

УДК 66.047 *Пошукувач Б.М. Микичак; проф. Я.М. Ханик, д-р техн. наук –
НУ "Львівська політехніка"*

ГІДРОДИНАМІКА ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПІД ЧАС РУХУ ТЕПЛОНОСІЯ КРІЗЬ ШАР СУХОГО СТРУГАНОГО БУКОВОГО ШПОНУ

Розглянуто результати теоретичних та експериментальних досліджень гідродинаміки при сушінні листових матеріалів фільтраційним методом.

Competitor B.M. Mykychak; prof. Ya.M. Hanyk – NU "L'vivs'ka Politekhnik"

Hydrodynamics of lauter drying during ruh of thermal transmitter through layer of dry planed beech lead

In clause is considered results of theoretical and experimental researches of hydrodynamics at drying of sheet materials by a filtration method.

Постановка завдання. Однією із найважливіших стадій багатьох виробництв деревообробної, хімічної, харчової й інших галузей промисловості є процес сушіння, на реалізацію якого використовують понад 30, а у окремих випадках – до 70 % усіх енергетичних витрат. Зокрема, це стосується сушіння шпону як струганого, так і лущеного. На виробництві, здебільшого, використовується конвективне, конвективно-кондуктивне та інші методи сушіння, які характеризуються значною тривалістю процесу, високими питомими затратами енергії, а також незадовільною якістю висушеного матеріалу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Застосування фільтраційного сушіння дає змогу усунути недоліки вказаних вище методів. Окрім цього, можливість використання фільтраційного сушіння шпону виникає тому, що під час його виготовлення виникають мікротріщини, які значно збільшують його газопроникність. Важливим також є той факт, що за фільтраційного сушіння шпону, в умовах відносно низьких температур (60-100 °C), досягається висока інтенсивність процесу та якість висушеного матеріалу [1].

Одним із етапів вивчення фільтраційного сушіння букового шпону є вивчення гідродинаміки при русі теплоносія через шар сухого матеріалу, що є важливим у прогнозуванні затрат енергії на створення перепаду тисків, і, відповідно, досягнення заданої швидкості руху теплоносія через пористу структуру матеріалу, від якої залежать особливості процесу сушіння. Дослідження гідродинаміки при русі теплоносія через шар сухого матеріалу проводилось на установці, що зображено на рис. 1.

Сухий листовий матеріал розміщувався у контейнері 1 на перфорованій перегородці, який сполучений із ресивером 3, що по-своєму сполучений із вакуум-насосом 4, системою трубопроводів 5 та вентилів 7 та 8. Витрата теплоносія фіксувалась ротаметром 6, а гідравлічний опір – манометром 9. Температура повітря визначалась за допомогою потенціометра 10.

Результати дослідження гідродинаміки струганого букового шпону представлені на рис. 2 в координатах $\Delta P = f(\omega)$, із якого випливає, що криві носять параболічний характер випуклістю до осі абсцис.

