

Дерево

ISSN 0011-9008

1/2022

обрабатывающая промышленность



Дерево — 1/2022 обрабатывающая промышленность

ISSN 0011-9008

Учредитель: Редакция журнала
«Деревообрабатывающая промышленность»
Основан в апреле 1952 г.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по группе научных специальностей 05.21.00 – Технология, машины и оборудование лесозаготовок, лесного хозяйства, деревопереработки и химической переработки биомассы дерева.

Редакционная коллегия:



Главный редактор
Сафин Руслан Рушанович
д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический
университет»



Зам. главного редактора
Разумов Евгений Юрьевич
д.т.н., профессор

Czech University of Life Sciences Prague,
Faculty of Forestry and Wood Sciences,
Czech Republic

Торопов Александр Степанович, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет»

Царев Евгений Михайлович, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет»

Черных Михаил Михайлович, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет
им. Калашникова»



Зам. главного редактора
ответственный за
международную ред. коллегию
Štefan Barcik, Prof. ing., Ph.D.

Technical university in Zvolen,
Faculty of environmental and
manufacturing technology,
Slovakia

Сафин Рушан Гареевич, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

Баширов Владимир Николаевич, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

Хасаншин Руслан Ромелевич, д.т.н., доцент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

Гаспарян Гарик Давидович, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»

Григорьев Игорь Владиславович, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Арктический государственный
агротехнологический университет»

Мазуркин Петр Матвеевич, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет»

Романов Евгений Михайлович, д.с.-х.н., профессор
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический
университет»

Рыкунин Станислав Николаевич, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВПО «Мытищинский филиал МГТУ им. Баумана»

Семенов Юрий Павлович, д.т.н., профессор
ФГБОУ ВПО «Мытищинский филиал МГТУ им. Баумана»

Dr. prof. Vlado Goglia
University of Zagreb, Croatia

Dr. prof. Ruzica Beljo Lucic
University of Zagreb, Croatia

Dr. prof. Nencho Delijski
University of Forestry, Bulgaria

Dr. prof. Ladislav Dzurenda
Technical University, Slovakia

Dr. prof. Etele Csanady
University of West Hungary

Dr. prof. Alfred Teischinger
BOKU University of Natural Resources and Applied Life Sciences,
Austria

Marian Babiak, PhD, Dr.h.c.prof.RNDR.
Czech University of Life Sciences Prague,
Czech Republic

Dr. PhD Monica Sarvasova Kvietkova
Czech University of Life Sciences Prague,
Czech Republic

Адрес редакции:
117303, Москва, ул. Малая
Юшуньская, д. 1, корп. 1,

journal_woodworking@mail.ru
www.dop1952.ru

© «Редакция журнала
«Деревообрабатывающая
промышленность», 2022

Свидетельство о регистрации
СМИ в Роскомпечати № 014990
Формат бумаги 60x88/8
Тираж 720 экз.

СОДЕРЖАНИЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Лесоинженерное дело

Ахтямов Э.Р., Кручинин И.Н., Побединский В.В., Кручинина Е.И., Чижов А.А.

Разработка требований к применению добавок из вспученного вермикулита для строительства лесовозных дорог на территориях северного, приполярного и полярного урала

3

Жалко М.Е., Бургонутдинов А.М., Бурмистрова Д.Д., Ченушкина С.В., Данилов В.В.

Разработка методов повышения транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог, работающих в сложных природно-климатических условиях

10

Жалко М.Е.

Повышение морозоустойчивости дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог

18

Физико-механические процессы в деревообработке

Лукаш А.А., Глотова Т.И., Малышева Н.П., Пустрова Н.П., Чернышев О.Н.

Экспресс-метод определения себестоимости продукции при расчете технико-экономических показателей деревообрабатывающих цехов

24

Разумов Е.Ю., Байгильдеева Е.И., Сафина А.В., Сафин Р.Г.

Получение бетулина высокой степени очистки

33

Скурыдин Ю.Г., Скурыдина Е.М., Хабибуллина А.Р., Байгильдеева Е.И.

Физико-механические характеристики композиционных материалов из древесины березы, гидролизованной в присутствии перекиси водорода

41

Лукаш А.А., Глотова Т.И., Романов В.А., Феллух А., Чернышев О.Н.

Определение прочности склеивания при нормальном отрыве для разработки новых клеевых составов

55

Сафин Р.Г., Просвирников Д.Б., Арсланова Г.Р., Валеев К.В., Зиятдинова Д.Ф., Гурьянов Д.А.

Математическое описание процесса экстракции фенольных соединений

62

Артёмов А.В., Ершова А.С., Бурындин В.Г., Савиновских А.В.

