

УДК 630*383.4

П. А. Лыщик, А. И. Науменко

Белорусский государственный технологический университет

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

В использовании местных грунтов, низкопрочных каменных материалов и минеральных побочных продуктов производства заложен большой резерв совершенствования дорожного строительства. Основным направлением в решении этой проблемы следует считать применение укрепленных материалов, которое показало большую технико-экономическую перспективность дорожных одежд с конструктивными слоями из таких материалов. Такие конструкции позволяют использовать преимущества традиционных жестких и нежестких дорожных одежд, но имеют и существенные отличия от последних как в вопросах проектирования, так и строительства.

Конструирование дорожных одежд из укрепленных грунтов осуществляется комплексно с учетом категории дороги, типа покрытия, гидрологических и климатических условий работы дороги. При этом важное значение для нормальной и долговечной работы дорожной одежды имеет место правильное местоположение слоя укрепленного грунта в зависимости от его назначения и структурно-механических свойств. В статье приведены исследования разработанной конструкции дорожной одежды с использованием композиции современных материалов и отходов промышленности.

Ключевые слова: грунт, дорожная одежда, композиционный материал, нагрузка, датчик, распределяющая способность.

P. A. Lyshchik, A. I. Naumenko

Belarusian State Technological University

CONSTRUCTION IMPROVEMENT OF ROAD PAVEMENT OF FOREST ROADS

In use of local soils, low durability stone materials and mineral by-products of manufacture there is a big reserve of improvement road building. In the decision of this problem it is necessary to consider as the basic direction the application of the strengthened materials which has shown the big technical and economic perspectives of road pavements with constructive layers from such materials. Such designs allow to use advantages of traditional rigid and no rigid road pavements, but have also essential differences from the last as in designing questions, and buildings.

Designing of road pavements from the strengthened soils is carried out in a complex from accounts of a category of road, type of a covering, hydrological and climatic working conditions of road. Thus the great value for normal and durable work of road pavements takes place a correct site of a layer of the strengthened ground depending on its appointment and structurally-mechanical properties. In the article researches of the developed construction of road pavements with the use of a composition of modern materials and an industry waste are given.

Key words: soil, road pavements, composite material, loading, gauge, distributing ability.

Введение. Дорожные конструкции воспринимают различные виды внешних воздействий, основными из которых являются воздействия от автомобильной нагрузки и погодно-климатических факторов. Кроме внешних воздействий, дорожные конструкции должны воспринимать нагрузки (иногда значительные) от собственной массы. Основные элементы дорожной конструкции – дорожная одежда и земляное полотно. Дорожную одежду считают достаточно прочной, если под воздействием всех нагрузок она сохраняет в течение заданного срока эксплуатации сплошность и требуемую ровность покрытия. Земляное полотно считают устойчивым, если изменение его несущей способности, высотных и геометрических параметров не выходит за расчетные пределы в течение срока службы [1].

В последние годы, с появлением большегрузных автомобильных поездов, значительно возросла колесная нагрузка, которая вызывает предельные вертикальные и горизонтальные напряжения и деформации в конструктивных слоях дорожной одежды и верхних слоях земляного полотна. Это вызывает необходимость строить все более мощные и дорогостоящие конструкции.

Основная часть. Основными требованиями предъявляемыми к конструкциям лесной автомобильной дороги является неизменяемость ее геометрической формы, прочности и устойчивости независимо от изменяющегося водно-теплого режима на протяжении всего периода ее эксплуатации при минимальных затратах на строительство. При выборе конструкции зем-

ляного полотна и дорожной одежды необходимо учитывать следующие особенности:

– лесная территория Республики Беларусь имеет большую заболоченность, высокий уровень вод;

– низкие характеристики дорожно-строительных грунтов;

– расположение дорог в лесных массивах не дает возможности (из-за малой скорости ветра) хорошо просушить земляное полотно и дорожную одежду и снижает эксплуатационные характеристики;

– отсутствие в большинстве лесных районов страны строительных (камень, гравий) материалов.

Дорожные одежды могут состоять из одного или нескольких конструктивных слоев. При наличии нескольких слоев дорожная одежда включает:

1) покрытие – верхний несущий слой, который, в свою очередь, может состоять из слоя износа и основного слоя;

2) основание – несущая часть дорожной одежды;

3) дополнительный слой основания – передающий нагрузку на земляное полотно и выполняющий в зависимости от местных условий функции дренирующего, выравнивающего, морозозащитного элемента конструкции.

