DOI: 10.15593/24111678/2018.01.07

УДК 628.3

Н.В. Меньшикова, М.О. Карпушко

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Рассмотрены вопросы воздействия транспортного комплекса на окружающую среду. Приведена динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от транспорта. Представлены данные по уровню загрязнения атмосферного воздуха транспортом на территории Пермского края. Особое внимание уделено загрязнению прилегающей территории и водных объектов поверхностными сточными водами с автомобильных дорог. Приведены объемы сточных вод, сброшенных в водные объекты в черте г. Перми. Рассмотрен один из методов снижения отрицательного воздействия поверхностных сточных вод с автомобильных дорог на прилегающую территорию и водные объекты – своевременный сбор сточных вод в систему водоотвода и их последующая очистка. В соответствии с нормативными документами приведена классификация очистных сооружений, применяемых на автомобильных дорогах. Обозначена область применения простейших очистных сооружений, прудов-отстойников каскадного типа и гидробиотических площадок, а также очистных сооружений индивидуального проектирования. Описаны возможные места установки и рассмотрены принципы их работы. Для условий водоохранных зон, где сброс загрязненных стоков разрешается только после их очистки до установленных нормативов, предложена конструкция очистного сооружения индивидуального проектирования, которое устраивается в котловане и заполняется фильтрующими материалами. Представлены физико-механические и технические характеристики используемых материалов и сорбентов. Приведен принцип работы и дан ряд рекомендаций, которые необходимо выполнять при проведении мероприятий по содержанию данного очистного сооружения. Отмечена необходимость в продолжении исследования по очистке поверхностных стоков с автомобильных дорог в направлении поиска новых технологических решений или усовершенствования предложенного.

Ключевые слова: автомобильная дорога, очистные сооружения, система дорожного водоотвода, загрязненные сточные воды, экология.

N.V. Men'shikova, M.O. Karpushko

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

FACILITIES FOR PURIFICATION OF AUTOMOBILE ROAD'S SURFACE WASTEWATER

In the article questions of transport complex impact on environment are considered. Dynamics of pollutant's emissions into the atmosphere from transport is given. Atmospheric air pollution by transport data level in Perm region is presented. Particular attention is paid to the contamination of adjacent territory and water bodies with road wastewater. Volume of wastewater discharged into water bodies within Perm city limits is given. One of the methods for reducing the negative impact of contaminated surface water from motor roads to the adjacent territory and water bodies is considered to be the timely collection of wastewater into drainage system and their subsequent purification. In accordance with regulatory documents, a classification of treatment facilities used on highways is given. Area of simplest treatment facilities application, cascade-type ponds-sedimentation tanks and hydro botanical areas, as well as treatment facilities for individual design, is indicated. Possible device locations and principles of their operation are noted. For conditions of water protection zones in which discharge of contaminated wastewater is allowed only after cleaning them up to the established standards, a design of an individual design purification facility, arranged in a foundation pit and filled with filtering materials, is proposed. Physical and mechanical properties, as well as technical characteristics of used materials and sorbents, are given. Work principle and number of recommendations are given, which must be fulfilled when carrying out measures for the maintenance of this treatment plant. The need to continue research on cleaning surface runoff from highways in the direction of searching for new technological solutions or improving the proposed one was noted.

Keywords: automobile road, treatment facilities, road drainage system, contaminated sewage, ecology.

В настоящее время деятельность всех отраслей экономики Российской Федерации направлена на защиту окружающей среды от загрязнений.

На заседании Государственного совета 27 декабря 2016 г. по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений» Президент РФ Владимир

Владимирович Путин 2017 год объявил годом экологии. Цель этого события заключается в привлечении внимания к проблемам, существующим в области охраны окружающей среды, и улучшению состояния экологической безопасности страны. На заседании Госсовета был представлен итоговый проект концепции экологически устойчивого («зеленого») развития РФ до 2030 г. с перспективой до 2050 г. [1].

