

*В.Р. Соболев, П.Н. Гоман, В.И. Янугь
(Беларусь)*

ЧИСЛЕННАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЗЕЛЁНОГО МХА ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ ЕГО ПЛОТНОСТИ

С использованием обобщённых моделей переноса тепла в гетерофазных средах и самосогласованного расчёта слоистой среды с перколяцией в направлении, параллельном переносу тепловой энергии, выявлены закономерности изменения теплопроводности мха как типичного проводника горения в условиях лесного пожара.

Исследование тепловых характеристик составляющих напочвенного материала леса актуально с точки зрения решения задач противодействия распространению огня при низовых пожарах, которые особенно опасны в периоды засушливых погодных условий. Для естественных дисперсных сред, к которым относятся материалы напочвенного покрова – листва, трава, опавшая хвоя, лишайник, мох – способность к прогреванию, подсушиванию и воспламенению в значительной степени определяется свойствами накапливать и передавать тепловую энергию.

Естественно, определить с требуемой степенью точности теплопроводность подобной гетерогенной среды представляется возможным только экспериментально. Тем не менее, для уменьшения объёма измерений имеет смысл пытаться адаптировать некоторые существующие модельные представления, чтобы получать оценочные интерполяционные величины тепловых характеристик при промежуточных значениях рабочих параметров – плотности, влажности, консистенции напочвенного материала.

В докладе представлены результаты экспериментального исследования одной из компонент напочвенной среды соснового леса – мха. Рассматривается теплопроводность λ при некоторых характерных значениях влажности и насыпной плотности. Результаты измерений проанализированы с целью построения интерполяционных закономерностей поведения λ при изменении плотности в диапазоне 20-300 кг/м³ и абсолютной влажности в пределах 20-150 %. Тестируемые образцы приготавливали из проб, собранных в сосновых насаждениях Высокогорского лесничества Государственного лесохозяйственного учреждения "Березинский лесхоз". В абсолютном исчислении влажность – это отношение веса химически несвязанного количества влаги к весу условно сухого материала. Определение теплопроводности осуществлено методом заданного теплового потока [1].

Как показывает эксперимент, теплопроводность мха в целом возрастает при увеличении его насыпной плотности и количества влаги (рис. 1). Уровни значений теплопроводности не превышают параметры хорошо высушенной древесины и свойства по теплопередаче изменяются непропор-

ционально плотности, увеличение которой в 5 раз приводит к возрастанию теплопроводности до 100 %. В данном случае для описания закономерностей переноса тепла выбрана модель трёхфазной среды, включающей воду, воздух и твердый остаток, имеющие соответствующие коэффициенты теплопроводности [2-6].

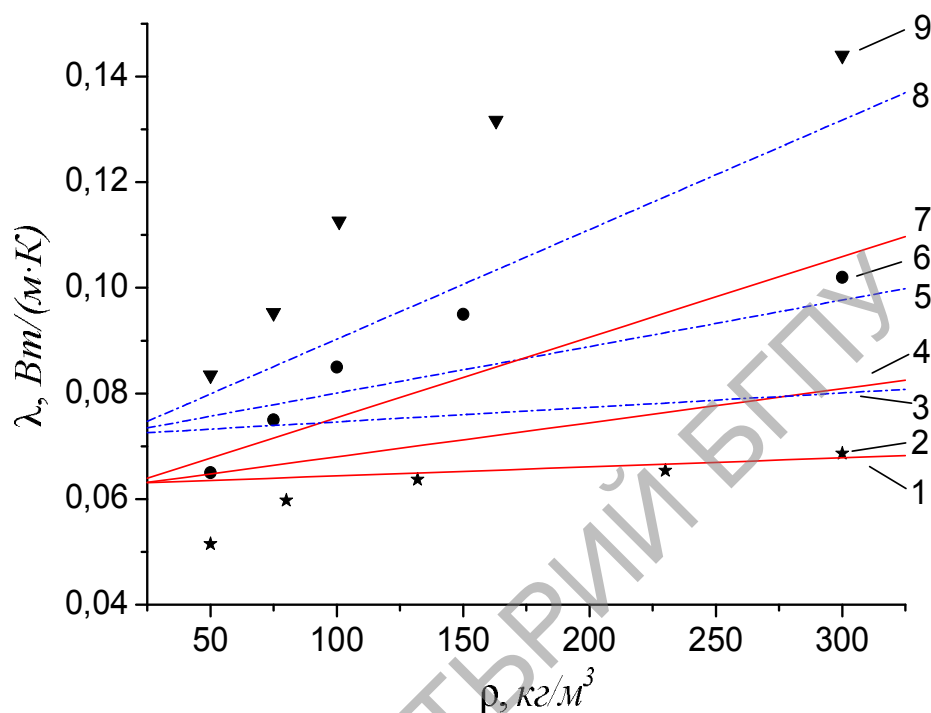


Рис. 1. Теплопроводность мха в функции его плотности по результатам эксперимента и расчёта. Уровни влажности w : 1, 2, 3 – 10 %; 4, 5, 6 – 40 %; 7, 8, 9 – 150 %; символы 2, 6, 9 – эксперимент; линии 1, 4, 7 и 3, 5, 8 – расчёт по (1) и (2)

Ввиду сложности структуры выбранной рыхлой системы, объединяющей и твёрдые элементы – стебельки (включают в себя поры-капилляры) и воздушные пустоты между ними, для описания выявленных закономерностей использована модель гетерогенной среды, в которой структурная организация различных элементов не присутствует в обобщающих выражениях. В формировании результирующего значения теплопроводности выступают парциальные объёмные концентрации выбранных фаз m_i и их коэффициенты теплопроводности λ_i :

$$\lambda = \lambda_1^{m_1} \lambda_2^{m_2} \lambda_3^{m_3}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{\lambda^3} = \sum_{i=1}^3 m_i \frac{1}{\lambda_i^3}, \quad (2)$$

где λ и λ_i – теплопроводность материала и одной из его компонент – воды, воздуха либо твёрдой основы;

m_i – объёмная концентрация компоненты;

$\lambda_1 = 0,58$; $\lambda_2 = 0,03$; $\lambda_3 = 0,19$; $m_3 = 0,4$.

Расчётные значения теплопроводности, полученные в соответствии с выражениями (1) и (2), представлены на рис. 1. Можно констатировать, что при пониженных уровнях влажности (до 40 %) принятая модель достаточно адекватно описывает поведение теплопроводности мха при различной плотности.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Литература

1. Бровка А.Г, Романенко И.И. Приборы и методы исследования теплофизических характеристик и фазового состава воды горных пород при отрицательных температурах // Горная механика. 2009. № 1. С. 71-79.
2. Дульнев Г.И. Теплопроводность влажных пористых материалов // ИТЖ. 1989. Т. 56. № 2. С. 261–291.
3. Davis R.H. The effective thermal conductivity of a composite material with spherical inclusions // Int. J. Thermophys. 1986. Vol. 7, No.3. Pp. 609-620.
4. Tavangar R., Molina J.M., Weber L. Assessing predictive schemes for thermal conductivity against diamond-reinforced silver matrix composites at intermediate phase conyras // Scripta Materials. 2007. Vol. 56, No. 5. Pp. 357-360.
5. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Л.: Энергия, 1974.
6. Дульнев Г.Н., Новиков В.В. Процессы переноса в неоднородных средах. Л.: Энергоатомиздат, 1991.