

Критерій Косовича

$$Ko_m = \frac{\overline{U}_n r}{C_m (t_{n.c} - \Theta_n)}, \quad (16)$$

де: C_m – питома теплоємність матеріалу; r – питома теплота пароутворення.

Теплообмін між газом (агентом сушіння) і частинками (міжфазний теплообмін) носить чисто конвективний характер, як і сам масообмін. При цьому міжфазний тепломасообмін у киплячому шарі розглядається порівняно з одиничною частинкою.

Автори [3] теплообмін між теплоносієм і частинками у киплячих і щільних шарах розраховують за рівнянням ($Re/\varepsilon > 200$)

$$Na = 0,40 (Re/\varepsilon)^{2/3} Pr^{1/3}, \quad (17)$$

де: Na ($-Na = \alpha \frac{d}{\lambda_c}$) – теплообмінний критерій Нусельта; Re ($Re = \frac{v}{\nu_c} d$) –

критерій Рейнольдса; λ_c , ν_c – відповідно теплопровідність і коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Таким чином, із останнього рівняння можна визначити коефіцієнт теплообміну між агентом сушіння і частинками сипучої деревини.

Література

1. Обливин А.Н., Воскресенский А.К., Семенов Ю.П. Тепло- и массоперенос в производстве древесно-стружечных плит. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 192 с.
2. Архангельский В.А. Аппараты для сушки сыпучей древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 126 с.
3. Аэров М.Э., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. – Л.: Химия, 1968. – 510 с.
4. Баум В.А., Бекмуратов О. Расчет температуры и теплообмена в каналах с кусковым материалом. / Изв. АН Туркменской ССР: Серия физ. – техн., хим. и геолог. наук, 1976. – № 3. – С. 101-105.
5. Дущенко В.П. Кинетика и динамика внутреннего тепло- и массопереноса в твердых дисперсных системах. – Дис. д-ра. техн. наук. – Киев, 1974. – 320 с.
6. Львов Ф.П. Тепло- и массообмен при сушке в кипящем, взвешенном, плотном и виброкипящих слоях. // В кн.: Тепло- и массообмен: Материалы дискуссии III Всесоюзн. сов. по тепло- и массопереносу. – Минск: ИТМО, 1969. – т. 11. – С. 105-124.
7. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. – М.: Химия, 1968. – 358 с.
8. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка в кипящем слое. – М.: Химия, 1964. – 288 с.
9. Процессы тепло- и массопереноса в кипящем шаре. / Под ред. А.П. Баскакова. – М.: Металлургия, 1978. – 247 с.

УДК 674.047

П.В. Білей, д-р. техн. наук; аспір. А.В. Полоз – УкрДЛТУ

КІНЕТИКА АТМОСФЕРНОГО СУШІННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Досліджено кінетику атмосферного сушіння соснових пиломатеріалів, знайдено основний параметр процесу – коефіцієнт сушіння.

Kinetics of the atmosphere drying of lumber

Kinetics of the atmosphere drying of pine lumber was studied and the main parameter of the process – coefficient of drying was found.

Процес сушіння характеризується кінетикою зміни середнього вологовмісту – $\bar{U}_\tau$ (або середньої вологості – $\bar{W}_i$, %), де $\bar{U}_\tau = 0,01 \cdot \bar{W}$ і середньої температури – $\bar{t}$ матеріалу за певний проміжок часу – τ . Зміна локального вологовмісту (U) і локальної температури (t) за час (τ) залежить від взаємопов'язаного механізму перенесення тепла і вологи у середині матеріалу, теплообміну і масообміну поверхні матеріалу з навколишнім середовищем. Знаходження полів вологовмісту U (x, y, z, τ) і температури можливе шляхом розв'язку системи диференціальних рівнянь тепло- і масоперенесення при відповідних граничних умовах залежно від способу і режиму сушіння.

