

DOI:

УДК 630*383.4; 625.863.4

ВЛИЯНИЕ АРМИРОВАНИЯ ЩЕБЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГЕОРЕШЕТКОЙ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ СДВИГОВЫХ НАГРУЗОК

В. В. Артемьев¹

кандидат технических наук, доцент **Г. А. Бессараб¹**

1 – ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

На многочисленных строительных объектах как дорожной (автомобильной и железнодорожной), так и промышленно-гражданской отрасли применяются геосинтетические материалы различных типов и характеристик. Цель данной работы – экспериментальное определение влияния армирования объемной георешеткой щебеночных слоев дорожного покрытия на сдвиговую устойчивость. Для исследования щебеночных слоев армированных георешеткой по критерию сдвигустойчивости, выполнены эксперименты в лаборатории кафедры «Промышленного транспорта» Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова. Материалом для исследования является три фракционных состава щебня: отсева 0-5 мм; фр. 5-20 мм; фр. 20-40 мм. Армирование производится георешеткой ГЕО ОР 20/5 с размером ячейки 16x16 см и высотой ребра 5 см. В результате сравнительных испытаний щебеночных материалов разных фракций на сдвиг в горизонтальной плоскости с использованием георешетки и без нее, были получены значимые экспериментальные данные. Экспериментально получено, что угол внутреннего трения в армированных конструкциях возрос в слоях щебня фр. 5-20 мм и в фр.20-40 мм, в слоях щебеночного отсева фр.0-5 мм имеет место снижение угла внутреннего трения. Удельное сцепление имеет обратный эффект по отношению к углу внутреннего трения, при армировании щебня фр. 0-5 мм увеличение удельного сцепления, а в щебне фр. 5-20 мм и фр. 20-40 мм – уменьшение. В виду значительного влияния угла внутреннего трения крупных фракций щебня на сопротивление сдвиговым нагрузкам, необходимо считать оптимальным фракционным составом щебеночного материала для армирования георешеткой щебень фракции более 5 мм.

Ключевые слова: лесная автомобильная дорога, дорожная одежда, щебень, сдвиговые напряжения, объемная георешетка, угол внутреннего трения.

INFLUENCE OF GEOGRID REINFORCING OF CRUSHED-STONE MATERIALS ON THE EFFECT OF SHIFT LOADINGS

V. V. Artemyev¹

PhD in Engineering, Associate Professor **G. A. Bessarab¹**

1 – Federal State Budget Education Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University under name of S.M.Kirov», Saint-Petersburg, Russian Federation

Abstract

On numerous construction objects both of road (automobile and railway), and industrial civil industry, geosynthetic materials of various types and characteristics are applied. The purpose of this work is experimental definition of influence of reinforcing of crushed-stone layers of road carpet by volume geogrid on shift stability. For the research of the crushed-stone layers reinforced by geogrid by criterion of shift stability, experiments in the laboratory of department of "Industrial transport" of Saint-Petersburg State Forest Technical University under name of S.M.Kirov are executed. Materials for the research are three fractional compositions of crushed stone: screenings of 0-5 mm; fr. 5-20 mm; fr. 20-40 mm. Reinforcing is made by GEO OR geogrid 20/5 with a size of cell of 16x16 cm and edge high of 5 cm. As a result of comparative tests of crushed-stone materials of different fractions for shift in the horizontal plane with the use of geogrid and without it, significant experimental data have been obtained. It is experimentally received that the angle of internal friction in the reinforced designs has increased in crushed stone layers fr. 5-20 mm and in fr.20-40 mm, in layers of crushed-stone screening fr.0-5 mm, ta decrease in the angle of internal friction takes place. Specific coupling has boomerang effect in relation to the angle of internal friction; when reinforcing crushed stone, fr.

0-5 mm, increase in specific coupling, and in crushed stone, fr. 5-20 mm and fr. 20-40 mm – reduction. Because of considerable influence of the angle of internal friction of large fractions of crushed stone on resistance to shift loadings, it is necessary to consider crushed stone with fraction of more than 5 mm to be optimal fractional composition of crushed-stone material for reinforcing by a geogrid.

