

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ПРОСЛОЕК ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

LABORATORY TESTS OF REINFORCING LAYERS FOR FOREST ROADS STRUCTURE

И. И. Леонович,

доктор технических наук,
профессор, профессор
кафедры «Строительство
и эксплуатация дорог»
Белорусского национального
технического университета,
г. Минск, Беларусь

М. Т. Насковец,

кандидат технических наук,
доцент, заведующий кафедрой
лесных дорог и организации
вывозки древесины
Белорусского государственного
технологического
университета,
г. Минск, Беларусь

Дини Мортеза Носрат,

аспирант кафедры лесных
дорог и организации вывозки
древесины Белорусского
государственного
технологического
университета,
г. Минск, Беларусь

В статье представлены результаты лабораторных испытаний по измерению вертикальных напряжений, возникающих по глубине дорожных конструкций, и модуля упругости на поверхности покрытий, которые определялись с помощью тензометрических приборов и оборудования. На основании полученных экспериментальных данных изменения напряженно-деформированного состояния покрытий при воздействии колесной нагрузки дана сравнительная оценка работоспособности устраиваемых покрытий на опытных участках, сделаны соответствующие выводы и выработаны направления по повышению прочностных свойств слоистых дорожных систем за счет размещения в их конструкциях различных видов упрочняющих прослоек из геосинтетических материалов.

The article gives the results of laboratory tests on the measurement of vertical stresses, arising from the depth of road structures and the modulus of elasticity on the surface of pavements, which were determined by means of Strain gauges and equipment. On the basis of the experimental data obtained, measurement in the stress-strain state of the pavement under the action of the wheel load give a comparative assessment of the performance of the customized pavements in the experimental sections, draw conclusions and develop directions for improving the strength properties of layered road systems by placing in their structures various types of reinforcing layers from geosynthetic materials.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе движения транспортных средств лесные автомобильные дороги подвергаются постоянному динамическому воздействию колесной нагрузки. При этом конструктивные элементы дорог по-разному воспринимают и перераспределяют возникающие в них напряжения, в результате чего происходит снижение их эксплуатационных качеств.

Интенсивная эксплуатация дорог в течение длительного периода времени, характеризующаяся постоянным колебанием дорожного полотна под нагрузкой, приводит к тому, что в дорожных конструкциях происходит вертикальное и боковое смещение частиц материалов, составляющих их слои. В результате такого негативного явления происходит снижение прочностных показателей дорожных одежд и конструкции в целом. Вот почему одной из актуальных задач при проек-

тировании лесных автомобильных дорог является обеспечение прочности дорожных одежд [1].

Эффективным способом для решения проблемы усиления конструктивных слоев работающих под нагрузкой, является использование различного вида упрочняющих прослоек из геосинтетических материалов. В этой связи следует отметить, что стабилизирующее действие прослоек может быть различным. Это зависит от размерных параметров прослойки, материала, из которого она изготовлена и способа ее размещения в конструктивном слое. Немаловажное значение для широкого использования различного вида прослоек с целью придания равнопрочности дорожной конструкции имеет степень изученности их работы под нагрузкой колесного транспорта. Таким образом, встает задача проведения комплексных исследований по определению прочностных характеристик, позволяющих производить оценку работоспособности дорожных одежд, содержащих прослойки.

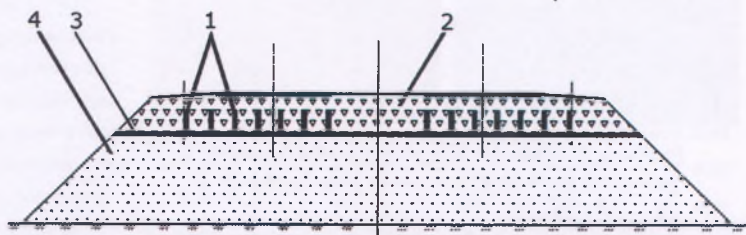
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ СЛОЕВ С УПРОЧНЯЮЩИМИ ПРОСЛОЙКАМИ