Изучение изменений прочностных показателей пластиков без связующего по потери массы при биоразложении

71

Сафина А.В., Абдуллина Д.Р., Зиятдинова Д.Ф., Сафин Р.Г., Тимербаев Н.Ф., Валеев К.В.

Моделирование процесса извлечения бетулина из бересты березы

80

Химическая технология древесины

Строганова М.С., Жильникова Н.А.

Методика оценки самоочищающей способности водоема при влиянии стоков сульфат-целлюлозного производства

90

Чирков Д.Д., Захаров П.С., Шкуро А.Е., Ершова А.С.

Термомеханическая активация наполнителей для древесно-минеральных полимерных композиционных материалов

103

Лесоинженерное дело

УДК 625.852

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ПРИМЕНЕНИЮ ДОБАВОК ИЗ ВСПУЧЕННОГО ВЕРМИКУЛИТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ НА ТЕРРИТОРИЯХ СЕВЕРНОГО, ПРИПОЛЯРНОГО И ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Э.Р. Ахтямов, И. Н. Кручинин, В.В. Побединский, Е.И. Кручинина, А.А. Чижов

Рассмотрены основные проблемы по совершенствованию дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог путем использования природных дорожно-строительных материалов. Для этих дорог, характерно использование материалов, способных обеспечивать нормативные значения транспортно-эксплуатационного состояния в сложных природно-климатических условиях. Традиционные дорожные материалы отличаются нестабильностью своих физико-механических характеристик. Это вызывает значительные осложнения при проектировании и при эксплуатации лесных дорог из подобных материалов. Несмотря на ряд проведенных экспериментальных исследований, задача создания дорожных покрытий для условий Северного и Приполярного Урала, с приемлемыми эксплуатационными свойствами остается нерешенной. Таким образом, решить проблему позволит соответствующая методика проектирования составов щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий, с новыми транспортно-эксплуатационными характеристиками, с учетом природно-климатических условий эксплуатации, а также создание морозозащитных слоев, что и определило цель настоящей работы. Целью исследований разработка требований к морозоустойчивым конструктивным слоям дорожных одежд из вспученного вермикулита лесовозных автомобильных дорог. В работе были решены следующие задачи: 1) разработка требований к морозозащитным слоям дорожных одежд с добавкой из вспученного вермикулита; 2) обоснование технологий строительства лесовозных дорог с добавкой из вспученного вермикулита. Результатами работы было создание рецептуры щебеночно-мастичного асфальтобетона с теплоизолирующей добавкой из вспученного вермикулита фракции 0,5 - 1,0 мм и грунтвермикулитового материала при добавке вспученного вермикулита в объеме до 15 %. Учитывая достаточную адекватность опытно-экспериментальных исследований, результаты подборов смесей могут быть рекомендованы для использования в практике строительства лесовозных дорог для северных территориях Свердловской области и прилегающих к ним лесов Северного, Приполярного и Полярного Урала.

Ключевые слова: лесовозные дороги, морозозащитный конструктивный слой, теплоизолирующей добавка, вспученный вермикулит.

Введение

Развитие лесопромышленного комплекса Российской Федерации предусматривает реализацию стратегии по устойчивому развитию лесопромышленного комплекса, в различных регионах РФ. При этом основная роль отводится системе устойчивого развития транспортной инфраструктуры лесов. Пример освоения инвестиционных проектов на северных территориях Свердловской области и прилегающих к ним лесов Северного и Приполярного Урала показал существенную зависимость их развития от лесотранспортных сетей. Известно, что транспортная доступность лесов напрямую зависит от природно-климатических условий. Чаще всего территории Северного и Приполярного Урала располагаются во II и даже в I дорожно-климатических зонах [8]. Именно эти сложные природно-климатические условия накладывают существенные ограничения на конструкции и технологии строительства дорожных одежд лесовозных дорог.

Мировой опыт развития Северных территорий со сложными природно-климатическими условиями показал, что основными критериями развития их транспортной доступности стали дорожные конструкции из стабилизированных или укрепленных грунтов, асфальтобетонов или цементобетонов с повышенными теплоизолирующими свойствами. Анализ применения дорожно-строительных материалов, с улучшенными теплофизическими свойствами для строительства покрытий лесовозных дорог рассмотрены в работах [4, 8]. Территории Приполярных областей крайне зависимы от внешних

воздействий, поэтому лесовозные дороги должны не только обеспечивать их транспортную доступность, но и оказывать минимальное отрицательное воздействие на экологическую функцию лесов. Это существенно ограничивает выбор используемых дорожно-строительных материалов и технологий по их применению при строительстве лесовозных дорог [11].

