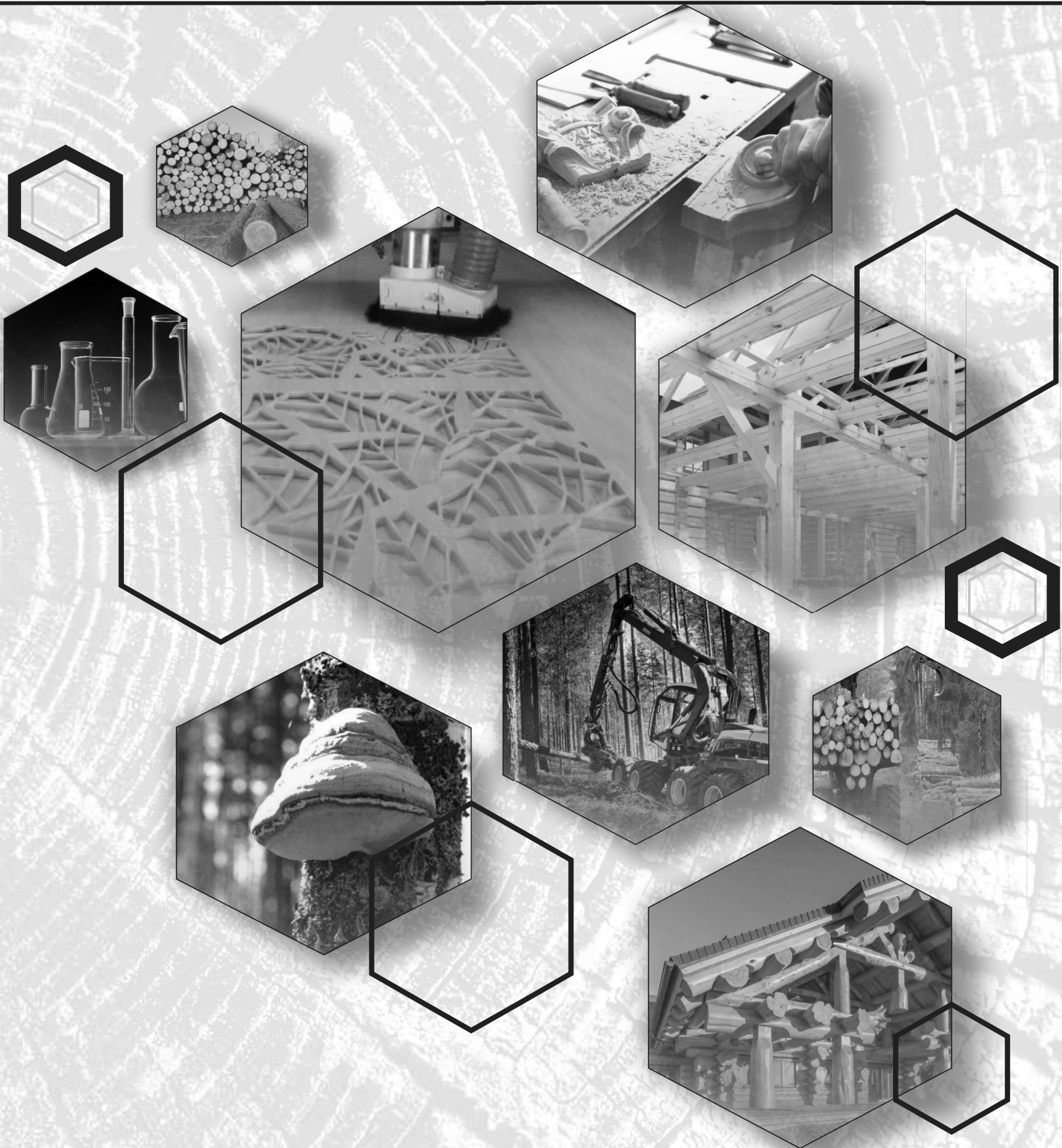


# Дерево

ISSN 0011-9008

1/2022

## обрабатывающая промышленность



# ДЕРЕВО

ISSN 0011-9008

## обработывающая ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1/2022

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»

