



І. М. Озарків, І. В. Петришак, І. А. Соколовський

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ВПЛИВ РЕЖИМІВ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ НА ПОТЕНЦІАЛ ВОЛОГОПРОВІДНОСТІ

Розглянуто роль коефіцієнта (потенціалу) вологоперенесення деревини залежно від категорії режимів сушіння пиломатеріалів. Встановлено, що коефіцієнт вологопровідності деревини досліджено у роботах О. В. Ликова, Т. С. Шубіна, П. Д. Лебедева, П. С. Серговського, В. А. Книша та ін. На сьогодні існує декілька методів експериментального дослідження коефіцієнта вологопровідності. Більшість запропонованих методів базуються на експериментальному виявленні пошарового вологовмісту в різні моменти часу сушіння. Проте для процесу сушіння найбільше підходить метод дослідного (експериментального) висушування вологої деревини, тому що саме умови того чи іншого досліду відтворюють виробничі умови процесу сушіння. З огляду на це розглянуто методи визначення коефіцієнта вологопровідності безпосередньо на основі отриманих результатів експериментальних досліджень. Аналізуючи теоретичні дослідження різних вчених з питань тепломасоперенесення щодо методів визначення коефіцієнта (потенціалу) вологопровідності, наведено залежність зміни величини $B = f(R)$ для різних температурно-вологісних параметрів режимів сушіння. На основі наших експериментальних досліджень побудовано номограму визначення середнього (інтегрального) коефіцієнта потенціалопровідності для тангентального напрямку переміщення вологи в процесі конвективного сушіння деревних матеріалів з урахуванням режимів сушіння.

Ключові слова: коефіцієнт (потенціал) вологопровідності; біжуча (змінна) вологість деревини; режим сушіння; температура мокрого термометра; конвективно-радіаційне сушіння.

Вступ. Відомо (Ozarkiv, 2006; Ozarkiv et al., 2014), що коефіцієнт вологопровідності деревини належить до її термодинамічних властивостей, який враховує сумарний потік вологи (води), що переноситься в деревині під дією градієнтів вологості, температури і парціального тиску. Цей коефіцієнт є основним показником, що визначає інтенсивність перенесення вологи в деревині у процесі сушіння.

Мета роботи – встановити вплив режимів сушіння на потенціал вологопровідності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Перший метод визначення коефіцієнта вологопровідності базується на використанні рівняння вологопровідності (1) і графічному методі його розв'язання, тобто

$$B = \frac{W - W_p}{\left(\frac{dW}{d\tau}\right)_R} = \frac{1}{3a'_m} R + \frac{1}{a_u} = \frac{U - U_p}{\frac{dU}{d\tau} R} \quad (1)$$

Отже, побудова графічної залежності $B = f(R)$ для різної змінної вологості деревини в другому періоді сушіння дає змогу отримати сім'ю (набір) прямих (рис. 1), які на осі ординат відсікають величину OA , що дорівнює $1/\alpha_u$, а тангенс кута нахилу на цих прямих для необмежених пластин буде дорівнювати $\operatorname{tg}\phi = 1/3a'_m$. Тре-

ба зазначити, що цей метод вперше використав проф. Т. С. Шубін (Shubin, 1973) для визначення коефіцієнта потенціалопровідності у процесі високотемпературного сушіння. Проте побудова залежності $B=f(R)$ за кривими сушіння, наведеними в роботі Г. С. Шубіна (Shubin, 1973), показує, що цифрові значення коефіцієнтів потенціалопровідності, отримані за рівнянням (1), дуже відрізняються від рекомендованих ним для розрахунку критичної вологості (табл.).

Табл. Значення коефіцієнта потенціалопровідності за проф. Г. С. Шубіном (Ozarkiv, 2006)

№ з/п	Параметри режиму сушіння при $V=2$ м/с	Значення $a'_m \cdot 10^6, \text{см}^2/\text{с}$	
		з кривими сушіння	рекомендовані
1	$t_c = 80^\circ\text{C}; t_M = 33,5^\circ\text{C}$	12,8	3,98
2	$t_c = 120^\circ\text{C}; t_M = 50^\circ\text{C}$	20,5	9,00
3	$t_c = 160^\circ\text{C}; t_M = 68^\circ\text{C}$	35,2	11,60
4	$t_c = 205^\circ\text{C}; t_M = 80^\circ\text{C}$	66,5	18,00