Практически все исследователи в области строительства и эксплуатации лесовозных автомобильных дорог пришли к выводу, что обеспечить требуемые характеристики дорожных конструкций возможно только с использованием дорожных одежд с морозозащитными слоями и с покрытиями из щебеночно-мастичных асфальтобетонов [2, 5, 9].

Для морозозащитных слоев и щебеночно-мастичных асфальтобетонных покрытий наиболее важным свойством следует считать возможность сопротивляться деформациям и разрушениям в сложных природно-климатических условиях. Это свойство дорожных одежд зависит от структурной прочности минеральной части, от реологических характеристик вяжущих, их вязкости, упругости, пластичности, а также общего термического сопротивления дорожной одежды [15].

Анализ литературных источников показал, что использование покрытий из щебеночно-мастичных асфальтобетонов, по сравнению с асфальтобетонами по ГОСТ Р 58406.2 характеризуется наибольшей величиной внутреннего трения, исключением природных песков и наличием значительного содержания битума в своем составе [3, 6, 7, 10]. Причем, для повышения их теплотехнических свойств, некоторые исследователи предлагают использовать более совершенные типы вяжущих, обладающих улучшенными свойствами, а также использовать добавки, изменяющих физико-механические свойства асфальтобетонов [3, 13].

Для лесовозных дорог, одним из решений по повышению теплостабилизирующих свойств дорожных одежд, в пределах действующих нормативно-технических требований, является применение специальных добавок. Речь идет об использовании природных компонентов, которые, с целью уменьшения стоимости их применения, позволяют существенно изменить теплотехнические свойства дорожных покрытий, например, вспученный вермикулит [1].

В наших исследованиях показано, что вспученный вермикулит оказывает не только положительное влияние на улучшение физико-механических свойств битумов, но и существенно увеличивает значения сцепления к поверхности минеральных материалов, пенетрацию, растяжимость, и даже способствует понижению температуры хрупкости вяжущих [1].

В этой связи, создание новых морозоустойчивых дорожных конструкций для лесовозных дорог с использованием природных компонентов является актуальным направлением исследований, что и определило цель настоящей работы.

Целью исследований была разработка требований к морозоустойчивым конструктивным слоям дорожных одежд из вспученного вермикулита лесовозных автомобильных дорог.

В работе рассматривались следующие задачи: 1) разработка требований к морозозащитным слоям дорожных одежд с добавкой из вспученного вермикулита; 2) обоснование технологий строительства лесовозных дорог с добавкой из вспученного вермикулита.

Методы и материалы

Представленная работа была выполнена в рамках НИР ФГБОУ ВО УГЛТУ: FUEG -2021-0011 (Арктика. Развитие арктических и северных территорий) Освоение шадящего, эффективного использования лесных земель Северного, Приполярного и Полярного Урала в условиях глобального потепления за счет рационального формирования зимних транспортных путей и элементов снежной поверхности.

Как добавка, вспученный вермикулит представляет собой структурированный слоистый материал с закрытой пористостью. Большинство исследований вспученного вермикулита показали, что его частицы состоят из тончайших пластин, разделенных многочисленными воздушными прослойками. Добавку получают в результате термического нагрева материала до 1000 °С. Полученный вспученный вермикулит обладает теплопроводностью не более 0,06 Вт/м·°С, химической инертностью. Его плотность находится в диапазоне от 80 до 200 кг/м³. Он обладает низкой гигроскопичностью, адсорбционной способностью, биологической стойкостью, экологической безвредностью для окружающей среды.

В основе использования добавок из вспученного вермикулита для лесовозных дорог служит предположение, что полученный композитный материал будет существенно улучшать свои

теплотехнические и структурно-механические свойства за счет более низкой теплопроводности и создания структурных связей с дискретными частицами и битумными вяжущими.

В наших исследованиях применялся грунтовермикулитовый материал с добавкой из вермикулита от 5 до 20 % по массе. Приготовление композитного грунтовермикулитового материала осуществлялось методом смешения местного грунта с некондиционными вермикулитными материалами.

Были подготовлены три участка. Участок № 1 – грунтовермикулитовый слой с добавкой отходов 8 %. Участок №2 – грунтовермикулитовый слой с добавкой отходов 15 %. Участок № 3 – грунтощебеночный слой из местных материалов.

Для щебеночно-мастичного покрытия приготовление материала осуществлялось путем введения вспученного вермикулита в битумный материал, нагретый до 80 °С. Основные физико-механические характеристики оценивались по температуре размягчения битумновермикулитовой дисперсии. Дополнительно исследовались их растяжимость и пенетрация. Оценка трещиностойкости полученных асфальтобетонов проводилась по степени деструкции битумного материала [7,12,14].