**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  
**Разумов Евгений Юрьевич**  
д.т.н., профессор

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



Зам. главного редактора  
ответственный за  
международную ред. коллегию  
**Štefan Barčík**, 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»

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

**Хасанишин 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., Бургутдинов 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., Путрова 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., Феллук 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., Зиатдинова 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 потере массы при биоразложении

71

*Сафина А.В., Абдуллина Д.Р., Зиатдинова 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

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@e1.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*



*отверстий в трубчатых дренах, которые располагаются только в верхней части конструкции. Обоснованы размеры дренающих отверстий и шаг их расположения. Дополнительно были улучшены морозозащитные свойства дорожных одежд. Возросло термическое сопротивление дорожной одежды до  $0,45 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ . Учитывая достаточную адекватность исследований, результаты расчетов и расположения дренающих конструкций могут быть рекомендованы для использования в практике строительства лесовозных дорог, расположенных в сложных природно-климатических условиях.*

**Ключевые слова:** лесовозные дороги, дренающие конструкции, дорожные одежды.

## Введение

При реализации стратегии по устойчивому развитию лесопромышленного комплекса, в различных регионах РФ, основным элементом оценки качества функционирования транспортной инфраструктуры служат автомобильные лесовозные дороги. Основные исследования в этой области сосредоточены либо на повышение технологической эффективности строительства лесных дорог, либо на разработке новых методов проектирования [2, 5, 9]. Особое внимание уделяется процессам обеспечения работоспособности дорожных одежд лесовозных дорог, работающих в сложных природно-климатических условиях, особенно на временно или постоянно переувлажнённых лесных землях. Именно от их конструктивных особенностей зависят основные транспортно-эксплуатационные показатели дорог [7]. Большинство исследователей в области эксплуатации лесовозных дорог пришли к выводу, что для обеспечения требуемых транспортно-эксплуатационных показателей необходимо использовать либо дренажные системы, либо модифицированные системы водоотведения [3, 4, 6].

При анализе условий работоспособности дренающих слоев необходимо учитывать, как физико-механические показатели, влияющие на прочность дорожной одежды, так и способность дренающих слоев обеспечить требуемый водно-тепловой режим земляных сооружений автомобильных дорог. Хочется подчеркнуть, что затраты на сооружение дренажных конструкций лесовозных дорог достаточно высокие, постоянно увеличиваются и оказывают существенное влияние на лесовосстановительные функции леса [8, 13]. С целью уменьшения затрат на строительство и эксплуатацию лесовозных дорог были разработаны схемы дренажных сооружений, в которых, взамен традиционных дренающих слоев были использованы иные компоненты. Речь идет об устройстве плоскостного дренажного слоя, с улучшенными физико-механическими показателями [12].

В наших исследованиях было показано, что основным назначением разработанных дренажных систем, это наибольшее отведение воды грунтового основания дорожной одежды по всей глубине промерзания, без снижения прочностных характеристик [7]. Ряд исследователей предполагали, что в качестве основных материалов для устройства дренажных систем возможно использование гравия, песков, шлаков и других материалов с необходимыми коэффициентами фильтрации [5, 10, 12]. Однако, учитывая, что лесовозные дороги не только обеспечивают функционирование лесотранспортной системы, но и влияют на средообразующую функцию леса, необходимо рассмотреть возможность проведения мероприятий по регулированию не только водоотведения от дорожных конструкций, но и устойчивого управления лесами. Эти мероприятия накладывают существенные ограничения на выбор конструктивных схем дорожных одежд лесовозных дорог [5, 9]. Возникла ситуация, когда проблемы лесопользования напрямую столкнулись с необходимостью рассматривать степень влияния лесотранспортных сетей на средообразующую функцию леса.

Таким образом, создание новых технологических решений повышения транспортно-эксплуатационных характеристик лесовозных дорог, с использованием особых конструктивных элементов является актуальным направлением исследований, что и определило цель настоящей работы.

