DOI 10.15593/24111678/2017.04.10

УДК 625.825

Л.С. Щепетева¹, Е.А. Краснова¹, С.С. Семенов¹, Т.С. Жижина²

¹Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

²ОАО «Пермдорстрой», Пермь, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В СЛОЯХ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

Геосинтетические материалы – класс строительных материалов, который в настоящее время нашел широкое применение в промышленном и гражданском строительстве, при строительстве автомобильных дорог и аэродромов, гидротехнических сооружений, полигонов для хранения и утилизации бытовых отходов, а также в ландшафтном дизайне. Применяемые геосинтетические материалы различаются по составу используемого сырья, технологии изготовления, структуре, показателям свойств и выполняемым функциям. В дорожном строительстве геосинтетические материалы используют в дорожной одежде, земляном полотне, при устройстве дренажных конструкций, для обеспечения устойчивости откосов и защиты от водной и ветровой эрозии. Особое значение имеет применение геосинтетических материалов в конструкции дорожной одежды. Вследствие непрерывного роста интенсивности движения на автомобильных дорогах, повышения грузоподъемности транспортных средств и осевых нагрузок, увеличения доли большегрузных автомобилей в составе движения дорожное покрытие испытывает воздействие многократных циклических нагрузок, которые приводят к развитию в материале усталостных разрушений, характерных для всех материалов, применяемых для строительства конструктивных слоев дорожной одежды. В результате комплексного воздействия атмосферных факторов и транспортных нагрузок возникают макроскопические трещины, увеличивается водопроницаемость слоев и, как следствие, снижается срок службы дорожной одежды. Для увеличения срока службы и повышения несущей способности эффективно применение в конструкции дорожной одежды прослоек из геосинтетических материалов. В зависимости от конкретных условий и целей прослойки из геосинтетических материалов устраивают на поверхности земляного полотна под дополнительным слоем основания, под нижним слоем основания дорожной одежды, в слоях основания или в слоях покрытия. Геосинтетические материалы в этих случаях выполняют одну или несколько функций.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, дорожная одежда, армирование, разделение, фильтрация, асфальтобетонное покрытие, основание дорожной одежды.

L.S. Shchepeteva¹, E.A. Krasnova¹, S.S. Semenov¹, T.S. Zhizhina²

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

²Public JSC “Permdorstroy”, Perm, Russian Federation

THE USE OF GEOSYNTHETICS IN PAVEMENT LAYERS

Geosynthetic materials is a class of construction materials that currently found broad application in industrial and civil engineering, at construction of highways and airfields, hydraulic engineering constructions, landfills for the disposal of municipal solid waste, and also in landscape design. The applied geosynthetic materials differ on composition of the used raw materials, manufacturing techniques, structure, indicators of properties and the carried-out functions. In road construction geosynthetic mate-

rials are used in road pavements, in road beds, in drainage constructions, for ensuring the stability of slopes and for the protection against water and wind erosion. It is essential that geosynthetic materials can be used in road pavements constructions. In consequence of the continuously increasing intensity of the road traffic on highways, increases in loading capacity of vehicles and axial loads, increase in a share of heavy-load cars as a part of the traffic, the road pavement is affected by repeated cyclic loadings which lead to the development in the material of fatigue failures typical to all the materials used in pavements layers. As a result of complex influence of atmospheric factors and transport loadings macroscopic cracks arise, water penetration of layers increases and, as a result, life cycle of road pavement decreases. In order to extend the life cycle and increase the load bearing capacity it is efficient to apply in the construction of road pavement layers from geosynthetic materials. Depending on specific conditions and the objectives these layers purposes from geosynthetic materials can be arranged on a surface of a road bed under an additional layer of the base, under the lower layer of the base of road pavement, in base layers or in coat layers. Geosynthetic materials in these cases perform one or several functions.

Keywords: geosynthetics, pavement, reinforcement, separation, filtration, asphalt coating, roadbase.

В отечественной и зарубежной практике имеется значительный опыт применения геосинтетических материалов в различных областях строительства [1, 2]. Основными сферами их использования стали дорожная и железнодорожная отрасли, гражданское и гидротехническое строительство, строительство аэродромов, природоохранное строительство [2–5].