Исходными материалами для морозозащитного слоя дорожной одежды служили: грунт пучинистый, суглинок тяжелый пылеватый твердый с щебнем; естественная влажность – 22,2 % по массе; влажность на границе текучести – 38,74 % по массе; влажность по границе раскатывания – 25,65 % по массе; число пластичности – 13,09; оптимальная влажность – 24,4 % по массе; максимальная плотность – 2,01 г/см³; максимальная плотность сухого грунта – 1,62 г/см³; содержание пылевидных и глинистых частиц – 30,2 % по массе; содержание песчаных частиц (2 – 0,5мм) – 10,68 % по массе; содержание частиц крупнее 2мм – 16,15% по массе; органическое вещество – 2,84 %, температура грунта +3°С.

Для теплоизолирующего слоя дорожной одежды были использованы следующие материалы: фракционированный щебень (фр. 8-16 мм) из гранодиоритов Новосмолинского месторождения; песок дробленый из интрузивных пород (фр. 0-4 мм); минеральный порошок МП-2, битум БНД 70/100, а также ПАВ – адгезионная присадка к битуму «Амдор-10». В качестве тепло стабилизирующей добавки к щебеночно-мастичной смеси служил вспученный вермикулит фракции 0,5-1,0 мм, добавляемый в количестве от 0,5 до 0,75 % масс. от минеральной части асфальтобетонной смеси.

В таблице 1 приведены зерновые составы щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси для использования с добавками вермикулита [1, 18].

Таблица 1 – Зерновые составы щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси для использования с добавками вермикулита

Наименование каменного материала	Содержание в а/б смеси, %	Зерновой состав, мм									
		31,5	22,4	16	11,2	8,0	5,6	4,0	2,0	0,125	0,063
Щебень фр. св.11,2 до 16 мм	28	28	28	28	4,3	0,1	0,1	0	0	0	0
Щебень фр. св.8 до 11,2 мм	20	20	20	20	18,7	1,6	0,1	0,04	0	0	0
Щебень фр. от 4 до 8 мм	10	10	10	10	10	9,7	2,8	0,04	0	0	0
Песок из отсеков дробления	42	42	42	42	42	42	42	93,4	29,5	7,2	3,8

Результаты

В исследованиях автора [4] было обосновано, что основные транспортно-эксплуатационные параметры покрытий лесовозных дорог зависят от технологии их строительства, вида используемого дорожно-строительного материала и конструктивных особенностей слоев дорожных одежд. Эти исследования позволили сделать вывод, что при проектировании конструкций дорожных одежд особое внимание следует обратить на их работоспособность и строительство при отрицательных температурах [8, 16].

На рисунке 1 представлена конструкция морозозащитной дорожной одежды лесовозной дороги для условий Северного, Приполярного и Полярного Урала.

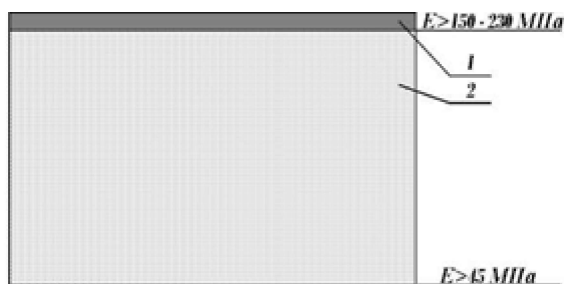


Рис. 1. Конструкция морозозащитной дорожной одежды песочной дороги для условий Северного, Приполярного и Полярного Урала: 1-щебеночно-мастичный асфальтобетон с теплостабилизирующей добавкой из вспученного вермикулита; 2-морозозащитный слой из местного грунта с теплоизолирующей добавкой из вспученного вермикулита

Результатом экспериментальных исследований стала разработка технологий по строительству морозозащитных дорожных одежд с добавками из вермикулита.

Грунтовермикулитовые материалы, доставленные на объект строительства, рекомендуется разгружать по оси дороги в валик, который в последующем разравнивают на всю ширину слоя автогрейдерами или бульдозерами.

При распределении материалов следует учитывать запас на усадку при уплотнении: для некондиционных грунтовермикулитовых смесей фракций 0-70 мм марки по прочности 400 и более от 30 до 50%; для вспученного вермикулита от 35 до 60%.

Наименьшая толщина распределяемого слоя должна в 1,5 раза превышать размер наиболее крупных частиц и быть не менее 15 см.

Максимальная толщина слоя не должна превышать уплотняющей способности катков.

Продолжительность технологического разрыва во времени между вывозкой материала на дорогу ее распределением и уплотнением не регламентируется.

Перемешивание и планировку материала следует производить с помощью автогрейдера непосредственно после распределения материала, а затем немедленно следует приступить к уплотнению.