На лесных автомобильных дорогах могут применяться следующие типы покрытий дорожных одежд: капитальный, облегченный, переходный и низший. Каждый из типов дорожных одежд может использоваться на дорогах различных категорий в соответствии с таб-

лицей согласно ТКП 500-2013, разработанного на кафедре ЛДиОВД.

Также дорожные одежды по сопротивлению нагрузкам от транспортных средств и характеру деформирования следует подразделять на две группы: жесткие и нежесткие [2].

К жестким дорожным одеждам следует относить одежды с покрытиями из цементобетона, железобетонных плит и с деревянными колесопроводами. Нежесткие одежды состоят из асфальтобетона из каменных материалов и грунтов, укрепленных битумом, цементом, известью и другими вяжущими, в том числе на основе отходов производства (зола-унос, шлак, цементная пыль и др.), а также зернистых материалов (щебень, гравий, шлак и др.).

Быстрое развитие современной науки создает благоприятные условия для развития промышленности строительных материалов, для создания и широкого применения новых высокоэффективных дорожно-строительных материалов и веществ.

К числу новых материалов для дорожного строительства можно отнести пластмассы, смолы, стекловолокно, высокомолекулярные полимеры и др., а также композиционные материалы на основе грунтов. Эти материалы обладают высоким коэффициентом конструктивного качества и многими другими ценными свойствами. Широкому применению препятствует их довольно высокая стоимость и отсутствие данных о работе в различных условиях и конструкциях, а также широкое распространение производителей данных материалов [3].

Типы покрытий дорожных одежд

Тип дорожной одежды	Вид покрытия, материал и способ укладки	Категория дороги
Капитальный	Монолитный цементобетон	Допускаются при соответствующем обосновании на дорогах Iл категории
	Сборный железобетон	
	Асфальтобетон щебеночно-мастичный; асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в горячем и теплом состоянии	
	Асфальтобетон из плотных смесей марки II, укладываемых в горячем и теплом состоянии	
Облегченный	Асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в холодном состоянии	Допускаются при соответствующем обосновании на дорогах Iл категории
	Асфальтобетон из плотных смесей марки III, укладываемых в горячем и теплом состоянии, марки II, укладываемых в холодном состоянии; каменные материалы, обработанные органическими вяжущими методами смешения в установке, на дороге, пропитки (полупропитки); органоминеральные смеси	
Переходный	Щебеночные покрытия из щебня прочных пород, устроенных по способу заклинки без применения вяжущих; грунты и малопрочные каменные материалы, укрепленные вяжущими; мостовые; щебеночно- или гравийно-песчаные смеси	Iл–IVл
Низший	Грунтогравийные, грунтовые оптимальные, деревогрунтовые или улучшенные различными местными материалами. Колейные из деревянных щитов, настилов и др.	IIIл, IIIл и IVл

Композиционные материалы на основе грунтов могут применяться во всех областях строительства.

Наиболее перспективно их использование при устройстве оснований под дорожные и аэродромные покрытия, теплоизолирующих, морозозащитных и капилляропрерывающих слоев, при укреплении верхних слоев земляного полотна автомобильных и железных дорог, производственных площадей сельскохозяйственного назначения и т. д. При этом необходимо подчеркнуть, что использование грунтов, обработанных теми или иными вяжущими, является лишь одним из возможных технических решений при выполнении инженерных задач. Так, например, при устройстве дорожных одежд равнопрочные конструктивные слои могут быть созданы из каменных материалов, сборных железобетонных покрытий, деревянных настилов и т. д. Наряду с этими способами могут быть использованы привозные или местные грунты, обработанные вяжущими материалами [4].

Очень часто сегодня применяют комбинации таких композиционных материалов. Так, например, при устройстве дорожных конструкций на слабых грунтах применяется дорожная одежда с использованием геосинтетических материалов. Устройство дорожной одежды, состоящей из верхнего слоя зернистого материала (щебня) и нижнего слоя, выполненного из георешетки ячеистой конструкции, ячейки которой заполнены песком [5].

Так, на основе изученной литературы на кафедре ЛДиОВД БГТУ была разработана конструкция дорожной одежды для лесной автомобильной дороги с использованием георешетки ячеистой конструкции.

Причем засыпка ячеек осуществлялась песчано-цементной смесью на основе разработанного композиционного вяжущего, состоящего из портландцемента и микронаполнителя. В качестве микронаполнителя использовались отходы, образующие на Ошмянской ТЭЦ от сжигания фрезерного торфа в топках кипящего

слоя. Опытный участок был заложен в грунтово-вом канале лаборатории кафедры (рис. 1).

