

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ТРИВАЛОСТІ  
ПРОЦЕСУ ПРИ СУШІННІ СОСНОВИХ  
ПИЛОМАТЕРІАЛІВ БЕЗСТУПЕНЕВИМИ  
РЕЖИМАМИ**

**DURATION CALCULATION FEATURES OF THE PROCESS  
WHEN PINE CARVING WOOD DRYING BY STEPLESS  
SCHEDULE**

*к. фіз. мат. н. доц. Олійник Р.В. , аспірант Спірочкін А.К.  
(Національний університет біоресурсів і природокористування  
України)*

*Oliynik R.V , Spirochkin A.K. (National University of Life and  
Environmental Sciences of Ukraine)*

**Анотація**

Проведено уточнюючий розрахунок тривалості сушіння пилопродукції в сучасних камерах з теплоносієм – гарячою водою. Проаналізовано залежність тривалості процесу сушіння від рівномірності швидкості циркуляції повітря по штабелю.

**Summary**

The revised calculation of the sawn timber drying length in modern “water” chambers was conducted. It was analyzed the dependence of drying process duration from evenness of air circulation speed in a stack.

Сушіння пиломатеріалів для деревообробної галузі є одним з основних процесів. З одного боку воно в значній мірі визначає якість продукції з деревини, з іншого - витрати на сушіння можуть складати до 30% вартості сухих пиломатеріалів. Видалення вологи з деревини в процесі сушіння являє собою досить складний фізико-хімічний процес, що супроводжується тепло- та масообміном, зміною розмірів та форми сортиментів деревини, а також всього комплексу параметрів, що визначають їх якість, як конструкційних матеріалів.

Визначаючою ланкою при цьому є технологія сушіння, розвиток якої останнім часом іде по декількох напрямках, одним з яких є удосконалення обладнання для сушіння. Найбільш розповсюдженими типами камер, які використовувались в деревообробній галузі, були стаціонарні конвективні камери з паровими калориферами. У зв'язку зі зміною специфіки роботи деревообробних підприємств (більша кількість підприємств але менша потужність), та зміною вимог до якості висушеної продукції, відбувся перехід на збірно-металеві камери з теплоносієм – гарячою водою. Як наслідок, відбулись деякі зміни в кінетиці сушіння

деревини. Початкове прогрівання під дією високих температур для прискорення процесу сушіння, запроваджене в «парових» камерах, неможливо реалізувати в камерах з теплоносієм – гарячою водою. Це призводить до зміни деяких технологічних розрахунків, які використовуються під час проектування сушильних камер. Одним з них є розрахунок продуктивності сушильної камери.

Продуктивність сушильних камер безпосередньо залежить від тривалості процесу сушіння. Найпоширеніший метод розрахунку тривалості сушіння, який і досі пропонують для використання виробники сучасного лісосушильного обладнання – табличний. Цей метод був розроблений в Московському лісотехнічному інституті П.С. Серговським [1] та був рекомендований для розрахунку продуктивності камер, складання календарних планів сушильних цехів, планування їх роботи тощо.

Під час випробування табличного методу в сучасних сушильних камерах з теплоносієм – гарячою водою, були отримані незадовільні результати [2], що свідчить про необхідність його вдосконалення.

**Метою досліджень** є проведення уточнюючих розрахунків тривалості сушіння пилопродукції в сучасних “водяних” камерах.

**Методика досліджень.** Дослідження проводились в промислових умовах. Висушували пиломатеріали трьох товщин, виготовлених з сосни, які найчастіше використовуються в деревообробній промисловості.

За основу для проведення розрахунків було взято рівняння (1) для розрахунку поточної вологості пилопродукції [2]:

$$W(t) = (W_0 - W_p) [D_1 e^{-K_1 t} - D_2 e^{-K_2 t}] + W_p \quad (1)$$

де,  $W_0$  - початкова вологість деревини, %

$W_p$  - рівноважна вологість, %

$t$  - тривалість процесу сушки, год.

$K_1$  і  $K_2$  – термодинамічні коефіцієнти деревини, причому

$$K_1 = \frac{a'}{R^2}, \quad (2)$$

де  $R$  - 1/3 товщини матеріалу, см

$a'$  - коефіцієнт вологопровідності

$D_1$ ,  $D_2$  - коефіцієнти, що враховують товщину пиломатеріалу.

