

раметрів ΔP_c , ω_{oc} і працює в інтервалі зміни швидкості $\omega_{ov} \div \omega_{oc}$. На рис. 7 представлена кореляційна залежність між експериментальними та розрахованими за рівнянням (6) значеннями.

Висновок. На основі експериментальних даних отримана розрахункова залежність (6), яка дозволяє розрахувати гідравлічний опір як вологого так і сухого шару торфу. Як видно із рис. 7 максимальна відносна похибка між експериментальними та теоретично розрахованими значеннями за рівнянням (6) не перевищує 12 відсотків, що є прийнятним для практичного використання цього рівняння при розрахунку сушильного обладнання.

Література

1. Дулеба В.П., Ханик Я.М., Атаманюк В.М. Гідродинаміка під час руху повітря через шар сухого зернистого поліакриламиду. Ж. Хімічна промисловість України. №2, 1997. – С. 16-19.
2. Гузьова І.О., Ханик Я.М., Атаманюк В.М. Гідродинаміка фільтраційного сушіння кавової сировини для екстрагування жиру. Ж. Хімічна промисловість України. №5, 2001. – С. 44-46.
3. Кіндзера Д.П., Ханик Я.М., Атаманюк В.М. Гідродинаміка фільтраційного сушіння торфу. Вісник НУ "Львівська політехніка", Хімія, технологія речовин та їх застосування. №426, 2001. – С. 204-208.
4. Кіндзера Д.П., Ханик Я.М., Атаманюк В.М. Зернистий матеріал. Гідродинаміка полідисперсного шару. Ж. Хімічна промисловість України. №6, 2002. – С. 38-42.

УДК 647.047

Аспір. А.І. Мацьків* – УкрДЛТУ

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ

Наводяться результати аналізу залежностей коефіцієнта внутрішнього вологоперенесення та основних гігроскопічних характеристик деревини дуба, розглянуто можливість їх використання в математичних моделях процесів сушіння.

Doctorate A.I. Matskiv – USUFWT

Analysis of main coefficients in wood drying modelling

In article presented equations for assessment of diffusion coefficients and main hygroscopic properties of oak specimens, the possibilities of use its in wood drying modeling are highlighted.

Сонячне сушіння деревини як складний тепломасообмінний процес характеризується мінливістю режимних параметрів, які залежать від кліматичних і погодних умов. Така складність процесу зумовлює потребу у дослідженні процесів сонячного сушіння на математичних моделях. Вивчення процесів сушіння шляхом моделювання зводиться до розв'язку диференціальних рівнянь в часткових похідних, які з певним рівнем адекватності розкривають механізм внутрішнього вологоперенесення. Зростаюча потужність комп'ютерної техніки дозволяє отримати числові розв'язки, однак достовірність результатів моделювання, в основному, залежить від адекватності мате-

* Наук. керівник: доц. І.М. Озарків, канд. техн. наук – УкрДЛТУ

матичного опису процесу. При цьому варто зосередити увагу на числових значеннях коефіцієнтів, які відображають фізичну сторону процесу сушіння. Дифузійна теорія вологоперенесення з достатньою точністю описує процеси сушіння при вологості матеріалу нижче межі гігроскопічності стінок клітин. Існує думка, що дифузійне масоперенесення у поверхневих шарах є лімітуючим фактором і може бути використане для опису процесу сушіння від середньої вологості матеріалу вище межі гігроскопічності. Це особливо характерно для низькотемпературних процесів сушіння твердих листяних порід, для яких стадія нерегулярного режиму практично відсутня.

На цей час проведено значну кількість досліджень механізму внутрішнього масоперенесення у процесах сушіння деревини, однак аналіз літературних джерел дозволив виявити ряд розбіжностей у підходах щодо його визначення. Зокрема, в роботі [1] коефіцієнт внутрішнього вологоперенесення a_m визначається як функція тільки температури матеріалу t і базової густини ρ_0 , тобто

$$a_m = 0,235 \cdot 10^{-31} \cdot (273,16 + t)^{10} \cdot \rho_0^{-3,3}. \quad (1)$$

У роботі [2] коефіцієнт a_m для деревини дуба описується функціональною залежністю

$$a_m = A \cdot \exp\left(-\frac{5280}{T}\right) \cdot \exp\left(\frac{B \cdot W}{100}\right), \quad (2)$$

де: A , B – експериментально отримані коефіцієнти, які враховують вологопроникливість деревини і залежать від умов сушіння; T , W – відповідно температура (°K) і вологість (%) деревини.