По данным Росстата [2], объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в России в 2016 г. составил 31,6 млн т: 17,3 млн т выброшено стационарными источниками (непередвижными технологическими агрегатами, в основном промышленными, а также терриконами, резервуарами и т.д.) и 14,3 млн т – передвижными источниками (автомобильным и железнодорожным транспортом) (рис. 1).

Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

За период 2006–2016 гг. объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от транспорта достиг максимального значения в 2005 г., после чего их объем сократился на 12,9 % к 2014 г. [3, 4]. Однако в 2015–2016 гг. наблюдается динамика по увеличению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ на территории России, что связано с увеличением выбросов от транспортных средств на 8,2 %. Это обусловлено значительным ростом числа легковых автомобилей на 31,5 % за период 2010–2016 гг. (в 2016 г. количество превысило 45,2 млн шт.), а грузовых – на 16,4 % (количество достигло 6,3 млн шт.). В связи с этим доля выбросов от транспортных средств составила 45,1 % от общего объема загрязняющих веществ в атмосферу.

Лидерами по объему выбросов являются Москва и Московская область (табл. 1). При этом удельные выбросы в Москве ниже среднероссийского уровня (79 кг/чел. против 96 кг/чел. в среднем по стране).

Таблица 1

Регионы с максимальным объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автомобильного транспорта, 2012–2016 гг., тыс. т

Регион	Годы						Удельные выбросы (кг/чел.)
	2012	2013	2014	2015	2016	2016, %	
Всего	12 679	13 347	13 622	13 819	14 105	100	96
Москва	924	930	929	919	975	6,9	79
Московская область	705	741	770	772	774	5,5	105
Краснодарский край	455	524	538	550	562	4,0	101
Ростовская область	296	354	454	452	458	3,2	108
Республика Башкортостан	305	335	444	450	458	3,2	112
Санкт-Петербург	419	464	442	447	448	3,2	85
Свердловская область	420	458	432	418	428	3,0	99

Примечание. Источник – Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) по данным Росприроднадзора.

Пермский край находится в числе неблагополучных по уровню загрязнения атмосферного воздуха и по данным Федеральной службы государственной статистики за 2015 г. занимает 11-е место среди 85 субъектов РФ по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников и 12-е место по выбросам от автомобильного транспорта [5–7]. В 2015 г. в Пермском крае насчитывалось 29,7 тыс. стационарных источников с объемом выбросов 298,6 тыс. тонн (табл. 2).

Таблица 2

Динамика объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух
в Пермском крае, тыс. т

Показатели	Годы			ТП 2015/2013, %
	2013	2014	2015	
Выбросы от стационарных источников	368,0	312,5	298,6	–18,9
Выбросы от автотранспорта	268,2	269,4	287,5	+7,2
Доля объема выбросов от автотранспорта, от общего валового выброса, %	42,2	46,3	49,1	+16,3

Среди стационарных источников наибольший удельный вес занимают предприятия транспорта и добычи полезных ископаемых, выбросы которых составляют 61,0 % от общего объема. Наибольшее количество выбросов от автомобильного транспорта приходится на г. Пермь (86,0 тыс. т), Березники (11,7 тыс. т), Чайковский (9,6 тыс. т), Лысьву (6,2 тыс. т), Краснокамский (5,2 тыс. т) и Чусовской (4,6 тыс. т) районы. Выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников за анализируемый период увеличились на 7,2 % и составили 287,5 тыс. т.

Снижение негативного воздействия транспортной системы на окружающую среду предусмотрено Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 г. В целях последовательного повышения экологической эффективности строительства, реконструкции, капитальных ремонтов, ремонтов и содержания автомобильных дорог, а также исполнения норм законодательства государственной компанией «Автодор» разработана и введена в действие Приказом № 277 от 04.12.2015 Экологическая политика на период до 2030 г.

В настоящее время большая часть исследований направлена на оценку загрязнения атмосферы выхлопными газами автотранспорта и шумового уровня, при этом в малой части исследований уделяется внимание загрязнению прилегающей к автомобильной дороге территории, водоемов и грунтовых вод поверхностными сточными водами с автомобильных дорог.