Keywords: forest road, road dressing, crushed stone, shear stresses, volume geogrid, angle of internal friction

Введение

На многочисленных строительных объектах как дорожной (автомобильной и железнодорожной), так и промышленно-гражданской отрасли применяются геосинтетические материалы различных типов и характеристик. Дорожная отрасль стала одной из первых, где использование геосинтетических материалов достигло больших объемов, но при этом влияние данных материалов на деформационно-физические свойства дорожных конструкций изучается до сих пор.

Применение основной группы геосинтетических материалов – геотекстильных, в России началось еще в 70-е годы [6, 12]. За это время выполнены экспериментальные и теоретические исследования взаимодействия геосинтетических материалов с грунтом, песком, гравием и щебнем в дорожных конструкциях, на основе которых имеется нормативно-правовая база для проектных организаций.

Внедрение группы геосинтетических материалов – геопластмасс (геосетки, георешетки, геоматы, геомембраны и др.) в Российском дорожном строительстве началось ориентировочно с 2000-х годов. За прошедший период применение объемных геосинтетических материалов позиционировалось на укрепление откосов, склонах, водоканалов и др., где материал имеет функцию сдерживания наполнителя от сползания под естественной нагрузкой. При этом меньшее внимание было уделено повышению прочностных характеристик дорожной конструкции с внедрением в неё объемных геосинтетических материалов, в частности георешетки [1].

Повышение основного прочностного показателя дорожных конструкций армированных георешеткой – модуля упругости, наблюдалось как отечественными учеными [2, 3, 4, 5], так и зарубежными [8, 9, 10, 11]. Меньшее внимание уделяется немаловажному показателю прочности дорожной одежды – сдвиговой устойчивости.

Цель данной работы – экспериментальное

определение влияния армирования объемной георешеткой щебеночных слоев дорожного покрытия на сдвиговую устойчивость.

Несущая способность дорожной конструкции зависит от нагрузок автотранспорта, вызывающих осадки и сопротивление сдвигу в слоях, в составе показателей τ , φ и c . Повышение величины угла внутреннего трения (φ , град.) определяет рост сопротивления сдвигу в слоях дорожных конструкций. Величина этого сопротивления зависит в основном от различий в форме дорожных материалов, размера частиц, степени сложности структурной формы и шероховатости поверхности, а также от плотности скелета самого щебня.

Материалы и метод исследования

Для исследования щебеночных слоев армированных георешеткой по критерию сдвиговой устойчивости, выполнены эксперименты в лаборатории кафедры «Промышленного транспорта» Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова. Для испытания щебеночных слоев георешеткой и без нее создана установка для определения горизонтального одноосного сдвига дорожно-строительных материалов. Установка представляет собой разделенные на две части ящик с внутренними размерами каждой части 300x300x100 мм. Верхняя часть закрепляется к неподвижной опоре, а нижняя часть ящика имеет свободное перемещение в одной плоскости, с помощью шарниров. При проведении эксперимента щебня с георешеткой, георешетка располагается в растянутом состоянии в верхнем ящике, жестко закрепленная к его стенкам. Испытания проходят с вертикальным нагружением посредством рычажного пресса, горизонтальный сдвиг обеспечивается с помощью лебедки с установленным измерительным электронным тензодатчиком, для измерения тяговой нагрузки с фиксацией показаний на персональном компьютере.

Исследования выполнены стремя фракцион-

ными составами щебня: отсев 0-5 мм; фр. 5-20 мм; фр. 20-40 мм по ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия». Армирование производится георешеткой ГЕО ОР 20/5 с размером ячейки 16x16 см и высотой ребра 5 см.

Уплотнение щебеночной смеси до оптимальной плотности производится в ящике навибростолес пригрузом штампа массой 5 кг. Затем, ящик с уплотнённым материалом устанавливается на предназначенный для исследования горизонтально-сдвига стол. Верхняя часть ящика закрепляется к опоре. При испытании нагрузка на исследуемый материал создается рычажным прессом через квадратный штамп размерами 30x30 см. Вертикальная нагрузка (P , кПа) составляла 61 кг, 222 кг и 328 кг, соответствующая 6,65 кПа, 24,19 кПа и 35,74 кПа. Фиксация показаний значений тяговой нагрузки (F , кПа) осуществляли с интервалом 0,12 с.

