

УДК 630*383+630*37

М. Т. Насковец, М. Н. Дини

Белорусский государственный технологический университет

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПРОСЛОЙКИ
ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЛЕСНЫХ ДОРОГ. КОНСТРУКЦИИ
И РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

В статье дается оценка работы автомобильных дорог при воздействии колесной нагрузки транспортных средств. В частности, отмечается, что силы, возникающие при вертикальном воздействии колес автотранспорта, приводящие к сжатию каждого из слоев дорожной конструкции, также способствуют интенсивному горизонтальному движению материалов последних. Повысить работоспособность слоистых дорожных систем можно посредством использования для этих целей геосинтетических прослоек.

На основании анализа наиболее распространенных в практике дорожного строительства конструкций и технологий устройства дорожных одежд и земляного полотна сделан вывод, что главным образом для этого служат горизонтальные разделяющие и армирующие прослойки. Минимизировать боковой выпор грунтов способны прослойки, которые вводятся в конструктивные слои и устанавливаются вертикально. Отмечается, что наибольший стабилизационный эффект можно достичь за счет применения комбинированных прослоек из сочетания вертикально и горизонтально устанавливаемых соединенных друг с другом полос из геосинтетического материала. Проведенные лабораторные испытания подтвердили эффективность работы комбинированных геосинтетических прослоек.

Ключевые слова: дорожная конструкция, колесная нагрузка, комбинированные геосинтетические прослойки, лабораторные испытания.

M. T. Naskovets, M. N. Dini

Belarusian State Technological University

**COMBINED GEOSYNTHETIC LAYERS
FOR FOREST ROAD STRUCTURE. CONSTRUCTS
AND RESULTS OF LABORATORY TESTS**

The article assesses the operation of roads under the influence of the wheel load of vehicles. In particular it noted that the forces arising from impact of wheels of vehicles vertically, leading to compression of each layer road structure, also contribute to the intense horizontal movement of the latter materials. Increase the efficiency of road systems can be layered by using for this purpose geosynthetic layers.

Based on the analysis of the most common practices in road construction designs and technology devices pavements and subgrade concluded that mainly serve this horizontal dividing and reinforcing layer. Minimize side riser capacity of soil layers, which are introduced in the structural layers and installed vertically. It is noted that the greatest stabilization effect can be achieved through the use of combined layers of a combination of vertical and horizontal mounted interconnected strips of geosynthetic material. The laboratory tests confirmed effectiveness work combined geosynthetic layers.

Key words: road construction, wheel load, combined geosynthetic layer, laboratory tests.

Введение. Практика эксплуатации лесных дорог под воздействием динамических нагрузок тяжеловесного подвижного состава показывает, что в дорожной конструкции происходит хаотическое смещение друг относительно друга частиц материалов, слагающих ее слои. Это приводит к образованию различного рода разрушений автомобильных дорог.

Конструктивные элементы дорог по-разному воспринимают и перераспределяют возникающие в них напряжения, в результате чего происходит снижение их эксплуатационных качеств. Таким образом, возникает достаточно

актуальная проблема усиления конструкций земляного полотна и слоев дорожных одежд при перемещении по ним колесного транспорта [1]. Одним из эффективных способов для решения задачи стабилизации работы конструктивных слоев под нагрузкой является использование различного вида упрочняющих прослоек из геосинтетических материалов.

Основная часть. Под воздействием колес автомобилей и других транспортных средств, а также погодных-климатических факторов происходит износ верхнего слоя покрытия, иногда появляются деформации в виде выбоин, волн,

просадок, сдвигов, наплывов. Одной из важнейших задач при проектировании лесовозных автомобильных дорог является обеспечение прочности дорожного покрытия [1–7].

Наиболее характерным разрушением грунтового основания при воздействии нагрузки [8], сосредоточенной на малых площадях (колесной нагрузки), является образование поверхностной скольжения и выдавливания грунта (рис. 1).

