

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Научная статья
УДК 647.047

О ВЛИЯНИИ СОСТОЯНИЯ ВЛАГИ В ДРЕВЕСИНЕ НА ТЕПЛОМАССОБМЕН ПРИ СУШКЕ

Артем Сергеевич Агафонов¹, Полина Андреевна Бекк², Елена Евгеньевна Шишкина³

^{1,2,3} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ agafonovas@m.usfeu.ru

² bekkpa@m.usfeu.ru

³ shishkinaee@m.usfeu.ru

Аннотация. Проведен анализ результатов исследований величины критерия фазового превращения как показателя содержания жидкой и парообразной влаги в процессе ее удаления из древесины, и дана оценка его влияния на сушку древесины.

Ключевые слова: древесина, влажность, сушка, сушильный агент

SIMULATION OF TECHNICAL SYSTEMS AND AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

Scientific article

ABOUT THE INFLUENCE OF THE STATE OF MOISTURE IN WOOD FOR HEAT AND MASS EXCHANGE WHEN DRYING

Artem S. Agafonov¹, Polina A. Bekk², Elena E. Shishkina³

^{1,2,3} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ agafonovas@m.usfeu.ru

² bekkpa@m.usfeu.ru

³ shishkinaee@m.usfeu.ru

Abstract. The article analyzes the results of studies of the value of the phase transformation criterion as an indicator of the content of liquid and vaporous moisture in the process of its removal from wood and an assessment of its influence on the wood drying process.

Keywords: wood, moisture, drying, drying agent

Процесс конвективной сушки древесины принято рассматривать как процесс тепломассообмена древесины с агентом сушки, которым в данном случае является влажный воздух [1].

Для описания тепломассообмена древесины со средой обычно применяют систему уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями [2]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{\varepsilon \rho}{c} \frac{\partial u}{\partial \tau}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a_m \nabla^2 u + a_m \delta \nabla^2 t. \quad (2)$$

где t – температура, °С;

u – влажность;

τ – время, с;

ε – критерий фазового превращения;

ρ – плотность древесины, кг/м³;

c – теплоемкость древесины, кДж/кг·град;

a_m – влагопроводность древесины, м²/с;

δ – термоградиентный коэффициент.

Древесина относится к числу капиллярно-пористых, ограниченно набухающих коллоидных материалов [2], соответственно, влага в ней при положительных температурах может находиться в двух фазовых состояниях: жидком и парообразном [3], соотношение между которыми характеризуется величиной критерия фазового превращения:

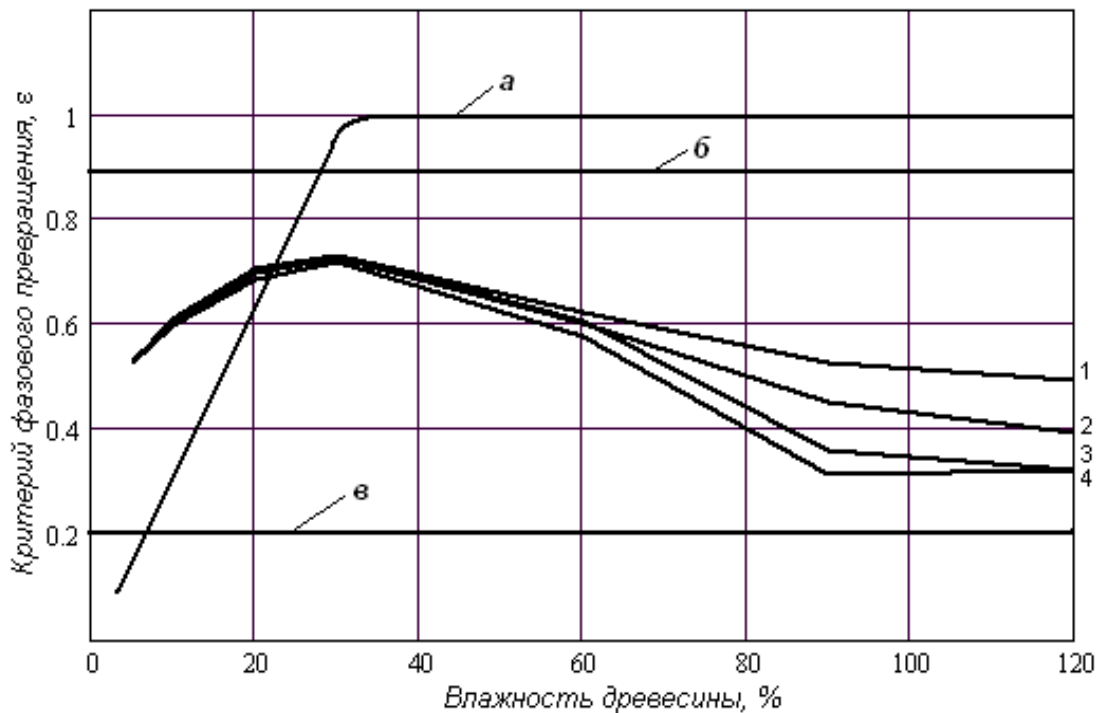
$$\varepsilon = \frac{G_n}{G_n + G_{ж}}, \quad (2)$$