Уплотнение необходимо производить виброкатками массой не более 9 т, ориентировочно за 6-10 проходов катка по одному следу. Количество проходов уточняют по результатам пробного уплотнения при начале производства работ. Согласно СП 78.133330. 2012 уплотнение надлежит начинать от краев к середине с перекрытием следа предыдущего прохода катка не менее чем на 0,15 м. В случае необходимости в процессе уплотнения автогрейдером исправляют профиль уплотняемого слоя до требуемых параметров.

В процессе уплотнения необходимо соблюдать следующие правила:

1. Уплотнение следует производить в строгом соответствии с рекомендациями.
2. Каток должен двигаться параллельно оси дороги со скоростью 2...3 км/ч, в статическом режиме.
3. На покрытиях с продольным уклоном более 30 % уплотнение следует производить снизу вверх.
4. При первых проходах катков во избежание волн ведущие вальцы должны быть впереди.
5. Во время уплотнения катки должны быть в непрерывном и равномерном движении.
6. Запрещается останавливать катки или резко менять направление движения на неуплотненном слое.

7. Для исключения образования волны каждый последующий след катка должен быть смещен в направлении уплотнения относительно предыдущего на величину, примерно равную диаметру вальца.

Грунтовермикулитовый слой фракции 0-70 мм следует уплотнять за несколько этапов:

Первый этап уплотнения.

Производится прикатка или предварительное уплотнение. Происходит обжимка материала и выравнивание поверхности слоя виброкатком. Вибромодуль не включается. Основная задача на этом этапе состоит в некотором начальном подравнивании еще рыхлого после укладки и планировки слоя материала и предварительном его обжатии. При этом первые два прохода по одному следу без вибрации, затем два прохода по следу с минимальной вибрацией на рабочей скорости не более 2,5 км/час.

Технология устройства щебеночно-мастичного асфальтобетонного слоя традиционная и должна соответствовать основным положениям СП 78.133330. 2012.

В таблице 2 представлены основные физико-механических показатели для конструктивных слоев с теплоизолирующей добавкой на основе вспученного вермикулита.

Анализ показал, что запроектированная щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь полностью удовлетворяет требованиям для условий II дорожно-климатической зоны и соответствуют общим требованиям ГОСТ 58406.1. Проектный расход вяжущего для битума БНД 70/100 составил: 5,4% мас. [1].

В результате подбора состава грунтовермикулитового слоя фракции 0-70 мм с добавкой вермикулита, было выявлено, что для гарантированного обеспечения коэффициента теплопроводности [17], следует использовать вспученный вермикулит в объеме от 10 до 15 %.

Таблица 2 – Физико-механические свойства дорожной одежды с теплоизолирующей добавкой на основе вспученного вермикулита

<i>Наименование показателей</i>	<i>Фактические показатели</i>		
	<i>ЩМА-16 на БНД 70/100</i>	<i>Грунтовермикулитовый слой фракции 0-70 мм</i>	<i>Грунт местный, суглинок</i>
1. Объемная плотность, г/см ³	2,441	1,68	2,01
2. Содержание воздушных пустот, %	2,5	не регламентируется	не регламентируется
3. Пустоты в минеральном заполнителе, %	16,5	не регламентируется	не регламентируется
4. Коэффициент водостойкости, ед	0,89	не регламентируется	не регламентируется
5. Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	1,01	0,59	1,62
6. Влажность, %	не регламентируется	16,2	22,2
7. Термическое сопротивление конструктивного слоя дорожной одежды, м ² ·К/Вт	0,05	0,76	0,89
8. Толщина конструктивного слоя при условии обеспечения $R_{од(тр)} = 1,92 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, м	0,03	0,35	1,62

Заключение

Изучены закономерности влияния вспученного вермикулита на физико-механические свойства морозозащитных конструктивных слоев дорожных одежд лесовозных дорог.

Применение вермикулита в качестве добавки к грунтовому местному материалу позволило резко повысить теплостабилизирующие свойства конструктивного слоя. Так коэффициент теплопроводности удалось снизить с 1,62 до 0,59, Вт/м·К, при добавке вспученного вермикулита в объеме до 15 %.

Помимо этого, вспученный вермикулит, при добавке его в щебеночно-мастичный асфальтобетон ЩМА-16 проявил себя как стабилизатор вяжущего. Изменились теплопроводные свойства, улучшились низкотемпературные упруго-прочностные характеристики асфальтобетонного покрытия. Уменьшилась температура укладки. Рекомендуемый расход вермикулита составляет от 0,3 до 0,8 % масс. от минеральной части смеси.

Как видно из результатов испытаний (см. табл. 2), щебеночно-мастичный асфальтобетон с теплостабилизирующей добавкой на основе вспученного вермикулита соответствует требованиям к ЩМА 16 по ГОСТ 58406.1 и может применяться в верхнем слое асфальтобетонных покрытий лесовозных автомобильных дорог.