Одним из методов снижения отрицательного воздействия загрязненных поверхностных сточных вод с автомобильных дорог на прилегающую территорию и водные объекты является своевременный сбор сточных вод в систему водоотвода и их последующая очистка. При проектировании и строительстве очистных сооружений на автомобильных дорогах стремятся применять простейшие очистные сооружения. Если с их помощью невозможно очистить загрязненный сток, применяют пруды-отстойники каскадного типа или гидробиотанические площадки. В исключительных случаях, когда невозможно разместить их в полосе отвода, применяются очистные сооружения индивидуального проектирования. Классификация очистных сооружений в соответствии с ОДМ 218.005.2014 «Методические рекомендации по содержанию очистных сооружений на автомобильных дорогах» представлена на рис. 2.

Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока определяется качественной и количественной характеристиками конструкции очистных сооружений. Условия отведения и очистки определяются на основании оценки технической возможности реализации различных вариантов и сравнения их технико-экономических показателей. От выбора схемы отведения зависит и вариант использования очищенных сточных вод: для производственного водоснабжения, обводнения или орошения. Дорожно-строительные предприятия, выполняющие работы по со-

держанию автомобильных дорог и мостовых сооружений, должны не допускать вынос через дождевую канализационную сеть мусора и отходов производства, тем самым обеспечивать санитарное состояние подведомственной территории.

Рис. 2. Классификация очистных сооружений на автомобильных дорогах

С целью предотвращения загрязнения, засорения, заиления и истощения водных объектов создаются водоохранные зоны. В соответствии со ст. 65 Водного кодекса РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017) водоохранными зонами являются территории, которые примыкают к береговой линии морей, рек, ручьев, каналов, озер, водохранилищ и на которых устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления указанных водных объектов и истощения их вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира.

В границах водоохранных зон не разрешается: использование сточных вод в целях регулирования плодородия почв; размещение кладбищ, скотомогильников, мест захоронения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих и ядовитых веществ, пунктов захоронения радиоактивных отходов; осуществление мер по борьбе с вредителями и болезнями растений; движение и стоянка транспортных средств (кроме специальных транспортных средств), за исключением их движения по дорогам и стоянки на дорогах и в специально оборудованных местах, имеющих твердое покрытие. Сброс загрязненных стоков в пределах водоохранных зон разрешается только после их очистки до установленных нормативов.

Для решения проблемы сброса загрязненных сточных вод в Ильинском районе Пермского края, на территории, относящейся к водоохранной зоне Камского водохранилища (Обвинский залив), было запроектировано очистное сооружение (индивидуального проектирования) с применением твердых сорбентов (рис. 3).

Твердые сорбенты применяют для более глубокой очистки от загрязняющих веществ, которые не подвергаются биологическому разложению либо являются токсичными. Эффективность такой очистки составляет 80–95 % и зависит от применяемого в качестве адсорбента

Рис. 3. Конструкция очистного сооружения
(общий вид)

В котловане устраиваются стенки очистного сооружения из бетона, которые покрываются геотекстилем ГЕОСПАН ТН 40. Сооружение заполняется фильтрующими материалами: нижний слой заполнения – активированный уголь АГ-3 марки «Сорбер» толщиной 0,8 м, следующий слой – сорбент «Ирвелен-М» марки 2 толщиной 0,05 м, затем засыпается слой щебня фракции 40–70 толщиной 0,1 м. Поверх щебня повторно укладывается геотекстиль ГЕОСПАН ТН 40 (рис. 4).

Рис. 4. Конструкция очистного сооружения (разрез 3-3)

Тканая структура геотекстиля ГЕОСПАН ТН 40 обеспечивает высокие показатели прочности на разрыв в продольном и поперечном направлении, а также низкую деформативность (табл. 3). Материал морозостоек, устойчив к агрессивному воздействию почвогрунтов и УФ-излучению [10].