Для обоснования применения того или иного вида конструкции прослойки необходимо проанализировать функции, которые она может выполнять при ее использовании в конструкции дороги. Главными из них могут являться: предотвращение перемешивания материалов, составляющих конструктивные слои, и перераспределение давления от колес автотранспорта на большую площадь нижележащих слоев. Геопрослойки, применяемые в настоящее время в дорожном строительстве, характеризуются высокой прочностью и износоустойчивостью, не гнивают в грунте, в мокром состоянии не снижают прочность на разрыв, хорошо фильтруют воду. Также геосинтетические материалы являются эффективным решением, позволяющим использовать все положительные свойства местных строительных материалов.

Анализ современного состояния теоретических разработок и опыта практического применения различного вида прослоек показывает, что при строительстве автомобильных дорог их укладывают в дорожное полотно в основном в виде горизонтальных полос посредством раскатывания рулонов. Однако имеются технические решения, в которых прослойка устраивается в виде вертикальных разделяющих полос.

В Белорусском государственном технологическом университете (БГТУ) предложены способы [2, 3] устройства дорожных покрытий с использованием комбинированных прослоек из горизонтально уложенного геосинтетического материала с закреплен-

ными на его поверхности вертикальными полосами (рис. 1). Такие прослойки позволяют добиться равнопрочности работы покрытий и обеспечивают снижение напряжений при передаче колесной нагрузки по устраиваемым конструктивным слоям, что дает возможность уменьшить толщину устраиваемого слоя покрытия.



1 – вертикальные полосы; 2 – дорожная одежда; 3 – прослойка из геосинтетического материала; 4 – земляное полотно

Рисунок 1 – Вариант конструкции покрытия с комбинированной прослойкой

Предлагаемый вариант технологии устройства разработанной конструкции дорожной одежды включает предварительную раскатку рулонного геосинтетического материала, имеющего на своей поверхности прикрепленные к нему и складываемые горизонтально вертикальные полосы, обладающие определенной жесткостью, которые в процессе раскатки рулонного материала устанавливаются перпендикулярно горизонтальной плоскости. Причем одновременно с укладкой прослойки производится отсыпка материала дорожной одежды между вертикальными полосами [4].

ПРИБОРЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для сравнительной оценки прочности дорожных конструкций содержащих геосинтетические прослойки, на грунтовом канале кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины БГТУ были заложены модели экспериментальных участков покрытий. В частности, для исследований устраивались дорожные одежды с покрытиями без прослойки и с горизонтальной прослойкой, а также с комбинированной – с горизонтальными и вертикальными прослойками высотой и расстояниями между ними 5 и 10 сантиметров.

Каждый из участков испытывали посредством воздействия колесной нагрузки экспериментального стенда.

Экспериментальная установка включает автоматизированную самоходную тележку для имитирования движения ходового узла движителя (спаренных колес автомобиля) транспортной системы (рис. 2).

Для измерения напряжений при воздействии колес автомобиля на различной глубине конструкций были заложены тензометрические датчики давления (рис. 3).



Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки и испытываемых конструкций

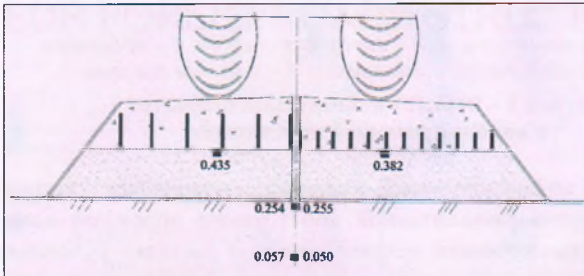


Рисунок 3 – Схема закладки датчиков и полученные значения максимальных напряжений конструкций с горизонтальными и вертикальными прослойками различных параметров (5 × 5 и 10 × 10 см)

В качестве регистрирующей аппаратуры использовали контрольно-измерительные приборы: месдозы – датчики давления, предназначенные для регистрации сигнала на различных глубинах конструкции и тензометрический усилитель Spider-8, который передает сигнал к персональному компьютеру, где с помощью программного обеспечения Catman осуществляется настройка и запись значений напряжений.