Разработанная технология строительства и конструкция морозозащитной дорожной одежды (см. рис.1) рекомендуется к применению на лесовозных автомобильных дорогах, расположенных на северных территориях Свердловской области и прилегающих к ним лесов Северного и Приполярного Урала.

Литература

1. Ахтямов Э.Р. Повышение эксплуатационных характеристик покрытий лесных лесовозных дорог за счет добавки из вспученного вермикулита [Текст] / Ахтямов Э.Р., Кручинин И. Н., Побединский В. В., Кручинина Е.И. // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 2021. - №2. – С. 3-10.
2. Кандауров, И. И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве / И. И. Кандауров. - Л.: СИ, 1988. - 281 с.
3. Кирюхин, Г.Н. Покрытия из щебеночно -мастичного асфальтобетона/ Г.Н. Кирюхин, Е.А. Смирнов // М.: ООО Издательство «Элит».-2009. 176 с.
4. Кручинин, И.Н. Повышения технологической эффективности строительства лесовозных автомобильных дорог из низкопрочных каменных материалов [Текст] / И.Н. Кручинин, В.А. Ращектаев // *Лесотехнический журнал*. - 2018- № 2 (30). - С. 168-176.
5. Малянова Л.И., Салихов М.Г. Изучение влияния модифицированной добавки на некоторые свойства асфальтобетона с отсевами дробления известняков для покрытий лесовозных дорог «Вестник МарГТУ». Серия «Лес. Экология. Природопользование».- Йошкар-Ола: МарГТУ, 2013. - №1.- С.64-70.
6. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия / А.В. Руденский. – М.: Транспорт, 1992. – 213 с.
7. Рыбьев И.А. Асфальтовые бетоны. – М.: Высшая школа, 1969. – 396 с.
8. Савельев, В.В. Обоснование типа и конструкций одежд лесовозных автомобильных дорог: Дис... докт. техн. наук. / МарГТУ, науч. консультант Ю.А. Ширнин. – Йошкар-Ола, 2006.- 516 с.: ил. – библиограф С.296 -319.
9. Bindu C. S. et. al. Waste plastic as a stabilizing additive in Asphalt Stone Mastic/ *International Journal of Engineering and Technology* Vol.2 (6), 2010, 379-387.
10. Brown, E.R., Haddock, John E., Mallick, Rajib B. and Lynn, T.A.(1997a), Development t of a Mixture Design Procedure for Stone Matrix Asphalt (SMA), *Asphalt Paving Technology 1997 - Journal of the Asphalt Paving Technologists*, Volume 66, pp 1 - 25.
11. Joao, S. et al. 2015 A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework By / S. Joao, F. Adelino, F. Gerardo // *International Journal of Pavement Engineering*, March. –2015. – Vol. 16. Issue 3. –P.268–286.
12. NAPA (1998), *Designing and Constructing SMA Mixtures – State-of-the- Practice*, National Asphalt Pavement Association, Quality Improvement Series 122, USA.
13. Nunn, M.E. (1994), *Evaluation of Stone Mastic Asphalt (SMA): A High Stability Wearing Course Material*, Transport Research Laboratory Project Report 65.
14. Paje, S.E.; Vázquez, V.F.; Terán, F.; Viñuela, U. ; Hidalgo, M.E.; Costa, A.; Loma, J.; Cervantes, R.; Lanchas, S.; Hergueta, J.A.; et al. Field performance evaluation of stone mastic asphalt with crumb rubber. In *Proceedings of the 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013, INTER-NOISE 2013: Noise Control for Quality of Life*, Innsbruck, Austria, 15–18 September 2013; Austrian Noise Abatement Association: Innsbruck, 2013; p. 536.
15. Redelius, P. G. (2006). The structure of asphaltenes in bitumen. *Road Materials and Pavement Design*, 7 (sup1), 143-162.
16. Siripun, K. et.al. 2011 Mechanical Behavior of Unbound Granular Road Base Materials under Repeated Cyclic Loads / K. Siripun, H. Nikraz, P. Jitsangiam // *International Journal of Pavement Research and Technology*, Jan. –2011. – Vol.4. – No.1. – P. 56–66.
17. Splittmastixasphalt / Dr. Ing. K.H. Kolb, die Herren H. Erhard, F. Hoggenmuller, O. Kast und andere; LEITFADEN. DeutscherAsphaltverband (DAV). – 27 p.
18. Wearing Course Material, Transport Research Laboratory Project Report 65.