Окончание испытания на сдвиг материала фиксировалось при горизонтальном смещении нижнего ящика на 5 мм. Схема приложения горизонтальных и вертикальных нагрузок на установку приведена на рис. 1.

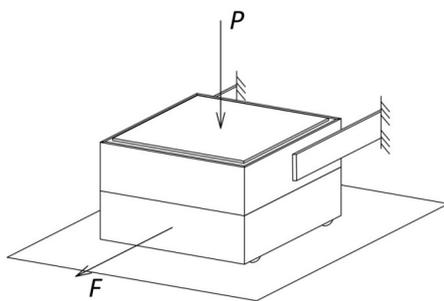


Рис 1. Схема воздействия нагрузок на установку

Для обеспечения точности показаний, выполнено по три опыта на каждую вертикальную

нагрузку у каждой исследуемой конструкции, в общей сумме 54 опыта.

Результаты исследований

Полученные результаты в процессе эксперимента сведены в табл.1.

Ниже представлены графическое отображение зависимостей сдвиговых напряжений от размера щебеночных фракций и влияние на них армирования слоев объемной георешеткой.

На графиках (рис. 2-4) приведены зависимости сдвиговых нагрузок (F , кПа) от вертикальных нагрузок (P , кПа) в щебеночных фракциях и влияние армирования слоев, а так же построены линии тренда линейной функции с отображением достоверности аппроксимации (R^2). Достоверность аппроксимации характеризует надежность линии тренда аппроксимирующий исследуемый процесс. Согласно результатам обработки $R^2 > 0,97$, что обеспечивает надежную достоверность эксперимента уравнениями, описывающих полученные данные.

В процессе испытания, приложенные к образцу вертикальные и горизонтальные силы, возбуждают в массиве нормальные и касательные напряжения. Полученные зависимости подчиняются универсальному закону сдвига Кулона-Мора [7].

Предельное сопротивление материала сдвигу есть функция первой степени нормального напряжения. Соотношение между предельными касательными (τ , кПа) и нормальными к площадкам сдвига (σ , кПа) напряжениями выражается условием прочности Кулона-Мора:

$$\tau = \sigma \cdot \tan \varphi + c \quad (1)$$

где τ – сопротивление сдвигу (касательное напряжение в момент разрушения);

σ – нормальное напряжение (давление);

φ – угол внутреннего трения материала;

Таблица 1

Фракционный состав щебня		Вертикальная нагрузка P , кПа		
		6,65	24,19	35,74
		Тяговая нагрузка F , кПа		
отсев фр. 0-5 мм	без геореш.	13,08	38,9	48,82
	армир. геореш.	14,06	34,76	47,18
фр. 5-20 мм	без геореш.	16,78	36,18	59,38
	армир. геореш.	15,36	48,27	66,47
фр. 20-40 мм	без геореш.	19,5	40,1	48,71
	армир. геореш.	21,57	44,89	63,53

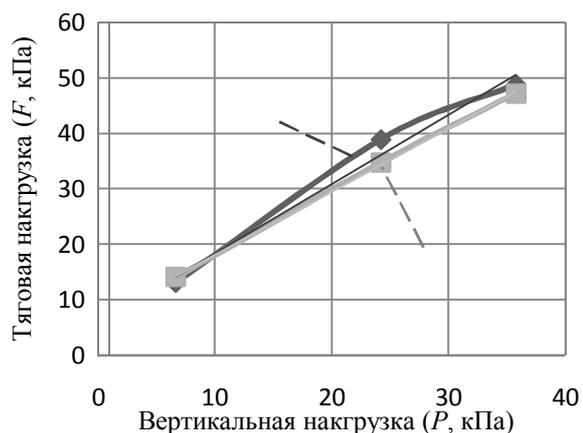


Рис. 2. График на сдвиг с георешеткой и без нее в щебеночном отсеке фр. 0-5 мм: 1 – отсев фр. 0-5мм (линия тренда $y=1,2485x + 5,923$, $R^2 = 0,9824$); 2 – отсев фр. 0-5мм армированный георешеткой (линия тренда $y=1,1419x + 6,6567$, $R^2 = 0,9994$)

