

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАПИЛЛЯРНОЙ МИГРАЦИИ ВЛАГИ В КОНСТРУКЦИИ ЛЕСНОЙ ДОРОГИ

Гаврилов Т.А., Станкевич Т.Б., Анпилогова О.А., Ратькова Е.И.

Ключевые слова: морозное пучение, лесная дорога, капиллярная миграция влаги, теплоизолирующий слой, отходы окорки, круглые лесоматериалы.

Аннотация. Статья посвящена проблеме возникновения низкотемпературных трещин в лесных дорогах под действием циклов их замораживания и оттаивания. Описаны методика и результаты численного моделирования процесса капиллярной миграции влаги в конструкции лесной дороги с варьируемой шириной теплоизолирующего слоя из отходов окорки круглых лесоматериалов.

MODELING OF THE PROCESS OF CAPILLARY MIGRATION OF MOISTURE IN THE FOREST ROAD CONSTRUCTION

Gavrilov T.A., Stankevich T.B., Anpilogova O.A., Ratkova E.I.

Keywords: frosty swelling, forest road, capillary migration of moisture, insulating layer, debarking waste, round timber.

Abstract. The article is devoted to the problem of the emergence of low-temperature cracks in forest roads under the influence of cycles of their freezing and thawing. The methodology and results of numerical modeling of the process of capillary migration of moisture in the construction of a forest road with a variable width of the heat-insulating layer from the waste debarking round timber are described.

На территории Северо-Западного федерального округа России преобладают пучинистые почво-грунты III и IV категорий, для которых характерно появление низкотемпературных трещин под действием циклов замораживания и оттаивания. Возникновение низкотемпературных трещин ведет к снижению качества и надежности лесных дорог [1], что в свою очередь может стать причиной снижения эффективности экономики и негативным образом повлиять на потенциал ее дальнейшего развития.

Одним из решений проблемы возникновения низкотемпературных трещин является применение теплоизолирующего слоя в конструкциях лесных дорог, который позволяет осуществлять управление миграцией капиллярной влаги в них. Одним из перспективных материалов теплоизолирующего слоя являются отходы окорки круглых лесоматериалов, возможность промышленного использования которых является также актуальной проблемой для лесного комплекса. Так, известно [2], что ежегодно на деревообрабатывающих предприятиях накапливаются большие объемы отходов окорки круглых лесоматериалов, например, в России их количество достигает 30 млн. м³.

Эффективность использования отходов окорки круглых лесоматериалов в качестве теплоизолирующего слоя лесной дороги зависит от ряда факторов, одним из наиболее значимых из которых является ширина теплоизолирующего слоя. Изменение ширины теплоизолирующего слоя ведет

к изменению температуры в различных слоях дорожной одежды лесной дороги, что в свою очередь оказывает влияние на капиллярную миграцию влаги в них и характер образования низкотемпературных трещин.

При отрицательных температурах происходит капиллярная миграция влаги из нижних слоев грунта в верхние и ее накопление в них в виде льда, а также наблюдается морозное пучение верхних слоев грунта.

Вопрос влияния ширины теплоизолирующего слоя из отходов окорки круглых лесоматериалов на процесс капиллярной миграция влаги из нижних слоев грунта конструкции лесной дороги в верхние в настоящее время исследован не достаточно полно, что является существенной проблемой. В связи с чем, целью данной работы является моделирование процесса капиллярной миграция влаги в конструкции лесной дороги с варьируемой шириной теплоизолирующего слоя из отходов окорки круглых лесоматериалов.

Моделирование выполнено на примере почвенно-климатических условий Архангельской области для октября и ноября (т.к. в этот отрезок времени миграция капиллярной влаги протекает наиболее интенсивно). Рассмотрена конструкция лесной дороги, состоящая из обочин и следующих слоев дорожной одежды (по направлению сверху вниз): для октября – гравий, супесь талая, кора хвойных пород, суглинков талый; для ноября – снег, гравий, супесь мерзлая, кора хвойных пород, суглинков талый. Для октября расчетная температура на дневной поверхности дороги составляет $(-1,00)^\circ\text{C}$, на глубине 1,6 м – $7,00^\circ\text{C}$; для ноября: на дневной поверхности дороги $(-7,70)^\circ\text{C}$, на глубине 1,6 м – $6,10^\circ\text{C}$.

