

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

УДК 647.047 Доц. І.М. Озарків, к.т.н.; доц. Є.В. Басалига, к.т.н. – УкрДЛТУ;
Д.І. Лелюк – Надвірнянський ЛК

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВОЛОГОПРОВІДНОСТІ ПРИ КОНВЕКТИВНОМУ СУШІННІ ДЕРЕВИНИ

Наведено методику визначення потенціалу вологопровідності деревини при її сушінні.

Doc. I.M. Ozarkiv; doc. E.V. Basalyga – USUFWT; D.I. Lelyuk – Nadvirna Timber Plant Deputy

Moisture conductivity during convective wood drying determination.

The equation for potential of moisture conductivity during wood drying has been presented.

При сушінні деревини її технологічні властивості тісно взаємопов'язані із потенціалом вологотеплопереносу, енергією зв'язку вологи із матеріалом, питомою масоємністю і т.п.

Потенціалом переносу пароподібної вологи в повітрі, як відомо, є хімічний потенціал, який залежить від температури і парціального тиску пари.

О.В.Ликов [1] як потенціал вологопереносу запропонував використовувати функцію вологовмісту і параметрів середовища.

Необхідно зазначити, що дослідженню потенціалу вологопереносу (коефіцієнта вологопровідності) присвячені роботи П.Д.Лебедева, П.С.Серговського, Г.С.Шубіна, В.А.Книша, Ю.В.Книша та ін. Більшість з методів визначення потенціалу вологопровідності a'_m базується на стаціонарному і нестаціонарному потоках перенесення вологи, тобто оснований на експериментальному визначенні пошарового вологовмісту деревини в різні моменти часу.

На наш погляд, найбільш вигідним є метод дослідного визначення кінетики процесу, бо умови досліду повністю і достовірно віддзеркалюють виробничі умови самого процесу сушіння. Тому отримані таким чином експериментальні закономірності коефіцієнта вологопровідності мають важливе практичне значення. У зв'язку з чим ми більш детально зупинимося на методах визначення a'_m , які базуються на кривих сушіння і швидкості сушіння.

Перший метод визначення a'_m базується на використанні рівняння вологопровідності вигляду:

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = a'_m \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}, \quad (1)$$

з використанням граничних умов 3-го роду, тобто

$$q'_m = -a'_m \rho_0 (\partial U / \partial x)_{m=0} = \alpha'_m \rho_0 (U_n - U_r), \quad (2)$$

де q'_m – інтенсивність випаровування вологи з поверхні деревини в оточуюче середовище, кг/(м²·с); ρ_0 – густина деревини в абсолютно сухому стані, кг/м³; U_n, U_p – відповідно вологовміст на поверхні матеріалу і рівноважний вологовміст, кг вол./кг сух. мат.; α'_s – коефіцієнт вологовмісту деревини, що віднесений до різниці вологовмістів, кг/м².

З другого боку, представивши значення q'_m як

$$q'_m = (dU/d\tau)\rho_0 R, \quad (3)$$

і, підставивши останнє в рівняння (2), отримаємо вираз:

$$\alpha'_s = \frac{(dU/d\tau)\rho_0 R}{U_n - U_p}, \quad (4)$$

де ρ_0 – базова густина деревини, кг/м³; R – визначальний розмір ($R=S/2$, S – товщина матеріалу).

Розв'язання рівнянь (2) і (4) із врахуванням ряду допущень дає можливість отримати рівняння у вигляді:

$$B = \frac{\bar{U} - U_p}{(d\bar{U}/d\tau)R} = R \frac{1}{3\alpha'_m} + \frac{1}{\alpha'_s}, \quad (5)$$

де $\bar{U}$ – середній поточний вологовміст матеріалу.

Тут можливі два способи розв'язання останнього рівняння. Перший – графоаналітичний, який полягає в побудові графічної залежності $B = f(R)$ для одних і тих самих значень біжучого (поточного) вологовмісту $\bar{U}$ в періоді падаючої швидкості сушіння деревини різної товщини для різних режимів сушіння, що дає можливість отримати сім'ю прямих ліній. Останні будуть відсікати на осі ординат величини, обернені до α'_s , а тангенс кута нахилу цих прямих для необмеженої пластини буде дорівнювати:

$$tg\psi = \frac{1}{3\alpha'_m}$$

$$\text{або} \quad \alpha'_m = \frac{1}{3tg\psi} = \frac{NR}{3tg\psi} = \frac{(dU/d\tau)R}{3tg\psi}, \quad (6)$$

Значення кута ψ може бути знайдене із співвідношення:

$$tg\psi = \frac{U_{кр} - U_{н.кр}}{R}. \quad (7)$$

Другий спосіб визначення α'_m базується на графоаналітичному розв'язанні рівняння виду [2, 3]:

$$\frac{U_{кр}}{U_{\max}} = \frac{U_{н.кр}}{U_{\max}} + \frac{q'_m R}{T_s \alpha'_m \rho_0 U_{\max}}, \quad (8)$$

і може бути використаним тільки для тих випадків, де має місце критична вологість, тобто є перший період сушіння. Інакше кажучи, маючи залежності критичного вологовмісту від величини R для різних, постійних режимів сушіння, завжди можна визначити α'_m для будь-якого режиму, тобто:

$$\alpha'_m = 1/(T_s \rho_0 U_{\max} tg\alpha), \quad (9)$$

T_s – постійний коефіцієнт (для пластини $T_s=3$); α – кут, утворений прямими на осі ординат.