Розв'язавши дане рівняння по відношенню до  $t$ , отримаємо тривалість сушіння пилопродукції для будь-якої початкової та кінцевої вологості.

Отримане рівняння є трансцендентним. Для пошуку розв'язків трансцендентних рівнянь використовують графічні або чисельні методи.

Чисельні методи є різноманітними і включають в себе пошук розв'язку, використовуючи певні розрахунки з допомогою математичних програм. Також широко використовуються наближені методи розрахунків з використанням розкладання функцій в ряд Тейлора, за умови того, що змінна приймає малі значення та метод Ньютона.

Для розрахунку тривалості сушіння в дослідженнях було використано обчислювальне середовище Mathcad. Пакет прикладних програм Mathcad дозволяє застосовувати при проведенні розрахунків математичні формули в їхньому звичайному виді і вирішувати практично будь-яку математичну задачу або в символьному, або в чисельному вигляді [3].

**Результати досліджень.** Сушіння проводилось в сучасних камерах італійського виробництва: Sorcal 1, Sorcal 3, Termolegno, Nardi. Для соснових пиломатеріалів товщиною 30; 40; 50 мм, які в подальшому призначалися для виготовлення столярних та меблевих виробів. Для кожного сушіння, згідно наведеної вище методики, за допомогою обчислювального середовища Mathcad було розраховано тривалість процесу.

На підприємствах, де виконувались дослідження, при сушінні використовуються безступеневі режими. Виходячи з цього, для отримання необхідних для проведення розрахунків показників, процес сушіння було умовно поділено на етапи, кількість яких дорівнювала кількості діб. Відповідно, для кожного етапу розраховувалась тривалість та за їх сумою визначалась загальна тривалість процесу сушіння.

Після підстановки відомих значень коефіцієнтів  $D_1$  та  $D_2$  [2], відношення  $K_2/K_1$  [4], рівняння (2) набуде вигляду, відповідно для товщини 30; 40 та 50 мм :

$$W(t)_{30} = (W_0 - W_p) \left[ 2.8e^{-K_1 t} - 1.8e^{-1.30K_1 t} \right] + W_p \quad (3)$$

$$W(t)_{40} = (W_0 - W_p) \left[ 2.1e^{-K_1 t} - 1.1e^{-1.43K_1 t} \right] + W_p \quad (4)$$

$$W(t)_{50} = (W_0 - W_p) \left[ 1.6e^{-K_1 t} - 0.6e^{-1.53K_1 t} \right] + W_p \quad (5)$$

Після розв'язку даних рівнянь по відношенню до  $t$ , отримуємо розрахункове значення тривалості процесу сушіння. Результати розрахунків та експериментальних досліджень наведено на графіках(Рис.1- Рис.3).

Відмінність розрахункових значень тривалості процесу сушіння від експериментальних можна пояснити відсутністю в розрахунковій формулі коефіцієнту, що враховував би розподілення аеродинамічного поля по об'єму камери. Коефіцієнт варіації швидкості циркуляції повітря змінювався від 32% до 72%[2], в залежності від конструкції камери. Проаналізувавши отримані розрахунки було знайдено залежність тривалості процесу сушіння від рівномірності швидкості циркуляції повітря по штабелю.