В ходе исследования ширина теплоизолирующего слоя первоначально принималась равной 5,5 м, затем это значение увеличивали с шагом, равным удвоенной толщине теплоизолирующего слоя ($2 \cdot 0,1\text{ м}$). По результатам вычислений для каждого значения ширины теплоизолирующего слоя получены графики распределения температуры почво-грунта по поперечному сечению лесной дороги. Например, на рисунке 1 представлены данные для ширины теплоизолирующего слоя 6,7 м.

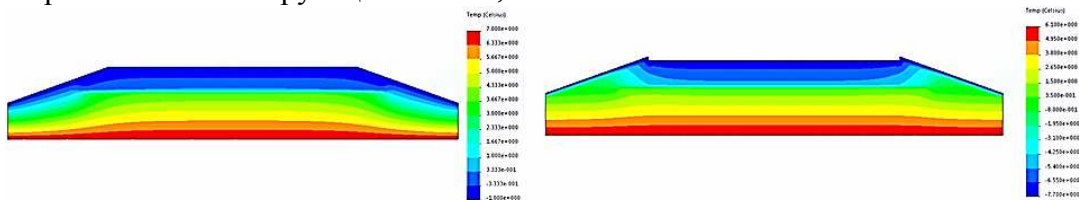


Рис. 1. Распределение температуры почво-грунта по поперечному сечению лесной дороги (слева – в октябре, справа – в ноябре)

Анализ результатов моделирования показал, что изменение ширины теплоизолирующего слоя ведет к существенному изменению распределения температуры почво-грунта под обочинами лесной дороги. В интервале значений ширины теплоизолирующего слоя, выходящего под каждую из обочин на 4–8 его толщин, но не более чем на 50 % ширины обочины,

достигается такой перепад температуры почво-грунта, при котором интенсифицируется процесс капиллярной миграции влаги в горизонтальном направлении из области с неотрицательной температурой в область с отрицательной, т.е. от проезжей части дороги на обочины. Как результат, влага под проезжей частью не накапливается и частично отводится на обочину за счет капиллярной миграции, что в свою очередь ведет к защите проезжей части лесной дороги от морозного пучения. Тем самым повышается ее надежность и устойчивость функционирования. Детально технический результат проведенного исследования представлен в описании на изобретение к патенту «Покрытие лесной дороги» № 2677180 от 15.01.2019.

Список литературы / References

1. Gavrilov T., Kolesnikov G. Cracks in upper road layer at negative temperature change: modelling and forecasting // MATEC Web of Conferences 2018. – 2018. – P. 05013.
2. Gavrilov T.A., Stankevich T.B., Anpilogova O.A., Kolesnikov G.N., Chernyaev L.A. Debarking waste processing: a systematic review // Resources and Technology. – 2016. – № 13(3). – P. 71-77.

Гаврилов Тиммо Александрович – кандидат технических наук, доцент, gavrilovta@yandex.ru	Gavrilov Timmo Alexandrovich – candidate of technical sciences, associate professor, gavrilovta@yandex.ru
Станкевич Татьяна Борисовна – старший преподаватель, gladiolus@list.ru	Stankevich Tatyana Borisovna – senior lecturer, gladiolus@list.ru
Анпилогова Ольга Александровна – старший преподаватель	Anpilogova Olga Alexandrovna – senior lecturer
Ратькова Елена Игоревна – кандидат технических наук, доцент, ratjkova@mail.ru	Ratkova Elena Igorevna – candidate of technical sciences, associate professor, ratjkova@mail.ru
Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия	Petrozavodsk state university, Petrozavodsk, Russia

Received 23.08.2019