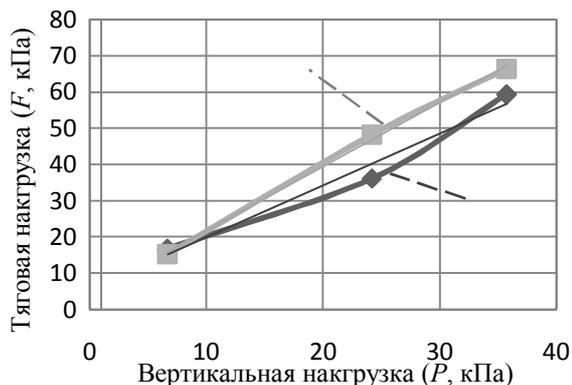


Рис. 3. График на сдвиг с георешеткой и без нее в щебне фр. 5-20 мм: 1 – щебень фр. 5-20 мм (линия тренда $y=1,4352x + 5,5954$, $R^2 = 0,9714$); 2 – щебень фр. 5-20 мм армированный георешеткой (линия тренда $y=1,7667x + 4,1577$, $R^2 = 0,9979$)

c – удельное сцепление материала.

Согласно экспериментальным данным и найденным линиям тренда вычислены характеристики прочности материалов ϕ и c , полученные данные сведены в табл. 2.

По данным табл. 2 составлены сравнительные диаграммы рис. 5 и рис. 6.

При анализе диаграммы рис. 5, видно снижение удельного внутреннего сцепления (c , кПа) фракционных зерен более 5 мм щебеночных материалов на границе укладки георешетки, и увеличении его в близкой к крупнозернистому песку фрак-

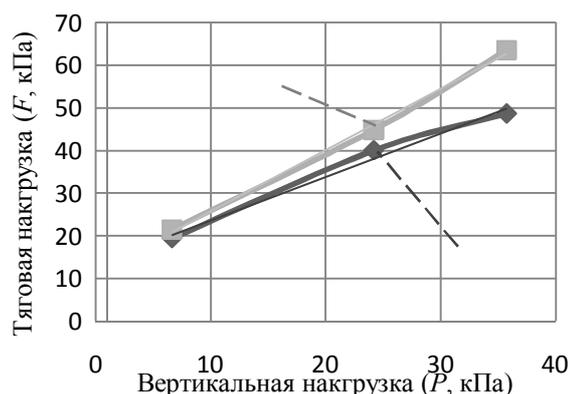


Рис. 4. График на сдвиг с георешеткой и без нее в щебне фр. 20-40 мм: 1 – щебень фр. 20-40 мм (линия тренда $y=1,018x + 13,51$, $R^2 = 0,987$); 2 – щебень фр. 20-40 мм армированный георешеткой (линия тренда $y=1,4332x + 11,522$, $R^2 = 0,9971$)

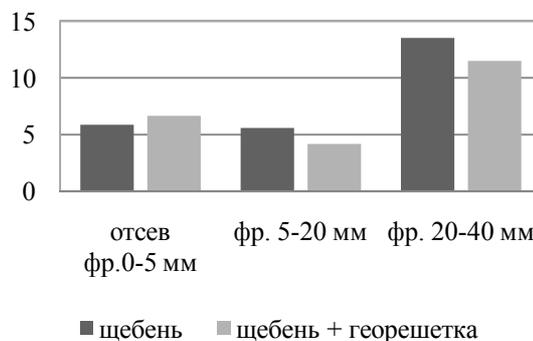


Рис. 5. Сравнительная диаграмма удельного сцепления (c , кПа) фракционного щебня прочных горных пород

ции щебеночного отсева. Данный факт можно объяснить меньшей плотностью массива зерен материала у границ ребра георешетки и как следствие уменьшение сцепления гранями зерен постели материала. В мелкозернистой фракции данное явление обусловлено более плотным примыканием зерен в связи с меньшими их размерами.