Аналіз таблиці показує, що рекомендовані для розрахунку критичної вологості шпону цифрові значення коефіцієнта вологопровідності сильно відрізняються від дослідних, отриманих з дослідних кривих швидкості сушіння. Така невідповідність між дослідними і реко-

Інформація про авторів:

Озарків Ігор Мирославович, д-р техн. наук, професор кафедри технологій захисту навколишнього середовища, деревини, безпеки життєдіяльності та соціальних комунікацій. **Email:** bzd@nltu.edu.ua

Петришак Ігор Васильович, канд. техн. наук, доцент кафедри технологій захисту навколишнього середовища, деревини, безпеки життєдіяльності та соціальних комунікацій. **Email:** borason@ukr.net

Соколовський Ігор Андрійович, канд. техн. наук, доцент кафедри технологій захисту навколишнього середовища, деревини, безпеки життєдіяльності та соціальних комунікацій. **Email:** igorsokolov@ukr.net

Цитування за ДСТУ: Озарків І. М., Петришак І. В., Соколовський І. А. Вплив режимів сушіння деревини на потенціал вологопровідності. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(10). С. 89–91.

Citation APA: Ozarkiv, I. M., Petryshak, I. V., & Sokolovskyy, I. A. (2017). The Influence of Drying Modes on Moisture Transfer Potential. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(10), 89–91. <https://doi.org/10.15421/40271016>

мендованими значеннями a'_m привела проф. Г. С. Шубіна, на нашу думку, до висновку про рівність цифрових значень коефіцієнта потенціалопровідності для масивної деревини і шпону, отриманих за однієї температури агента сушіння (Ozarkiv, Soroka, & Hrytsiuk, 1997).

Другий метод визначення коефіцієнта потенціалопровідності базується на графоаналітичному розв'язанні рівняння (1)

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{(dW/d\tau)_{\text{ноє}} R^2}{3a'_m} = \frac{(dU/d\tau)_{\text{ноє}} R}{3a'_m}, \quad (2)$$

$$\text{звідки } a'_m = \frac{(dW/d\tau)_{\text{ноє}} R}{3 \operatorname{tg} \phi} = \frac{NR}{3 \operatorname{tg} \phi}, \quad (3)$$

де тангенс кута нахилу прямої для залежності $W_{kp} = f(R)$ становить

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{W_{kp} - W_n}{R}. \quad (4)$$

На рис. 1 наведено залежність величини $B=f(R)$ для різних порід деревини у процесі конвективного сушіння, з якої видно, що ця залежність має лінійний характер.

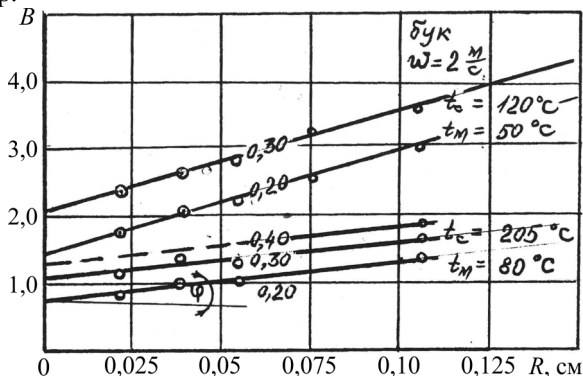


Рис. 1. Залежність $B = \frac{U - U_p}{(dU/d\tau)R}$, побудована за кривими сушіння Г. С. Шубіна (Shubin, 1973)

Аналіз досліджень зміни вологості різних порід деревини від часу сушіння показав, що:

- 1) за постійної температури мокрого термометра у процесі конвективного сушіння деревини тангенс кута нахилу прямих зберігається також для різної змінної вологості в періоді падаючої швидкості, тобто коефіцієнт потенціалопровідності не залежить від температури сухого термометра і вологості (таку постійність коефіцієнта a'_m у другому періоді сушіння можна пояснити сумарним впливом температури і вологості матеріалу, адже в періоді спадаючої швидкості сушіння в міру зменшення вологості деревини температура поверхні її безперервно підвищується, тобто за одночасної зміни температури і вологості матеріалу коефіцієнт потенціалопровідності практично залишається величиною постійною);
- 2) підвищення температури мокрого термометра за постійної температури агента сушіння t_c приводить до зменшення тангенса кута нахилу прямих $B=f(R)$ і, як наслідок, підвищує коефіцієнт потенціалопровідності матеріалу;
- 3) режими сушіння під час конвективно-радіаційного способу підведення теплоти, які підвищують температуру деревини в періоді постійної швидкості сушіння (особливо для шпону), також приводять до зменшення тангенса нахилу прямих $B=f(R)$, тобто підвищують коефіцієнт a'_m ;