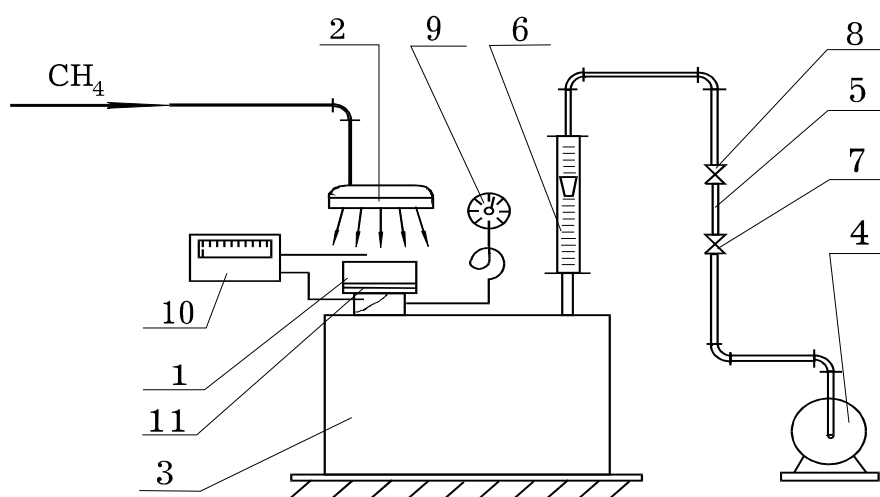


Рис. 1. Схема експериментальної установки фільтраційного сушіння зразків шпону

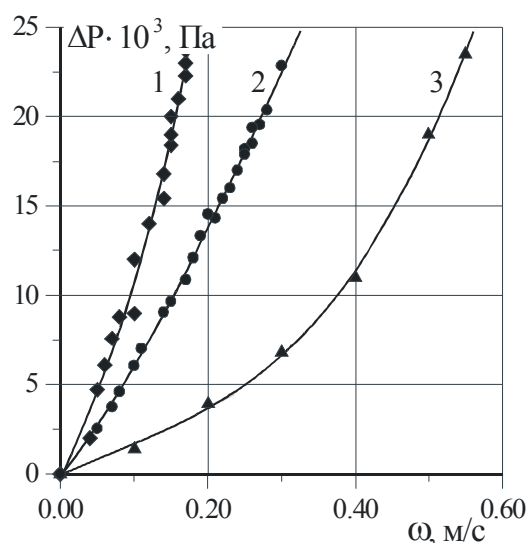


Рис. 2. Залежність гідравлічного опору струганого букового шпону від швидкості теплоносія: $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 1 – $H = 4,5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$; 2 – $H = 3 \cdot 10^{-3}\text{ м}$; 3 – $H = 1,5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$

Гідравлічний опір шпону, як впливає із рис. 2, значною мірою залежить від величини швидкості руху теплоносія через пористу структуру матеріалу. За незначних збільшеннях швидкості руху теплоносія через матеріал гідравлічний опір істотно зростає. Наприклад, за товщини шпону $1,5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$ та під час збільшення швидкості руху від 0,2 до 0,3 м/с гідравлічний опір зростає від 4000 Па до 7000 Па , а за товщини шпону $3,0 \cdot 10^{-3}\text{ м}$ таке збільшення швидкості руху теплоносія призводить до зміни гідравлічного опору від $15 \cdot 10^3\text{ Па}$ до $24 \cdot 10^3\text{ Па}$. Отримані результати свідчать, що гідравлічний опір досліджуваного матеріалу із збільшенням товщини шару струганого шпону зростає не прямопропорційно, а в певній степеневій залежності. При товщинах шпону $H < 1,5 \cdot 10^{-3}$ гідравлічний опір змінюється незначно із зміною швидкості руху теплоносія через шар сухого матеріалу порівняно із зміною гідравлічного опору за $H > 1,5 \cdot 10^{-3}\text{ м}$.

У загальному гідродинаміку процесу фільтраційного сушіння можна описати рівняння виду [2]:

$$\frac{\Delta P}{H \cdot \omega} = B \cdot \frac{\mu \cdot \alpha^2}{32 \cdot \epsilon^3} + A \cdot \frac{\alpha \cdot \rho}{8 \cdot \epsilon^3} \cdot \omega, \quad (1)$$

яке також може бути представлене і у вигляді:

$$\frac{\Delta P}{H} = A^* \cdot \omega^2 + B^* \cdot \omega. \quad (2)$$

На рис. 3 і 4 наведено узагальнення результатів досліджень гідродинаміки, що представлені в координатах $\Delta P / H = f(\omega)$ для різних товщин стінок шпону, з яких можна зробити висновок, що домінуючою складовою є інерційна, а в'язкісна складова має менший вплив на гідравлічний опір шпону.

Складова B^* є взаємозв'язком таких величин: $B^* = \frac{B \cdot \alpha^2 \cdot \mu}{32 \cdot \varepsilon^3}$; а складова

A^* : $A^* = \frac{A \cdot \alpha \cdot \rho}{8 \cdot \varepsilon^3}$, де α – питома поверхня, m^2/kg ; ρ – густина газу, kg/m^3 ; ε – вільний об'єм матеріалу.

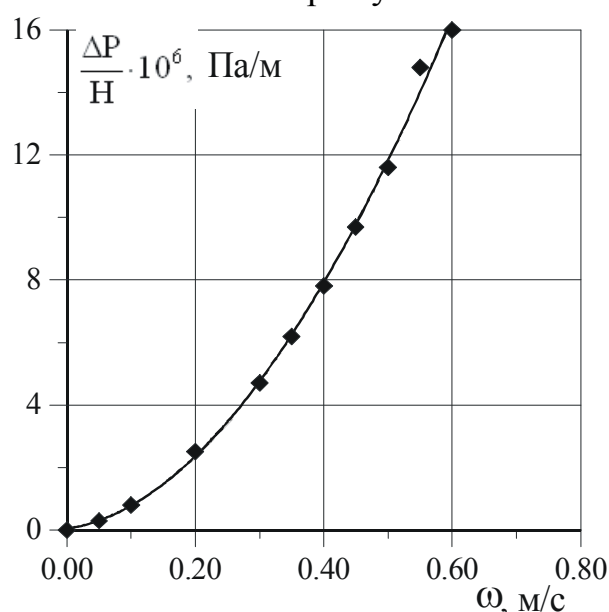


Рис. 3. Узагальнення результатів гідродинаміки струганого букового шпону: $H=1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

