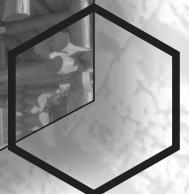
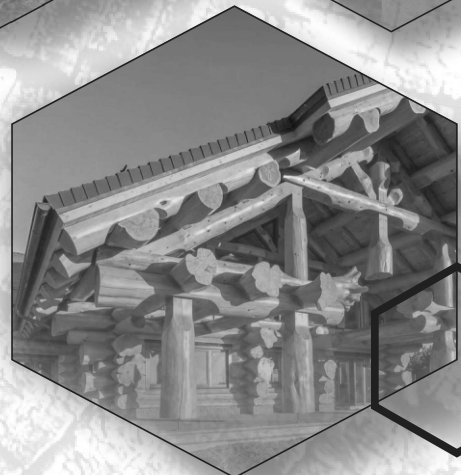
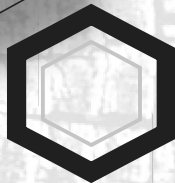
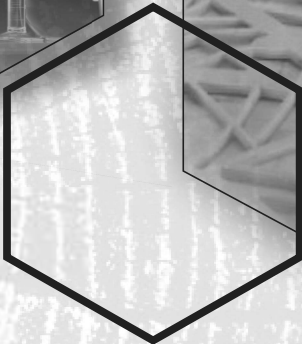
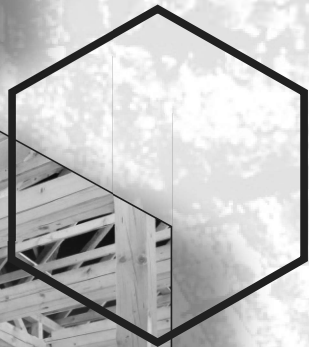


Дерево

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

УДК 625.852

ПОВЫШЕНИЕ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

М.Е. Жалко

Аннотация. Рассмотрены основные вопросы при проектировании морозозащитных слоев дорожных одежд лесовозных дорог путем использования современных водопропускных дренирующих конструкций. Лесотранспортные пути, расположенные на переувлажненных, подтапливаемых и сырых грунтах подвержены значительному снижению прочностных и морозозащитных показателей. Физико-механические характеристики конструктивных слоев традиционных конструкций дорожных одежд автомобильных дорог в рассматриваемых условиях не способны обеспечить требуемые показатели. Это накладывает ограничения на строительство и эксплуатацию лесовозных дорог. Несмотря на ряд проведенных исследований, задача создания морозоустойчивых дорожных одежд, с приемлемыми эксплуатационными свойствами остается нерешенной. Таким образом, решить проблему позволит соответствующая методика расчета дренирующих конструкций, с улучшенными прочностными показателями, с учетом гидро-геологических условий эксплуатации, что и определило цель настоящей работы. Целью исследований была разработка требований к показателям морозоустойчивых дорожных одежд лесовозных дорог с использованием дренирующих конструкций. В работе были решены следующие задачи: разработка требований к морозозащитным конструкциям дорожных одежд лесовозных дорог; оценка влияния дренирующих устройств на прочностные и морозозащитные свойства дорожной одежды лесовозных дорог. Результатами работы стала разработка конструктивной схемы расположения дренирующих элементов. Выбран вариант шахматного расположения дренирующих конструкций, которые располагаются только в дренирующем слое. Обоснованы размеры дренирующих слоев. Снижение влажности конструктивных слоев дорожных одежд привело к существенному повышению морозозащитных свойств, снизилась величина ожидаемого зимнего пучения. Проведены расчеты дренирующих слоев. Учитывая адекватность полученных результатов, предложенные решения по расположению дренирующих конструкций могут быть рекомендованы для использования при строительстве лесовозных дорог.

Ключевые слова: лесовозные дороги, дренирующие конструкции, морозоустойчивость.