Автор стверджує, що вираз (2) достовірно описує величину a_m в гігроскопічній області, а при вологості, що дорівнює межі гігроскопічності a_m , приймає своє максимальне значення і з ростом вологості матеріалу залишається величиною постійною.

Згідно з роботою [3] величина a_m визначається як функція дифузійного вологоперенесення зв'язаної вологи в рідкій фазі через мікрокапіляри стінок клітин та ефузії водяної пари у порожнинах клітин, значення яких, у свою чергу, залежать від вологості, температури та проникливості матеріалу.

Для наочності на рис. 1 наведено залежності a_m від температури для деревини дуба за даними робіт [1 – 4].

З рис. 1 видно, що між кривими різних авторів існує певне розходження, що можна пояснити як впливом методики дослідження, так і усередненням a_m в тангентальному і радіальному напрямках. Однак, слід відзначити, що рівняння (1-3) мають однаковий характер і можуть бути використані для опису процесів сушіння, що підтверджується експериментальними даними [4], отриманими для області низьких температур.

Поряд з коефіцієнтом внутрішнього вологоперенесення важливими характеристиками є рівноважна вологість W_p та межа гігроскопічності W_{m2} деревини. Емпіричні залежності для визначення W_p отримано багатьма дослідниками і базуються на дослідженнях процесів сорбції та десорбції, при

цьому автори сходяться на думці, що W_p не залежить від породи. Зокрема, у праці [5] пропонується залежність W_p (%) від температури t і ступені насичення повітря водяною паром ϕ такого вигляду:

$$W_p = 10,6 \cdot (3,27 - 0,0015 \cdot t). \quad (3)$$

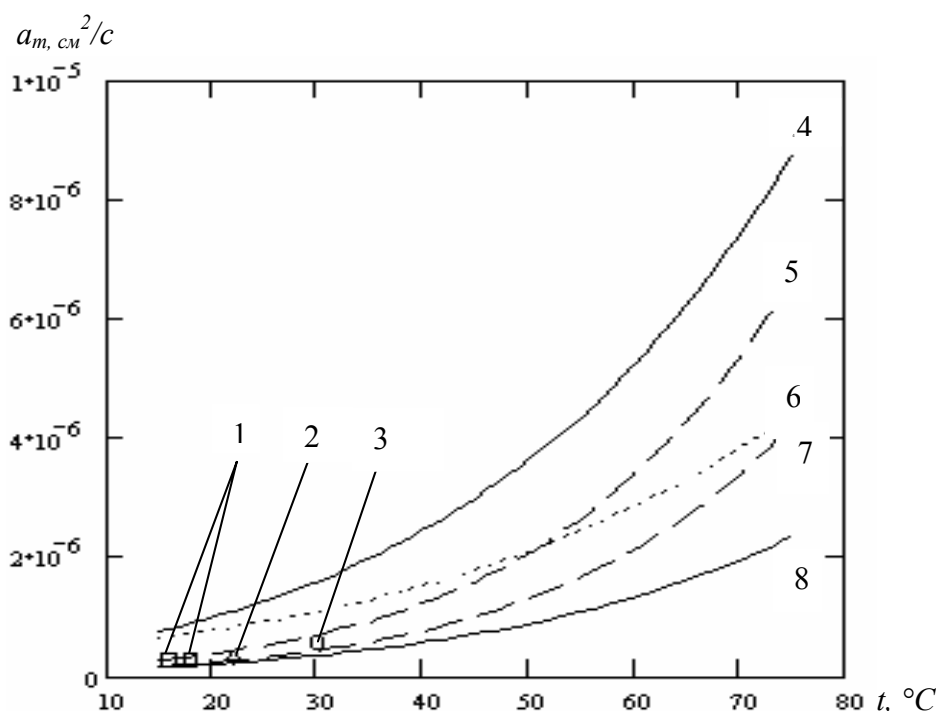


Рис. 1. Залежність коефіцієнта внутрішнього вологоперенесення від температури матеріалу: 1 – за даними лабораторних досліджень МЛТІ [4]; 2 – за виробничими дослідженнями МЛТІ [4]; 3 – за Аксьоновим (ЛЛТА); 4, 8 – згідно з методикою [3] відповідно при вологості деревини 30 і 10 %; 5, 7 – згідно з [2] відповідно при тих же вологостях; 6 – за Шубіним [1].