В нормативных источниках частично приведены классификация и область применения геосинтетических материалов, применяемых в конкретных слоях дорожной одежды. Дорожная одежда является важнейшим элементом автомобильной дороги, ее конструктивные слои напрямую влияют на безопасность движения и срок службы дорожной конструкции в целом, поэтому существует проблема повышения долговечности и несущей способности дорожной конструкции. В процессе движения автомобиля по дороге на дорожную одежду действуют различные силы взаимодействия между колесами автомобиля и дорожной конструкцией. Действие колеса автомобиля на дорожное покрытие приводит к возникновению напряжений растяжения, сжатия, изгиба и сдвига [6–8]. Для слоев дорожной одежды из монолитных материалов наиболее опасными являются растягивающие напряжения, которые возникают в слое при изгибе, а для слоев из слабосвязных материалов (зернистых) – напряжения сдвига. Растягивающие напряжения в монолитном покрытии достигают своего максимума на его нижней поверхности по оси действующей нагрузки [7–9].

В зависимости от конструкции, прочности и состояния дорожной одежды под действием повторных нагрузок в отдельных слоях и конструкции дорожной одежды в целом могут проявляться либо только упруговязкие деформации, либо одновременно упруговязкие и вязкопла-

стичные деформации, которые, постепенно накапливаясь, могут достичь недопустимых величин и привести к разрушению конструкции [7–10]. Различают деформации покрытий и конструкций в целом. Деформации покрытий возникают от воздействия колес автомобиля в сочетании с климатическими факторами. К деформациям и разрушениям покрытия относят износ покрытия, выкрашивание, продольные и поперечные трещины, выбоины, сдвиги, волны, гребенки. Деформации разрушения всей конструкции связаны с процессом усталости и накопления остаточных деформаций (колеиность, пучины, просадки, проломы, разрушение кромок проезжей части, сетка трещин) [11, 12].

Для увеличения срока службы и повышения несущей способности эффективно применение в конструкции дорожной одежды прослойки из геосинтетических материалов, которые могут выполнять различные функции. Область, эффективность и целесообразность применения геосинтетических материалов определяются их свойствами. Основными задачами являются систематизация сведений об использовании геосинтетических материалов в слоях дорожной одежды и определение области их применения.

Проведя анализ нормативных источников ОДМ 218.5.005–2010 «Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству», ОДМ 218.5.003–2010 «Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог», ОДМ 218.5.001–2009 «Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог», ГОСТ Р55028–2012 «Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения», можно дать рекомендации по применению геосинтетических материалов в конструкции дорожной одежды (табл. 1).

Для повышения усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий при ремонте и реконструкции автомобильных дорог широко используют армирующие и трещинопрерывающие прослойки [12, 13].

При этом отмечается, что армирование асфальтобетонных покрытий позволяет уменьшить строительные затраты за счет снижения толщины покрытия (20–25 % верхнего слоя асфальтобетонного покрытия) [14].

Таблица 1
Применение геосинтетических материалов в конструкции дорожной одежды

№ п/п	Конструкция дорожной одежды с прослойкой из геосинтетических материалов	Место расположения прослойки	Функции	Вид геосинтетического материала, применяемый в качестве прослойки	Пример геосинтетического материала	Вид геосинтетического материала
1		Между слоями асфальтобетонного покрытия, ближе к поверхности	Армирование – для уменьшения влияния температурных воздействий	1) Геосетка; 2) Геокомпозит; 3) Плоская георешетка	1) Armatex, Natelit, Tansar; 2) Армдор К, Сваяр, Меатек ГК; 3) Тензар, Славрос, Армогрид СД	Геокомпозит
2		Между слоями асфальтобетонного покрытия, ближе к подошве покрытия	Армирование – для уменьшения влияния воздействия транспортных средств			Плоская георешетка Прочность при растяжении R_p не менее 60 Н/см Размер ячеек не менее: для мелкозернистого а/б – 25×25 мм, для крупнозернистого а/б – 35×35 мм

Продолжение табл. 1

№ п/п	Конструкция дорожной одежды с прослойкой из геосинтетических материалов	Место расположения прослойки	Функции	Вид геосинтетического материала, применяемый в качестве прослойки	Пример геосинтетического материала	Вид геосинтетического материала
3		Основание	Разделение	1) Геотекстиль 2) Плоская георешетка	1) Геоспан, Дорнит, Стабиленка; 2) Апролаг СД, Армогрид СД, Тензар	<p>Геотекстиль тканый</p>
4		Основание	Повышение несущей способности (усиление)	Объемная георешетка	Прудон – 494, Геоспан ОР, Геодор ГР	<p>Объемная георешетка</p>
5		Основание	Повышение устойчивости в песчаном слое основания	1) Плоская георешетка; 2) геосетка	1) Апролаг СД, Армогрид СД, Тензар, 2) Armatex, Hatelit, Tansar	<p>Геосетка</p>