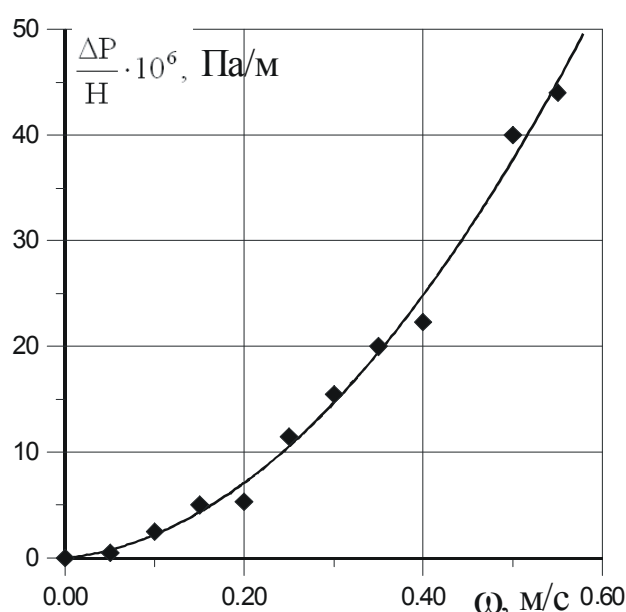


Рис. 4. Узагальнення результатів гідродинаміки струганого букового шпону: $H=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Виходячи з величини A^* , гідродинамічні криві характеризуються параболічною залежністю $\Delta P = f(\omega)$, а складова B^* – лінійний характер і зменшує параболічність гідродинамічної залежності.

Для узагальнення результатів досліджень гідродинаміки фільтраційного сушіння дослідні дані представляють у координатах:

$$\frac{\Delta P}{H \cdot \omega} = A \cdot \omega + B, \quad (3)$$

яке є рівнянням прямої лінії і втрачає зміст тільки за швидкості руху теплоносія $\omega = 0$. Графічна залежність побудована згідно з рівнянням (3) у координатах $\Delta P / (H \cdot \omega) - \omega$ показано на рис. 5, із якої випливає, що крива перетинає вісь ординат нижче нуля і величина B^* має від'ємне значення, що суперечить його фізичному змісту. Тобто в'язкісна складова практично не впливає на гідравлічний опір матеріалу і, в такому випадку, залежність (3) матиме вигляд:

$$\frac{\Delta P}{H \cdot \omega} = A \cdot \omega; \text{ або } \Delta P = A \cdot H \cdot \omega^2 \quad (4)$$

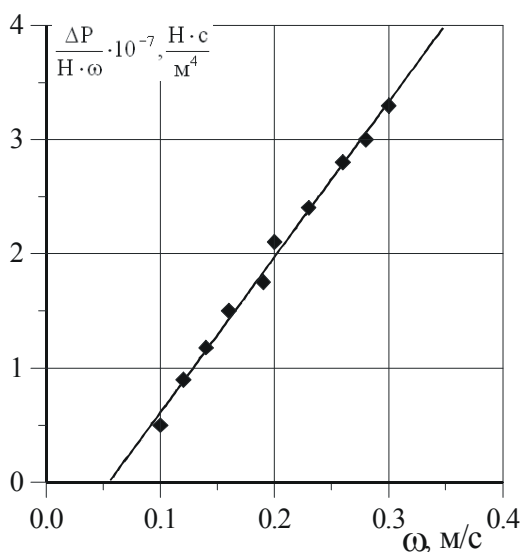


Рис. 5. Узагальнення результатів гідродинаміки струганого букового шпону: $H=3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

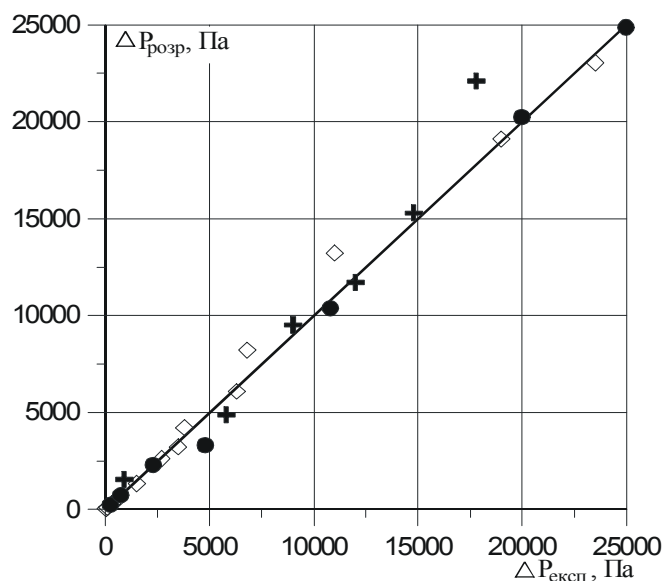


Рис. 6. Зіставлення розрахункових (7) та експериментальних значень гідравлічного опору сухого шару струганого букового шпону