Третій спосіб визначення α'_m базується на дослідженні пошарового вологовмісту (dU/dx) на поверхні матеріалу. Тому, в даному випадку потенціал вологopровідності визначається за формулою:

$$\alpha'_m = - \frac{R(dU/d\tau)}{(dU/dx)_{\max}}. \quad (10)$$

Інакше кажучи, значення α'_m визначається за допомогою кривої швидкості сушіння і кривої розміщення вологовмісту на поверхні об'єкта сушіння, а також його товщини.

П.С.Серговський [2] для визначення середніх значень α'_m в радіальному напрямку запропонував використати рівняння вигляду:

$$\alpha'_{m,r} = \alpha'_{m,t} \left(1 + \frac{V_{np}}{100} \right), \quad (11)$$

де $\alpha'_{m,t}$ – коефіцієнт вологopровідності в тангентальному напрямку; V_{np} – об'єм серцевинних променів в деревинній масі (для сосни – 6%, берези – 11%, клена – 15%, бука – 35%, дуба – 25%).

Згідно з рекомендаціями П.С. Сергowsького для деревини ядра всіх порід деревини

$$\alpha'_{m,t} = 0,235 \cdot 10^{-31} \cdot T^{10} \cdot \rho_k^{-3,1}, \quad (12)$$

а для заболонної частини хвойних порід і деревини заболонних листяних порід

$$\alpha'_{m,t} = 0,235 \cdot 10^{-31} \cdot T^{10} \cdot \rho_k^{-3,9}. \quad (13)$$

Г.С.Шубін [3] для від'ємних температур ($t_0 = -2 \dots -30$ °C) пропонує вирази для визначення α'_m :

а) ядра і спілої деревини, см²/с:

$$\alpha'_{m,t} = 0,093 \cdot 10^{-78} \cdot T^{29} \cdot \rho_k^{-4,2}; \quad (14)$$

б) заболоні і деревини заболонних порід

$$\alpha'_{m,t} = 1,57 \cdot 10^{-78} \cdot T^{29} \cdot \rho_k^{-1,8}. \quad (15)$$

В.А.Книш [4] рекомендує рівняння для шпону різних порід деревини, см²/с:

$$\alpha'_m = 0,955 \cdot 10^{-13} \cdot \left(\frac{T_{n,m}}{100} \right)^{14} \left(1 + \frac{V_{np}}{100} \right) \cdot \rho_k^{-3,9} \quad (16)$$

яке дозволяє визначити значення α'_m для конвективного і терморадіаційно-конвективного сушіння.

Необхідно зазначити, що рівняння (11-15) отримані для низькотемпературного процесу, де головним потенціалом перенесення вологи виступає вологopровідність, а $t_s \leq 75$ °C. Крім того, більшість дослідників вимірювання температури проводили не по матеріалу (t_s), що давало можливість отримувати занижені значення α'_m .

Це доводить, що досліджень по визначенню потенціалу вологопереносу в межах змін температури деревини $t_w = 75 \dots 100^\circ\text{C}$ явно недостатньо. Про це говорить й той факт, що в роботі Г.С.Шубіна [3] на номограмі визначення a'_m дільниці температур $t_w > 75^\circ\text{C}$ нанесена штрихпунктирними лініями.

Ю.В.Книш [5] на основі експериментальних досліджень отримав формули для визначення коефіцієнта a'_m ($\text{м}^2/\text{с}$) вигляду:

- деревини бука

$$a'_{m,T} = 0,78 \cdot 10^{-11} (T_{n,w}/273)^{23}; \quad (17)$$

$$a'_{m,p} = 1,32 \cdot 10^{-11} (T_{n,w}/273)^{23}; \quad (18)$$

- деревини дуба

$$a'_{m,T} = 0,54 \cdot 10^{-11} (T_{n,w}/273)^{23}; \quad (19)$$

$$a'_{m,p} = 0,83 \cdot 10^{-11} (T_{n,w}/273)^{23}; \quad (20)$$

На основі обробки результатів власних досліджень і досліджень різних авторів нами була отримана формула визначення a'_m ($\text{м}^2/\text{с}$) при сушінні вологим повітрям і парою, коли $t_w = 60 \dots 100^\circ\text{C}$, тобто, коли перенесення вологи в деревині здійснюється за рахунок явищ капілярного змочування, молекулярної дифузії і молекулярного перенесення, яка має вигляд:

$$a'_m = 23,5 \cdot 10^{-8} (T_{n,w}/273)^{23} (\rho_k/\rho_c)^{-3,9} \left(1 + \frac{2V_{np}}{100} \frac{\sin \beta}{\sin 90^\circ} \right), \quad (21)$$