После засыпки песчано-цементная смесь увлажнялась до оптимальной влажности, которая была определена ранее в лабораторных условиях и составила 12,4%. Песчано-цементная смесь состояла из грунта суглинистого легкого пылеватого и композиционного вяжущего. Вяжущее состояло из портландцемента марки ПЦ 500-Д0 в количестве 70% и золы-уноса 30%.

Композиционное вяжущее вносилось в количестве 8% от массы укрепляемого грунта, т. к. исследования прочности показали, что это количество вяжущего, для данного типа грунта, дает наиболее высокий предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов-цилиндров. Предел прочности при сжатии в возрасте 28 сут составил 1,41 МПа, что более чем на 34% (1,05 МПа) выше контрольных образцов цементагрунта, приготовленных на портландцементе ПЦ 500-Д0.

Далее к опытному участку дорожной конструкции была приложена нагрузка, имитирующая проезд лесовозного транспорта (рис. 2). Для определения величин напряжений, возникающих по глубине исследуемой дорожной конструкции в процессе прохода тележки экспериментального стенда, применялись тензорезисторные преобразователи давления типа ПДМ (полумостовые) – мессдозы, с гидравлическим мультипликатором.

Принцип действия основан на зависимости изменения омического сопротивления тензорезисторов при их деформации от приложенного к измерительной мембране давления, причем необходимая жесткость преобразователя давления обеспечивается гидравлическим мультипликатором [6].

Для записи измеряемых параметров, регистрируемых мессдозами, использовалась измерительная аппаратура в составе восьмиканального многофункционального измерительного усилителя Spider-8 и персонального компьютера.

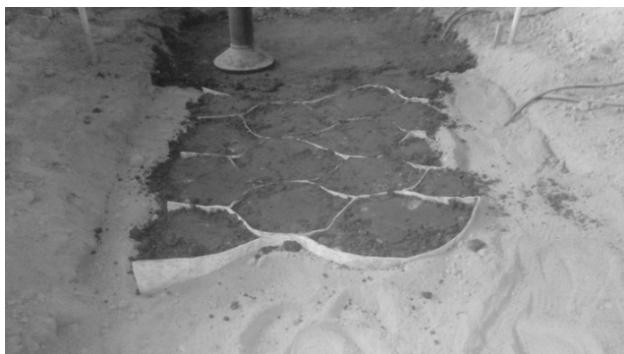
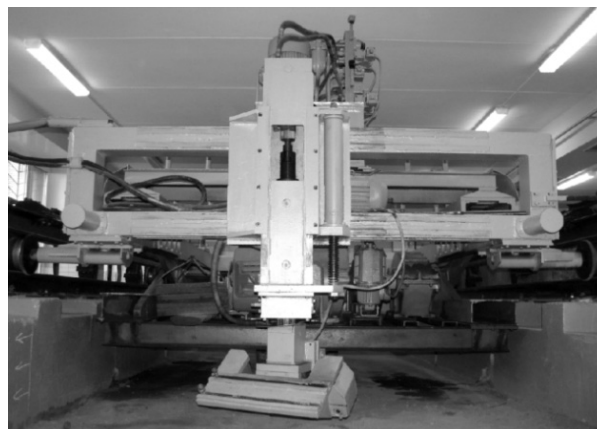


Рис. 1. Фото опытного участка дорожной конструкции с использованием георешетки



а



б

Рис. 2. Экспериментальная установка:
а – вид сзади; б – вид спереди

Схема закладки мессдоз представлена на рис. 3.