При подальшому узагальненні гідродинаміки було встановлено, що для різних товщин стінок шпону величина A^* має різні значення і рівняння (4) не може бути використане у такому вигляді для узагальнення результатів дослідження. Тому нами запропоновано залежність типу [2]:

$$\Delta P = A \cdot \omega^m \cdot H^n \quad (5)$$

Коефіцієнти A , m , n визначаються за експериментальними даними, для знаходження цих коефіцієнтів складемо систему із трьох рівнянь, розв'язок якої дасть змогу знайти ці невідомі коефіцієнти:

$$\begin{cases} \Delta P_1 = A \cdot \omega_1^m \cdot H_1^n; \\ \Delta P_2 = A \cdot \omega_2^m \cdot H_2^n; \\ \Delta P_3 = A \cdot \omega_3^m \cdot H_3^n. \end{cases} \quad (6)$$

Підставивши відповідні значення відомих величин у (6), і, розв'язавши систему рівнянь отримали коефіцієнти $A = 2,82 \cdot 10^4$; $m = 1,65$; $n = 1,86$, а гідравлічний опір шару сухого листового матеріалу залежно від зміни швидкості руху теплоносія та висоти шару матеріалу можна розрахувати за залежністю:

$$\Delta P = 2,82 \cdot 10^4 \cdot \omega^{1,65} \cdot H^{1,86} \quad (7)$$

На рис. 6 зображено зіставлення значень гідравлічного опору шару сухого матеріалу визначених розрахунковим за рівнянням (7) та експериментальним шляхом. Аналізуючи рис. 6, можна стверджувати про добру узгодженість цих значень, похибка не перевищує 10 %, що є допустимим значенням.

Висновок. На основі наведених теоретичних та експериментальних досліджень отримано розрахункові залежності, які дають змогу прогнозувати

зміну гідравлічного опору шару сухого струганого букового шпону залежно від швидкості руху теплоносія і геометричних розмірів шару.

Література

1. Микичак Б.М., Ханик Я.М., Станіславчук О.В. Особливості сушіння кускових газопроникних матеріалів// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2004, вип. 14.4. – С. 121-124.

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Изд-во "Химия". – 1971. – 784 с.

УДК 647.047

Доц. І.М. Озарків, д-р техн. наук; проф. В.М. Максимів,
д-р техн. наук; доц. М.С. Кобринович, канд. фіз.-мат. наук;
інж. З.П. Копинець – НЛТУ України, м. Львів

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОМЕНЕВОГО ТЕПЛООБМІНУ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОТЕПЛОВИХ АНАЛОГІЙ

Наведено схеми моделювання радіаційного теплообміну для сірих тіл, що утворюють замкнуту систему. Наведено відповідні рівняння розв'язку радіаційної задачі.

*Assist. prof. I.M. Ozarkiv; prof. V.M. Maksymiv; assist. prof. M.S. Cobrinovich;
eng. Z.P. Kopynets – NUFWT of Ukraine, L'viv*

Modeling of radial heat exchange by method of electric-heat analogies

The modeling schemes of radiation heat exchange for grey bodies forming a pent system have been represented. The corresponding equations of radiation problem have been done.

Теплове моделювання базується на використанні теплових потоків променевої енергії. Цей метод ґрунтується на такому співвідношенні: подібність променевого теплообміну двох випромінюючих систем, що утворені чорними (сірими) поверхнями i та j , буде забезпечене тільки тоді, коли дані системи геометрично подібні, заповнені діатермічним середовищем і відповідають співвідношенню

$$\varphi_{i,j} = f\left(\frac{T_j}{T_i}\right), \quad (1)$$

де: φ_{ij} – кутовий коефіцієнт, який є критерієм геометричної подібності; T_j/T_i – параметричний критерій, що представляє собою відношення температур абсолютно чорних (сірих) поверхонь i та j .

Як показали наші дослідження, у близькій інфрачервоній області спектра проникливість деревини різних порід не перевищує 5...7 %. Це значить, що вологу деревину можна розглядати як типове сіре тіло, яке за своїми властивостями близьке до АЧТ.

У загальному випадку для замкненої системи, що складається із двох сірих тіл, які мають різні температури та довільно розміщені в просторі, густину потоку, направлено від першого тіла до другого, визначають

$$Q_{1-2} = \frac{(q_2)_{\text{рез}}}{F_2} = \frac{\varepsilon_{\text{нр}} \cdot \sigma_0}{F_2} \left[\left(\frac{T_6}{100} \right)^4 \cdot \varphi_{12} \cdot F_1 - \left(\frac{T_{\text{н.м.}}}{100} \right)^4 \cdot \varphi_{21} \cdot F_2 \right], \quad (2)$$