де ρ_c – базова густина деревини сосни, $\rho_c = 400 \text{ кг/м}^3$; β – кут, утворений дотичною до різних шарів і нормаллю, проведеною до зовнішньої пласті посередині пластини (для радіального напрямку переміщення вологи $\beta = 90^\circ$, а тангентально-го $\beta = 0^\circ$). Отримане нами рівняння (4) дає можливість діагностувати, регулювати і направляти процеси перенесення вологи при сушінні за рахунок самого механізму переносу вологи в деревині при різних способах підведення теплоти.

Література

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
2. Серговский П.С. Влагодпроводность древесины// Деревообрабатывающая пром-сть. – 1955.– №2. – С. 3 – 8.
3. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1990.– 336 с.
4. Книш В.А. Исследование процесса конвективной и радиационно-конвективной сушки шпона// Дисс. на соиск. канд. техн. наук. – Львов, 1968. – 290 с.
5. Книш Ю.В. Интенсификация конвективной сушки пиломатериалов твердых лиственных пород древесины// Автореф. дисс. на соиск. канд. техн. наук. – Львов, 1991. – 21 с.

УДК 684.001.2

Доц. С.В. Гайда, к.т.н. – УкрДЛТУ

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ КОРПУСНИХ ВИРОБІВ НА МІЦНІСТЬ

Наводиться характеристика корпусних меблевих виробів. Обґрунтовуються особливості розрахунків експлуатаційної довговічності, міцності та жорсткості виробів з деревини в залежності від ступеня раціональності їх конструювання.

S.V. Gayda – USUFWT

Body workpieces on strength

The characteristic of body furniture workpieces is given the features of calculations of operation life, strength, longevity, stability and rigidity of workpieces from timber are considered depending on a degree of rationality of their designing.

Характеристика будь-якого виробу з деревини визначається затратами на його проектування та виготовлення. Експлуатаційна довговічність, відповідність функціональним вимогам та вартість виробів з деревини залежать від ступеня раціональності їх конструювання. Ці показники визначаються обґрунтуванням оптимальності вибору конструкційного матеріалу, поперечними перерізами деталей, що забезпечують потрібну міцність і надійність, застосуванням відповідних технологій виготовлення тощо. Досить зазначити, що від загальних витрат на виготовлення виробу вартість основних і допоміжних матеріалів, які використовуються, знаходиться в межах 50...85 %. При цьому вартість тільки конструкційних матеріалів становить 35...65 % вартості всіх основних і допоміжних матеріалів.

Важливими вимогами до виробів з деревини є їх міцність та надійність, які характеризуються безвідмовністю, довговічністю, ремонтпридатністю і здатністю до зберігання. У процесі визначення габаритних та функціональних розмірів виробів, в першу чергу, належить керуватися відповідними стандартами для досягнення зручності користування виробами. У процесі роботи над формою виробу розміри коригуються з метою забезпечення її композиційної досконалості.

На розміри елементів меблів впливають зовнішні навантаження на вироби, властивості матеріалів та умови експлуатації, що пов'язано із забезпеченням міцності і надійності виробів меблів. За характером прикладання та зміною в часі зовнішні навантаження, які діють на вироби корпусних меблів, можна розділити на чотири типи: виникають від власної ваги елементів виробів; виникають від ваги предметів, що в них зберігаються; прикладені до виробу під час користування; виникають під час транспортування виробів у зібраному вигляді.

Навантаження *першого типу* найбільш стабільні і діють постійно. Вагові навантаження *другого типу* також більш-менш стабільні і визначаються з достатньою точністю. Але вони можуть змінюватися в часі як за значенням, так і за характером розподілу. Навантаження *третього типу* виникають при переміщенні виробів, випадково створюються під час користування ними (навантаження на відкриті двері, шухляди і т.д.). Під час транспортування зібраний виріб може приймати різноманітні випадкові навантаження. Але підсилювати конструкцію виробу на час його транспортування недоцільно, оскільки відбувається воно 2...3 рази за весь період експлуатації. Для цих випадків краще передбачити інші заходи (транспортування виробу в розібраному вигляді, закріплення виробів у транспортному засобі тощо).

Значення для зовнішніх навантажень $Q_{l,max}$, які виникають від власної ваги (I тип) визначають, виходячи з об'ємів елементів $V_{l,max}$ і приведеної питомої ваги матеріалу $\rho_{l,max}$ за такою формулою:

$$Q_{l,max} = \sum_{i=1}^k V_{l,max} \cdot \rho_{l,max} \quad (1)$$

де k – кількість видів матеріалів для виготовлення виробу.

3. Технологія та устаткування деревообробних підприємств