

УДК 630*383:625.7/.8

П. А. Лыщик, А. И. Науменко

Белорусский государственный технологический университет

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время в дорожном строительстве широкое распространение получили геосинтетические материалы – геотекстилы, геосетки, плоские и объемные георешетки, а также их различные комбинации – геокомпозиты. Данные материалы, или геосинтетики, используются для армирования конструктивных слоев дорожных одежд, усиления и армирования грунтов земляного полотна и оснований дорожных одежд, при устройстве подпорных стенок, для предотвращения оползней и реконструкций склонов, при укреплении откосов и проведении противоэрозионных мероприятий, а также для обеспечения дренажа [1–8].

Отечественная и зарубежная практика имеет более чем 30-летний опыт применения материалов, разработке и созданию которых способствовало бурное развитие химической промышленности. Основными потребителями геосинтетических материалов стали дорожная и железнодорожная отрасли, гражданское и гидротехническое строительство, строительство аэродромов. В последнее время созданы новые материалы и технологии на их основе для экологической защиты территории [9]. К геотекстилям относятся тканые, нетканые, вязаные, плетеные синтетические материалы с размером ячеек менее 5 мм.

В статье рассматриваются способы определения основных характеристик геосинтетических материалов, применяемых в практике дорожного строительства.

Ключевые слова: геосинтетический материал, физико-механические свойства, испытания, сжимаемость, разрыв, строительство, дорожная одежда.

P. A. Lyshchik, A. I. Naumenko

Belarusian State Technological University

**DEFINITION OF THE BASIC PHYSICAL
AND MECHANICAL PROPERTIES OF GEOSYNTHETIC MATERIALS**

Now in road building a wide circulation geosynthetic materials – geotextiles have received, geogrids, flat and volume geolattices, and also their various combinations – geocomposites. The given materials, or geosynthetics, are used for reinforcing of soils of an earthen cloth and the bases of road clothes, at the device of retaining walls, for prevention of landslips and reconstruction of slopes, at strengthening of slopes and carrying out of antierosion actions, and also for drainage maintenance [1–8].

Domestic and foreign practice has more than 30 years old experience of application of materials, working out and which creation were promoted by rapid development of the chemical industry. The basic consumers of geosynthetic materials of a steel road and railway branches, civil and hydraulic engineering building, building of airdromes. Recently new materials and technologies on their basis for ecological protection of territory are created [9]. Woven, nonwoven, knitted, wattled synthetic materials concern geosynthetics with the size of cells less than 5 mm.

In article ways of definition of the basic characteristics of the geosynthetic materials applied in practice of road building are considered.

Key words: geosynthetic material, physical and mechanical properties, tests, compressibility, rupture, building, road clothes.

Введение. В настоящее время для дорожного строительства выпускается большое количество различных геосинтетических материалов. Первым их представителем был бидим пяти типов И-14, И-24, И-34, И-44, И-64 и предназначался для разделения слоев дорожных одежд и грунтов земляного полотна. В мировой дорожной практике применяются геосинтетические материалы, такие как: терраам, выпускается фирмой Аи-Си-Аи (Англия); Фибертех, выпускается в Дании марок С-170, С-300, С-400; полифелт

производится в Австрии, мирафи М-1192, М-1195, М-1196, М-1197; тревира Т-150, Т-200, Т-300, Т-350, Т-500 выпускается немецкой фирмой «Хохст»; дорнит Ф-1, Ф-2 изготавливается в Республике Беларусь, Рогачевским комбинатом строительных материалов; Светлогорским предприятием «Химволокно» для дорожного строительства выпускается два типа геосинтетического материала «спанбел» и «аквастан» с поверхностной плотностью от 30 до 150 г/м²; ОАО «Пинема» – 190–600 г/м².

Таблица 1

Свойства первоначальных материалов для производства геосинтетики

Физико-механические показатели	Материал			
	Полиамид (РА)	Полиэтилен (РЕ)	Полипропилен (РР)	Полиэстер (РЕS)
Плотность, т/м ³	1,13–1,14	0,95–0,97	0,9–1,05	1,36–1,38
Температура плавления, °С	215	102–137	145–154	256
Водопоглощение, %:				
при 20°С	3,5–4,5	–	–	0,2–0,5
при 24°С	6,0–9,0	–	–	0,8–1,0
Прочность на разрыв, Н/мм ²	56–65	32–65	22–55	35–90
Модель упругости, МПа	–	1000–1250	1220–1670	–
Относительное удлинение, %	70–110	100–1200	200–700	–
Устойчивость против:				
кислоты разбавленной	Хорошая	Очень хорошая	Хорошая	Очень хорошая
щелочи	Хорошая	Хорошая	Очень хорошая	Хорошая
микроорганизмов	Хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая
света	Хорошая	Очень хорошая	Плохая	Хорошая

Основная часть. Свойства геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве, зависят от целого ряда факторов: материала по изготовлению, способа производства и т. д. Известно, что синтетические материалы изготавливаются в основном из полиэтилена, полипропилена, полиамида, основные физико-механические свойства которых изменяются в течение времени (табл. 1).