Окончание табл. 1

№ п/п	Конструкция дорожной одежды с прослойкой из геосинтетических материалов	Место расположения прослойки	Функции	Вид геосинтетического материала, применяемый в качестве прослойки	Пример геосинтетического материала	Вид геосинтетического материала
6		Между земляным полотном и дополнительным слоем основания	Разделение	Нетканый геотекстиль	Госпан, Дорнит, Стабиленка	Нетканый геотекстиль Поверхностная плотность 350–400 г/м ²
7		Основание	Фильтрация	Нетканый геотекстиль	Дорнит, Геоком, Геотекс	Нетканый геотекстиль Коэффициент фильтрации – не менее 50 м/сут

Однако достаточно часто прочность асфальтобетонных конструктивных слоев дорожной одежды обеспечена за счет толщины всей конструкции дорожной одежды, а сдвиговые деформации возникают в грунте рабочего слоя земляного полотна в неблагоприятные периоды года (периоды наибольшего увлажнения) и в слоях из слабосвязных материалов [15]. В связи с этим целесообразно использовать армирующие прослойки из геосинтетических материалов в нижних слоях основания дорожной одежды.

Приведем пример применения геосинтетического материала в конструкции дорожной одежды для строительства автомобильной дороги II технической категории в Пермском районе Пермского края.

Исходные данные для проектирования следующие: автомобильная дорога II технической категории; имеет две полосы движения; тип конструкции дорожной одежды – усовершенствованный капитальный; срок службы покрытия – 12 лет; коэффициент надежности – 0,95; грунт рабочего слоя земляного полотна – глина; коэффициент уплотнения – 0,98. Расчетная нагрузка – 149,5 кН; давление в шинах – 0,6 МПа; диаметр штампа – 39,83 см.

Исходные данные для расчета дорожной одежды, предложенной в проекте, приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, в конструкции дорожной одежды геосетка использована между слоями асфальтобетонного покрытия.

В проекте выполнены расчеты прочности конструкции дорожной одежды, результаты которых представлены в табл. 3.

Из приведенного расчета видно, что прослойка из геосетки не учитывается при расчетах на прочность дорожной одежды. Расчет на растяжение при изгибе асфальтобетонного покрытия выполняется с запасом без учета прослойки; фактический коэффициент прочности $K_{пр} = 1,36$ превышает требуемое значение $K_{пр} = 1,0$, следовательно, отсутствует необходимость в устройстве между слоями асфальтобетона прослойки из геосетки.

В то же время очевидно, что не был выполнен расчет на сдвигающие напряжения в слое песчано-гравийной смеси (см. табл. 3). Согласно п. 3.30 ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» дорожную одежду проектируют из расчета, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте или малосвязных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации формоизменения.

Исходные данные для расчета дорожной одежды

Таблица 2

Но- мер слоя	Наименование материала слоя	Толщина слоя, см		Упругий прогиб E	Модуль упругости, МПа		Нормативное сопротивление при изгибе R_0 , МПа	Коэффициент m	Коэффициент a	Влажность W_p , доли ед.	Коэффициент K_d	Сцепление C , МПа		Угол внутреннего трения F		Плотность ρ , кг/м ³
		Минимальная h_{min}	Максимальная h_{max}		Упругий прогиб E	Сдвиг $E_{сдв}$	Изгиб $E_{изг}$					Динамика	Статика	Динамика	Статика	
1	Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 90/130, тип А, марка I	5	5	2400	1200	1200	3600	9,50	5,0	5,4	—	—	—	—	—	2400,0
—	Геосетка ССНП 50/50-25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Асфальтобетон по- ристый горячий на битуме БНД марки 90/130, крупнозер- нистый, марка I	7	7	1400	800	800	2200	7,80	4,0	6,3	—	—	—	—	—	2300,0
3	Щебень легкоуплот- няемый фракции 40–80 (80–120) мм с заклинкой фракцио- нированным мелким щебнем	15	40	450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1800,0
4	Природная ПГС	1	1	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2000,0
5	Глина	0	0	36	—	—	—	—	—	0,74	1,00	0,005	0,016	4,9	15,9	2000,0