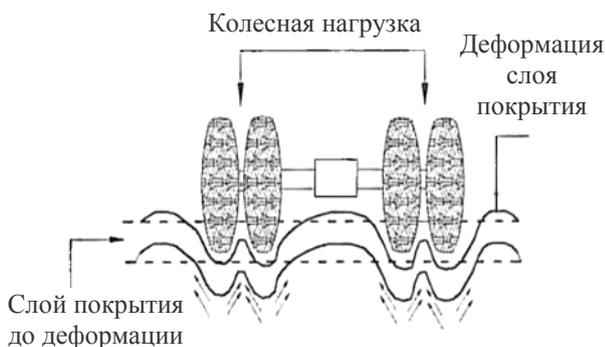


Рис. 1. Деформация дорожного покрытия под колесной нагрузкой

Для предотвращения перемешивания материалов конструктивных слоев, перераспределения давления от транспорта и дорожной одежды на большую площадь слабо подстилающего грунта применяются геосинтетические прослойки (рис. 2), которые имеют высокую прочность и износостойчивость, не гнивают в грунте, в мокром состоянии не снижают прочность на разрыв, хорошо фильтруют воду.

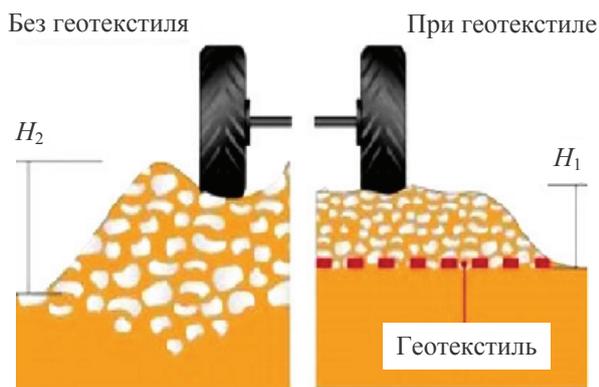


Рис. 2. Визуализация использования прослоек

Также геосинтетические материалы являются эффективным решением, позволяющим использовать все положительные свойства местных строительных материалов. Влияние геосинтетических прослоек на прочность объясняется тем, что при деформировании подстилающего грунта они растягиваются и воспринимают часть нагрузки, перераспределяя ее на значительно большую площадь грунта (рис. 2).

Всесторонний анализ современного состояния имеющихся теоретических разработок и опыта практического применения различного вида прослоек [9–13] показывает, что, как правило, их укладывают в дорожное полотно в виде горизонтальных полос посредством раскатывания из рулонов (рис. 3).

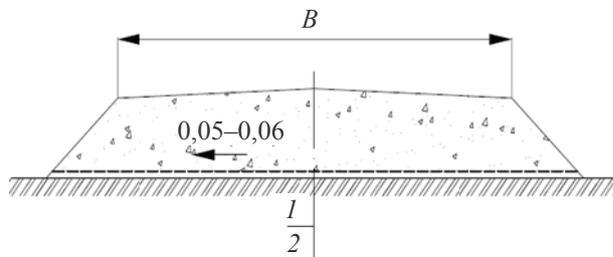


Рис. 3. Варианты устройства горизонтальной прослойки:
1 – дорожная одежда; 2 – прослойка из геосинтетического материала

Чтобы максимально снизить боковое смещение частиц материалов, слагающих слои дорожных конструкций, предлагается введение в их структуру вертикальных геосинтетических прослоек (рис. 4) [14].

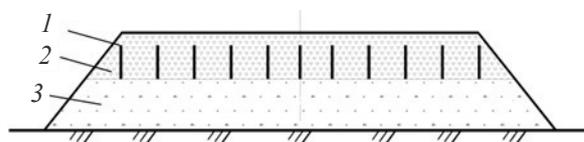


Рис. 4. Вариант покрытия с вертикальными прослойками:

1 – вертикальные прослойки;
2 – песчано-гравийная смесь; 3 – песок

С точки зрения комплексной стабилизации слоистых дорожных систем, на автомобильных дорогах наиболее рационально применение комбинированных прослоек, состоящих из горизонтальных рулонных геосинтетических материалов, на поверхности которых крепятся устанавливаемые вертикально полосы из этого же материала (рис. 5) [15].

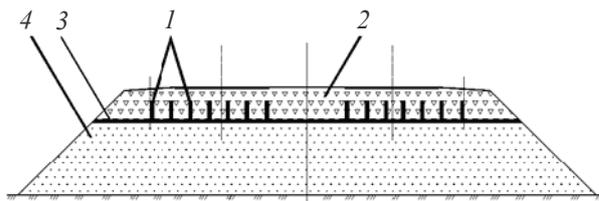


Рис. 5. Дорожная конструкция с комбинированной одеждой:

1 – вертикальные полосы; 2 – дорожная одежда;
3 – рулонный геосинтетический материал;
4 – земляное полотно