Введение

Одним из основных элементов функционирования лесопромышленного комплекса служит транспортная инфраструктура. Стратегией развития лесного комплекса РФ на период до 2030 г. предусмотрен ряд мероприятий, обеспечивающих ее следующее развитие: внедрение современных технологий при строительстве транспортной инфраструктуры; совершенствование правил и нормативов проектирования лесотранспортных путей. Основные исследования в этой области сосредоточены либо на повышение технологической эффективности строительства лесных дорог, либо на разработке новых методов проектирования [3, 4, 11]. Большое внимание уделяется разработкам технологий строительства дорожных одежд и искусственных сооружений. Учитывая то, что лесовозные дороги расположены на значительных расстояниях от производственных баз, становится экономически нецелесообразно использовать традиционные технологии и строительные материалы. Активно разрабатываются дорожные конструкции способные активно противостоять внешним климатическим воздействиям [6]. Например, использование морозозащитных дорожных одежд с улучшенными физико-механическими показателями [8, 14]. Однако их применение сдерживается отсутствием технологий, способных раскрыть все преимущества перед традиционными технологиями и материалами. [1]. Большинство исследователей в области эксплуатации лесовозных дорог пришли к выводу, что для обеспечения требуемых транспортно-эксплуатационных показателей необходимо использовать либо дренажные системы, либо модифицировать системы водоотведения [2, 5, 7, 12, 13].

При анализе условий работоспособности дренирующих слоев необходимо учитывать как физико-механические показатели, влияющие на прочность дорожной одежды, так и способность дренирующих слоев обеспечить требуемый водно-тепловой режим земляных сооружений автомобильных дорог. В качестве основных материалов для устройства дренажных систем применяются гравия, пески, шлаки и другие строительные материалы с известными водопропускными свойствами. При выборе материала для дренирующего слоя необходимо учитывать также свойства, влияющие на прочность дорожной одежды

[1]. Хочется подчеркнуть, что затраты на сооружение традиционных дренажных систем лесовозных дорог значительные [9,11]. С целью уменьшения затрат на строительство и эксплуатацию лесовозных дорог были разработаны схемы дренажных сооружений, в которых, взамен традиционных дренирующих слоев были использованы иные компоненты. Универсальным решением для лесовозных дорог может служить устройство комбинированного плоскостного горизонтального дренажа, с улучшенными прочностными показателями [4].

В наших исследованиях было показано, что основным назначением предлагаемых дренажных систем служит отведение воды из грунтового основания дорожной одежды по всей глубине промерзания, без снижения прочностных характеристик [8]. Ряд исследователей предполагали, что в качестве основного критерия необходимо проводить только обоснование геометрических параметров дренирующего слоя для данных условий или определять коэффициент фильтрации в заданной дренажной конструкции. [2, 3, 9, 15]. Однако, учитывая то, что лесотранспортные сети оказывают значительное влияние 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 решений расположения дренирующих элементов [5, 7].

Таким образом, создание новых технических разработок для повышения морозоустойчивости дорожных одежд, за счет создания высокоэффективных решений по водоотведению, с использованием особых конструктивных дренирующих элементов является актуальным направлением исследований, что и определило цель настоящей работы.

Целью исследований стала разработка требований к прочностным показателям морозоустойчивых дорожных одежд лесовозных дорог с использованием дренирующих конструкций.

В работе рассматривались следующие задачи: 1) разработка требований к морозозащитным конструкциям дорожных одежд лесовозных дорог; 2) оценка влияния дренирующих устройств на прочностные и морозозащитные свойства дорожной одежды лесовозных дорог.

Методы и материалы

Как было показано в работах [1, 3, 4, 10, 11] вопросы устройства дренажных систем и водоотведения на лесовозных автомобильных дорогах освещены достаточно полно.

Известно, что основные слои дорожной одежды лесовозных дорог можно подразделить на [7]:

1. Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес подвижного состава и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов;
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.).

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

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. Некоторые учёные считают, что невозможно обеспечить одновременно столь противоречивые свойства для лесовозных автомобильных дорог [7, 9].

В целях оптимизации прочностных параметров конструктивных слоев дорожных одежд будем использовать принцип объёмного поглощения воды на всю глубину промерзания.

Результаты

Повышение морозоустойчивости и несущей способности дорожных одежд напрямую зависит от типа конструкции дорожной одежды и расположения в них дренирующих элементов [9]. Учитывая особенности эксплуатации лесовозных дорог особое внимание следует обратить на их возможность работать в условиях значительного переувлажнения [7].

Решить поставленные задачи позволяет оценка величины воронки депрессии, предложенной А.Ф. Терновым:

$$h = \sqrt{h_2^2 + \frac{q}{k} 2x}, \quad (1)$$

где h_2 – превышение уровня грунтовых вод над уровнем воды в дренах, м;
 k – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;
 q – расход воды в дренирующем слое, м³/сут;
 x – расстояние до центра воронки депрессии, м.

Теперь, если задаться расстоянием между дренажными трубами по горизонтали, то можно найти значение h , при котором расход воды в слое будет максимальным.

В таблице 1 и 2 представлены результаты расчета дорожной конструкции на морозоустойчивость и водопроницающую способность конструктивного слоя.