где G_n – количество влаги в парообразном состоянии;

$G_{ж}$ – количество жидкой фазы.

При решении системы (1–2) необходимо знание величины критерия фазового превращения ε по двум причинам. Во-первых, очевидно, что величина ε существенно влияет на продолжительность сушки. А во-вторых, эта величина во многом определяет затраты энергии на процесс сушки (испарение влаги из древесины).

Проведено достаточно много исследований, посвященных вопросам изменения ε в процессе сушки. Результаты таких исследований приведены на рисунке [4].



Зависимость критерия фазового превращения от влажности древесины:
 1 – дуб; 2 – береза; 3 – лиственница; 4 – сосна (данные А. Г. Гороховского);
 а – данные W. Wissmann; б – данные В. В. Сергеева;
 в – данные А. В. Лыкова и Ю. А. Михайлова

Анализ зависимостей, приведенных на рисунке позволяет сделать следующие выводы:

1. Проведенные глубокие теоретические изыскания Г. С. Шубина [2] показывают, что с уменьшением влажности древесины при сушке доля пара увеличивается и соответственно увеличивается ϵ . Это связано с тем, что объем воды уменьшается (по мере сушки), усыхают и клеточные стенки. Это полностью подтверждается исследованиями А. Г. Гороховского [4] и Е. Е. Шишкиной [3].

2. Данные W. Wissmann, согласно которым в гигроскопической области ϵ падает, не имеют физического объяснения [4].

3. Не дают также комментариев к приводимым данным В. В. Сергеев ($\epsilon = 0,87$) [5], А. В. Лыков и Ю. М. Михайлов ($\epsilon = 0,2$) [1]. По их данным ϵ не зависит от влажности сохнувшей древесины, поэтому в процессе сушки остается постоянным.

Список источников

1. Лыков А. В., Михайлов Ю. А. Теория тепло- и массопереноса. М. : Теплоэнергоиздат, 1963.
2. Шубин Г. С. Сушка и тепловая обработка древесины. М. : Лесн. пром-сть, 1990. 336 с.

3. Шишкина Е. Е. Энергосберегающая технология конвективной сушки пиломатериалов на основе управляемого влагопереноса в древесине : дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05 / Шишкина Елена Евгеньевна. Екатеринбург : УГЛТУ, 2016. 336 с.

4. Гороховский А. Г. Технология сушки пиломатериалов на основе моделирования и оптимизации процессов тепломассопереноса в древесине : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05 / Гороховский Александр Григорьевич. Екатеринбург : УГЛТУ, 2008. 263 с.

5. Сергеев В. В. Повышение эффективности сушки пиломатериалов в камерах малой мощности : дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05 / Сергеев Валерий Васильевич. СПб. : СПбЛТА им. С. М. Кирова, 1999.

Научная статья
УДК 674.047

К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВЛАГООБМЕНА ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Артем Сергеевич Агафонов¹, Александр Григорьевич Гороховский²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ agafonovas@m.usfeu.ru

² gorokhovskyag@m.usfeu.ru

Аннотация. Приведен обзор общих сведений о процессе влагообмена в древесине. Рассмотрены способы интенсификации сушки древесины.

Ключевые слова: влагообмен, конвективная сушка древесины

Scientific article

ON THE ISSUE OF INTENSIFICATION OF MOISTURE EXCHANGE DURING CONVECTIVE DRYING OF WOOD

Artem S. Agafonov, Aleksandr G. Gorokhovsky

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ agafonovas@m.usfeu.ru

² gorokhovskyag@m.usfeu.ru

Abstract. An overview of general information about the process of moisture exchange in wood is given. Methods of intensification of wood drying are considered.