Разработанное техническое решение позволяет повысить несущую способность дорожного покрытия, улучшить эксплуатационные качества дорожной одежды. В данном случае дорожная конструкция включает размещение вертикальных полос геосинтетического материала с одновременным заполнением межполосного расстояния грунтом, каждый слой формируют посредством предварительной раскатки рулонного геосинтетического материала, имеющего на своей поверхности прикрепленные к нему и сложенные горизонтально вертикальные полосы, обладающие определенной жесткостью, которые в процессе раскатки рулонного материала устанавливаются перпендикулярно горизонтальной плоскости. После этого производится отсыпка грунта между полосами, причем вертикальные полосы в сложенном состоянии могут перекрывать друг друга или не доходить до места крепления смежных полос с материалом. Гибкость материала должна обеспечить вертикальную жесткость при отсыпке грунтом и одновременно горизонтальную гибкость при отсыпке грунтом в сложенном состоянии.

Для оценки влияния прослоек на прочность дорожных конструкций на грунтовом канале

кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины БГТУ были заложены опытные участки покрытий. В частности, для проведения экспериментов устраивалось покрытие без прослоек, с горизонтальной прослойкой и комбинированные с горизонтальными и вертикальными прослойками высотой и расстояниями между ними 5 и 10 см (рис. 6).

После подготовки и устройства опытных участков (рис. 7) для определения напряжений и установления зависимостей, характеризующих распределяющую способность конструктивных слоев устраиваемых участков, в них на разных глубинах в определенной последовательности закладывались предварительно оттарированные тензорезисторные преобразователи давления (месдозы).

В свою очередь месдозы подключались к усилителю Spider-8 и ноутбуку (рис. 8), в котором для настройки, регистрации и обработки данных, получаемых с измерительного прибора, имеется пакет программного обеспечения Catman.

После этого каждый из участков испытывали посредством колесной нагрузки экспериментального стенда. Результаты измерений приведены на рис. 9.

