

УДК 630*383.1

П. А. Лыщик¹, А. И. Науменко¹, С. А. Сinyaк²¹Белорусский государственный технологический университет²ГЛХУ «Лидский лесхоз»**КОНСТРУКЦИИ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ
АРМАТУРНОГО КАРКАСА «ГЕОРЕШЕТКА-ЦЕМЕНТОГРУНТ»**

Технико-экономические показатели производства цементогрунтовых слоев в дорожных конструкциях лесных автомобильных дорог существенно различаются в зависимости от вида и класса дорог, принятой технологии, наличия той или иной техники, коэффициента ее использования, гидрологических условий и ряда других факторов. Наибольшее влияние на ее себестоимость оказывают факторы концентрации производства и степень использования производственных мощностей. Таким образом, статья посвящена исследованию работоспособности дорожной конструкции из арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт». В качестве заполнителя ячеек георешетки использовался местный грунт, укрепленный композиционным вяжущим на основе портландцемента и микрозаполнителей. В качестве микрозаполнителей применялись отходы промышленных производств, в частности молотые отходы асбестоцементного производства и гранитоидный отсев, получаемый при дроблении щебня на Микашевичском месторождении.

Ключевые слова: георешетка, цементогрунт, прочность, надежность, дорожная конструкция, модуль упругости.

P. A. Lyshchik¹, A. I. Naumenko¹, S. A. Sinyak²¹Belorussian State Technological University²FME "Lida forestry"**FOREST ROADS CONSTRUCTION ON THE BASIS OF REINFORCING
CAGE "GEOGRID-TSEMENTOGRUNT"**

Technical and economic indicators of production tsementogruntovyh layers of road constructions of forest roads significantly differ according to the type and class of roads adopted technology, the availability of a technology, its use coefficient, hydrological conditions and other factors. The greatest impact on the cost of providing its factors of production concentration and the degree of capacity utilization. Thus, the article is devoted to the study of the road construction performance of the reinforcement cage "geogrid-tsementogrun". As the filler cells geogrid use local soil reinforced composite binder based on Portland cement and microfillers. As used microfillers waste industrial production, in particular milled waste asbestos-cement production and granitoid screenings obtained by crushing gravel on Mikashevichy field.

Key words: geogrid, tsementogrun, durability, reliability, a road design, the elasticity module.

Введение. В качестве материала для устройства конструктивных слоев дорожных конструкций широко используются местные природные грунты (обломочные, песчаные, глинистые и их смеси), дробленые каменные материалы (щебень и гравий) и отходы промышленности (шлаки, отходы камнедробления, горные выработки), укрепленные различными вяжущими [1].

Назначение слоя в дорожной конструкции при проектировании представляет собой сложную задачу, требующую учета целого ряда факторов. К числу таких факторов в первую очередь следует отнести грунтово-гидрологические и климатические условия, физико-механические свойства материалов, взаимное размещение материалов в конструкции, интенсивность и состав автомобильного движения по дороге и другие [1].

Основная часть. Сегодня очень часто при строительстве лесных автомобильных дорог используются как укрепленные материалы, так и геосинтетические, а также их комбинации.

Для оценки эффективности использования дорожной конструкции, в составе которой имеются комбинации таких материалов, в производственных условиях на территории ГЛХУ «Лидский лесхоз» были заложены участки дорожных конструкций из арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт» [2].

Участок лесной автомобильной дороги в ГЛХУ «Лидский лесхоз» был представлен земляным полотном с ярко выраженными ямами и колеями, затрудняющими проезд для лесовозного автотранспорта (рис. 1).

Расположен участок на местности второго типа по увлажнению с высотой насыпи от 0,5 м до 1,0 м, шириной 4,5 м, грунт земляного

полотна – супесь легкая. На данном участке были устроены два участка № 1 и № 2, протяженность которых 50 м каждого. Участок № 1 построен с использованием покрытия из цементогрунта, № 2 – конструкции из армированного каркаса «георешетка-цементогрунт», № 3 – контрольный.



Рис. 1. Первоначальное состояние участка дороги

Участок № 2 представляет собой дорожную конструкцию из армированного каркаса «георешетка-цементогрунт» (рис. 2), включающую покрытие 2 из местного грунта, укрепленного композиционным вяжущим [3], со слоем износа 1 и основанием 3 из армированного каркаса, выполненного из георешетки «Белгеосот» ячеистой конструкции и заполненной цементогрунтовой смесью из грунта и композиционного вяжущего. Композиционное вяжущее приготовлено на основе портландцемента и микронаполнителей, в качестве которых использовались молотые отходы асбестоцементного производства, образующиеся на предприятиях «Красносельскстройматериалы», и гранитоидный отсев от дробления щебня на Микашевичском месторождении.