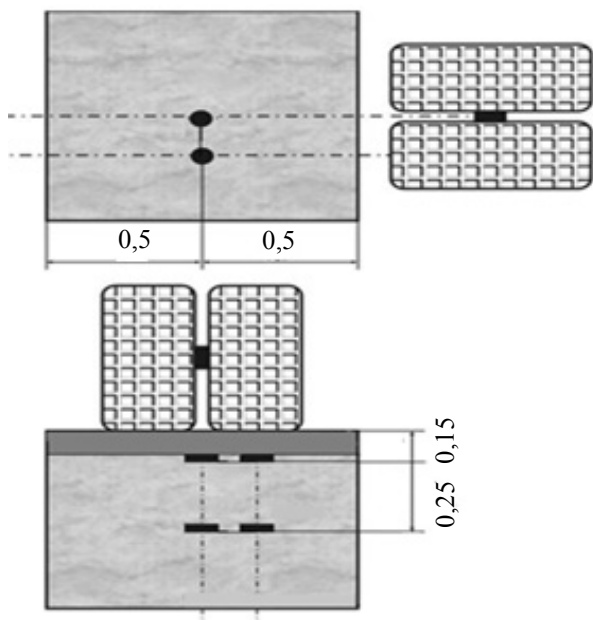


Рис. 3. Схема закладки мессдоз

Измерение вертикальных напряжений, возникающих в теле конструкции, проводилось в процессе проезда экспериментальной тележки при установленном нагрузочном режиме. Измеренные напряжения записывались в виде табличных данных и графиков, представленных на рис. 4.

Как видно из полученных зависимостей напряжения, возникающие на глубине 0,25 м от поверхности практически в 2 раза ниже (0,16), чем непосредственно под дорожной одеждой (0,29), что говорит о достаточно хорошей распределяющей способности разработанной конструкции с применением георешетки ячеистого типа.

Для проверки результатов лабораторных исследований в производственных условиях

был построен опытный участок лесной автомобильной дороги длиной 200 м в Негорельском учебно-опытном лесхозе. Лесная автомобильная дорога относится ко Пл категории и имеет следующие параметры поперечного профиля: ширина земляного полотна – 5,0 м; проезжей части – 3,5 м; обочин – 0,75 м; поперечный уклон – 30‰.

При устройстве дорожной одежды использовался местный грунт (суглинок легкий пылеватый), который укреплялся композиционным вяжущим в количестве 8% от массы грунта. Толщина дорожной одежды составила 0,15 м. За опытным участком велась постоянные наблюдения и выполнялись соответствующие измерения прочности и ровности.

По истечении 28 сут были проведены испытания дорожной одежды опытного участка на образование колеи и упругий прогиб. Величина прогиба на укрепленном участке составила 0,01 мм, в то время как на контрольном участке (без укрепления грунта) – в 10 раз выше, т. е. 0,1 мм.

Заключение. На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что данный тип конструкции дорожной одежды может быть использован на лесных автомобильных дорогах. Технический результат, достигаемый при использовании разработанной конструкции, выражается в увеличении срока службы дорожной одежды за счет оптимального распределения нагрузки в теле конструкции, что приводит к увеличению относительной ровности верхнего слоя дорожной одежды, а также предотвращает образование колеи.

Все эти результаты также положительно влияют на увеличение срока службы дорожной конструкции и, как следствие, на уменьшение затрат на строительство и ремонт, так как увеличивается время эксплуатации дороги между ремонтами.