4) коефіцієнт потенціалопровідності у процесі конвективного і конвективно-радіаційного сушіння не залежить від способу і режиму сушіння і для однієї, окремо взятої породи, однозначно визначається температурою поверхні матеріалу в періоді постійної швидкості сушіння.

У роботі (Ozarkiv, 2006) під час оброблення результатів власних досліджень у середовищі вологого повітря і перегрітої пари (агентів сушіння) в межах зміни температури матеріалу від 60 до 100 °C, тобто, коли перенесення вологи здійснюється не лише у вигляді рідини під дією капілярного потенціалу і молекулярної дифузії, але й у вигляді пари за рахунок молярного перенесення, отримано рівняння для коефіцієнта потенціалопровідності ($\text{см}^2/\text{с}$) виду

$$a'_m = 23,5 \cdot 10^{-8} \left(\frac{T_m}{273} \right)^{23} \left(\frac{\rho_0}{400} \right)^{-3,9} \left(1 + \frac{2V_{np} \sin \beta}{100 \sin 90^\circ} \right), \quad (5)$$

де: T_m – температура мокрого термометра, К; V_{np} – об'єм серцевинних променів: для сосни – 6 %, вільхи – 5 %, берези – 11 %, клена – 15 %, бука – 35 %, дуба – 25 %; ρ_0 – базова густина деревини, $\text{кг}/\text{м}^3$; β – кут, утворений дотичною до річного кільця і нормаллю, проведеною до зовнішньої пластів посередині ширини її (для радіального потоку $\beta = 90^\circ$, а для тангентального – $\beta = 0^\circ$).

На рис. 2 наведено номограму для визначення середнього коефіцієнта вологопровідності деревини для тангентального потоку вологи, тобто коли вираз

$$\left(1 + \frac{2V_{np} \sin \beta}{100 \sin 90^\circ} \right) = 1.$$

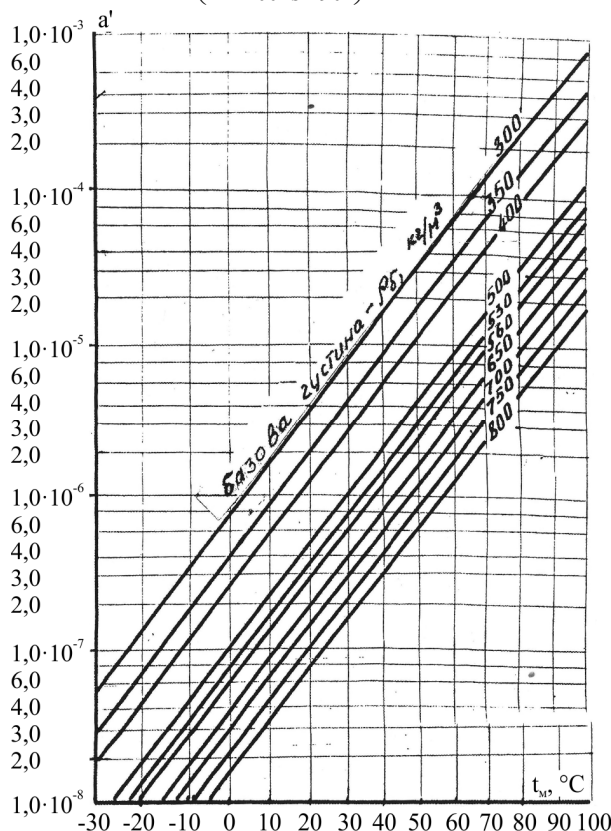


Рис. 2. Номограма для визначення середнього коефіцієнта потенціалопровідності для тангентального потоку вологи

Висновок. За результатами математичного оброблення експериментальних даних наших досліджень побудовано номограму для визначення середнього коефіцієнта потенціалопровідності для тангентального напрямку перенесення потоку вологи. Запропоновані мето-

ди визначення потенціалу (коефіцієнта) вологопровідності дають змогу спрогнозувати інтенсивність сушіння залежно від категорії режиму сушіння та відтворити в експериментальних дослідженнях виробничі умови процесу сушіння.