Целью исследований была разработка требований к конструктивным показателям дорожных одежд лесовозных дорог с использованием дренающих конструкций.

В работе рассматривались следующие задачи: 1) разработка требований к дренающим конструкциям дорожных одежд лесовозных дорог; 2) обоснование расположения дренающих конструкций в теле дорожной одежды лесовозных дорог.

## Методы и материалы

Как было показано в работах [1, 3, 4, 10, 12] вопросы устройства дренажных систем и водоотведения на лесовозных автомобильных дорогах освещены достаточно полно.

Известно, что основные слои дорожной одежды лесовозных дорог можно подразделить на [5]:

1. Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес подвижного лесовозного состава и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов; покрытие должно обеспечивать необходимые транспортно-эксплуатационные качества проезжей части; в покрытие входят также слой износа и слои с шероховатой поверхностью;

2. Основание – часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна;

3. Дополнительные слои основания (морозозащитные, теплоизоляционные, дренирующие и др.) – слои между основанием и верхом рабочего слоя земляного полотна, обеспечивающие морозоустойчивость и дренирование дорожной одежды и верхней части земляного полотна.

Дополнительно к этому, для полного водоотвода устраивается плоскостной горизонтальный дренаж, дополняемый прикромочным и поперечным дренажом мелкого заложения.

Универсальным решением для большинства проблемных участков лесовозных дорог является комбинированный плоскостной горизонтальный дренаж.

Ряд учёных предлагают следующий алгоритм разработки мероприятий по проектированию дренажных систем лесовозных дорог [10, 11]:

1. Разделение лесовозных дорог на характерные участки по продольному профилю и природно-климатическим условиям. При этом учитываются как наличие местных материалов для дренажного слоя, так и возможность осуществления мер по ограничению притока воды из лесорастительной зоны.

2. Определение для каждого типа объёма воды, поступающей в основание дорожной одежды за расчетный период года.

3. Расчётное обоснование параметров дренирующих конструктивных слоев лесовозных дорог.

Принято выделять подстилающие, дренирующие и дополнительные слои дорожных одежд. В нашем случае данные функции могут быть совмещены в одном конструктивном слое.

Основным свойством дренирующих слоёв является увеличение не только морозостойкости дорожной одежды, но и показатели прочности. Выбор толщины слоёв производят на основе обеспечения заданной прочности всей конструкции дорожной одежды. При необходимости использования подстилающего слоя, одновременно в качестве дренирующего, его выполняют на всю ширину земляного полотна.

В целях оптимизации геометрических параметров дренажного слоя используется принцип объёмного поглощения, когда вода, попавшая в дренирующий слой должна разместиться в его порах в полном объёме. При этом желательно использовать крупнозернистые материалы, т.к. они имеют наибольший модуль упругости, чем мелкодисперсные, и слой из них может удовлетворять одновременно требованиям теплоизолирующего и подстилающего слоев.

### Результаты

Повышение транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных дорог напрямую зависит от типа конструкции дорожной одежды и расположения дренирующих элементов [6]. Учитывая особенности эксплуатации лесовозных дорог особое внимание следует обратить на их возможность работать в условиях значительного переувлажнения [4, 15].

Решить поставленные задачи позволяет установка дренирующих труб. В случае не обеспеченного дренажа, эффективный диаметр дренирующей конструкции может быть выражен следующей зависимостью:

$$D = T \left[ \sqrt{\frac{8K_{\phi}h_{\max}}{WT} \left(1 + \frac{h_{\max}}{2T}\right) + B_1^2} - B_1 \right], \quad (1)$$

где  $h_{\max}$  – максимальное превышение уровня грунтовых вод над уровнем воды в дренирующей конструкции, м;

$K_{\phi}$  – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

$W$  – расход воды в грунтовом слое, м<sup>3</sup>/сут;

$B_1$  – обобщенный коэффициент фильтрации;

$$B_1 = 2,94lg \frac{1}{\sin \frac{\pi r}{T}}, \quad (2)$$

где  $r$  – средний радиус элемента дренирующей конструкции, м;  
 $T$  – превышение уровня грунтовых вод над дренажом, м.