Так как синтетические материалы, применяемые при строительстве дорог, находятся в сложных специфических условиях, то к ним должны предъявляться соответствующие повышенные требования. Они должны испытываться на влияние биологических факторов (микроорганизмов), различного рода нагрузок, возникающих при строительстве и эксплуатации дорог [10].

Методы исследований. Поверхностная плотность. Синтетические рулонные материалы выпускаются как правило различной толщины и ширины. Методика (SNV 198431, JSO DIS 3001.2) рекомендует в качестве одного из важнейших показателей, характеризующего синтетический материал, массу единицы площади (г/м²). Для испытаний берется 10 проб площадью 100 см². Определяют средние значения массы и коэффициенты вариации [11].

Способность сжиматься. Толщина материала определяется с учетом давления. Давление оказывает существенное влияние на свойства синтетических материалов. Методика рекомендует проводить исследования при следующих условиях: EDNA-30 074, 10 проб, 25 см² при 5·10² и 2·10² Па. Для дорожных условий можно успешно применять средние значения расчетных величин при давлении 200 Па.

Усилие на разрыв. Величина усилия при разрыве определяется при DIN 53857, SNV 198461,

JSO DIS 5081. Для испытаний берется 10 проб длиной 20 см и шириной 5 см (рис. 1).

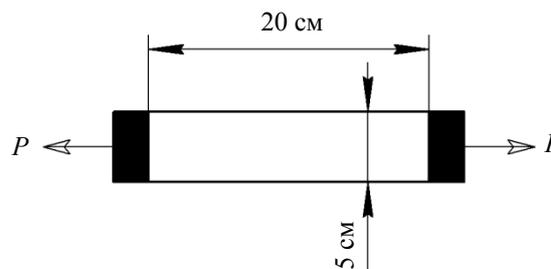


Рис. 1. Размеры и форма образца при испытаниях по методу DIN 53857

Скорость растяжения составляет 10 см/мин. Для получения более достоверных результатов берут образец 10×20 см, при этом образец прокалывается специальными штырями, которые закреплены на планке (10×1×0,5 см). Диаметр штыря 1 мм. Штыри расположены от края на расстоянии 0,5; 1,5; 3,0; 5,0; 7,0; 8,5; 9,5 см (рис. 2). По результатам испытаний строится зависимость деформации от растягивающего усилия.

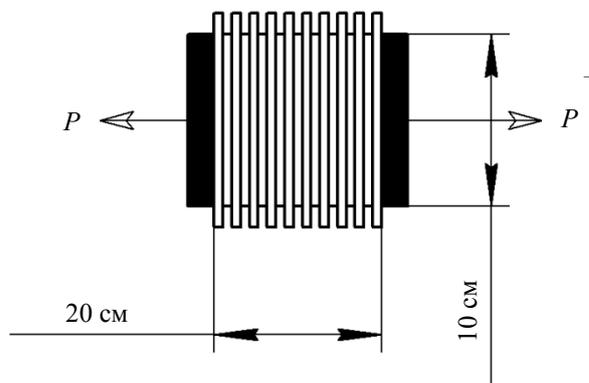


Рис. 2. Размеры образца и закрепительная планка

Испытания материала в цилиндре СБР.

Данная методика разработана норвежскими учеными. Суть ее заключается в следующем. Для проведения эксперимента отбирается 10 проб материала размером 200×200 мм (рис. 3).