Характер изменения параметра c (кПа), испытываемых фракций, имеет вид обратных парабол, описываемых уравнениями регрессии щебня $y=4,1058x^2-12,614x+14,401$ и армированного щебня $y=4,9317x^2-17,294x+19,019$.

Анализ данных табл. 2 и графиков рис. 5 и рис. 6 показывают, что при уменьшении удельного сцепления с увеличением фракции щебня армированного объемной георешеткой, угол внутреннего

Фракционный состав щебня		Угол внутреннего трения (φ, град.)	Удельное сцепление (с, кПа)
отсев фр. 0-5 мм	без геореш.	51,31	5,8923
	армир. геореш.	48,79	6,6567
фр. 5-20 мм	без геореш.	55,13	5,5954
	армир. геореш.	60,49	4,1577
фр. 20-40 мм	без геореш.	45,51	13,51
	армир. геореш.	55,51	11,522

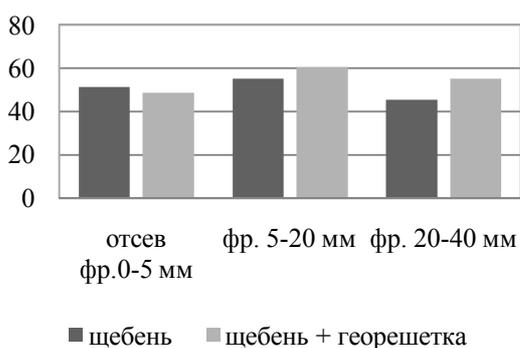


Рис. 6. Сравнительная диаграмма угла внутреннего трения (φ, град.) фракционного щебня прочных горных пород

трения материала увеличивается по отношению к не армированной конструкции. Тангенс угла внутреннего трения напрямую увеличивает сопротивление сдвигу при увеличении вертикальной нагрузки на конструкцию и более сильно влияет на целостность структуры дорожной конструкции.

Характер изменения параметра φ (град.), испытываемых фракций, имеет вид прямых парабол, описываемых уравнениями регрессии щебня $y = -6,72x^2 - 23,98x + 34,05$ и армированного щебня $y = -$

$$8,545x^2 - 37,335x + 20.$$

Выводы

В результате сравнительных испытаний щебеночных материалов разных фракций на сдвиг в горизонтальной плоскости с использованием георешетки и без нее, были получены значимые экспериментальные данные:

1. Угол внутреннего трения в армированных конструкциях возрос в слоях щебня фр. 5-20 мм на 9,7 %; в фр.20-40 мм на 22 %, в слоях щебеночного отсева фр.0-5 мм имеет место снижение угла внутреннего трения на 4,9 %;

2. Удельное сцепление имеет обратный эффект по отношению к углу внутреннего трения, при армировании щебня фр. 0-5 мм увеличение удельного сцепления на 13 %, щебня фр. 5-20 мм и фр. 20-40 мм – уменьшение на 25,7 % и 14,7 % соответственно;

3. В виду значительного влияния угла внутреннего трения крупных фракций щебня на сопротивление сдвиговым нагрузкам, необходимо считать оптимальным фракционным составом щебеночного материала для армирования георешеткой щебень фракции более 5 мм.

Библиографический список

1. Артемьев, В.В. Расчет дорожных конструкций, армированных объемными георешетками [Текст] / В.В. Артемьев, Г.А. Бессараб, А.А. Борозна // Труды БГТУ. – Минск, 2012. – Вып. 2 (149). – С.115-118.
2. Бурмистрова, О.Н. К вопросу усиления конструкции земляного полотна лесных автомобильных дорог [Текст] / О.Н.Бурмистрова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – Воронеж, 2015. – Вып. 2-1 (13-1). – С.187-190
3. Лыщик, П.А. Усиление лесных дорог объемными георешетками [Электронный ресурс] / П.А. Лыщик, С. В. Красковский. – Режим доступа: <http://kometa.by/Geotest.htm>
4. Мерзликин, А.Е. Эффективность армирования щебня с помощью геоячеек [Текст] / А.Е. Мерзликин // Тр. «СоюздорНИИ». – М., 2010. – Вып.212. – С. 57-67.
5. Мошенжал, А.В. Рекомендации по учету решеток «ГЕО Газон» в расчетах нежестких аэродромных покрытий [Текст] / А.В.Мошенжал. – СПб.: МИАКОМ, 2014. – 40 с.
6. Салминен, Э.О. О расчете нежестких дорожных одежд с учетом упругих и пластических деформаций