В условиях, при которых расстояние между дренажными трубами по горизонтали определено, можно найти наибольшее значение  $h_{max}$ , исходя из того, что расстояние в горизонтальной плоскости будет максимальным.

Предлагается расположение дренажных труб в шахматном порядке, что существенно повысит надежность предлагаемого решения. Расстояние между трубами зависит от типа грунта. Показатели для основных типов грунта приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные зависимости расстояния между дренирующими конструкциями в зависимости от типа грунта

<i>Тип грунта</i>	<i>Расстояние между дренами по горизонтальной оси, м</i>	<i>Расстояние между дренами по вертикальной оси, м</i>
Глинистые грунты	от 5 до 7,5	от 0,4 до 0,5
Супеси и суглинки	от 10,0 до 10,8	от 1,0 до 1,4
Заторфованные грунты	от 10,2 до 10,6	от 1,0 до 1,4
Песчаные грунты	от 20,2 до 20,4	от 1,6 до 1,8

В качестве основного материала предлагается использование труб из поливинилхлорида (ПВХ), как материала, наиболее полно отвечающего требованиям, предъявляемым лесопользователями [2]. Расчётный диаметр труб составил от 70 до 110 мм, что регулируется спецификой подстилающего грунта и степенью его увлажнения. Все дренажные трубы заполняются каменными материалами, например, щебнем с зерновым составом до 70 мм. Следует учитывать, что при заполнении дрен не должны присутствовать элементы глинистых и пылеватых частиц. По показателям морозостойкости все материалы должны соответствовать марке не менее F50 щебня по ГОСТ 8267-93.

Главным отличительным элементом дренирующей конструкции служит организация в верхнем сегменте дренажной трубы перфорации. Диаметр отверстий составляет от 1 до 3 мм, шаг сетки отверстий от 30 до 50 мм. Отверстия предназначены для пропуска воды в тело дренирующей конструкции (см. рисунок 1).

Благодаря тому, что большая часть поверхности дрен отверстий не имеет, не возникает сквозной проход водной среды сквозь тело дрен. Попав внутрь, вода по дренажной трубе отводится в сторону обочин из-под дорожной конструкции.

В качестве наполнителя дренажных труб предлагается использование каменных материалов, соответствующих установленным требованиям. Применение этого решения позволяет обеспечить требуемые параметры как по вертикальным нагрузкам, так и по модулю упругости всей дорожной конструкции. Общая схема конструкции дренажной системы лесовозной дороги в поперечном срезе представлена на рисунке 2. В зависимости от подверженности конкретным лесорастительным условиям фильтрационному подъёму воды схема расположения отверстий может изменяться относительно горизонтальной оси дрены. Базовые варианты расположения перфорированных отверстий приведены на рисунке 1.

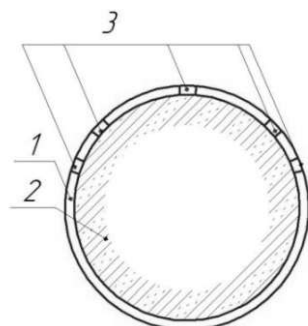


Рис. 1. Водопрopusкная конструкция и варианты расположения дренирующих отверстий: 1 - дренирующая конструкция; 2- наполнитель дрены; 3 – дренажные отверстия

Предлагаемая конструкция позволяет в полной мере решить вопрос с дренированием основания дорожной одежды, однако нерешенным остаётся вопрос влияния предлагаемой конструкции на показатели несущей способности.