Результаты измерения вертикальных сжимающих напряжений получали в виде записи показаний месдоз на каждом участке (рис. 4).

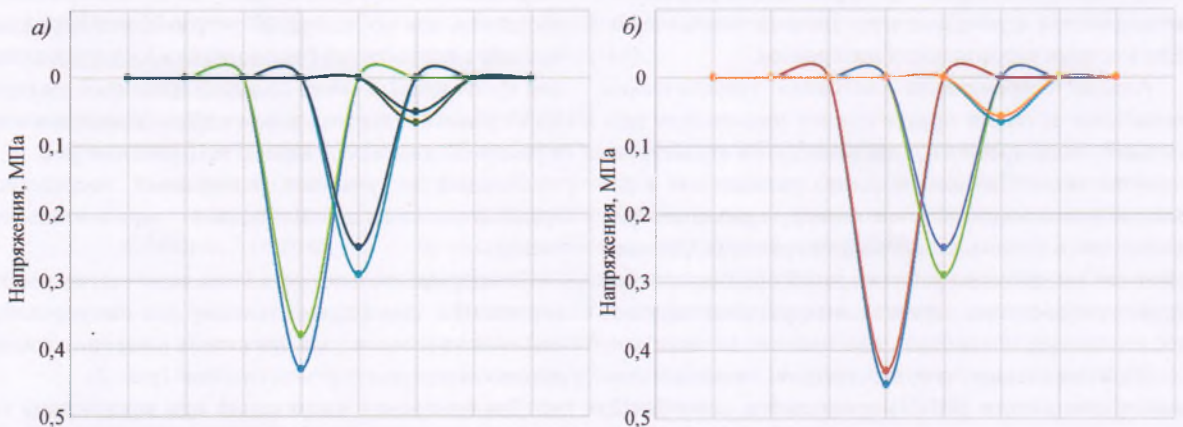


Рисунок 4 – Величины изменения напряжений по участкам: а – без наличия прослоек и с горизонтальной прослойкой, с закрепленными на ней вертикальными прослойками 5 × 5 см; б – с горизонтальной прослойкой и с вертикальными прослойками 10 × 10 см, закрепленными на горизонтальной прослойке

Анализ полученных результатов изменения напряжений, МПа, показал, что на участке с прослойками с размерными параметрами 5 × 5 сантиметров напряжения имеют наилучшие значения по сравнению с участком, содержащим прослойки с размерными параметрами 10 × 10 сантиметров (рис. 3), а также по сравнению с участками, не содержащими прослойки, и с горизонтальной прослойкой.

С целью оценки напряженно-деформированного состояния на поверхности покрытий каждого участка по стандартной методике [5, 6] при помощи прогибомера измеряли величину упругого прогиба, возникающего при воздействии спаренных колес экспериментального стенда, что позволило определить расчетное значение модуля упругости.

Изменение величины модуля упругости различных покрытий на опытных участках показано на рисунке 5.



Рисунок 5 – Динамика изменения модуля упругости покрытия на опытных участках:

1 и 2 – соответственно, с горизонтальными и вертикальными прослойками 5 × 5 и 10 × 10 см; 3 – с горизонтальной прослойкой; 4 – без прослоек

Применение в дорожных конструкциях упрочняющих прослоек также осложняется невозможностью нахождения известными способами значения модуля упругости вновь устраиваемых слоев, содержащих прослойки. Для того, чтобы произвести сравнительную прочностную оценку разных вариантов покрытий с различного вида прослойками