Таблица 3

Результаты расчета прочности конструкции дорожной одежды

Номер слоя	Наименование материала слоя	Расчетная толщина слоя, см	Общий модуль упругости по слоям $E_{\text{общ}}$, МПа	Показатель прочности			Пределное активное напряжение сдвига в слое $T_{\text{пр}}$, МПа	Расчетное активное напряжение сдвига T , МПа	Пределное растягивающее напряжение при изгибе R_n , МПа	Расчетное растягивающее напряжение в слое G_r , МПа	Расчетная влажность грунта W_p , доли ед.
				Критерий	Расчетное значение коэффициента прочности $K_{\text{расч. пр}}$	Величина, запас (+/-), %					
1	Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 90/130, тип А, марка I	5	321	–	–	–	–	–	–	–	–
–	Геосетка ССНП 50/50-25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	Асфальтобетон пористый горячий на битуме БНД марки 90/130, крупнозернистый, марка I	7	264	Растяжение	1,36	+26	–	–	1,378	1,013	–
3	Щебень легкоуплотняемый фракции 40–80 (80–120) мм с заклиной фракционированным мелким щебнем	35	211	–	–	–	–	–	–	–	–
4	Природная ППС	62	88	–	–	–	–	–	–	–	–
5	Глина	0	36	Сдвиг	1,5	+33	0,0112	0,0075	–	–	0,74
Суммарная толщина конструкции		109	–	–	–	–	–	–	–	–	–

В связи с этим была выполнена проверка на сдвиг в слое из ПГС представленной в табл. 3 конструкции:

$$E_{\text{ср}} = \frac{1200 \cdot 5 + 800 \cdot 7 + 450 \cdot 35}{5 + 7 + 35} = 581,91 \text{ МПа};$$

$$\frac{E_{\text{ср}}}{E_{\text{общ. осн}}} = \frac{581,91}{88} = 6,61; \quad \frac{h}{d} = \frac{47}{39,83} = 1,18; \quad \tau_{\text{н}} = 0,028;$$

$$T = 0,028 \cdot 0,6 = 0,0168 \text{ МПа};$$

$$T_{\text{доп}} = 0,003 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 47 \cdot \text{tg}35^\circ = 0,00958 \text{ МПа};$$

$$\frac{T_{\text{доп}}}{T} = \frac{0,00958}{0,0168} = 0,57 < K_{\text{пр}} = 1.$$

Фактический коэффициент прочности $K_{\text{пр}} = 0,57$ значительно ниже требуемого значения $K_{\text{пр}} = 1,0$, т.е. сдвигоустойчивость конструкции в слое природной песчано-гравийной смеси не обеспечена, что при эксплуатации такой конструкции дорожной одежды может привести к появлению деформаций сдвига (колеи).

Следовательно, было принято решение внести изменения в конструкцию дорожной одежды, а именно убрать геосинтетический материал «Геоспан» из конструктивных слоев асфальтобетона, так как отсутствует необходимость в наличии геосинтетической прослойки между слоями асфальтобетонного покрытия. Для обеспечения необходимой сдвигоустойчивости дорожной одежды при расчете в слое ПГС следует использовать геосинтетическую прослойку между слоем щебня и слоем ПГС.

Расчет на сдвиг в слое из ПГС с геосинтетической прослойкой:

$$T_{\text{доп}} = 0,003 \cdot 4,5 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 47 \cdot \text{tg}35^\circ = 0,02008 \text{ МПа};$$

$$\frac{T_{\text{доп}}}{T} = \frac{0,02008}{0,0168} = 1,19 > K_{\text{пр}} = 1.$$

Таким образом, с помощью расчета была показана необходимость применения геосинтетической прослойки в конструкции дорожной одежды между слоем щебня и ПГС. Эффективная рекомендуемая для строительства конструкция дорожной одежды представлена на рисунке и в табл. 4.

Таблица 4

Эффективная рекомендуемая для строительства конструкция дорожной одежды

Номер слоя	Наименование материала слоя	Расчетная толщина слоя, см	Общий модуль упругости по слоям $E_{\text{общ}}, \text{МПа}$	Показатель прочности			Расчетное активное напряжение сдвига в слое $T_{\text{пр}}, \text{МПа}$	Расчетное активное напряжение сдвига $T, \text{МПа}$	Предельное растягивающее напряжение при изгибе $R_n, \text{МПа}$	Расчетное растягивающее напряжение в слое $G, \text{МПа}$	Расчетная влажность грунта W_p , доли ед.
				Критерий	Расчетное значение $K_{\text{расч. пр}}$	Величина, запас (+/-), %					
1	Асфальтобетон плотный горячий на битуме БНД марки 90/130, тип А, марка I	5	321	—	—	—	—	—	—	—	—
2	Асфальтобетон пористый горячий на битуме БНД марки 90/130, крупнозернистый, марка I	7	264	Растяжение	1,36	+26	—	—	1,378	1,013	—
3	Щебень легкоуплотняемый фракции 40–80 (80–120) мм с заклиной фракционированным мелким щебнем	35	211	—	—	—	—	—	—	—	—
—	Геосинтетический материал	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Природная ПГС	62	88	Сдвиг	1,19	—	0,02008	0,0168	—	—	—
5	Глина	0	36	Сдвиг	1,5	+33	0,0112	0,0075	—	—	0,74
Суммарная толщина конструкции		109	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Рис. Эффективная рекомендуемая
для строительства конструкция дорожной одежды