©Ахтямов Э.Р. – главный технолог ООО «Дорожно-строительная компания «УРАЛ»», г. Челябинск, e-mail: ra@7359808.ru; Кручинин И.Н. – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры транспорта и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (ФГБОУ ВО «УГЛТУ»), e-mail: kinaa.k@yandex.ru; Побединский В.В. – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой интеллектуальных систем ФГБОУ ВО «УГЛТУ», e-mail: pobed@el.ru; Кручинина Е.И. – магистрант кафедры транспорта и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «УГЛТУ», e-mail: braginskayarita@gmail.com; Чижов А.А. – канд. техн. наук., доцент кафедры транспорта и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «УГЛТУ», e-mail: chizhovaa@m.usfeu.ru.

UDC 625.852

IMPROVING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF FOREST ROAD COVERINGS DUE TO ADDITION FROM SUPPLIED VERMICULITE

E.R. Akhtyamov, I.N. Kruchinin, V.V. Pobedinsky, E.I. Kruchinina, A.A. Chizhov

The main problems of improving road pavements of logging highways by using natural road-building materials are considered. These roads are characterized by the use of materials capable of ensuring the normative values of the transport and operational state in difficult natural and climatic conditions. Traditional road materials are characterized by the instability of their physical and mechanical characteristics. This causes significant complications in the design and operation of forest roads made of similar materials. Despite a number of experimental studies, the task of creating road surfaces for the conditions of the Northern and Subpolar Urals, with acceptable operational properties, remains unresolved. Thus, the problem will be solved by the appropriate design methodology for compositions of crushed stone-mastic asphalt-concrete pavements, with new transport and operational characteristics, taking into account the natural and climatic conditions of operation, as well as the creation of frost-protective layers, which determined the purpose of this work. The purpose of the research is the development of requirements for frost-resistant structural layers of pavements made of expanded vermiculite of logging automobile roads. The following tasks were solved in the work: 1) development of requirements for frost-protective layers of road pavements with the addition of expanded vermiculite; 2) substantiation of technologies for the construction of timber roads with the addition of expanded vermiculite. The results of the work were the creation of a formulation of crushed stone-mastic asphalt concrete with a heat stabilizing additive from expanded vermiculite of fraction 0.5 - 1.0 mm and soil-vermiculite material with the addition of expanded vermiculite in a volume of up to 15%. Taking into account the sufficient adequacy of experimental research, the results of the selection of mixtures can be recommended for use in the practice of building timber roads for the northern territories of the Sverdlovsk region and the adjacent forests of the Northern, Subpolar and Polar Urals.

Key words: timber roads, frost-protective structural layer, heat-stabilizing additive, expanded vermiculite.

References

1. Akhtyamov E.R. [Improving the operational characteristics of coatings of forest timber roads due to the addition of expanded vermiculite] / Akhtyamov E.R., Kruchinin I.N., Pobedinsky V.V., Kruchinina E.I. // «Derevoobrabatывayushchaya promyshlennost» [Woodworking industry]. - 2021. - No. 2. - P. 3-10. (InRuss.)
2. Kandaurov I.I. [Mechanics of granular media and its application in construction] // I.I. Kandaurov. - L.: SI, 1988. - 281 p. (InRuss.)
3. Kiryukhin, G.N. [Crushed-stone-mastic asphalt concrete coatings]. - M.: LLC Publishing House "Elite". [M.: LLC Publishing House "Elite"]. - 2009. 176 p. (InRuss.)
4. Kruchinin, I.N. [Increasing the technological efficiency of the construction of timber-carrying automobile roads from low-strength stone materials] // I.N. Kruchinin, V.A. Ruschektaev // «Lesotekhnicheskii zhurnal» [Forestry journal]. - 2018- No. 2 (30). - P. 168-176. (InRuss.)
5. Malyanova L.I. [Investigation of the effect of the modified additive on some properties of asphalt concrete with limestone crushing screenings for covering timber roads] / Malyanova L.I., Salikhov M.G. // «Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye: Vestnik MarGTU. - Yoshkar-Ola». Series "Forest. Ecology. Nature management". - Yoshkar-Ola: MarSTU, 2013. - No. 1. - P.64-70.
6. Rudensky A.V. [Asphalt concrete pavement] -M.: Transport [M.: Transport] 1992. - 213 p. (InRuss.)
7. Rybiev I.A. [Asphalt concrete]. - M.: Vysshaya shkola [M.: Higher school], 1969. - 396 p. (InRuss.)
8. Saveliev V.V. [Substantiation of the type and designs of clothing for timber-carrying highways]: Dis... dokt. tekhn. nauk. [Dis ... doc. tech. sciences]. / MarSTU, scientific consultant Yu.A. Shirmin. - Yoshkar-Ola, 2006. - 516 p.: ill. - bibliographer P.296 -319. (InRuss.)
9. Bindu C. S. et. al. Waste plastic as a stabilizing additive in Asphalt Stone Mastic/ International Journal of Engineering and Technology Vol.2 (6), 2010, 379-387.
10. Brown, E.R., Haddock, John E., Mallick, Rajib B. and Lynn, T.A.(1997a), Development of a Mixture Design Procedure for Stone Matrix Asphalt (SMA), Asphalt Paving Technology 1997 - Journal of the Asphalt Paving Technologists, Volume 66, pp 1 - 25.