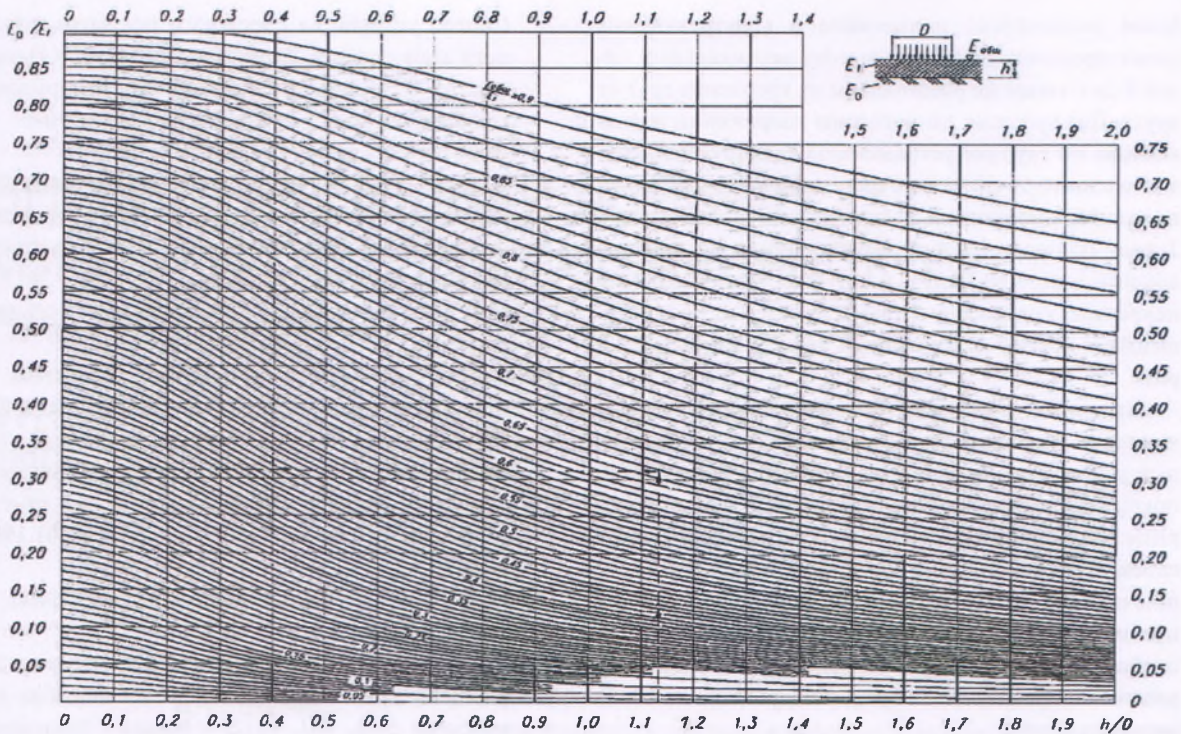


Рисунок 6 – Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы

по данному показателю разработана методика его определения.

Согласно ТКП 45-3.03-112 [7] дорожные одежды главным образом рассчитывают по упругому прогибу. Алгоритм предлагаемой методики основан на использовании для этих целей расчетного графика-номограммы (рис. 6), и его решение производится в следующей последовательности.

В частности, предлагается первоначально задавать определенную толщину слоя покрытия h , содержащего прослойку, и на его поверхности измерять модуль упругости $E_{\text{общ}}$ по приведенной выше методике. Затем, зная величину диаметра отпечатка расчетного колеса D , следует получить отношение h/D , значение которого откладывают на горизонтальной оси приведенной выше номограммы. Через полученную точку проводят вертикальную линию и получают численные значения пересечения этой линии с кривыми номограммы $E_{\text{общ}}/E_1$ и соответствующие им величины отношения E_0/E_1 на вертикальной оси номограммы. Далее, аппроксимируя полученные результаты, можно построить график зависимости модуля упругости на поверхности покрытия $E_{\text{общ}}$ от модуля упругости расчетного слоя E_1 . Аналогичным способом строят график зависимости модуля упругости расчетного слоя от модуля упругости нижнего слоя E_0 . Оси графиков совпадают, что позволяет совместить их и найти единственное решение, удовлетворяющее известному методу решения нелинейных уравнений. Таким образом, точка пересечения двух графиков дает искомую точку модуля упругости расчетного слоя (рис. 7).