Список литературы

1. Львович Ю.М., Аливер Ю.А., Ким А.И. Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве // Автомобильные дороги: обзорная информация. – М.: Информавтодор, 2002. – № 7. – С. 7–10.
2. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве / под ред. В.Д. Казарновского. – М.: Транспорт, 1984. – С. 3–159.
3. Пономарев А.Б., Офрихтер В.Г. Анализ и проблемы исследований геосинтетических материалов в России // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2013. – № 2. – С. 68–73.
4. Лупачев О.Ю., Телешев В.И. Применение геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве в качестве противофильтрационных элементов плотин и дамб // Гидротехника. – 2009. – № 1 (14). – С. 71–75.
5. Геосинтетические материалы: классификация, свойства, область применения / Е.В. Щербина, В.И. Теличенко, А.А. Алексеев, Б.В. Смутчук, П.А. Слепнев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2004. – № 5. – С. 50–55.

6. Каменецкий Б.И., Кошкин И.Г. Автомобильные дороги: учеб. пособие. – М.: Транспорт, 1979. – С. 67–80.
7. Бабков В.Ф. Автомобильные дороги. – М.: Транспорт, 1983. – С. 100–138.
8. Лугов С.В., Каленова Е.В. Некоторые особенности конструирования и расчета пакета асфальтобетонных слоев нежестких дорожных одежд // Новости в дорожном деле. – 2007. – № 5. – С. 50–57.
9. Васильев А.П. Справочная энциклопедия дорожника. Т. II. Ремонт и содержание автомобильных дорог. – М., 2004. – 1129 с.
10. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог: учеб. пособие. – М.: Транспорт, 1987. – Ч. 1. – С. 318–320.
11. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования. – М.: Росавтодор, 2004. – С. 32–33.
12. Илиополов С.К., Углова Е.В. Долговечность асфальтобетонных покрытий в условиях роста динамического воздействия транспортных средств // Автомобильные дороги и мосты: обзорная информация. – М.: Информавтодор, 2007. – № 4. – С. 84.
13. Горелышева Л.А. Повышение качества покрытий нежестких дорожных одежд // Автомобильные дороги и мосты: обзорная информация. – М.: Информавтодор, 2008. – № 6. – С. 76.
14. Экономика в дорожном строительстве // Дороги России XXI века. – 2007. – № 5. – С. 67.
15. Кулижников А.М. Экспериментальные исследования состояния дорожных конструкций в период весенней распутицы на федеральных дорогах Московской области // Новости в дорожном деле. – М.: Информавтодор, 2008. – № 5. – С. 1–24.

References

1. L'vovich Ju.M., Aliver Ju.A., Kim A.I. Geosinteticheskie i geoplastikovyje materialy v dorozhnom stroitel'stve [Geoplastics and geosynthetic materials in road construction]. *Nauchno-tehnicheskij informacionnyj sbornik «Novosti v dorozhnom dele»*. Moscow, Informavtodor, 2002, no. 7, pp. 7-10.
2. Kazarnovskij V.D. Sinteticheskie tekstil'nye materialy v transportnom stroitel'stve [Synthetic textile materials in transport construction]. Moscow, Transport, 1984, pp. 3-159.
3. Ponomarev A.B., Ofrihter V.G. Analiz i problemy issledovanij geosinteticheskikh materialov v Rossii [Analysis of problems and research of

geosynthetic materials in Russia]. *Vestnik Perm national research polytechnic universit. Stroitel'stvo i arhitektura*, 2013, no 2, pp. 68-73.

4. Lupachev O.Ju., Teleshev V.I. Primenenie geosinteticheskikh materialov v gidrotehnicheskom stroitel'stve v kachestve protivofil'tracionnyh jelementov plotin i damb [The use of geosynthetics in hydraulic engineering as watertight elements of the dams and dikes]. *Gidrotehnika*, no. 1 (14), Saint Petersburg, 2009, pp. 71-75.