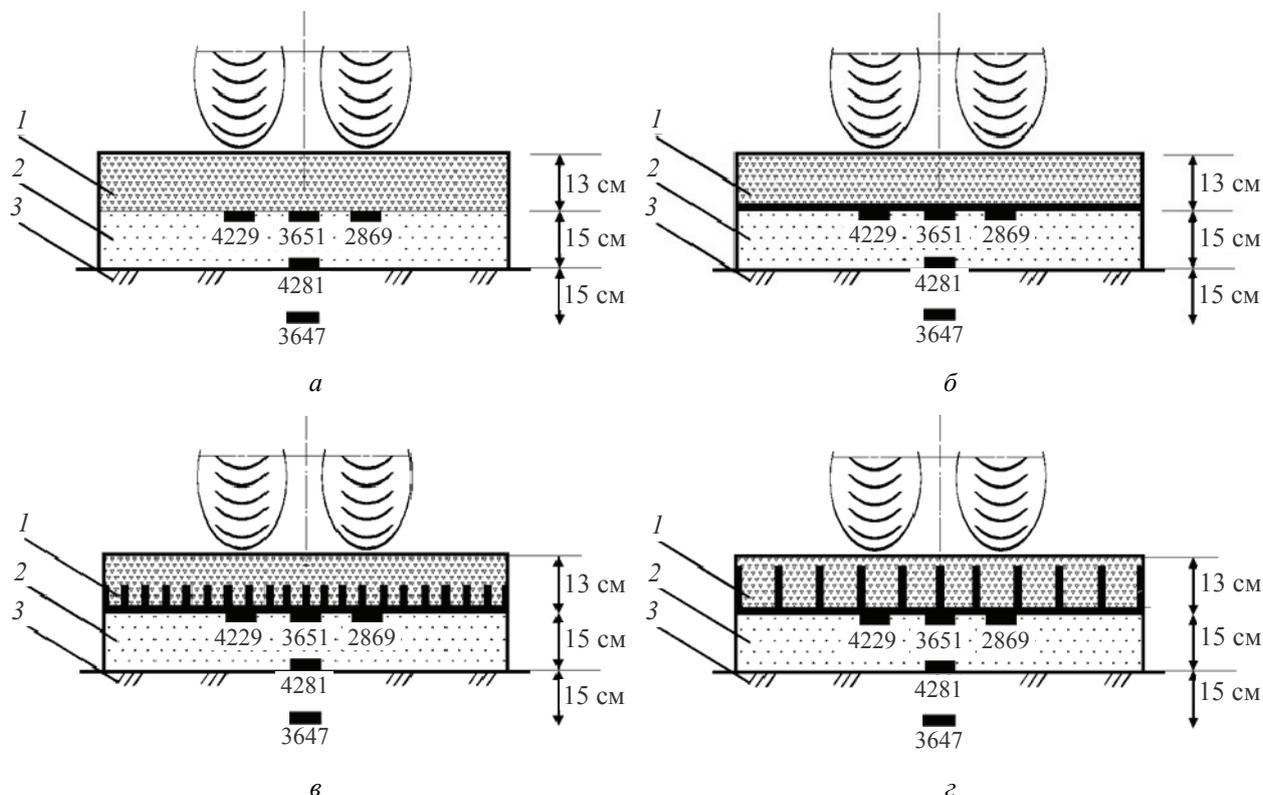


Рис. 6. Схемы испытываемых конструкций:

а – без прослоек; б – с горизонтальной прослойкой; в, г – с горизонтальными и вертикальными прослойками; 1 – песчано-гравийная смесь; 2 – песок; 3 – грунтовое основание



Рис. 7. Общий вид опытного участка

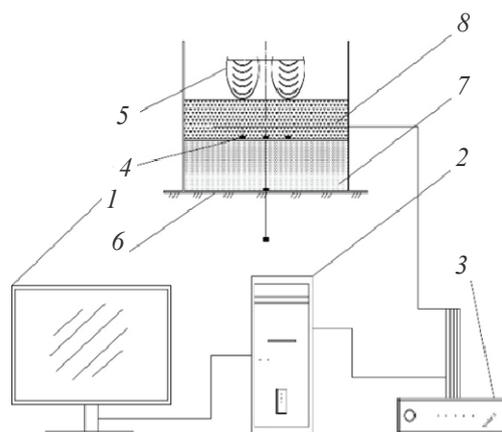


Рис. 8. Схема подключения оборудования:
 1 – монитор; 2 – системный блок; 3 – усилитель Spider 8; 4 – месдозы; 5 – спаренные колеса; 6 – грунтовое основание; 7 – песок; 8 – песчано-гравийная смесь

Участок № 1 без прослойки						Участок № 2 с прослойкой					
№ месдозы	3647	4281	3651	4229	2869	№ месдозы	3647	4281	3651	4229	2869
Глубина (см)	43	28	15	15	15	Глубина (см)	43	28	15	15	15
Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max
	0.0685	0.2883	0.0536	0.3588	0.5228		0.0702	0.33	0.06525	0.4797	0.4069
	0.05311	0.2748	0.0465	0.3484	0.4492		0.055	0.26	0.04762	0.4352	0.3675
	0.0712	0.2958	0.055	0.3721	0.5389		0.0705	0.32	0.06487	0.4519	0.378
	0.064	0.2753	0.0447	0.3471	0.4523		0.0578	0.22	0.0434	0.3806	0.3657
	0.0697	0.2944	0.053	0.3663	0.5425		0.0682	0.35	0.0657	0.4713	0.3937
	0.065	0.2814	0.0417	0.3497	0.4645		0.0613	0.2	0.0468	0.4501	0.323
	0.0695	0.2899	0.0522	0.3763	0.5418		0.0685	0.36	0.06435	0.4676	0.365
	0.0639	0.2803	0.0392	0.333	0.4449		0.0594	0.22	0.0471	0.4581	0.3326
Среднее (МПа)	0.065614	0.285025	0.048238	0.356463	0.494613	Среднее (МПа)	0.063863	0.2825	0.055636	0.449313	0.36655
Участок № 3 с прослойкой (5 на 5 см)						Участок № 4 с прослойкой (10 на 10 см)					
№ месдозы	3647	4281	3651	4229	2869	№ месдозы	3647	4281	3651	4229	2869
Глубина (см)	43	28	15	15	15	Глубина (см)	43	28	15	15	15
Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max
	0.05925	0.288	0.0587	0.3368	0.5399		0.06314	0.2657	0.0429	0.4657	0.5049
	0.0311	0.26	0.0301	0.3184	0.3457		0.0491	0.236	0.0295	0.401	0.335
	0.0585	0.296	0.0495	0.3665	0.5691		0.0682	0.2691	0.0414	0.4727	0.5165
	0.0469	0.247	0.0257	0.3148	0.4132		0.0493	0.2428	0.0246	0.4063	0.3911
	0.0593	0.197	0.03735	0.2745	0.4875		0.0656	0.2768	0.0429	0.4796	0.5042
	0.0449	0.225	0.0195	0.1902	0.3002		0.0426	0.2328	0.0301	0.381	0.3923
	0.0573	0.2753	0.0441	0.3891	0.5604		0.0702	0.2766	0.0416	0.4831	0.5009
	0.0468	0.2545	0.0219	0.3227	0.3992		0.0493	0.2341	0.0306	0.3822	0.3488
Среднее (МПа)	0.050506	0.25535	0.358563	0.314125	0.4519	Среднее (МПа)	0.05718	0.254238	0.03547	0.43395	0.436713

