

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕНЕСЕННЯ ВОЛОГИ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ

Розкрито особливості процесу сушіння деревини. Наведено рівняння, що характеризують основні закономірності перенесення вологи під дією рушійних сил процесу сушіння.

*Prof. I.M. Ozarkiv; assoc. prof. M.S. Cobrinovich; eng. Z.P. Kopynets –
NUFWT of Ukraine, L'viv*

Moisture transference features in process of wood drying

Distinguished features of moisture transference in process of wood drying have been discussed. Equations characterizing basic moisture transference conformities under action of drying process forces have been represented.

Особливості процесу сушіння, як і сам механізм його, супроводжуються одночасним протіканням явищ теплообміну (поглинання теплової енергії поверхнею об'єкта сушіння), теплопровідності (переміщенням поглиненої теплової енергії по всьому об'єму об'єкта сушіння), вологоперенесення (переміщення вологи по об'єкту сушіння), вологообміну (випаровування вологи із поверхні в оточуюче середовище) і визначаються характером вологоперенесення. Сам характер вологоперенесення залежить від рівня температури і визначається величинами градієнтів: вологості (волога переміщається в сторону низьких її концентрацій), температури (волога переміщається в сторону пониженої температури) і тиску (волога переміщається у напрямку пониженого тиску). При цьому в умовах низькотемпературного процесу проходить випаровування вологи, а в умовах високотемпературного процесу, коли $t_c > 100$ °C, рідка вільна волога википає в середині матеріалу, внаслідок чого утворюється надлишковий тиск і пара виходить через капіляри підсушеної зони деревини в оточуюче середовище, захоплюючи одночасно з собою повітря, яке знаходиться в порожнинах клітин.

У загальному випадку, коли діють одночасно всі три рушійні сили вологоперенесення, рівняння перенесення вологи має вигляд [1]

$$q'_m = -a'_m \cdot \rho_0 \cdot \left(\frac{dU}{dx} + \delta_t \frac{dt}{dx} \right) - b \frac{dP}{dx}, \quad (1)$$

де: a'_m – коефіцієнт вологопровідності; ρ_0 – густина деревини в абсолютно сухому стані; $\frac{dU}{dx}$, $\frac{dt}{dx}$, $\frac{dP}{dx}$ – відповідно градієнти вологості, температури і тиску; δ_t – термоградієнтний коефіцієнт; b – коефіцієнт молярного перенесення (вимагає експериментального дослідження).

У свою чергу, величина коефіцієнта вологопровідності залежить від температури, породи деревини, місця розташування взірця в стовбурі (заболоні, ядра) і напрямку переміщення (радіальний, тангентальний) вологи від-

носно волокон. Як показали результати наших досліджень [2], значення коефіцієнта вологопровідності деревини можна розрахувати за формулою

$$a'_m = 23,5 \cdot 10^{-12} \cdot \left(\frac{T_m}{273} \right)^{23} \cdot \left(\frac{\rho_B}{400} \right)^{-3,9} \cdot \left(1 + \frac{V_{np}}{100} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin 90^\circ} \right), \text{ м}^2/\text{с}, \quad (2)$$

де: T_m – температура поверхні матеріалу (або температура мокрого термометра режиму сушіння), К; ρ_B – базова густина деревини, кг/м³; V_{np} – об'єм серцевинних променів в загальній масі деревини (для деревини сосни – 6 %, берези – 11 %, дуба – 25 %, бука – 35 %); β – кут, що утворений дотичною до річних шарів і нормаллю, проведеною до зовнішньої поверхні пластів посередині ширини сортимента (для радіального потоку вологи $\beta = 90^\circ$, а для тангенційного – $\beta = 0^\circ$).

Що стосується термоградієнтного коефіцієнта, то він досить глибоко досліджений проф. Г.С. Шубіним [3] при різних діапазонах температур для різних вологостей та порід деревини. Дослідження [4] показали, що впливом термовологопровідності на перенесення вологи в деревині при середніх і особливо при підвищених температурах можна знехтувати.

Зв'язок між вологовмістом U для деревини і концентрацією вологи описується рівнянням [1]

$$C = U \cdot \rho_0. \quad (3)$$

У зв'язку з тим, що перегріта пара за теплофізичними властивостями близька до властивостей ідеального газу, то її тиск визначають [4]

$$P = C \cdot k \cdot T_m, \text{ Па}, \quad (4)$$

де: C – концентрація газу (пари) в одиниці об'єму; k – універсальна стала Больцмана, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; T_m – абсолютна температура, К.

Оскільки $T \approx T_m$, то рівняння (4) із врахуванням (3) прийме вигляд

$$P = u \cdot \rho_0 \cdot k \cdot T_m, \text{ Па}. \quad (5)$$

Останнє рівняння дає змогу розрахувати величину тиску, який створює водяна пара при кипінні її всередині матеріалу із дальшим перенесенням її до відкритої поверхні матеріалу, що висушується.

Таким чином, вище наведені залежності дають змогу розрахувати величини основних рушійних і тепломасообмінних характеристик процесу сушіння деревини.

Література

1. **Діагностика** властивостей деревини в технологічних процесах деревообробки: Наук. видання/ За ред. Озарків І.М. – Львів: Вид. дім "Панорама", 2003. – 228 с.
2. **Озарків І.М.** Науково-технічні основи конвективно-радіаційного сушіння деревини// Дис. ... д-р техн. наук. – Львів: НЛТУ України, 2006. – 404 с.
3. **Шубин Г.С.** Физические основы и расчет процессов сушки древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 248 с.
4. **Кречетов И.В.** Сушка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 440 с.
5. **Озарків І.М., Сорока Л.Я., Грицюк Ю.І.** Основи аеродинаміки та тепломасообміну: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 280 с.