Таблица 1 – Расчет дорожной конструкции на морозоустойчивость

№	Параметр	Значение
1	Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды)	$H_y \approx 1,64$ м
2	Коэффициент учёта уровня грунтовых вод	$K_{угв} = 0,66$
3	Коэффициент $C_{пуч}$	$C_{пуч} = 0,70$
4	Коэффициент C_p	$C_p = 0,68$
5	Коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв	$K_{нагр} = 0,82$
6	Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта	$K_{вл} = 1,14$
7	Коэффициент учёта гранулометрии основания	$K_{гр} = 1,30$
8	Коэффициент, зависящий от уплотнения слоя	$K_{пл} = 0,80$
9	Коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды	$K_{од} = 0,90$
10	Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта	$K_{вл} = 1,14$
11	Понижающий коэффициент, учитывающий дорожно-климатическую зону	$\delta = 0,95$
12	Коэффициент, учитывающий схему увлажнения	$K_{увл} = 0,30$
13	Приведённое термическое сопротивление	$R_{пр} = 0,45$ м ² *К/Вт
14	Термическое сопротивление дорожной одежды	$R_{од(о)} = 0,23$ м ² *К/Вт
15	Требуемое термическое сопротивление дорожной одежды	$R_{од(тр)} = 0,11$ м ² *К/Вт
16	Величина морозного пучения при усреднённых условиях	$L_{пуч.ср.} = 8,98$ см
17	Ожидаемая пучинистость грунта	$5,79$ см < $6,00$ см
18	Морозозащитный слой имеет достаточную толщину 42,0 см (требуется $\geq -12,0$ см)	

Таблица 2 – Расчет дренирующих слоев

№	Параметр	Значение
1	Толщина слоя, насыщенного водой	$h_{нас} = 24$ см
2	Дополнительная толщина слоя	$h_{зап} = 17$ см
3	Коэффициент фильтрации	$K_f = 20,0$ м/сут
4	Пористость	$n = 0,38$
5	Полная толщина дренирующего слоя	$41,00$ см
6	Дренирующий слой имеет достаточную толщину 42 см (требуется ≥ 41 см)	

С целью повышения прочностных показателей дорожных одежд была разработана конструктивная схема расположения дренирующих элементов. Предлагаемое техническое решение расположения дренажных труб представлено на рисунке 1.

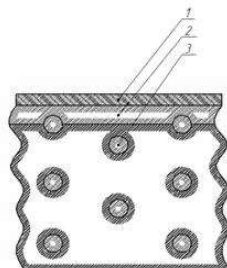


Рис. 1. Схема расположения дренажных труб: 1 – дорожное полотно; 2 – дорожная одежда; 3 – дренажные трубы

Разработанная конструкция позволяет в полной мере решить вопрос с водоотводом из основания дорожной одежды и повышением ее морозоустойчивости.

Заключение

В ходе исследований проведена оценка влияния дренирующих конструктивных слоев дорожных одежд лесовозных дорог на прочностные показатели и морозоустойчивость.

Выявлено, что для обеспечения основных фильтрационных свойств необходимо располагать дренирующие элементы в шахматном порядке, с учетом величины воронки депрессии. Предложена расчетная схема оценки расстояния между дренами.

Снижение влажности рабочего слоя земляного полотна существенно повысило морозозащитные свойства лесовозных дорог. Ожидаемая величина толщины дренирующего слоя должна быть не менее расчетной. Обеспеченность морозоустойчивости слоя достигается снижением ожидаемой пучинистости грунтов до величин не более 6,00 см.

Представленная конструкция морозоустойчивой дорожной одежды может быть использована для строительства лесовозных дорог, расположенных в сложных природно-климатических и гидрогеологических условиях, при глубине промерзания грунтов не более 2,76 м [6, 9].