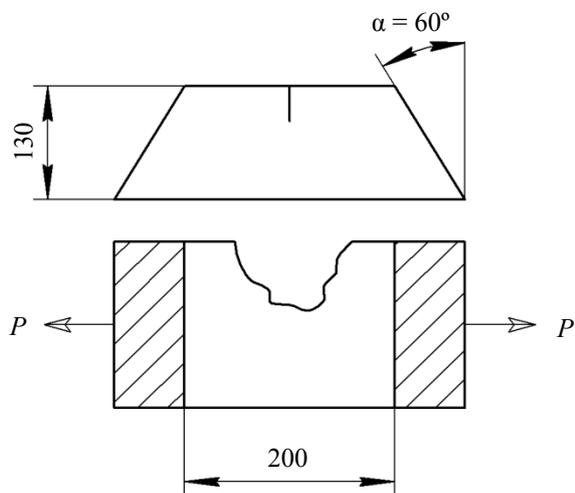


Рис. 3. Форма и образец материала

Цилиндр СБР является разъемным, т. е. состоящим из верхней и нижней частей. Внутренний диаметр цилиндра равен 150 мм. Испытываемый материал помещается между двумя кольцами цилиндра и закрепляется путем сжатия колец. Нагружение материала производится при помощи поршня, диаметр которого равен 50 мм (рис. 4). Скорость нагружения 50 мм/мин. При испытаниях материала в цилиндре СБР представляется возможным получить зависимость деформации от нагрузки.

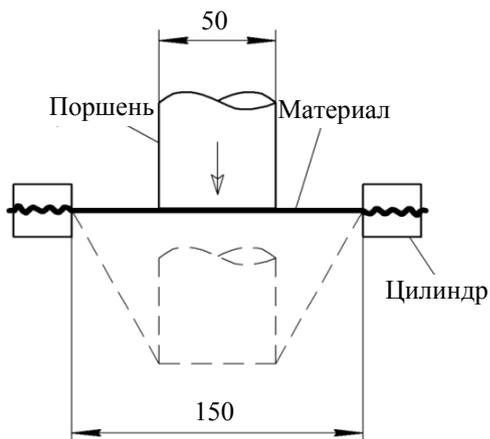


Рис. 4. Схема испытания материала в цилиндре СБР

Пробивание материала при помощи падающего конуса. Этот вид испытаний связан с технологией строительства автомобильных дорог. При закрытии материала слоем грунта, в котором могут быть каменные включения, синтетические прослойки испытывают пробивающие на-

грузки. Для испытаний применяется металлический конус массой 1 кг, угол заточки 45°, радиус вершины 0,5 мм, высота падения 0,5 м (рис. 5).

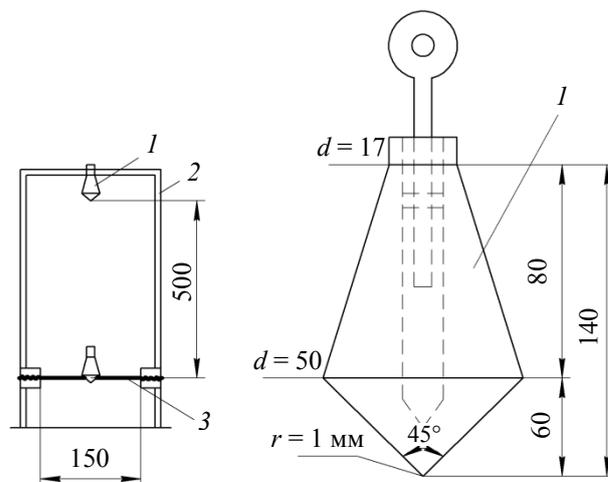


Рис. 5. Схема прибора для испытаний материала падающим конусом:

1 – конус; 2 – станина прибора; 3 – материал

Биологические испытания. В земле, где предполагаются синтетические материалы, имеются хорошие жизненные условия для различного рода микроорганизмов. Поэтому необходимо заранее знать влияние организмов на синтетические материалы. С этой целью проводят соответствующие эксперименты. Метод JSO DIS 846.2 (1977) объединяет две методики: ASTM G 21-70 (1975) (грибы) и ASTM G 22-67T (бактерии) [11].

Испытания, как правило, проводятся в лабораторных условиях. Материал помещается в среду с бактериями. Опыт длится 16 недель, к тому же каждые 4 недели приток бактерий возобновляется. Затем для 10 проб определяют разрывное усилие образца шириной 5 см и длиной 20 см. По данным измерений устанавливают степень влияния бактерий и микроорганизмов на синтетические материалы.