[Текст] / Э.О. Салминен // Лесной журнал. – Архангельск, 1977. – Вып.1. – С. 154-157.

7. Цытович, Н.А. Механика грунтов: Краткий курс [Текст]: учеб. для вузов / Н.А. Цытович. – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.

8. Das, B.M. Use of Geogrid in Subgrade-Ballast System of Railroads Subjected to Cyclic Loading for Reducing Maintenance [Text] / B.M. Das. // California State University, Sacramento, USA, 2010.

9. Kief, O. High-Modulus Geocells for Sustainable Highway Infrastructure [Text] / O. Kief, Y. Schary, S.K. Pokharel. // Indian Geotechnical Journal: Special Issue on Transportation Geotechnics. Indian, 2014.

10. Meyer, N. Determination of the bearing capacity of geocell reinforced soil over soft subgrade with static and dynamic plate load tests [Text] / N. Meyer // Institute of Geotechnical Engineering and Mine Surveying, TU Clausthal, June, 2007.

11. Parsons, R. Performance of Geogrid Reinforced Ballast under Dynamic Loading. [Text] / R. Parsons, M. Jowkar, J. Han // University of Nebraska-Lincoln, Nebraska, USA, 2012.

12. Saarihahti, M. Suodatinkangassuotiella. [Text] / M. Saarihahti // MetsataloudellinenAlkakausi. 1976. – №1. – Tr. Helsinki, Finland. 1976.

References

1. Artemev V.V., Bessarab G.A., Borozna A.A. *Raschet dorozhnyh konstrukcii, armirovannyh ob'emnymi georeshetkami* [Calculation of road structures reinforced volume-governmental geogrids]. Minsk, 2012, Vol. 2 (149), pp. 115-118. (In Russian).

2. Burmistrova O.N. *K voprosu usilenija konstrukcii zemljanogo polotna lesnyh avtomobil'nyh dorog* [The question of reinforcement of the subgrade of forest roads]. Voronezh, 2015, Vol. 2-1 (13-1), pp.187-190. (In Russian).

3. Lyshik P.A., Kraskovskii S. V. *Usilenie lesnyh dorog ob'emnymi georeshetkami* [Strengthening of forest roads surround the geocell]. Available at: <http://kometa.by/Geotest.htm> (In Russian).

4. Merzlikin A.E. *Yeffektivnost' armirovaniya shebnja s pomosh'yu geojacheek* [The effectiveness of reinforcement and rubble with the help of joycec]. Moscow, 2010, Vol. 212, pp. 57-67. (In Russian).

5. Moshenzhal A.V. *Rekomendacii po uchetu reshetok «GEO Gazon» v raschetah nezhestkih ayerodromnyh pokrytii* [Recommendations on accounting lattices, "GEO Turf" in the calculation of non-rigid airfield pavements] Saint-Petersburg, 2014, 40 p. (In Russian).

6. SalminenYe.O. *O raschete nezhestkih dorozhnyh odezhd s uchedom uprugih i plasticheskikh deformacii* [On the calculation of nonrigid road clothes with elastic and plastic deformation] / Ye.O. Salminen // Lesnoizhurnal.– Arkhangelsk, 1977, Vol. 1, pp. 154-157. (In Russian).

7. Cytovich N.A. *Mehanika gruntov: Kratkii kurs* [Soil mechanics: a Short course]. Moscow, 1983, 288 p. (In Russian).

8. Das B.M. Use of Geogrid in Subgrade-Ballast System of Railroads Subjected to Cyclic Loading for Reducing Maintenance. California State University, Sacramento, USA. 2010.