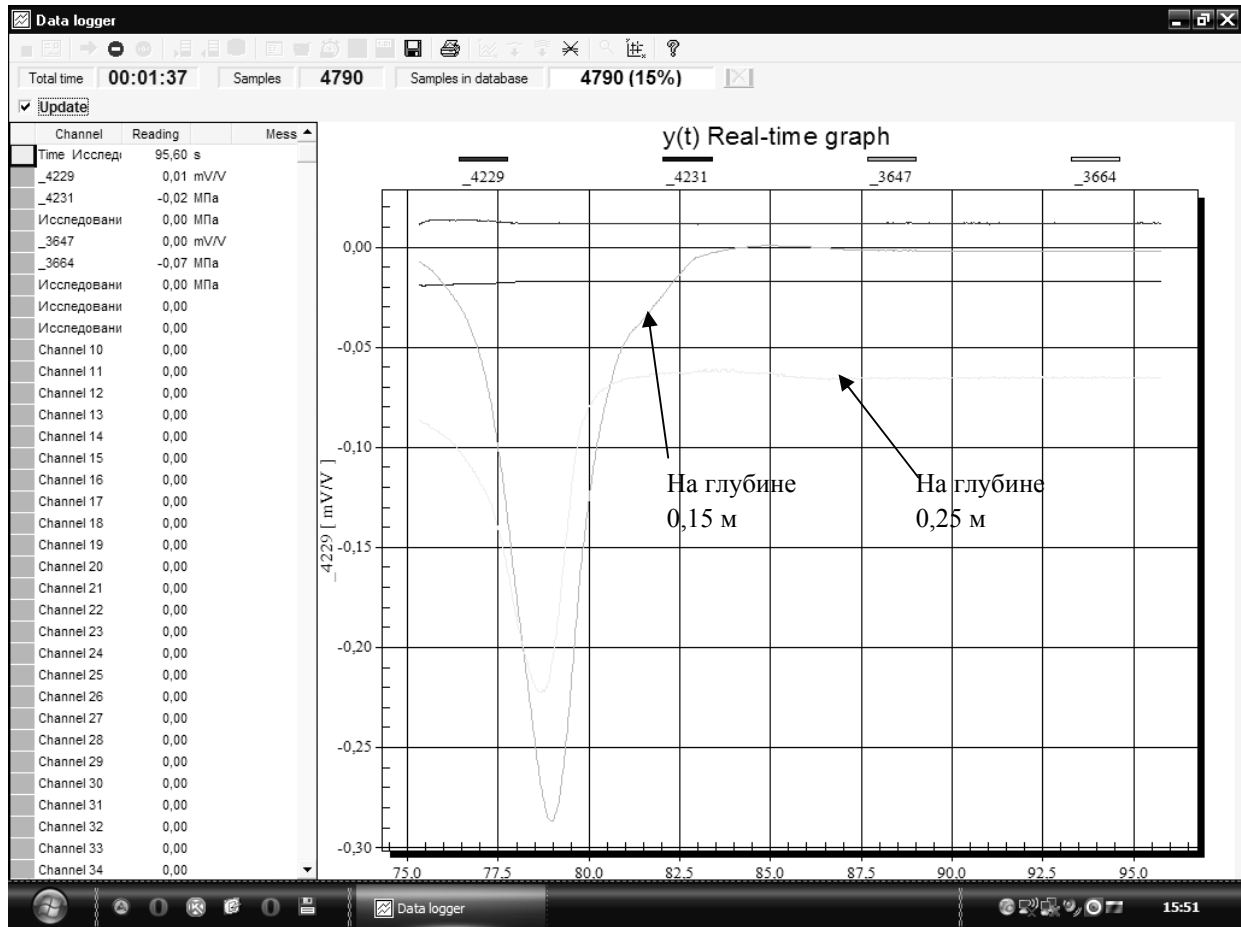


Рис. 4. Напряжения, возникающие в теле конструкции

Литература

1. Матвеев С. А., Немировский Б. В. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчет. Новосибирск: Наука, 2006. 348 с.
2. Лесные автомобильные дороги. Нормы и правила устройства: ТКП 500-2013. Минск: М-во лесн. хоз-ва Респ. Беларусь, 2014. 91 с.
3. Леонович И. И. Строительство лесных дорог. Минск: Вышэйшая школа, 1970. 472 с.
4. Платонов А. П., Першин М. Н. Композиционные материалы на основе грунтов. М.: Химия, 1987. 144 с.
5. Применение геосинтетики и геопластиков при строительстве и ремонте автомобильных дорог // Труды Союздорнии. Вып. 196. М. 1998. С. 115–116.
6. Грунты. Лабораторные Испытания. Общие положения: ГОСТ 30416–96. М.: МНТКС, 1996. 20 с.

References

1. Matveev S. A., Nemirovskiy B. V. *Armirovannyye dorozhnyye konstruksii: modelirovaniye i raschet* [The reinforced road designs: modeling and calculation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2006. 348 p.
2. ТКП 500-2013. Wood highways. Norms and device rules. Minsk, Ministry of Forestry Republic of Belarus, 2014. 91 p. (in Russian).
3. Leonovich I. I. *Stroitel'stvo lesnykh dorog* [Building of wood roads]. Minsk: Vysheyschaya shkola Publ., 1970. 472 p.
4. Platonov A. P., Pershin M. N. *Kompozitsionnyye materialy na osnove gruntov* [Composite materials on the basis of soils]. Moscow: Khimiya Publ., 1987. 144 p.
5. Application of geosynthetics and geoplastics at building and repair of highways. *Trudy Soyuzdornii* [Proceedings of Allied Road Scientifically Research Institute], issue 196, Moscow, 1998, pp. 115–116 (in Russian).
6. GOST 30416–96 Soils. Laboratory researches. General provisions. Moscow, ISTCS, 1996. 20 p. (in Russian).

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).

Науменко Андрей Иванович – магистр технических наук, аспирант 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

Information about the authors

Lyshchik Petr Alekseevich – Ph. D. Engineering, assistant professor, professor, Department of Forest Roads and Timber Transportation. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus).

Naumenko Andrey Ivanovich – master of Engineering, graduate student, 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

Поступила 20.02.2015