Таблица 3

Физико-механические показатели геотекстиля тканого ГЕОСПАН ТН 40

Наименование показателя	Значение
Разрывная нагрузка:	
– в продольном направлении, Н/кН/м/кгс	2000/40,0/200,0
– в поперечном направлении, Н/кН/м/кгс	2000/40,0/200,0
Поверхностная плотность	230
Водопроницаемость геотканей при давлении 10 кПа, л/м·с	17
Сырье	полипропилен

Активный уголь марки Сорбер АГ-3 предназначен для адсорбции различных органических соединений (табл. 4). Механическая прочность угля позволяет применять его в конструкциях больших объемов, что обеспечивает длительный ресурс его работы [11].

Таблица 4

Технические характеристики

Наименование показателя	Норма
Размер гранул:	
>3,6 мм, %, не более	0,4
3,6–2,8 мм, %, не более	3,0
2,8–1,5 мм, %, не менее	86,0
1,5–1,0 мм, %, не более	10,0
<1,0 мм, %, не более	0,6
Прочность на истирание, %, не менее	75
Массовая доля влаги, %, не более	5,0
Суммарный объем пор по воде, см ³ /г, не менее	0,8
Динамическая активность по бензолу, мин, не менее	40
Насыпная плотность, г/дм ³	450–500

Таблица 5

Технические характеристики сорбента ИРВЕЛЕН-М (марка 2)

Наименование показателя	Значение
Насыпная плотность, кг/м ³	150
Сорбционная емкость марки для нефти при наложении	не менее 760 г/г
Сорбционная емкость марки для нефти при фильтрации	не менее 720 г/г
Степень очистки, %	99,9
Скорость поглощения нефти и нефтепродуктов, с	0,5–1,0
Гидрофобность, %	100
Плаучесть (в том числе в нагруженном состоянии), %	100
Коэффициент фильтрации, м ²	190
Экологичность в применении: загрязняет / не загрязняет окружающую среду	не загрязняет
Токсичность	не токсичен
Класс опасности	безопасен
Рабочий диапазон температур, °С	от –50 до + 90
Число циклов «сорбция–регенерация» в зависимости от вязкости нефтепродукта	от 40 до 70 раз

Сорбент «Ирвелен-М» (марка 2) за счет наличия пор и капилляров на поверхности и внутри волокна обеспечивает быстрое поглощение, накопление и удерживание нефти и нефтепродуктов, ряда элементов и соединений (табл. 5) [12]. Благодаря своей волокнисто-пористой струк-

туре «Ирвелен-М» беспрепятственно пропускает воду, не поглощая ее. Сорбент эффективно очищает сточную воду от тяжелых металлов, органических, хлорорганических и неорганических соединений, обеспечивая концентрации указанных элементов и соединений значительно ниже установленных величин предельно допустимых концентраций (ПДК) в воде.

Принцип работы очистного сооружения заключается в следующем. Загрязненный сток по водоотводным лоткам самотеком поступает в очистное сооружение. На поверхности задерживаются листья, мусор и крупные частицы грунта. Слой щебня служит для задержания крупных песчаных и илистых частиц. Волокнистый материал «Ирвелен-М» очищает воду от механических примесей и крупных взвесей, а также от эмульгированных нефтепродуктов методом адсорбции и адгезии. Затем поток, прошедший предварительную механическую очистку, поступает в нижнюю часть очистного сооружения, который заполнен активированным углем марки АГ-3 (Сорбер), где осуществляется очистка воды от растворенных нефтепродуктов и органических веществ, а также ионов тяжелых металлов и металлоорганических соединений. Для предотвращения размыва очищенная вода выводится на укрепление шириной 1,0 м и выпускается на рельеф.

При проектировании очистных сооружений необходимо предусматривать выполнение экологических требований к их дальнейшей эксплуатации. При проведении мероприятий по содержанию данного очистного сооружения необходимо выполнять ряд рекомендаций, приведенных в табл. 6.