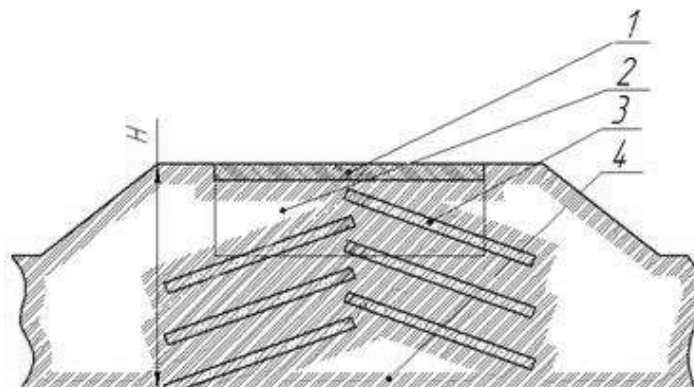


Рис. 2. Конструкция дренажной системы лесовозных дорог: 1- дорожное покрытие; 2- основание дорожной одежды; 3 – дренажные трубочатые конструкции; 4 – земляное полотно; Н – глубина промерзания

В таблице 2 представлены результаты расчета дорожной конструкции с дренирующими слоями, выполненные в программном продукте «Indor Pavement 9» ООО «ИндорСофт».

Таблица 2 – Расчет дорожной конструкции с дренажной ситстемой

№ слоя	Расчётные характеристики			Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Глубина промерзания рабочего слоя	Дренаж
	Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа			
1	$E_{упр}=2800$	$E_{сдв}=1700$	$E_{изг}=3600$	$E_{пов}=342$ $K_{тр}=0,900$ $K_{расч}=7,980$ Запас = 787%		
2	$E_{упр}=2800$	$E_{сдв}=1700$	$E_{изг}=3600$ $K_{тр}=0,940$ $K_{расч}=1,609$ Запас = 71%	$E_{пов}=290$		
3	$E_{упр}=450$	$E_{сдв}=450$	$E_{изг}=450$	$E_{пов}=225$		
4	$E_{упр}=250$	$E_{сдв}=250$	$E_{изг}=250$	$E_{пов}=188$		
5	$E_{упр}=600$	$E_{сдв}=600$	$E_{изг}=600$	$E_{пов}=165$	$H_{min} = 12$ см Запас = 54 см	$H_{min} = 41$ см Запас = 1 см
6	$E_{упр}=36$	$E_{сдв}=36$		$E_{пов}=36$		

### Заключение

Изучены закономерности влияния дренирующих конструкций на транспортно-эксплуатационные показатели лесовозных дорог, расположенных на временно или постоянно переувлажнённых лесных землях.

Была проведена оценка влияния дренирующих конструкций на прочностные показатели дорожных одежд лесовозных дорог. Выявлено, что при обеспечении основных фильтрационных способностей подстилающих слоев дорожных одежд, укладка перфорированных дрен не оказала негативного влияния на прочностные показатели дорог. Предложенная расчетная схема оценки расстояния между дренами позволяет проводить расчёты расположения дренирующих элементов без снижения транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных дорог.

Обеспечение снижения влажности рабочего слоя земляного полотна существенно повысило морозозащитные свойства лесовозных дорог. Ожидаемая пучинность грунта оказалась ниже нормативных предельно-допустимых значений, а термическое сопротивление дорожной одежды выросло до значения в  $0,45 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ .

Разработанная конструкция дренирующей системы может быть использована для обеспечения основных транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорогах без снижения прочности по модулю упругости. Разработанные конструкции хорошо согласуются с опытно-экспериментальными работами по строительству лесовозных дорог [8, 9]. Учитывая данный факт, шаг укладки дренажей можно увеличить до 110 мм.

Рекомендуется для строительства и реконструкции участков лесовозных дорог в условиях переувлажнения и на периодически подтапливаемых лесных территориях.