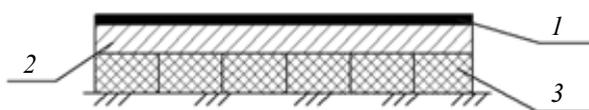


Рис. 2. Модель дорожной конструкции из армированного каркаса:

1 – слой износа; 2 – покрытие из цементогрунта; 3 – армированный каркас «георешетка-цементогрунт»

Технология выполнения работ по строительству опытного участка лесной автомобильной дороги, была следующей:

- 1) выравнивание и профилирование поверхности земляного полотна;
- 2) устройство корыта для закладки георешетки ячеистой конструкции;
- 3) укладка и закрепление по краям деревянными колышками георешетки;

4) формирование бурта грунта перед смешением его с композиционным малоцементным вяжущим;

5) смешение грунта с композиционным вяжущим и засыпка приготовленной смесью ячеек георешетки;

6) уплотнение цементогрунтовой смеси катком на пневмоходу;

7) профилирование уложенной цементогрунтовой смеси;

8) окончательное уплотнение цементогрунтовой смеси с коэффициентом уплотнения не ниже 0,98.

На рис. 3 представлен окончательный вид участка лесной автомобильной дороги с использованием в конструкции армированного каркаса «георешетка-цементогрунт».



Рис. 3. Готовый участок лесной автомобильной дороги в ГЛХУ «Лидский лесхоз»

Испытания участков лесных автомобильных дорог проводились с целью исследования и сравнения эксплуатационного состояния опытных участков и контрольных. В ходе проверки оценивалось состояние дорожной конструкции, состоящей из армированного каркаса «георешетка-цементогрунт», измерялась глубина колеи, скорость движения лесовозного автопоезда, а также определялся модуль упругости дорожной одежды.

Результаты определения скоростей движения приведены в табл. 1. В табл. 2 представлены результаты измерений ровности покрытия.

Прочность дорожной одежды определялась путем измерения не реже чем в трех точках, на полосах наката упругих осадок одежды с использованием для этих целей рычажного прогибомера. Результаты измерений представлены в табл. 3. На основании проведенных расчетов были получены значения прочности на каждом из заложенных участков, представленные в табл. 4.

Таблица 1

Результаты измерения скорости движения по дороге

Наименование и положение участка	Время наблюдений	Значение скорости движения, км/ч	
		при <i>i</i> -м измерении	среднее
Участок № 1, ПК 3 + 00	Июль 2015	48; 50; 47; 48; 47; 48; 47; 52; 45;	48,0
	Сентябрь 2015	50; 49; 48; 50; 51; 47; 48; 47; 47;	48,5
Участок № 2, ПК 3 + 50	Июль 2015	59; 62; 58; 62; 58; 58; 57; 56; 57;	58,57
	Сентябрь 2015	58; 61; 57; 58; 55; 57; 56; 61; 60;	58,13
Контрольный участок ПК 4 + 50	Июль 2015	33; 34; 31; 31; 33; 32; 33; 32; 31;	33,21
	Сентябрь 2015	34; 33; 31; 32; 33; 32; 31; 30; 33;	32,13

Таблица 2

Результаты измерения ровности покрытия

Наименование и положение участка	Время наблюдений	Значение просветов, см					
		1	2	3	4	5	среднее
Участок № 1, ПК 3 + 00	Сентябрь 2015	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)	0,2 (0,1)	0,0 (0,1)	0,1 (0,1)
	Апрель 2015	0,2 (0,2)	0,1 (0,2)	0,2 (0,3)	0,2 (0,3)	0,1 (0,2)	0,2 (0,3)
Участок № 2, ПК 3 + 50	Сентябрь 2015	0,0 (0,0)	0,1 (0,1)	0,1 (0,0)	0,2 (0,2)	0,1 (0,1)	0,1 (0,1)
	Апрель 2015	0,0 (0,1)	0,1 (0,1)	0,2 (0,2)	0,2 (0,3)	0,1 (0,2)	0,1 (0,2)
Контрольный участок ПК 4 + 50	Сентябрь 2015	2,1 (2,5)	2,5 (2,1)	2,3 (2,3)	2,1 (2,8)	2,8 (2,7)	2,5 (2,3)
	Апрель 2015	3,3 (3,2)	3,3 (3,2)	3,4 (3,9)	3,5 (3,2)	3,5 (3,4)	3,4 (3,2)

Примечание. Значения без скобок приведены для правой полосы наката, в скобках – для левой.