Таблица 6

Периодичность выполнения регламентных работ

Периодичность	Виды работ
Постоянно	Следить за состоянием водоподводящих лотков и регулярно очищать их от мусора, песчаных и илистых отложений. Очищать решетки водоприемного колодца от мусора и бытовых предметов, приносимых загрязненным стоком
Не реже 1 раза в год	Очищать отстойник или успокоительную камеру от песчаных и илистых отложений
Не реже 1 раза в 2 года	На очистных сооружениях, где имеется щебеночная загрузка или синтетические фильтры, осуществлять извлечение и промывку (при необходимости – полную замену загрязненного материала с последующей его утилизацией). Промывку материалов осуществлять только в местах, оборудованных сбором и очисткой загрязненного стока

Очистные сооружения на автомобильных дорогах имеют важное природоохранное значение [13–15]. Основой экологического функционирования дорожных и мостовых сооружений является своевременный сбор и отвод поверхностных сточных вод автомобильных дорог и мостов, а также их очистка на очистных сооружениях. В настоящее время применяются эффективные технологии и оборудование для очистки сточных вод. Вместе с тем уровень загрязнения поверхностных вод на территории Российской Федерации остается значительным.

Очистное сооружение индивидуального проектирования с применением твердых сорбентов было запроектировано для решения проблемы сброса загрязненных сточных вод в Ильинском районе Пермского края, на территории, относящейся к водоохранной зоне Камского водохранилища (Обвинский залив). Принимая во внимание актуальность данного вопроса, отметим необходимость дальнейшего изучения отечественного и зарубежного опыта проектирования и строительства очистных сооружений на автомобильных дорогах, а также анализа современных зарубежных методов снижения отрицательного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Список литературы

1. 2017 год объявлен годом экологии в России / Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. – URL: http://www.geogr.msu.ru/news/news_detail.php?ID=12062 (дата обращения: 20.10.2017).
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 15.10.2017).
3. Ильина А.А. Экологические аспекты очистки поверхностных стоков с автомобильных дорог // Сб. науч.-метод. работ по повышению уровня обоснованности проектов автомобильных дорог и сооружений на них. – М.: Союздорпроект, 2004. – Вып. 7. – 15 с.
4. Экология и экономика: сокращение загрязнения атмосферы страны / Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. – URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/14132.pdf> (дата обращения: 25.10.2017).
5. Информационный бюллетень: Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье населения Пермского края // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю. – URL: <http://59.gospotrebnadzor.ru/263/> (дата обращения: 25.10.2017).
6. Глухов В.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
7. Пшенин В.Н., Бутянов М.С. Ливневые стоки с автомобильных дорог // Дорожная держава. – 2013. – № 48. – С. 72–75.
8. Состояние и охрана окружающей среды. Пермь / Управление по экологии и природопользованию администрации города Перми. – URL: <http://www.priodaperm.ru/izdaniya/2015/03/05/2161> (дата обращения: 21.10.2017).
9. Бобков А.В., Бобкова О.А. Воздействие автомобильных дорог на экологическое состояние окружающей среды // Дороги и мосты. – 2009. – № 1. – С. 253–261.
10. Геотекстиль тканый Геоспан ТН 40 / Торговый дом «МЕАПЛАСТ». – URL: http://td-meaplast.ru/production/geotekstil/tkaniy_geotekstil/tkaniy_geotekstil_geospan_tn/geospan_tn_40/ (дата обращения: 25.10.2017).
11. Уголь активный гранулированный Сорбер / АО «Сорбент». – URL: <http://www.sorbent.ru/production/abscarbons/coal/product17.php> (дата обращения: 25.10.2017).
12. Очистка поверхностных сточных вод // ИРВЕЛЕН-М. – URL: <https://irvelen.com/produksiya/mark-2> (дата обращения: 25.10.2017).
13. Urban Stormwater Management in the United States / National Research Council. – Washington, DC: The National Academies Press, 2009. – URL: <https://doi.org/10.17226/12465>.
14. Al. Burton and R. Pitt Stormwater Effects Handbook: A Toolbox for Watershed Managers, Scientists, and Engineers. – CRC Press, 2001. – 928 p.
15. Urban Runoff Quality Management, WEF Manual of Practice No. 23 and ASCE Manual and Report on Engineering Practice NO. 87 / Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers. – Alexandria, VA. 1998.