5. Shherbina E.V., Telichenko V.I., Alekseev A.A., Smutchuk B.V., Slepnev P.A. Geosinteticheskie materialy: klassifikacija, svojstva, oblast' primenenija [Geosynthetics: classification, properties, applications]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*, 2004, no. 5, pp. 50-55.

6. Kameneckij B.I., Koshkin I.G. Avtomobil'nye dorogi: uchebnoe posobie [Roads: a training manual]. Moscow, Transport, 1979, pp. 67-80.

7. Babkov V.F. Avtomobil'nye dorogi [Automobile road]. Moscow, Transport, 1983, pp. 100-138.

8. Lugov S.V., Kaljonova E.V. Nekotorye osobennosti konstruirovaniya i rascheta paketa asfal'tobetonnyh sloev nezhestkih dorozhnyh odezhd [Some peculiarities of construction and calculation of the package of asphalt layers of non-rigid road pavements]. *Nauchno-tehnicheskij informacionnyj sbornik «Novosti v dorozhnom dele»*. Moscow, Informavtodor, 2007, no. 5, pp. 50-57.

9. Vasil'ev A.P. Spravochnaja jenciklopedija dorozhnika. Vol. II. Remont i sodержanie avtomobil'nyh dorog [Reference encyclopedia road. Vol. II. Repair and maintenance of roads]. Moscow, 2004, 1129 p.

10. Babkov V.F., Andreev O.V. Proektirovanie avtomobil'nyh dorog. Chast' 1: uchebnoe posobie [The design of roads. Part 1: tutorial]. Moscow, Transport, 1987, pp. 318-320.

11. Metodicheskie rekomendacii po remontu i sodержaniju avtomobil'nyh dorog obshhego pol'zovanija [Guidelines for repair and maintenance of public roads]. Moscow, Rosavtodor, 2004, pp. 32-33.

12. Iliopolov S.K., Uglova E.V. Dolgovechnost' asfal'tobetonnyh pokrytij v uslovijah rosta dinamicheskogo vozdejstvija transportnyh sredstv [The durability of asphalt concrete pavements in terms of growth of dynamic effects of vehicles]. *Avtomobil'nye dorogi i mosty: Obzornaja informacija*. Moscow, Informavtodor, 2007, no. 4, 84 p.

13. Gorelysheva L.A. Povyshenie kachestva pokrytij nezhestkih dorozhnyh odezhd [Improving the quality of pavement of non-rigid road pavements]. *Avtomobil'nye dorogi i mosty: Obzornaja informacija*. Moscow, Informavtodor, 2008, no. 6, 76 p.

14. Jekonomika v dorozhnom stroitel'stve [Economy in road construction]. *Dorogi Rossii XXI veka*, 2007, no. 5, 67 p.

15. Kulizhnikov A.M. Jeksperimental'nye issledovanija sostojanija dorozhnyh konstrukcij v period vesennej rasputicy na federal'nyh dorogah Moskovskoj oblasti [Experimental study of the state of the road constructions during the spring thaw on Federal roads in Moscow region]. *Nauchno-tehnicheskij informacionnyj sbornik «Novosti v dorozhnom dele»*. Moscow, Informavtodor, 2008, no. 5. pp. 1-24.

Получено 13.06.2017

Об авторах

Щепетева Людмила Станиславовна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент, исполняющая обязанности заведующего кафедрой «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: shls54@mail.ru).

Краснова Евгения Александровна (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: tarasova.pstu@mail.ru).

Семенов Семен Семенович (Пермь, Россия) – старший преподаватель кафедры «Автомобильные дороги и мосты», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: sss84@mail.ru),

Жижина Татьяна Сергеевна (Пермь, Россия) – администратор проекта, ОАО «Пермдорстрой» (614002, г. Пермь, ул. Чернышевского, 8, e-mail: tanushka_333@list.ru).

About the authors

Ljudmila S. Shchepeteva (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of Department of Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: shls54@mail.ru).

Evgenia A. Krasnova (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: tarasova.pstu@mail.ru).

Semen S. Semenov (Perm, Russian Federation) – Senior Lecturer, Department of Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: sss84@mail.ru).

Tat'jana S. Zhizhina (Perm, Russian Federation) – Administrator of the Project, PJSC “Permdorstroy” (8, Chernyshevsky st., Perm, 614002, Russian Federation, e-mail: tanushka_333@list.ru).