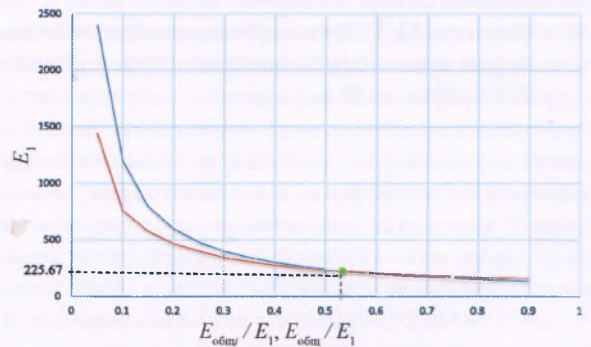


Рисунок 7 – График определения модуля упругости слоя, содержащего прослойку

Использование вышеизложенной методики позволяет в условиях лаборатории получать модуль упругости конструктивных слоев и соответственно проводить их сравнительную оценку по данному прочностному показателю для дальнейшего практического применения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что использование упрочняющих прослоек в конструктивных слоях оказывает стабилизирующее влияние на распределение напряжений, возникающих по глубине при воздействии колесной нагрузки транспортных средств. Результаты сравнительного анализа изменения напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций показывают, что для дальнейших испытаний при строительстве лесных дорог наи-

более рационально применение в конструктивных слоях прослоек, имеющих высоту вертикальных полос 5 см с таким же расстоянием их крепления друг от друга. Для прослоек данного типа напряжения, возникающие по глубине устраиваемой конструкции, снизились на 10 %–30 % по отношению к значениям напряжений, измеренным на других опытных участках. Также подтверждением эффективности их работы явилось и то, что модуль упругости на поверхности покрытий, содержащих такие прослойки, по отношению к другим конструкциям выше в среднем в 1,3 раза.

Выполненные теоретические исследования в совокупности с возможностью определения в лабораторных условиях общего модуля упругости поверхности покрытий позволили разработать методику и алгоритм нахождения модуля упругости конструктивных слоев, содержащих и не содержащих стабилизирующие прослойки. Это в свою очередь дает возможность предварительно оценивать и сравнивать прочностные свойства вновь устраиваемых конструктивных слоев с различными вариантами покрытий, устраиваемых на лесных дорогах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Насковец, М. Т. Транспортное освоение лесов Беларуси и компоненты лесотранспорта. – Минск : БГТУ, 2010. – 178 с.
2. Способ устройства дорожного покрытия колеяного типа : заявка Республика Беларусь / Насковец, М. Т., Дини, М. Н.; заявитель Белорусский государственный технологический ун-т. – № 20160341 ; заявл. 16.09.16.
3. Насковец, М. Т., Дини, М. Н. Комбинированные геосинтетические прослойки для устройства лесных дорог. Конструкции и результаты лабораторных испытаний // Труды БГТУ. – 2017. – № 2 : Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – С. 109–114.
4. Способ возведения дорожного покрытия и устройство для его осуществления : патент СССР : SU 1791508 A1, E01 C21/00 / Вырко Н. П., Насковец М. Т., Громыко Л. Г. ; заявитель Белорусский государственный технологический ун-т. – № 4932001/33 ; заявл. 30.04.91 ; опубл. 30.01.1993, Бюл. № 4. – С. 103.
5. Вырко, Н. П. Сухопутный транспорт леса. – Минск : Высшая школа, 1987. – 437 с.
6. Вырко, Н. П., Леонович, И. И. Практикум по дорожному грунтоведению : учебное пособие для вузов по спец. 901, 1512. – Минск : Вышэйшая школа, 1980. – 255 с.
7. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования : ТКП 45-3.03-112-2008 (02250) / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2009.

Статья поступила в редакцию 25.05.2017.