References

1. 2017 god objavljen godom jekologii v Rossii [2017 declared the year of ecology in Russia]. Available at: http://www.geogr.msu.ru/news/news_detail.php?ID=12062 (accessed 20 October 2017).
2. Federal'naia sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Federal Service of State Statistics]. Available at: <http://www.gks.ru/> (accessed 15 October 2017).
3. Il'ina A.A. Jekologicheskie aspekty ochistki poverhnostnyh stokov s avtomobil'nyh dorog [Ecological aspects of cleaning surface runoff from highways]. *Sbornik nauchno-metodicheskikh rabot po povysheniju urovnja obosnovannosti proektov avtomobil'nyh dorog i sooruzhenij na nih*, 2004, iss. 7, 15 p.
4. Ekologiya i ekonomika: sokrashchenie zagriazneniya atmosfery strany [Ecology and economics: reducing the country's air pollution]. Available at: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/14132.pdf> (accessed 25 October 2017).

5. Otsenka vliianiia faktorov sredy obitaniia na zdorov'e naseleniia Permskogo kraia. Informatsionnyi biulleten' [Assessment of environmental factors impact on health of Perm Krai population. Newsletter]. Available at: <http://59.rosпотребнадзор.ru/263/> (accessed 25 October 2017).
6. Gluhov V.V., Nekrasova T.P. Jekonomicheskie osnovy jekologii [Economic basis of ecology]. 3rd. ed. Saint-Petersburg, Piter, 2003. 384 p.
7. Pshenin V.N., Butjanov M.S. Livnevye stoki s avtomobil'nyh dorog [Storm drains from highways]. *Dorozhnaja derzhava*, 2013, no. 47, pp. 72-75.
8. Sostoianie i okhrana okruzhaiushchei sredy. Perm' [Condition and protection of the environment. Perm]. Available at: <http://www.prirodaperm.ru/izdaniya/2015/03/05/2161> (accessed 21 October 2017).
9. Bobkov A.V., Bobkova O.A. Vozdejstvie avtomobil'nyh dorog na jekologicheskoe sostojanie okruzhajushhej sredy [The impact of motor roads on the ecological state of the environment]. *Dorogi i mosty*, 2009, no. 1, pp. 253-261.
10. Geotekstil' tkaniy Geospan TN 40 [Geotextile woven Geospan TN 40]. Available at: http://td-meaplast.ru/production/geotekstil/tkaniy_geotekstil/tkaniy_geotekstil_geospan_tn/geospan_tn_40/ (accessed 25 October 2017).
11. Ugol' aktivnyi granulirovannyi Sorber [Coal active granulated Sorber]. Available at: <http://www.sorbent.su/production/abscarbons/coal/product17.php> (accessed 25 October 2017).
12. Ochistka poverkhnostnykh stochnykh vod [Cleaning of surface wastewater]. Available at: <https://irvelen.com/produksiya/mark-2> (accessed 25 October 2017).
13. Urban Stormwater Management in the United States. National research council. Washington, DC: The National Academies Press, 2009. Available at: <https://doi.org/10.17226/12465> (accessed 25 October 2017).
14. Burton AL., Pitt R. Stormwater effects handbook: a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers. CRC Press, 2001, 928 p.
15. Urban runoff quality management. WEF Manual of Practice No. 23 and ASCE Manual and Report on Engineering Practice No. 87. Water Environment Federation (WEF), American Society of Civil Engineers. Alexandria, VA, 1998.

Получено 08.02.2018

Об авторах

Меньшикова Наталья Вячеславовна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: menshikova395@mail.ru).

Карпушко Марина Олеговна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: mkarpushko@gmail.com).

About the authors

Natal'ia V. Men'shikova (Perm, Russian Federation) – Master Student, Department of Roads and Bridges Sub-faculty, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: menshikova395@mail.ru).

Marina O. Karpushko (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Roads and Bridges Sub-faculty, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: mkarpushko@gmail.com).