### Литература

1. Бируля А.К. Работоспособность дорожных одежд / А.К. Бируля, С.И. Михович. - М.: Транспорт, 1968. - 172 с.
2. Грязин А.Д. Дороги и транспорт в лесу / А.Д. Грязин, М.Ю. Смирнов // Лесн.пром-сть, 1990. – N 7. – С.23-24.
3. Добров Э.М. Обеспечение устойчивости земляного полотна в сложных геологических условиях / Э.М. Добров // Наука и техника в дорожной отрасли. - 2000. - № 4. - С. 14 - 15.
4. Золотарь И.А. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / И.А. Золотарь, В.М. Сиденко, Н.А. Цузаков - М.: Транспорт, 1971. – 415 с.
5. Ильин Б.А. Проектирование, строительство и эксплуатация лесовозных дорог / Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин. – М.: Лесн.промсть, 1982. – 384 с.
6. Коганзон, М.С. Предложения по уточнению средней влажности связных грунтов при проектировании дорожных одежд нежесткого типа / М.С. Коганзон, Ю.М. Яковлев, М.Г. Горячев // Наука и техника дорожной отрасли. - 2000.- №2. – С. 16-17.
7. Кручинин, И.Н. Возможности повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесовозных автомобильных дорог в различных сезонных условиях Свердловской области [Текст] / И.Н. Кручинин, С.И. Сушков, В.В. Данилов // Лесотехнический журнал. - 2018- № 4 (32). – С. 157-163
8. Кручинин, И.Н. Обоснование применения каменных материалов при строительстве оснований и покрытий лесовозных автомобильных дорог [Текст] / И.Н. Кручинин // Лесотехнический журнал. - 2016- № 2 (22). - С. 84-90.
9. Салихов М.Г. О нетрадиционных технологиях производства и укладки дорожно-строительных материалов в лесной зоне / М.Г. Салихов, С.Я. Алибеков, В.П. Сапцин, Е.В. Вайнштейн, Ю.Е. Щербаков // Лес. Экология. Природопользование: Вестник МарГТУ. – Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ 2007. - № 1. – С. 76-81.
10. Семенова Т.В. Совершенствование метода проектирования системы поверхностного водоотвода автомобильных и городских дорог по условиям обеспечения безопасности движения. [Текст]: автореф. дис.насоиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.23.11)/Семенова Татьяна Викторовна. -Омск, 2011. - 25с.
11. Фельдман Г.М. Передвижение влаги в талых и промерзающих грунтах. Новосибирск: Наука, 1988. – 254 с.
12. Чан Куок Дат. Повышение несущей способности слабых оснований дорожных насыпей сваями-дренами. [Текст]: автореф. дис.насоиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.23.11)/Чан Куок Дат.-Москва, 2010. - 26с.
13. Sergej Rudov, Ol'ga Kunickaya, Albert Burgonutdinov, Igor Kruchinin, Alexey Prosu-zhiih, Nikolay Dolmatov, Natalia Dmitrieva and Igor Grigorev. The Mathematical Model of Forestry Machines Impact on Cryolitozone Forest Soils. Asian Journal of Water, Environ-ment and Pollution - Volume 17, issue 4, 2020, pp. 89-95.
14. TFH61-07-C-0032. (2011) Accelerated Implementation of Intelligent Compaction Technology for Embankment Subgrade Soils, Aggregate Base, and Asphalt Pavement Materials: Final Report. Federal Highway Administration. Report No. FHWA-IF-12-002. – Washington, D.C., July 2011. – 263 p. Wearing Course Material, Transport Research Laboratory Project Report 65.
15. Tuller, M. Water Retention and Characteristic Curve / M Tuller, D Or. – Elsevier Ltd., 2015. – P. 278-289.
16. Zetterling T., Nilsson N.A. Realization of poroelastic road surface. In: Proceedings of international tire / Road Noise Conference, 1990; 1990. p. 315-25

17. Özgan, E. et al. Multi-faceted investigation and modeling of compaction parameters for road construction / E. Özgan, S. Serin, İ. Vural // Journal of Terramechanics, August . –2015. – Volume 41. – Issue 4./ Electronic recourse/ – mode access: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jterra.2015.02.005>.

18. Labelle, R. Soil Compaction Caused by Cut-to-Length Forest Operations and Possible Short-Term Natural Rehabilitation of Soil Density [Text]/ E.R. Labelle, D. Jaeger//Soil Science Society of America Journal. – 2011. – Vol.75. –No.6. –pp. 2314–2329.