11. Joao, S. et al. 2015 A life cycle assessment model for pavement management: methodology and computational framework By / S. Joao, F. Adelino, F. Gerardo // International Journal of Pavement Engineering, March. –2015. – Vol. 16. Issue 3. –P.268–286.
12. NAPA (1998), Designing and Constructing SMA Mixtures – State-of-the- Practice, National Asphalt Pavement Association, Quality Improvement Series 122, USA.
13. Nunn, M.E. (1994), Evaluation of Stone Mastic Asphalt (SMA): A High Stability Wearing Course Material, Transport Research Laboratory Project Report 65.
14. Paje, S.E.; Vázquez, V.F.; Terán, F.; Viñuela, U.; Hidalgo, M.E.; Costa, A.; Loma, J.; Cervantes, R.; Lanchas, S.; Hergueta, J.A.; et al. Field performance evaluation of stone mastic asphalt with crumb rubber. In Proceedings of the 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2013, INTER-NOISE 2013: Noise Control for Quality of Life, Innsbruck, Austria, 15–18 September 2013; Austrian Noise Abatement Association: Innsbruck, 2013; p. 536.
15. Redelius, P. G. (2006). The structure of asphaltenes in bitumen. Road Materials and Pavement Design, 7 (sup1), 143-162.
16. Siripun, K. et.al. 2011 Mechanical Behavior of Unbound Granular Road Base Materials under Repeated Cyclic Loads / K. Siripun, H. Nikraz, P. Jitsangiam //International Journal of Pavement Research and Technology, Jan. –2011. – Vol.4. – No.1. – P. 56–66.
17. Splittmastixasphalt / Dr. Ing. K.H. Kolb, die Herren H. Erhard, F. Hoggenmuller, O. Kast und andere; LEITFADEN. DeutscherAsphaltverband (DAV). – 27 p.
18. Wearing Course Material, Transport Research Laboratory Project Report 65.

Akhtyamov E.R. – Chief Technologist of LLC «Road Construction Company URAL», e-mail: ra@7359808.ru; **Kruchinin I.N.** – Grand PhD in Engineering, Professor of the Department of Transport and Road Construction, Ural State Forest Engineering University (USFEU), e-mail: kinaa.k@yandex.ru; **Pobedinsky V. V.** – Grand PhD in Engineering, Professor, Head of the Department of Intelligent Systems, USFEU, e-mail: pobed@el.ru; **Kruchinina E.I.** –Master of the Department of Transport and Road Construction, USFEU, e-mail: braginskayarita@gmail.com; **Chizhov A.A.** – PhD in Engineering, Professor of the Department of Transport and Road Construction, USFEU, e-mail: chizhovaa@m.usfeu.ru.

УДК 625.852

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТРАНСПОРТНО - ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ, РАБОТАЮЩИХ В СЛОЖНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

М.Е. Жалко, А.М. Бургонутдинов, О.Н. Бурмистрова, С.В. Ченушкина, В.В. Данилов

Рассмотрены основные проблемы при проектировании водопропускных слоев дорожных одежд лесовозных дорог путем использования современных дренажных конструкций. Лесовозные дороги, расположенные на переувлажненных и временно подтапливаемых лесных территориях подвержены значительному снижению транспортно-эксплуатационных показателей. Обычные конструкции дорожных одежд в этих условиях не всегда способны обеспечить требуемые физико-механические характеристики подстилающих слоев. Это вызывает значительные осложнения при строительстве и эксплуатации лесовозных дорог. Несмотря на ряд проведенных исследований, задача проектирования дорожных одежд, с приемлемыми эксплуатационными свойствами остается нерешенной. Таким образом, решить проблему позволит соответствующая методика подбора дренажных конструкций, с улучшенными транспортно-эксплуатационными характеристиками, с учетом природно-климатических условий эксплуатации, что и определило цель настоящей работы. Целью исследований была разработка требований к конструктивным показателям дорожных одежд лесовозных дорог с использованием дренажных конструкций. В работе были решены следующие задачи: разработка требований к дренажным конструкциям дорожных одежд лесовозных дорог; обоснование расположения дренажных конструкций в теле дорожной одежды лесовозных дорог. Результатами работы стало создание конструкции дренажных устройств без снижения прочностных характеристик дорожных одежд. Выбран вариант расположения дренажных