Рис. 9. Результаты испытания участков № 1–4

Заключение. Проведенные исследования показали, что использование комбинированных прослоек оказывает стабилизирующее влияние на распределение напряжений, возникающих по глубине при воздействии подвижной колесной нагрузки транспортных средств. При этом эффективность их применения зависит от многих факторов. Учитывая результаты деформационных испытаний и технико-экономическое

сравнение, для дальнейших производственных испытаний наиболее рационально принять при устройстве лесных автомобильных дорог конструкции комбинированной прослойки с высотой вертикальных полос 10 см с креплением их к горизонтально укладываемой прослойке на таком же расстоянии друг от друга.

Литература

1. Насковец М. Т. Транспортное освоение лесов Беларуси и компоненты лесотранспорта. Минск: БГТУ, 2010. 178 с.
2. Насковец М. Т., Дини М. Н. Подвижной состав и автомобильные дороги для вывозки древесины. Основы взаимодействия // Труды БГТУ. 2015. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 94–98.
3. Корсунский М. Б. Приближенный метод определения вертикальных смещений дорожной одежды и распределения давлений на подстилающий грунт в условиях пространственной задачи // Исследование прочности дорожных одежд: сб. науч. тр. / Госуд. всесоюз. дорож. НИИ «Союздорнии». М.: Автотрансиздат, 1959. С. 261–299.
4. ОДН 218.1.052–2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89). М.: Минтранс РФ, 2002. 54 с.
5. Насковец М. Т., Жарков Н. И., Дини М. Н. Учет воздействия колесной нагрузки при конструировании лесных автомобильных дорог // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международной научно-технической конференции, Могилев, 14–15 апреля 2016 г. С. 222–223.
6. Вырко Н. П. Сухопутный транспорт леса. Минск: Вышэйшая школа, 1987. 437 с.
7. Насковец М. Т., Драчиловский А. И., Дини М. Н. Разработка методики сравнительной оценки работоспособности дорожных конструкций под воздействием колесной нагрузки // Труды БГТУ. 2016. № 2: Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 83–86.
8. Keller G., Sherar J. Low-Volume Roads Engineering. Best Management Practices Field Guide. Washington: US Agency for International Development, 2003. P. 30–115.
9. Способ устройства многослойной дорожной конструкции: патент Респ. Беларусь, МПК E01 C3/00/ М. Т. Насковец, А. А. Камейша; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № а 20100210; заявл. 12.02.10; опубл. 30.10.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2011. № 5. С. 28.
10. Тюрин В. И. Вопросы применения геосинтетических материалов в дорожных конструкциях при проектировании автомобильных дорог // Дороги. Инновации в строительстве. 2011. № 7. С. 22–27.
11. Способ устройства одежд лесных дорог колеинового типа: патент Респ. Беларусь, МПК E01 C3/00/ М. Т. Насковец, И. И. Невестенко; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № а 20081308; заявл. 17.10.08; опубл. 30.06.10 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2010. № 3. С. 20.
12. Способ возведения дорожной одежды: патент Респ. Беларусь, МПК E02D 3/00 E02D5/00 // М. Т. Насковец, Г. С. Корин, Р. О. Короленя; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № а 20051249; заявл. 15.12.05; опубл. 30.08.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2007. № 4. С. 33.
13. Насковец М. Т., Драчиловский А. И., Дини М. Н. Взаимодействие насыпей лесных автомобильных дорог, содержащих упрочняющие прослойки с торфяными основаниями // Вестник СибАДИ. Вып. 6 (46). 2015. С. 71–75.
14. Способ возведения дорожного покрытия и устройство для его осуществления: патент СССР, SU 1791508 A1, E01C21/00 // Н. П. Вырко, М. Т. Насковец, Л. Г. Громько; заявитель Белорус. технол. ин-т им. С. М. Кирова. № 4932001/33; заявл. 30.04.91; опубл. 30.01.93 // Бюл. № 4 / Гос. комитет по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР. 1993. С. 103.
15. Способ устройства дорожной покрытия. Заявка на патент. Республика Беларусь / М. Т. Насковец, М. Н. Дини; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № 20160341; заявл. 16.09.16.