Перелік використаних джерел

Ozarkiv, I. M. (2006). *Naukovo-tehnichni osnovy konvektyvno-radiatsiinoho sushinnia derevyiny*. Lviv: UkrDLTU. 35 p. [in Ukrainian].

Ozarkiv, I. M., Adamovskyi, M. H., Maksymiv, V. M. et al. (2014). *Lisovyrobnychi kompleksi: tekhnolohichni aspekty*. Lviv: ZUKTs. 263 p. [in Ukrainian].

Ozarkiv, I. M., Soroka, L. Ya., & Hrytsiuk, Yu. I. (1997). *Osnovy aerodynamiky i teplomasoobminu: navch. posibnyk*. Kyiv: Vyd-vo IZMN. 280 p. [in Ukrainian].

Shubin, G. S. (1973). *Fizicheskie osnovy i raschet protsessov sushki drevesiny*. Moscow: Lesnaia promyshlennost. 248 p. [in Russian].

И. М. Озаркив, И. В. Петришак, И. А. Соколовский

Национальный лесотехнический университет Украины, г. Львов, Украина

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ НА ПОТЕНЦИАЛ ВЛАГОПРОВОДНОСТИ

Рассмотрено влияние коэффициента (потенциала) влагопереноса древесины в зависимости от категории режимов сушки пиломатериалов. Установлено, что коэффициент влагопереноса древесины исследован в работах О. В. Лыкова, Т. С. Шубина, П. Д. Лебедева, П. С. Сергоского, В. А. Кныша и др. Следует отметить, что на сегодня, существует несколько методов экспериментального исследования коэффициента влагопереноса. Большинство предложенных методов основаны на экспериментальном измерении послойного влагосодержания в разные моменты времени сушки. Однако для процесса сушки наиболее подходит метод опытного (экспериментального) высушивания влажной древесины, потому что именно условия того или иного опыта наиболее полно отображают производственные условия процесса сушки. В связи с чем рассмотрены методы определения коэффициента влагопереноса непосредственно исходя из полученных результатов экспериментальных исследований. Анализируя теоретические исследования разных ученых в вопросах теплопереноса относительно методов определения коэффициента (потенциала) влагопроводности, авторами наведена зависимость изменения величины $B = f(R)$ для разных температурно-влажностных параметров режимов сушки. На основе наших экспериментальных исследований построена номограмма определения среднего (интегрального) коэффициента потенциалопроводности для тангентального направления переноса влаги в процессе конвективной сушки древесных материалов с учетом режимов сушки.

Ключевые слова: коэффициент (потенциал) влагопроводности; бегущая (сменная) влажность древесины, режимы сушки древесины, температура влажного термометра, конвективно-радиационная сушка.

I. M. Ozarkiv, I. V. Petryshak, I. A. Sokolovskyy

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

THE INFLUENCE OF DRYING MODES ON MOISTURE TRANSFER POTENTIAL

The authors have studied the role of the moisture transfer coefficient in dependence on the category of timber drying modes. The moisture transfer coefficient is investigated in works by O. V. Lykov, T. S. Shubin, P. D. Lebedev, P. S. Sergovsky, V. A. Knysh etc. Nowadays there are several methods of experimental study of the moisture transfer coefficient. Most of the proposed methods are based on the experimental detection of layer moisture content at different times of drying. However, the method of experimental drying of wet wood suits best the drying process, as the conditions of this or that experiment can reproduce the production conditions of the drying process. Concerning the facts mentioned the methods of determining the moisture transfer coefficient directly on the basis of the results of experimental studies. When analyzing the theoretical investigations of various scientists in the field of heat and mass transfer concerning the methods for determining the moisture transfer coefficient, we describe the dependence of the variation of the value $B = f(R)$ on various temperature-humidity parameters of drying modes. The authors have constructed a nomogram for the determination of the average (integral) coefficient of potential conductivity for the tangential direction of moisture movement in the process of convective drying of timber taking into account the drying modes on the basis of the experimental research.

Keywords: moisture transfer coefficient; variable moisture content of wood; drying mode; the temperature of the wet-bulb thermometer; convective radiation drying.