9. Kief O., Schary Y., Pokharel S.K. High-Modulus Geocells for Sustainable Highway Infrastructure. Indian Geotechnical Journal: Special Issue on Transportation Geotechnics. Indian. 2014.

10. Meyer N. Determination of the bearing capacity of geocell reinforced soil over soft subgrade with static and dynamic plate load tests. Institute of Geotechnical Engineering and Mine Surveying, TU Clausthal, June, 2007.

11. Parsons R., Jowkar M., Han J. Performance of Geogrid Reinforced Ballast under Dynamic Loading. University of Nebraska-Lincoln, Nebraska, USA. 2012.

12. Saarihahti M. Suodatinkangassuotiella. MetsataloudellinenAlkakausi, 1976, no. 1, Tr. Helsinki, Finland.1976.

Сведения об авторах

Артемов Владислав Владимирович – старший преподаватель кафедры Промышленного транспорта ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова», соискатель, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: artemev.vladislav@gmail.com.

Бессараб Геннадий Александрович – профессор кафедры Промышленного транспорта ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М.Кирова», кандидат технических наук, доцент, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: vtkglta@mail.ru.

Information about authors

ArtemyevVladislavVladimirovich – Senior teacher of Industrial transport department of Federal State Budget Education Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University under name of S.M.Kirov», Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: artemev.vladislav@gmail.com.

Bessarab Gennady Aleksandrovich – Associate Professor of Industrial transport department of Federal State Budget Education Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University under name of S.M.Kirov», Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Saint-Petersburg, Russian Federation; e-mail: vtkglta@mail.ru.

DOI:

УДК 630*383

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ МОРОЗОБОЙНЫХ ТРЕЩИН НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В УМЕРЕННО-КОНТИНЕНТАЛЬНОМ КЛИМАТЕ

доктор технических наук, профессор **О. Н. Бурмистрова**¹
кандидат технических наук, доцент **А. М. Бургонутдинов**²
кандидат технических наук **Ю. Н. Пильник**¹

1 – ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
г. Пермь, Российская Федерация

Дорога – это единый инженерный комплекс, все элементы в нем работают как единое целое в тесной взаимосвязи. Надёжным фундаментом дорожной одежды является земляное полотно, которое обеспечивает её долговечность и прочность независимо от климатических, грунтовых и ряда других факторов. Возводится земляное полотно на грунтовом слое, который свои свойства изменяет в разные периоды года. Изменения могут происходить из-за воздействия природных факторов, таких как температуры воздуха и влажности грунта. Следовательно, срок службы дорожной конструкции зависит от состояния грунта, расположенного в основании дороги, его вида и влажности. В тёплый период года сезонномерзлый слой постепенно полностью оттаивает и такое состояние с положительной среднегодовой температурой наружного воздуха характерно приблизительно 50 % территории России. Промерзание влажных дисперсных грунтов сопровождается рядом физических, физико-химических и физико-механических явлений и процессов. В грунтах при замерзании воды резко и скачкообразно изменяются свойства самих грунтов, и значительно увеличивается объём мерзлого грунта, причем, не равномерно. Выявлено, что при замерзании могут возникать такие условия, при которых увеличение объёма грунта вследствие миграции влаги к фронту промерзания и её замерзания могут достигать десятков процентов. Этот процесс принято называть морозным пучением грунтов. Явление это относится к физико-механическим процессам, в результате которого под действием термодинамических изменений промерзающий грунт приобретает напряженно-деформированное состояние. Среди всего многообразия грунтов, с которыми приходится иметь дело дорожным строителям, особые затруднения вызывают структурно-неустойчивые грунты, у которых в обычных условиях, но при некоторых добавочных физических и природно-климатических воздействиях, резко нарушается структура, что обуславливает значительное ухудшение физико-механических свойств, увеличение осадок, уменьшение несущей способности, оползней склонов, прогибы дорожного полотна и т.д.

Ключевые слова: асфальтобетон, земляное полотно, теплофизические характеристики дорожных материалов, промерзание грунта, дорожная одежда, предел прочности, давление, автопоезд, морозное пучение, лесовозная дорога, льдовыделение.