Кречетов І.В. [6] наводить вирази для опису W_p у двох діапазонах зміни відносної вологості – при $\phi = 0 \dots 0,5$ і $\phi = 0,5 \dots 1$. для першого діапазону зміни ϕ , коли у деревині є тільки адсорбована і мікрокапілярна волога, W_p визначається за формулою:

$$W_p = W_0 + 0,72 \cdot \phi \cdot \left(29,5 - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right), \quad (4)$$

де: T – абсолютна температура, °K;

$$W_0 = 0,36 \cdot \left(13,9 - \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right). \quad (5)$$

Для другого діапазону зміни ϕ , коли у деревині є також капілярна волога, величина W_p описується рівнянням:

$$W_p = \frac{0,512}{1,21 - \phi} \cdot \left[21,7 \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^2 \right]. \quad (6)$$

У праці [7] пропонується вираз для визначення W_p для всього діапазону φ при конвективному сушінні:

$$W_p = \left(\frac{k_1 \cdot k_2 \cdot \varphi}{1 + k_1 \cdot k_2 \cdot \varphi} + \frac{k_2 \cdot \varphi}{1 - k_2 \cdot \varphi} \right) \cdot \frac{1800}{A}, \quad (7)$$

де k_1 , k_2 , A – коефіцієнти, що залежать від температури матеріалу.

У роботі [8] дається залежність для визначення W_p такого вигляду:

$$W_p = \left(\frac{\ln(1 - \varphi)}{A} \right)^{\frac{1}{B}}, \quad (8)$$

де A , B – коефіцієнти, що залежать від температури.

На рис. 2 показано залежність W_p від температури, визначені за різними методиками [5-8].

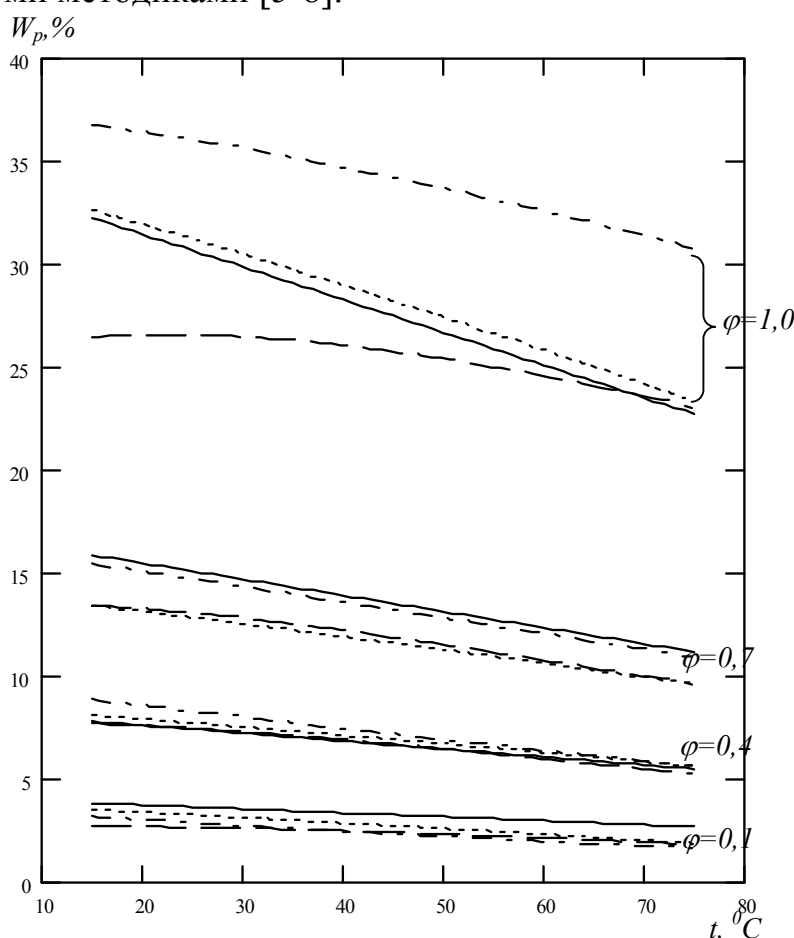


Рис. 2. Залежність W_p від температури: суцільна лінія - за Шубіним [5]; пунктирна - за Кречетовим [6]; штрихова - згідно [7]; штрих-пунктирна - згідно з [8].