Таблица 3

Результаты определения модуля упругости

Нагрузка q , МПа	Значение упругой деформации, мм						Модуль упругости, МПа		
	опытное			среднее			ПК 7 + 40	ПК 7 + 65	ПК 8 + 40
	ПК 7 + 40	ПК 7 + 65	ПК 8 + 40	ПК 7 + 40	ПК 7 + 65	ПК 8 + 40			
Июль 2015									
0,029	0,25; 0,26; 0,24	0,20; 0,21; 0,22	0,99; 0,97; 0,98	0,24	0,21	0,98	284,85	325,54	69,76
Сентябрь 2015									
0,030	0,25; 0,24; 0,26	0,22; 0,22; 0,21	1,28; 1,30; 1,29	0,25	0,215	1,29	282,88	325,9	54,82

Таблица 4

Результаты расчета прочности

Наименование участка	Количество ударов ударника, N			N_{cp}	Модуль деформации E_0 , МПа	Модуль упругости E_{γ} , МПа
	левая полоса наката	ось дороги	правая полоса наката			
Июль 2015						
Участок № 1	55; 57; 56	56; 58; 54	56; 56; 56	56	86,8	282,1
Участок № 2	62; 63; 67	64; 65; 63	66; 63; 63	64	99,2	322,4
Контрольный	15; 15; 12	16; 12; 14	13; 15; 14	14	21,7	70,53
Сентябрь 2015						
Участок № 1	55; 56; 54	52; 57; 56	53; 55; 57	55	85,25	277,06
Участок № 2	63; 66; 66	64; 65; 66	61; 68; 66	65	100,75	327,44
Контрольный	10; 12; 11	12; 12; 9	11; 12; 10	11	1705	55,41

Заключение. При проведении исследований выяснилось, что по сравнению с участком № 1 (без арматурного каркаса) на участке № 2:

– глубина колеи меньше на 60%, что подтверждает влияние арматурного каркаса «ге-

орешетка-цементогрунт» на сдвигоустойчивость цементогрунта в продольном направлении;

– скорость движения автопоезда выше (10,13 км/ч), что свидетельствует о более высокой степени ровности покрытия за счет применения арматурного каркаса.

Проведенная оценка работоспособности опытного участка показала, что проезжая часть находится в хорошем состоянии, повреждений и деформаций материала покрытия нет. При этом модуль упругости на участке

дорожной конструкции с использованием только цементогрунта (участок № 1) составил 277 МПа, а на участке с арматурным каркасом «георешетка-цементогрунт» (участок № 2) – 327 МПа.

Литература

1. Дорожные одежды с основаниями из укрепленных материалов / Ю. М. Васильев [и др.]. М.: Транспорт, 1989. 191 с.
2. Дорожная конструкция из арматурного каркаса «георешетка-цементогрунт», МПК С 01 С 7/32, 7/36 / П. А. Лыщик, Е. И. Бавбель, С. В. Красковский, А. И. Науменко; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. № u 20150100; заявл. 19.03.2015.
3. Композиционный цемент: патент Респ. Беларусь, МПК С 04 В 7/04, С 04 В 28/5204, С 04 В 18/12, С 04 В 718/16, С 04 В 7/52 / П. А. Лыщик, С. В. Плышевский, А. И. Науменко; заявитель Белорус. гос. технол. ун-т. – № а 20121705; заявл. 06.12.12; опубл. 30.05.2015 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2015. № 4. С. 82.

References

1. Vasil'ev Ju. M., Agafontsev V. P., Isaev V. S. *Dorozhnye odezhdyy s osnovanijami iz ukreplennykh materialov* [Road clothes with the bases from the strengthened materials]. M.: Transport Publ., 1989. 191 p.
2. Lyshchik P. A., Bavbel J. I., Kraskovskiy S. V., Naumenko A. I. *Dorozhnaya konstruktziya iz armaturnogo karkasa «georeshetka-tsementogrunty»* [Road design from reinforcing cage «geogrid-tsementogrunty»], МПК С04 В 7/04, С 04 В 28/5204, С 04 В 18/12, С 04 В 718/16, С 04 В 7/52. № u20150100; заявл. 19.03.2015.
3. Lyshchik P. A., Plyshevskiy S. V., Naumenko A. I. *Kompozitsionnyy tsement* [Composite cement] Patent Resp. Belarus' МПК С 04 В 7/04, С 04 В 28/5204, С 04 В 18/12, С 04 В 718/16, С 04 В 7/52 /; заявитель BSTU. № a20121705; заявл. 06.12.12; opublic. 30.05.2015 // Afitsiyny byul. / Nats. tsentr intelektual. Ulasnastsi. 2015. № 4. P. 82.

Информация об авторах

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

Науменко Андрей Иванович – магистр технических наук, ведущий инженер кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Andrei_Naymenko_bsty@mail.ru.

Синяк Сергей Анатольевич – инженер по лесозаготовке и переработке ГЛХУ «Лидский лесхоз» (231300, Гродненская обл., г. Лида, пер. Фурманова, 10).

Information about the authors

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

Naumenko Andrey Ivanovich – Master of Engineering science of Leading Engineer of the Department of Forest Roads and Timber Transportation. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Andrei_Naymenko_bsty@mail.ru.

Sinyak Sergei Anatol'evich – the engineer on timber cutting and processing FME “Lida forestry” (10, Furmanova, 231300, Lida, Grodno region, Republic of Belarus)

Поступила 15.02.2016