Влияние света и продолжительность нахождения на воздухе. Материал обычно хранится на открытом воздухе продолжительное время. При строительстве дорог период нахождения материала на открытом воздухе бывает от нескольких дней до нескольких недель (конец рабочей недели, праздники, плохая погода, строительный сезон и т. д.). При этом должно быть установлено определенное время хранения синтетических материалов. Немецкие нормы EN 12424 (DIN 18553, JSO V 1969, P.2) рекомендуют следующее: производится отбор образцов из материала (из семи рулонов отбирается три). Пробу помещают в кварцевый стеклянный цилиндр на 20 ч и выдерживают при температуре 67°C. В качестве критерия пригодности используется разрывное усилие.

Таблица 2

Результаты испытаний геосинтетических материалов

Материал и его марка	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм	Усилие на разрыв, Н		Испытание на растяжение конусом, Н	Диаметр отверстия при пенетрации, мм	Воздухопроницаемая способность, м ³ /м ²
			поперек волокон	вдоль волокон			
Бидим:							
И-34	271	1,60	763	1000	1094	12,2	1,47
И-44	344	2,20	1330	1476	1255	11,3	1,33
И-64	566	2,80	1517	1620	1822	7,7	0,75
Тревира:							
Т-150	155	1,00	413	507	446	21,5	1,32
Т-300	305	1,30	1167	893	1010	14,7	1,56
Тайпар:							
SF-40	136	0,45	720	719	648	29,6	2,80
SF-65	220	0,59	1149	1228	881	26,2	1,60
Дорнит Ф-2	668	2,50	3206	2767	1346	4,4	1,55
Фибертекс:							
S-170	179	0,87	498	503	477	32,6	1,41
S-300	288	0,96	880	1127	859	18,6	0,44
Пинема:							
ТС-360	360	4,10	335	340	735	21,2	1,70
ТС-500	500	5,50	500	505	830	19,1	0,78

В табл. 2 приведены результаты испытаний геосинтетических материалов различных производителей, которые учитываются при использовании их в дорожных конструкциях.

Химические испытания. При проведении химических испытаний невозможно охватить и установить влияние всех химических реагентов на свойства синтетических материалов. Необходимо только установить взаимодействие материала со средой. Особо опасным реагентом считается кислота. Кислотность грунтов земляного полотна колеблется в пределах от 3 до 11. Методика испытаний AFNOR T 51-029 (1974) рекомендует обработку материала производить при помощи 0,1%-й молочной кислоты (рН 2,4) и 0,1%-го карбоната натрия (рН 11,6) в течение 15 дней при температуре 50°C. SNV (198890). В качестве критерия пригодности синтетического материала для дорожного строительства используется обычно усилии на разрыв и величина деформации [11].

Ползучесть. Под ползучестью материала следует понимать его относительное удлинение при постоянной нагрузке в течение времени. Этот показатель весьма важен для материалов, которые применяются для армирования дорожных конструкций. При испытаниях берут две пробы материала и загружают его как по длине, так и по ширине. Сила загрузки составляет 30 и 60% от разрывающего усилия.

Продолжительность опыта 60 дней. Величина относительного удлинения определяется через 1 ч, 1 день и 60 дней.

Водные испытания. При устройстве гидроизолирующих прослоек весьма важным показателем является коэффициент фильтрации, который определяется как вдоль волокон материала, так и поперек. При применении синтетических материалов в качестве фильтров необходимо знать их защитные свойства, т. е. влияние материала на вынос частиц.

Водопроницаемость материала определяется традиционными методами. Между двумя разъемными цилиндрами (рис. 6) помещается синтетический материал размером 100×100 мм. При помощи поршневых шайб создается постоянное давление на материал. Величина груза, давящего на материал, равна 10 кг. Водопроницаемая способность определяется в литрах на метр квадратный за секунду.

Трение между материалом и грунтом. Для определения величины трения между материалом и грунтом применяется специальный прибор. В данном приборе используются образцы синтетического материала площадью 0,10 м². Величина силы прижатия равна 50–500 кН/м² [12–14].

Определение размеров пор. Величину размеров пор материалов определяют при помощи вибрирования на ткани песка или одномерного стеклянного бисера (рис. 7).