Щодо межі гігроскопічності, то ряд дослідників приходять до висновку, що $W_{мг}$ залежить від температури і породи, однак в літературі знайдено тільки дві залежності $W_{мг}$ від температури. Зокрема, у праці [5] ця залежність апроксимується таким виразом:

$$W_{мг} = 34,1 - 0,139 \cdot t, \quad (9)$$

а автор [3] наводить формулу вигляду:

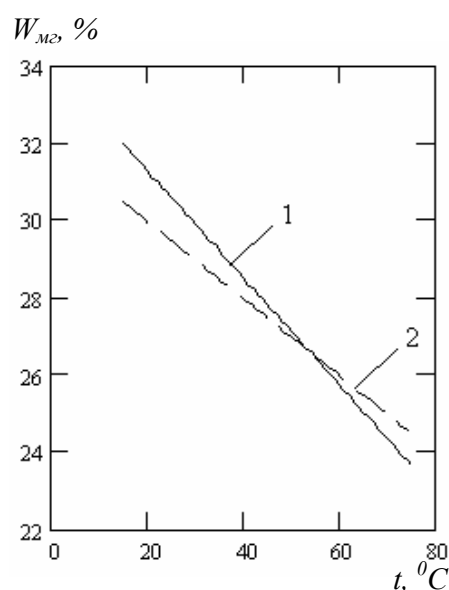


Рис. 3. Залежність межі гігроскопічності $W_{мг}$ від температури:
1 – за формулою (10);
2 – за Шубіним, рівняння (9)

$$W_{m2} = 30 - 0,1 \cdot (t - 20). \quad (10)$$

Як видно із рівнянь (9), (10) та рис. 3, ріст температури викликає зменшення W_{m2} , що є важливим моментом при оцінці фізичних властивостей деревини.

З наведеного вище можна також зробити висновок, що незважаючи на деякі розбіжності в результатах досліджень різних авторів, формули визначення коефіцієнта внутрішнього вологоперенесення та гігроскопічних характеристик деревини можуть бути використані для опису математичних моделей сушіння. При цьому правильний вибір методики визначення коефіцієнтів моделі є передумовою підвищення рівня адекватності конкретної моделі.

Література

1. Шубин Г.С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 248 с.
2. Simpson W.T. Determination and Use of Moisture Diffusion Coefficient to Characterize Drying of Northern Red Oak// Wood Science and Technology. – 1993, № 6. – P. 409-420.
3. Siau J.F. Transport Processes in Wood. – New York: Springer Verlag, 1984. – 245 p.
4. Сергоровский П.С. Расчет процессов высыхания и увлажнения древесины. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 78 с.
5. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 336 с.
6. Кречетов И.В. Сушка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 432 с.
7. Simpson W.T. Predicting equilibrium moisture content of wood by mathematical models// Wood and Fiber. – 1973, № 1. – P. 41-49.
8. Avramidis S. Evaluation of "three-variable" models for the prediction of equilibrium moisture content in wood// Wood Science and Technology. – 1989, № 23. – P. 251-258.

Інж. І.В. Петришак – УкрДЛТУ

ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЖОРСТКО-ПРУЖНОГО АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТА

Виконані дослідження впливу кількості сегментів та ширини амортизуючої прокладки жорстко-пружного абразивного інструмента на довжину шліфування та об'єм зішліфованого матеріалу.

I.V. Petrushak – USUFWT

Definition of design data of a hard – elastic abrasive tool

The researches of influencing of segments quantity and width of the damping gasket of a hard – elastic abrasive tool on length of grinding and volume of a removed material are made.

В Українському державному лісотехнічному університеті з метою заміни дорогої і малопродуктивної шліфувальної шкурки на операції фінішного шліфування деревини розроблено жорстко-пружний абразивний інструмент (рис. 1).

Метою проведених нами експериментальних досліджень було обґрунтування конструктивних параметрів жорстко-пружного абразивного інструмента: кількості абразивних сегментів досліджуваного інструменту – n та ширини пружної вставки – b .