©Жалко М.Е. – ст. препод. кафедры технических дисциплин, Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ЛФ ФГАОУ ВО «ПНИПУ»), e-mail: mihailz-49@mail.ru; Бургонутдинов А.М. – д-р техн. наук, доцент, Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru; Бурмистрова О.Н. – д-р техн. наук, профессор кафедры технологии и транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «УГТУ»), e-mail: o.burmistrova@ugtu.net; Ченушкина С.В. – ст. препод. кафедры интеллектуальных систем ФГБОУ ВО «УГЛУТ», e-mail: chenushkinasv@m.usfeu.ru; Данилов В.В. – аспирант кафедры транспорта и дорожного строительства, ФГБОУ ВО «УГЛУТ», e-mail: danilov3576@icloud.com.

UDC 625.852

## DEVELOPMENT OF METHODS TO INCREASE THE TRANSPORT AND PERFORMANCE INDICATORS OF FOREST ROADS OPERATING IN DIFFICULT NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS

M.E. Zhalko, A.M. Burgonutdinov, O.N. Burmistrova, S.V. Chenushkina, V.V. Danilov

*The main problems in the design of culvert layers for pavement of logging roads through the use of modern drainage structures are considered. Timber roads located in waterlogged and temporarily flooded forest areas are subject to a significant decrease in transport and operational performance. Conventional pavement designs in these conditions are not always able to provide the required physical and mechanical characteristics of the underlying layers. This causes significant complications in the construction and operation of logging roads. Despite a number of studies, the problem of designing pavements with acceptable performance properties remains unresolved. Thus, the appropriate method for selecting drainage structures with improved transport and operational characteristics, taking into account the natural and climatic conditions of operation, will solve the problem, which determined the purpose of this work. The purpose of the research was to develop requirements for the design parameters of pavement for logging roads using drainage structures. The following tasks were solved in the work: development of requirements for drainage structures of pavement of logging roads; substantiation of the location of drainage structures in the body of the pavement of logging roads. The result of the work was the creation of a design of drainage devices without reducing the strength characteristics of pavements. A variant of the arrangement of drainage holes in tubular drains, which are located only in the upper part of the structure, was chosen. The dimensions of the drainage holes and the spacing of their location are substantiated. In addition, the frost-protective properties of pavements were improved. The thermal resistance of the pavement increased to 0.45 m<sup>2</sup>K/W. Given the sufficient adequacy of the studies, the results of calculations and the location of drainage structures can be recommended for use in the practice of building logging roads located in difficult natural and climatic conditions.*

**Key words:** logging roads, drainage structures, pavement.

### References

1. Birulya A.K. [Efficiency of pavements] / A.K. Birulya, S.I. Mikhovich. - M.: Transport, 1968. - 172 p. (InRuss.)
2. Gryazin A.D. {Roads and transport in the forest} / A.D. Gryazin, M.Yu. Smirnov // Lesn.prom-st, 1990. - N 7. - P.23-24. (InRuss.)
3. Dobrov E.M. [Ensuring the stability of the subgrade in difficult geological conditions] / E.M. Dobrov // Science and technology in the road industry. - 2000. - No. 4. - S. 14 - 15. (InRuss.)
4. Zolotar I.A. [Water-thermal regime of subgrade and pavement] / I.A. Zolotar, V.M. Sidenko, N.A. Tsuzakov - M.: Transport, 1971. - 415 p. (InRuss.)



