметрами искусственной неровности, предупреждающей о выезде на полосу встречного движения или съезде на обочину являются: глубина неровности 30...50 мм; длина волны неровности 200...250 мм; ширина элемента виброполосы 150...200 мм; ширина искусственной неровности 150...200 мм.

Математическая модель взаимодействия системы «виброполоса – автомобиль» позволяет расчетным путем оценить значения виброускорений водителя с учетом ограничений санитарных норм (СН 2.2.4/2.1.8.566-96), требований плавности хода автомобилей (ОСТ 37.001.291-84) и требований к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог (ГОСТ Р 50597-93). Уровень виброускорений⁷, полученных в работе составил 0,3...0,7 м/с² [13].

Проведенные исследования показали, что применение виброполосы на автомобильных дорогах для обеспечения безопасности дорожного движения более рационально, чем применение других средств повышения безопасности. Например, применение для этих целей отбойников имеет ряд недостатков: в случае, когда автомобиль врывается в ограждение происходит его деформация, а при плохих климатических условиях автомобиль может вынести на полосу встречного движения что может привести к столкновению с транспортным средством встречного движения. При использовании же виброполосы данные последствия практически исключаются.

⁷ ГОСТ 26563-85 Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орехов П.В. Модели и алгоритмы оптимизации размещения сил и средств обеспечения безопасности дорожного движения: Диссертация канд. техн. наук. – Воронеж, 2016. – 161 с.
2. Кондратьев В.Д. Модели и методы управления безопасностью дорожного движения Автореф... дис. д-ра техн. наук. – Воронеж, 2008. – 42 с.
3. Guit L., Moussu L. Les enrobes coules a froid discontinus, une solution innovante pour le traitement des zones accidentogenes II Revue Generale des Routes. – 1999. – № 774.
4. Huebner R.S., Anderson D.A., Warner J.S. Proposed design guidelines for reducing hydroplaning on new and rehabilitated pavements: Res. Results Dig. Nat. Coop. Highway Res. Program // Transp. Res. Boazol. – 1999. – № 243.
5. Юшков В.С., Юшков Б.С., Кычкин В.И. Применение виброполосы при системном подходе к обеспечению безопасности дорожного движения // Вестник ПНИПУ «Транспорт. Транспортные сооружения. Экология». – 2014. – № 2. – С. 112-123.
6. Юшков Б.С., Кычкин В.И., Юшков В.С. Воздействие виброполосы на человека-оператора при движении автомобиля // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. № 1 (64). С. 21-23.
7. Эддоус М. Методы принятия решений / М. Эддоус, Р. Стэнсфилд; пер. с англ; под ред. член-корр. РАН И.И. Елисеевой. – М.: Аудит, 1997. – 590 с.
8. Советов Б.Я. Моделирование систем: учеб. для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 4-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 2005. – 343 с.: ил.
9. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
10. Бабаков И.М. Теория колебаний. М.: Наука, 1968. 560 с.
11. Пугин К.Г., Юшков В.С. Отходы металлургических предприятий для создания цветного асфальтобетона // Экология и промышленность России № 5. 2017. С. 4-7.
12. Корочкин А.В. Расчетные параметры асфальтобетонных слоев на жестком цементобетонном основании // Строительные материалы, № 9. – 2009. – С. 61-63.
13. Юшков В.С., Овчинников И.Г. Обоснование геометрических параметров виброполосы устанавливаемой на автомобильных дорогах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/33TVN517.pdf> (доступ свободный).