У зв'язку з тим, що процес атмосферного сушіння є тривалим і проходить він без періоду постійної швидкості сушіння, вологість контрольних зразків визначалась (ваговим і кондуктометричним методом) через кожні 24 години. Було проведено два досліді, де висушувались по 21 експериментальному зразку соснових обрізних пиломатеріалів товщиною $S_1=40$ мм і шириною $S_2=150$ мм. Для кожного експериментального зразка визначалась зміна вологості (ΔW) за певний час ($\Delta \tau$). За цими даними можна побудувати графік швидкості сушіння

$$\frac{\Delta W}{\Delta \tau} = f(\tau) \quad (1)$$

Значення коефіцієнту сушіння – K можна визначити за формулою:

$$K = \frac{2,3 \cdot [\log(W_0 - W_p) - \log(W_k - W_p)]}{\tau} \quad (2)$$

де: W_0 , W_p , W_k – відповідно початкова, рівноважна та кінцева вологість матеріалу. Формулу (2) необхідно привести до зручного у застосуванні вигляду:

$$\bar{K} = \frac{2,3}{\tau_\Sigma} \cdot \ln \frac{W_0 - W_p}{W_k - W_p} \quad (3)$$

де τ_Σ – сумарна тривалість процесу сушіння $\tau_\Sigma=32$ доби=768 год.

Середні температури умови сушіння: $t=14^\circ\text{C}$ і $\phi=80\%$. За таких умов рівноважна вологість становить $W_p \approx 17\%$. Підставляючи дані $W_0=82,0\%$ та $W_k=22,0\%$ для досліді №1 і $W_0=80,6\%$ та $W_k=22,8\%$ для досліді №2 отримаємо значення коефіцієнту сушіння:

- для досліді №1, $\bar{K}_1 = 0,00768 \frac{1}{\text{год}} = 2,13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$
- для досліді №2, $\bar{K}_2 = 0,00717 \frac{1}{\text{год}} = 1,993 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$

Отримані значення $\bar{K}_1$, $\bar{K}_2$ є середніми за весь період сушіння для двох дослідів. Середнім значенням для висушуваного матеріалу буде величина $\bar{K} = 0,5 \cdot (\bar{K}_1 + \bar{K}_2) = 0,0074 \frac{1}{\text{год}}$ або $\bar{K} = 2,06 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$.

Процес атмосферного сушіння доцільно умовно розділити за тими самими ступенями, що і для конвективно-теплого (камерного) способу. Тобто, початкова (перша) ступінь для середньої вологості: $W_0 \dots 40\%$; друга ступінь: $30\% \leq W \leq 40\%$; третя ступінь: $25\% \leq W \leq 30\%$; четверта ступінь: $20\% \leq W \leq 25\%$.

Розрахуємо за одним контрольним зразком для цих ступенів режиму значення коефіцієнта сушіння:

Дослід №1 (контрольний зразок №10 з $W_0=82,1\%$ і $W_k=22,8\%$)

- для першої ступені $K_1 = 2,33 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$;
- для другої ступені $K_2 = 2,44 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$;
- для третьої ступені $K_3 = 1,46 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$;
- для четвертої ступені $K_4 = 1,79 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$.

Дослід №2 (контрольний зразок №10 з $W_0=79,4\%$ і $W_k=22,4\%$)

- для першої ступені $K_1 = 2,27 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$;
- для другої ступені $K_2 = 1,82 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$;
- для третьої ступені $K_3 = 2,30 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$;
- для четвертої ступені $K_4 = 2,13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$.

Середнє значення коефіцієнта сушіння для першого дослідів дорівнює $\bar{K} = 2,00 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$, а для другого дослідів $\bar{K} = 2,12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$. Якщо взяти, що $\bar{K} = 0,5 \cdot (\bar{K}_1 + \bar{K}_2) = 2,06 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{с}}$, то результат є ідентичним попередньому.

Таким чином, для знаходження середньостатистичного значення коефіцієнта сушіння необхідно провести обробку більшої кількості експериментальних даних, а саме всіх контрольних зразків. Крім того, необхідно побудувати також криву швидкості сушіння, за якими разом провести відповідний аналіз експериментальних даних.

Література

1. Білей П.В. Сушка древесины твердых лиственных пород (второе издание). – М.: Экология, 2002. – 224 с.