5. Ilyin B.A. [Design, construction and operation of logging roads] / B.A. Ilyin, B.I. Kuvaldin. - M.: Lesn.promst, 1982. - 384 p. (InRuss.)
6. Koganzon, M.S. [Proposals for clarifying the average moisture content of cohesive soils when designing non-rigid type pavements] / M.S. Koganzon, Yu.M. Yakovlev, M.G. Goryachev // Science and technology of the road industry. - 2000.- №2. - S. 16-17. (InRuss.)
7. Kruchinin, I.N. [Possibilities of improving the transport and operational qualities of logging roads in various seasonal conditions of the Sverdlovsk region] / I.N. Kruchinin, S.I. Sushkov, V.V. Danilov // Forestry journal. - 2018 - No. 4 (32). – pp. 157-163. (InRuss.)
8. Kruchinin, I.N. [Substantiation of the use of stone materials in the construction of foundations and coatings for logging roads] / I.N. Kruchinin // Forestry journal. - 2016- No. 2 (22). - P. 84-90. (InRuss.)
9. Salikhov M.G. [On non-traditional technologies for the production and laying of road building materials in the forest zone] / M.G. Salikhov, S.Ya. Alibekov, V.P. Sapsin, E.V. Weinstein, Yu.E. Shcherbakov // Forest. Ecology. Nature management: Bulletin of MarSTU. - Yoshkar-Ola: Publishing House of MarGTU 2007. - No. 1. - P. 76-81. (InRuss.)
10. Semenova T.V. [Improving the method of designing a surface drainage system for automobile and city roads in terms of ensuring traffic safety]: autoref.dis.nasoisk. scientist step. cand. tech. Sciences (05.23.11) / Semenova Tatyana Viktorov-na.-Omsk, 2011. – 25 p. (InRuss.)
11. Feldman G.M. [Movement of moisture in thawed and freezing soils] / Novosibirsk: Nauka, 1988. - 254 p. (InRuss.)
12. Chan Quoc Dat. [Increasing the bearing capacity of weak foundations of road embankments with drain piles] / autoref.dis.nasoisk. scientist step. cand. tech. Sciences (05.23.11) / Chan Kuok Date. - Moscow, 2010. – 26 p. (InRuss.)
13. Sergej Rudov, Ol'ga Kunickaya, Albert Burgonutdinov, Igor Kruchinin, Alexey Prosu-zhiih, Nikolay Dolmatov, Natalia Dmitrieva and Igor Grigorev. The Mathematical Model of Forestry Machines Impact on Cryolitozone Forest Soils. Asian Journal of Water, Environ-ment and Pollution - Volume 17, issue 4, 2020, pp. 89-95.
14. TFH61-07-C-0032. (2011) Accelerated Implementation of Intelligent Compaction Technology for Embankment Subgrade Soils, Aggregate Base, and Asphalt Pavement Materials: Final Report. Federal Highway Administration. Report No. FHWA-IF-12-002. – Washington, D.C., July 2011. – 263 p. Wearing Course Material, Transport Research Laboratory Project Report 65.
15. Tuller, M. Water Retention and Characteristic Curve / M Tuller, D Or. — Elsevier Ltd., 2015. — P. 278—289.
16. Zetterling T., Nilsson N.A. Realization of poroelastic road surface. In: Proceedings of international tire / Road Noise Conference, 1990; 1990. p. 315-25
17. Özgan, E. et al. Multi-faceted investigation and modeling of compaction parameters for road construction / E. Özgan, S. Serin, İ. Vural // Journal of Terramechanics, August . –2015. – Volume 41. – Issue 4./ Electronic recourse/ – mode access: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jterra.2015.02.005>.
18. Labelle, R. Soil Compaction Caused by Cut-to-Length Forest Operations and Possible Short-Term Natural Rehabilitation of Soil Density [Text] / E.R. Labelle, D. Jaeger // Soil Science Society of America Journal. – 2011. – Vol.75. –No.6. –P.2314–2329.

---

© **Zhalko M.E.** – Senior Lecturer, Lysva Branch of the Perm National Research Polytechnic University, Lysva, e-mail: mihailz-49@mail.ru; **Burgonutdinov A.M.** – Grand PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Perm Military Institute of the National Guard Troops of the Russian Federation, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru; **Burmistrova O.N.** – Grand PhD of Technical Sciences, Professor of the Department of technologies and transport and technological machines Ukhta State Technical University (USTU), e-mail: olga.burm@mail.ru; **Chenushkina S.V.** – Senior Lecturer of the Department of Intelligent Systems, USFEU, e-mail: chenushkinasv@m.usfeu.ru; **Danilov V.V.** – postgraduate student of the Department of Transport and Road Construction, USFEU, e-mail: danilov3576@icloud.com.