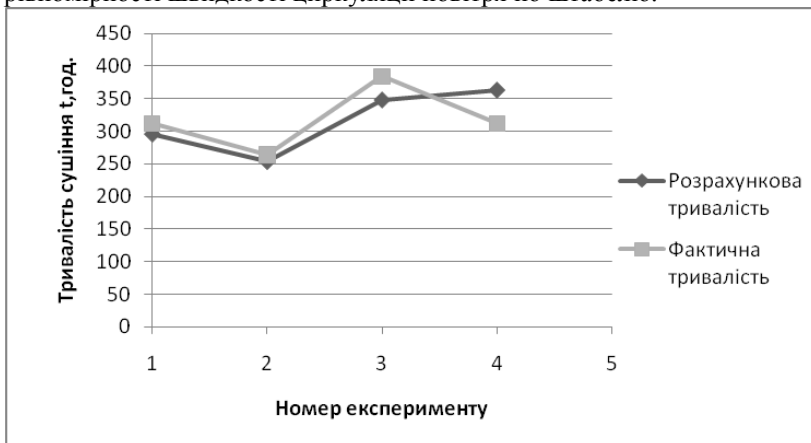


Рис.1. Тривалість сушіння соснових пиломатеріалів товщиною 30 мм

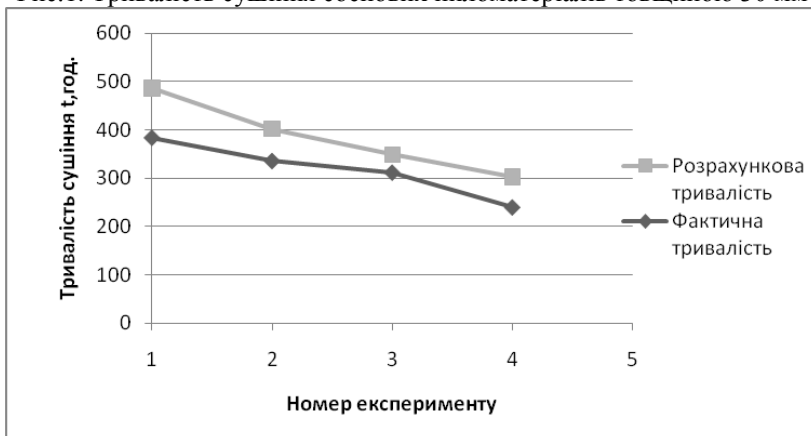


Рис.2. Тривалість сушіння соснових пиломатеріалів товщиною 40 мм

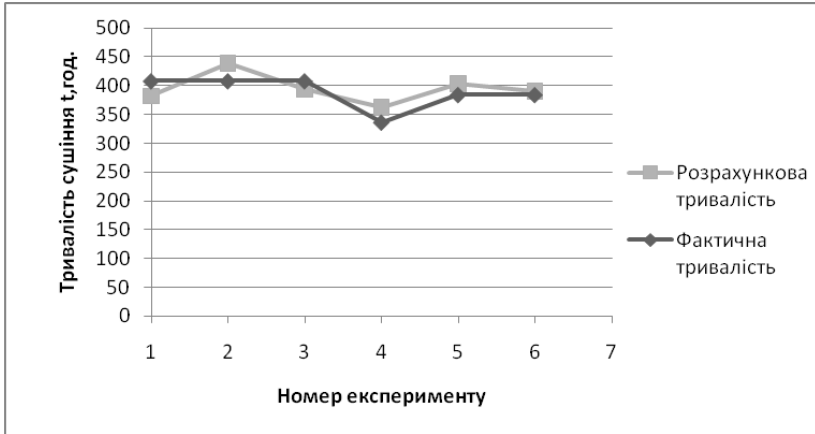


Рис.3. Тривалість сушіння соснових пиломатеріалів товщиною 50 мм

Отримані дані будуть враховані під час розробки табличного методу розрахунку тривалості процесу сушіння для «водяних» камер, шляхом введення додаткового коефіцієнту, який враховує нерівномірність розподілення теплового поля по матеріалу. Отже, для камер з нерівномірним тепловим полем  $V_0=70\%$  та більше, тривалість сушіння буде збільшуватись на 25-30%, а для камер з рівномірним тепловим полем  $V_0=25-30\%$  - зменшуватись на 5-10%, для отримання пилопродукції, висушеної за другою категорією якості.

#### Список літератури

1. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский // Учебник для вузов: 3-е перераб изд. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 400 с.
2. Пінчевська О.О. Прогнозування якості сушіння пиломатеріалів / О.О. Пінчевська – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2010. – 228с.
3. Васильєва Л.В. Чисельні методи розв'язання інженерних задач у пакеті Mathcad. Курс лекцій та індивідуальні завдання/ Л.В. Васильєва, О.А. Гончаров, В.А. Коновалов, Н.А. Соловійова//Навч. посібник з дисципліни «Інформатика» для студентів вищих навчальних закладів. – Краматорськ: ДДМА, 2006. – 108с.
4. Спірочкін А.К. Щодо уточнення розрахунку поточної вологості пилопродукції з деревини сосни/ А.К. Спірочкін// Науковий вісник НУБіП України. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво». – 2011. – Вип.. 164, Ч. 3. – с. 267 – 270.