Yushkov Vladimir Sergeevich

Moscow state pedagogical university
Anapa branch, Russia
E-mail: vova_84_07@mail.ru

Ovchinnikov Igor Georgievich

The Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
Saratov state technical university named after Gagarin Y.A., Saratov, Russia
E-mail: bridgesar@mail.ru

Pugin Konstantin Georgievich

The Perm national research polytechnical university, Perm, Russia
E-mail: 123zzz@rambler.ru

The importance of artificial nervouses for safety of movement of road transport

Abstract. The current state of traffic safety on the roads of our country in comparison with previous years is more favorable. However, the tightening of traffic rules and high penalties for their violation do not always lead to a significant reduction in mortality and injuries on the roads. The scale and nature of this road safety problem in our country, and as a result, social, economic and demographic consequences, have a significant impact on Russia's national security, and therefore the task of providing road safety represents an independent state problem. In order to reduce accidents on motor roads, it is necessary to implement various measures aimed at increasing road safety, while it is obvious that, as the socio-economic situation in the country improves, political stability and the provision of road safety will improve. In our opinion, the effectiveness of the development and application of various technical means that contribute to the improvement of road safety depends directly on the willingness of society to pay a price that can provide security. A developed and rich society and the state has higher values of human life and thus is ready to pay more for its security, while providing higher values in this direction. A technical tool in the form of an artificial unevenness arranged on the roads, aimed at reducing the accident rate, was proposed. The world experience of using artificial irregularities is presented. The variants of the device of these technical means on highways are considered.

Keywords: road; vibration; vibration acceleration; artificial unevenness; mathematical model; vehicle

REFERENCES

1. Orekhov P.V. (2016). Modeli i algoritmy optimizatsii razmeshcheniya sil i sredstv obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya. [*Models and algorithms for optimizing the deployment of forces and means for ensuring road safety.*] Voronezh, p. 161.
2. Kondratiev V.D. (2008). Modeli i metody upravleniya bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya. [*Models and methods of road safety management.*] Voronezh, p. 42.
3. Guit L., Moussu L. (1999). Les enrobes coules a froid discontinus, une solution innovante pour le traitement des zones accidentogenes. *II Revue Generate des Routes*, 774.
4. Huebner R.S., Anderson D.A., Warner J.S. (1999). Proposed design guidelines for reducing hydroplaning on new and rehabilitated pavements. *Transp. Res. Boazol*, 243.
5. Yushkov V.S., Yushkov B.S., Kychkin V.I. (2014). Application of a vibrating band with a system approach to ensuring road safety. *Bulletin of the PTIU «Transport. Transport facilities. Ecology»*, 2, pp. 112-123. (in Russian).
6. Yushkov B.S., Kichkin V.I., Yushkov V.S. (2013). The impact of a vibrating band on a human operator when driving a car. *Science and technology in the road industry*, 1(64), pp. 21-23. (in Russian).
7. Eddous M., Stansfield R. (1997). *Methods of decision-making*. [Russ. ed.: *Metody prinyatiya reshenij*. Ed. by I.I. Eliseevoy. Moscow: Audit, p. 590.]
8. Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. (2005). Modelirovanie sistem: ucheb. dlya vuzov. [*Modeling Systems: Textbook. for a call.*] Moscow: High school, p. 343.
9. Rotenberg R.V. (1986). Osnovy nadezhnosti sistemy voditel' – avtomobil' – doroga – sreda. [*The basis of the reliability of the driver – car – road – environment.*] Moscow: Machine-building, p. 216.
10. Babakov I.M. (1968). Teoriya kolebanij. [*Theory of oscillations.*] Moscow: Nauka, p. 560.
11. Pugin K.G., Yushkov V.S. (2017). Waste of metallurgical enterprises for the creation of colored asphalt concrete. *Ecology and Industry of Russia*, 5, pp. 4-7. (in Russian).
12. Korochkin A.V. (2009). Calculated parameters of asphalt-concrete layers on a rigid cement-concrete base. *Building Materials*, 9, pp. 61-63. (in Russian).
13. Yushkov V.S., Ovchinnikov I.G. (2017). Justification of the geometric parameters of the vibro-band installed on motor roads. *Naukovedenie*, [online] 5(9). Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/33TVN517.pdf> (in Russian).