Литература

1. Вырко Н. П. Сухопутный транспорт леса: учебник для студен-тов вузов / Н. П. Вырко. – Минск: Высш. шк., 1987. – 437 с
2. 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.
3. Киселёв М.Ф. Борьба с пучинами на автомобильных дорогах / М.Ф.Киселёв. - М.: Стройиздат, 2001.-200 с.
4. 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.
5. Леонович И. И. Применение реологических моделей к расчету дорожных одежд / И.И. Леонович [и др.]. – М.: Наука и техника, 1971. – 203 с.
6. Методические указания по проектированию морозозащитных и дренирующих слоев в основании проезжей части автомобильных дорог. – М.: Минтрансстрой, 1965. – 52 с.
7. Павлов Ф.А. Покрытие лесных дорог/Ф.А. Павлов. - М.: Лесная промышленность, 1980.– 176 с.
8. 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.
9. Тулаев А. Я. Конструкция и расчет дренажных устройств: учебник / А. Я. Тулаев – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.
- 10.Фельдман Г.М. Передвижение влаги в талых и промерзающих грунтах. Новосибирск: Наука, 1988. – 254 с.
- 11.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.
- 12.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>.
- 13.Sergej Rudov, Ol’ga Kunickaya, Albert Burgonutdinov, Igor Kruchinin, Alexey Prosu-zhikh, 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 Implem entation 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

© 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.

UDC 625.852

INCREASING THE FROST RESISTANCE OF ROAD PAVING FOR FOREST ROADS

M.E. Zhalko

***Annotation.** The main issues in the design of frost-protective layers of road pavement for logging roads by using modern culvert drainage structures are considered. Timber transport routes located on waterlogged, flooded and damp soils are subject to a significant decrease in strength and frost protection indicators. The physical and mechanical characteristics of the structural layers of traditional pavement structures of highways under the conditions under consideration are not able to provide the required performance. This imposes restrictions on the construction and operation of logging roads. Despite a number of studies, the problem of creating frost-resistant pavements with acceptable performance properties remains unresolved. Thus, an appropriate method for calculating drainage structures with improved strength indicators, taking into account the hydro-geological operating conditions, will solve the problem, which determined the purpose of this work. The purpose of the research was to develop requirements for the indicators of frost-resistant road pavements for logging roads using drainage structures. The following tasks were solved in the work: development of requirements for frost-resistant pavements for logging roads; assessment of the effect of drainage devices on the strength and frost-protective properties of the road pavement of logging roads. The result of the work was the development of a constructive scheme for the location of drainage elements. A variant of the staggered arrangement of drainage structures was chosen, which are located only in the drainage layer. The dimensions of the draining layers are substantiated. A decrease in the moisture content of the structural layers of pavements has led to a significant increase in frost-protective properties, and the magnitude of the expected winter heaving has decreased. Calculations of drainage layers have been carried out. Given the adequacy of the results obtained, the proposed solutions for the location of drainage structures can be recommended for use in the construction of logging roads.*

Key words: logging roads, drainage structures, frost resistance.

References

1. Vyrko N.P. [Land transport of the forest: a textbook for university students] / N.P. Vyrko. - Minsk: Higher. school, 1987. - 437 p. (InRuss.)
2. 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.)
3. Kiselev M.F. [Fighting the abysses on highways] / M.F. Kiselev. - M.: Stroyizdat, 2001.-200 p. (InRuss.)
4. 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.)
5. Leonovich I.I. [Application of rheological models to the calculation of pavements] / I.I. Leonovich [i dr.]. - M.: Science and technology, 1971. - 203 p. (InRuss.)
6. [Metodicheskiye ukazaniya po proyektirovaniyu morozozashchitnykh i dreniruyushchikh slojev v osnovanii proyezzhey chasti avtomobil'nykh dorog] / M.: Mintransstroy, 1965. - 52 p. (InRuss.)
7. Pavlov F.A. [Covering forest roads] / F.A. Pavlov. - M.: Timber industry, 1980. – 176 p. (InRuss.)
8. 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. nasoi. sk. scientist step. cand. tech. Sciences (05.23.11) / Semenova Tatyana Viktorov-na.-Omsk, 2011. - 25s. (InRuss.)
9. Tulaev A. Ya. [Design and calculation of drainage devices: textbook] / A. Ya. Tulaev - M.: Transport, 1980. - 191 p. (InRuss.)

10. Feldman G.M. [Movement of moisture in thawed and freezing soils] / Novosibirsk: Nauka, 1988. - 254 p. (In Russ.)
11. Chan Quoc Dat. [Increasing the bearing capacity of weak foundations of road embankments with drain piles] / autoref. dis. nasoiisk. scientist step. cand. tech. Sciences (05.23.11) / Chan Kuok Date. - Moscow, 2010. - 26 p. (In Russ.)
12. 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>.
13. Sergej Rudov, Ol'ga Kunickaya, Albert Burgonutdinov, Igor Kruchinin, Alexey Prosu-zhikh, 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

© **Zhalko M.E.** – Senior Lecturer, Lysva Branch of the Perm National Research Polytechnic University, Lysva, e-mail: mihailz-49@mail.ru.