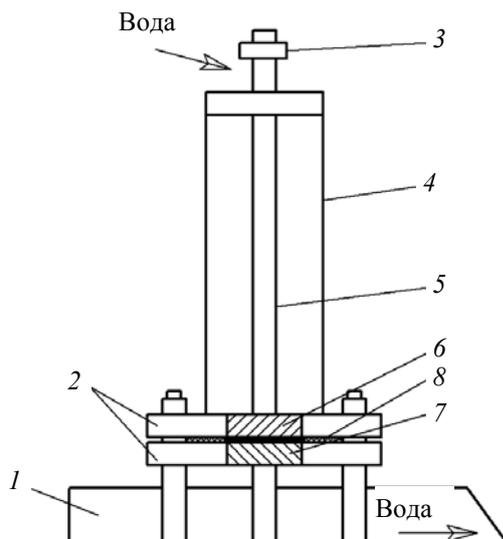


Рис. 6. Схема определения водопроницаемости материала:
1 – емкость; 2 – верхняя и нижняя шайбы;
3 – груз; 4 – цилиндр; 5 – стержень;
6 – верхний фильтр; 7 – нижний фильтр;
8 – материал

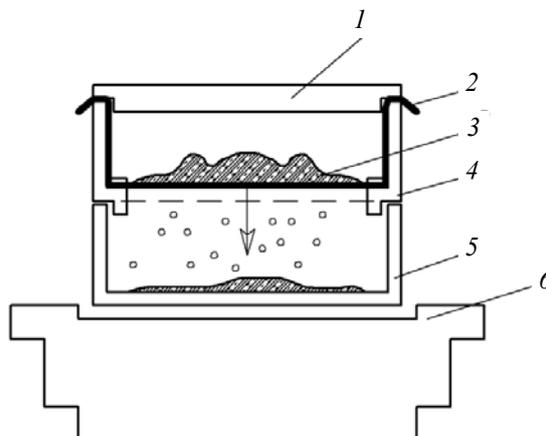


Рис. 7. Схема прибора для определения размеров пор:
1 – крышка; 2 – бисер;
3 – материал; 4 – сито;
5 – поддон; 6 – вибростол

Заключение. Приведенные выше методы не исчерпывают всевозможные методы и способы испытаний геосинтетических материалов с целью получения достоверных характеристик. Они в большей части применяются фирмами-изготовителями. Однако, практика показывает, что действительное поведение геосинтетических материалов в реальных условиях требует разработок новых методов испытаний с учетом областей их применения [15].

Как отмечают многие практики, потребление геосинтетики могло бы быть в несколько раз больше, если бы были разработаны нормативы на определение ее свойств, классификацию и терминологию.

Также произошла дифференциация области применения геосинтетических сплошных рулонных материалов, геосеток, георешеток и

других типов на их основе. Расширилась номенклатура материалов, созданы совершенно новые композиции, позволяющие целенаправленно изменять конструктивные элементы дорожных сооружений, обеспечивая при этом не только их требуемую надежность, но и упрощая технологию строительства.

Применение геосинтетики при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и эксплуатации автомобильных дорог, а также других транспортных коммуникаций позволяет компенсировать недостатки свойств грунтов и дорожно-строительных материалов, повысить их физико-механические свойства, а в некоторых случаях – превратить в совершенно новые типы материалов. При этом следует отметить возможность внедрения геосинтетики в виде специальных волокон при приготовлении строительных смесей [9].

Литература

1. Использование геотекстильных материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог и мостов. М.: Инфоравтодор, 1999. 72 с.
2. Матвеев С. А. Геосинтетика в дорожных конструкциях // Автомоб. дороги. 2004. № 8. С. 42–44.
3. Матвеев С. А. Геосинтетические материалы в строительстве // Югра: дороги в будущее. 2005. № 2. С. 24–25.
4. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции по применению синтетических текстильных материалов при строительстве земляного полотна автомобильных дорог: сб. науч. тр. М.: Союздорнии, 1980. 140 с.
5. Матросов А. П., Матросов И. А., Матросов А. А. Синтетические материалы, используемые при строительстве и ремонте автомобильных дорог // Автомоб. дороги. М., 1994. Вып. 2. 57 с.
6. Синтетические текстильные материалы в конструкциях автомобильных дорог: сб. науч. тр. М.: Союздорнии. 1983. 138 с.

7. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве / под ред. В. Д. Казарновского. М.: Транспорт, 1984. 160 с.
8. Geosynthetics: Applications, Design and Construction. EuroGeo 1 De Groot, Den Hoedt & Termaat (eds). 1996. Balkema, Rotterdam. 1066 p.
9. Матвеев С. А., Немировский Ю. В. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчет. Новосибирск: Наука, 2006. 348 с.
10. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. М.: Союздорнии, 2003. 122 с.
11. Геосинтетические материалы. Термины и определения: ISO 10318:2005. М.: Стандартиформ, 2008.
12. Лышик П. А., Макаревич С. С., Красковский С. В. Сопротивление сдвигу грунта, армированного объемными георешетками // Вестник БНТУ. 2007. № 4. С. 5–8.
13. Лышик П. А., Макаревич С. С., Красковский С. В. Исследование напряженного состояния в грунтовой дороге под воздействием колес лесовозного автопоезда // Труды БГТУ. Сер. II: Лесная и деревообраб. пром-сть. 2006. Вып. XIV. С. 56–58.
14. Немировский Ю. В., Матвеев С. А. Построение расчетной модели грунта, армированного объемной георешеткой // Изв. вузов. Строительство. 2002. № 9. С. 95–101.
15. Применение геосинтетических и геопластиковых материалов при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог // Труды Союздорнии. 2001. Вып. 201. 162 с.

References

1. *Ispol'zovanie geotekstil'nykh materialov pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nykh dorog i mostov* [Use of geotextile materials at building and repair of highways and bridges]. Moscow, Informavtodor Publ., 1999. 72 p.
2. Matveev S. A. Geosynthetic in road design. *Avtomobil'nye dorogi* [Auto roads], 2004, no. 8, pp. 42–44 (In Russian).
3. Matveev, S. A. Geosynthetic materials in building. *YUgra: dorogi v budushchee* [Ygra: roads to the future], 2005, no. 2, pp. 24–25 (In Russian).
4. *Materialy Vsesoyuznoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii po primeneniyu sinteticheskikh tekstil'nykh materialov pri stroitel'stve zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog* [Materials All-Union scientific and technical conferences on application of synthetic textile materials at building of an earthen cloth of highways]. Moscow, 1980. 140 p.
5. Matrosov A. P., Matrosov I. A., Matrosov A. A. The synthetic materials used at building and repair of highways. *Avtomobil'nye dorogi* [Auto roads]. Moscow, 1994, issue 2, 57 p. (In Russian).
6. *Sinteticheskie tekstil'nye materialy v konstruktsiyakh avtomobil'nykh dorog* [Synthetic textile materials in design of highways]. Moscow, Soyuzdornii Publ., 1983. 138 p.
7. *Sinteticheskie tekstil'nye materialy v transportnom stroitel'stve* [Synthetic textile materials in transport building]. Ed. by V. D. Kazarnovskiy. Moscow, Transport Publ., 1984. 160 p.
8. Geosynthetics: Applications, Design and Construction. EuroGeo 1 De Groot, Den Hoedt & Termaat (eds). 1996. Balkema, Rotterdam. 1066 p.
9. Matveev S. A. *Armirovannye dorozhnye konstruksii: modelirovanie i raschet* [The reinforced road design: modeling and calculation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2006. 348 p.
10. *Rekomendatsii po primeneniyu geosinteticheskikh materialov pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nykh dorog* [Recommendation about application of geosynthetic materials at building and repair of highways]. Moscow, Soyuzdornii Publ., 2003. 122 p.
11. ISO 10318:2005. Geosynthetic materials. Terms and definitions. Moscow, Standartinform Publ., 2008.
12. Lyshchik P. A., Makarevich S. S., Kraskovskiy S. V. Resistance to shift of the ground reinforced by volume geolattices. *Vestnik BNTU* [Proceedings of BNTU], 2007, no. 4, pp. 5–8 (In Russian).
13. Lyshchik P. A., Makarevich S. S., Kraskovskiy S. V. Research of an intence condition in soil road under the influence of wheels forestry lorry convoys. *Trudy BGTU* [Proseeding of BSTU], series II, Forest and Woodworking Industry, 2006, issue XIV, pp. 56–58 (In Russian).
14. Nemirovskiy Yu. V., Matveev S. A. Construction of settlement model of the soil reinforced by a volume geolattice. *Izvestiya vuzov* [Proceedings of high schools], 2002, no. 9, pp. 95–101 (In Russian).
15. Application of geosynthetic and geoplastic materials at building, reconstruction and repair of highways. *Trudy Soyuzdornii* [Works of Soyzdornii], 2001, issue. 201, 162 p. (In Russian).

Информация об авторах

Лыщик Петр Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: tl@belstu.by

Науменко Андрей Иванович – кандидат технических наук, ассистент кафедры инженерной графики. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ig@belstu.by

Information about the authors

Lyshchik Petr Alekseevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tl@belstu.by

Naumenko Andrey Ivanovich – PhD (Engineering), assistant lecturer, the Department of Engineering Drawing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ig@belstu.by

Поступила 05.03.2018