References

1. Naskovets M. T. *Transportnoye osvoenie lesov Belarusi i komponenty lesotransporta* [Transport Belarus development of forests and forest transport components]. Minsk, BGTU Publ., 2010. 178 p.
2. Naskovets M. T., Dini M. N. Rolling stock and roads for wood removals based on interaction. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 94–98 (In Russian).
3. Korsunskiy M. B. An approximate method for determining the vertical displacements of the pavement and the pressure distribution in the subsoil in condition dimensional tasks. *Issledovaniye prochnosti dorozhnykh odezhd: sb. nauch. tr.* [Research strength pavements: proceedings]. Moscow, Avtotransizdat Publ., 1959, pp. 261–299 (In Russian).
4. ODN 218.1.052-2002. Evaluation of the strength of non-rigid pavements (instead VSN 52-89). Moscow, Ministry of Transport of the Russian Federation Publ., 2002. 54 p. (In Russian).
5. Naskovets M. T., Zharkov N. I., Dini M. N. Accounting wheel impact load in the construction of forest roads. *Materialy, oborudovaniye i resursosberegayushchiye tekhnologii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Materials, equipment and resource saving technologies: proceedings of the International scientific and technical conference], Mogilev, 2016, pp. 222–223 (In Russian).

6. Vyrko N. P. *Sukhoputnyy transport lesa* [Over land transport timber]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1987. 437 p.
7. Naskovets M. T., Drachilovsky A. I., Dini M. N. Development of a technique of comparative performance working methods of comparative performance evaluation of road construction under the influence of wheel load. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 83–86 (In Russian).
8. Keller G., Sherar J. *Low-Volume Roads Engineering Best Management Practices Field Guide*. Washington, US Agency for International Development, 2003, pp. 30–115.
9. Naskovets M. T., Kameysha A. A. *Sposob ustroystva mnogosloynoy dorozhnoy konstruksii* [The method of the multilayer structure of the construction road]. Patent BY, IPC E01 C, 3/00/; no. a 20100210; 2011.
10. Tyurin V. I. Questions of application of geosynthetic materials in road constructions in the design of roads. *Dorogi. Innovatsii v stroitel'stve* [Road. Innovations in construction], 2011, no. 7, pp. 22–27 (In Russian).
11. Naskovets M. T., Nevestenko I. I. *Sposob ustroystva odezhd lesnykh dorog koleynogo tipa* [Method devices pavement forest road rut type]. Patent BY, IPC E01 C, 3/00/; no. a 20081308; 2010.
12. Naskovets M. T., Korin G. S., Korolenya P. O. *Sposob vozvedeniya dorozhnoy odezhdy* [A method of construction of pavement]. Patent. BY, IPC E02D 3/00, E02D5/00//; no. a 20051249; 2007.
13. Naskovets M. T., Drachilovsky A. I., Dini M. N. Theory of interaction mound forest automobile roads, containing reinforcing interlayer with peat grounds. *Vestnik SibADI* [News of SibADI], issue 6 (46), 2015, pp. 71–75 (In Russian).
14. Vyrko N. P., Naskovets M. T., Gromyko L. G. *Sposob vozvedeniya dorozhnogo pokrytiya i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Method of construction of the road surface and a device for its implementation]. Patent USSR, SU 1791508 A1, E01C21 / 00 //; no. 4932001/33; 1993.
15. Naskovets M. T., Dini M. N. *Sposob ustroystva dorozhnogo pokrytiya* [The method of road pavements], application for a patent BY, no. 20160341, 2016.

Информация об авторах

Насковец Михаил Трофимович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой лесных дорог и организации вывозки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: naskovets@belstu.by

Дини Мортеза Носрат – аспирант кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: morteza.dini65@gmail.com

Information about the authors

Naskovets Michael Trofimovich – PhD (Engineering), Assitstant Professor, Head of the Department of Forest Roads and Timber Transportation. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: naskovets@belstu.by

Dini Morteza Nosrat – PhD student of the Department Forest Roads and Timber Transportation. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: morteza.dini65@gmail.com

Поступила 15.11.2016