

5. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГАЛУЗІ

УДК 674.047

*Проф. П.В. Білей, д-р техн. наук; доц. Я.Ф. Кулешник,
канд. техн. наук; ст. викл. І.А. Соколовський – НЛТУ України, м. Львів;
асист. Н.П. Яворська, магістр – Львівський державний інститут
новітніх технологій та управління ім. В. Чорновола*

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВЕДЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ БУКОВИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ ЗА ЗМІНОЮ ЕНТАЛЬПІЇ СЕРЕДОВИЩА

Описано закономірності зміни режимних параметрів за їх інтегральною величиною (ентальпією) в процесі сушіння бучових пиломатеріалів з використанням інформаційних технологій.

*Prof. P.V. Biley, Assoc. prof. Ya.F. Kyleshnyk, senior teacher I.A. Sokolovskiy –
NUFWT of Ukraine, L'viv; assist. N.P. Yavorska – L'viv state institute of the
newest technologies and management named after V. Chornovola*

Use of information technologies for conduct of process of drying of beech saw-timbers after change of enthalpy of environment

Conformities to the law of change of regime parameters are described after their integral size (by enthalpy) in the process of drying of beech saw-timbers with the use of information technologies.

Камерне конвективне сушіння пилопродукції (пиломатеріали і заготовки) отримало найширше застосування (90...95 % від всіх типів і способів сушіння) у промисловості. Конвективні способи сушіння відрізняються між собою за технологічними операціями циклу сушіння, до яких належать: тепловологообробка матеріалу перед сушінням, проміжкові і кондиціонуючі тепловологообробки і режими сушіння. Режими сушіння є визначальним фактором інтенсивності процесу і якості висушуваного матеріалу. Наведемо більш детальний аналіз різних способів сушіння за видом застосовуваних режимів та їх структурою.

Широке застосування мали восьмиступеневі режими сушіння, опрацьовані І.В. Кречетовим [1] на базі існуючих теоретичних положень, експериментальних даних та потреб тогочасного виробництва. Восьмиступеневі режими були витіснені більш продуктивними шестиступеневими, які опрацьовані П.В. Соколовим [2]. Аналіз цих режимів за зміною ентальпії (тепловмісту) повітря показують на те, що вони створювались емпірично без належного врахування зміни напружено-деформівного стану деревини в процесі сушіння. На основі аналізу розвитку внутрішніх напружень П.С. Серговський [3] довів, що характерними в процесі сушіння є два періоди – коли розтягувальні зусилля діють на поверхні матеріалу, а потім – у внутрішніх (центральных) шарах. За відсутності надійних експериментальних даних було введено проміжну ступінь режиму. Таким чином, останніми затвердженими державними стандартами [ГОСТ 19773-84] та КТМ [4] стали триступеневі ре-

жими сушіння. Недоліком цих режимів (при забезпеченні високої інтенсивності процесу) є низька якість висушеного матеріалу. Дефекти при сушінні пиломатеріалів з деревини твердих листяних порід досягли більше 30 % [5].

Крім згаданих вище режимів сушіння, використовувались і використовуються на цей час багатоступеневі режими західних фірм, безступеневі режими, розроблені Латвійським науково-дослідним інститутом лісогосподарських проблем, експериментальні осцилювальні, переривисті та інші режими, які мають свої позитивні та негативні особливості. Але найбільшими їх недоліками є те, що вони не враховують зміни тепловмісту сушильного середовища та не враховують належним чином деформівно-напруженого стану деревини в процесі сушіння. При цьому перший аспект забезпечує енергоощадність процесу, а другий – відповідає за якість сушіння при оптимальній інтенсивності видалення вологи з деревини.

На підставі проведених авторами теоретичних досліджень деформівно-напруженого стану деревини в процесі сушіння із застосуванням математичної моделі розрахунку полів вологовмісту всередині матеріалу, проведених авторами експериментальних досліджень та з використанням попередніх розробок [5], створено принципово новий спосіб побудови режимів [6].

У наведених режимах [6] для опису ентальпії в додатках Д.5.1-5.6 представлено зміну режимних параметрів сушіння букових пиломатеріалів різних товщин. За цими даними складено табл. 1.

Табл. 1. Зміна ентальпії повітря
(режими за редакцією П.В. Білея, Ж.Я. Гуменюк, І.А. Соколовського [6])

Ступінь режиму	Зміна вологості, ΔW , %	Товщина матеріалу – S_1 , мм					
		<25	25-31	32-40	41-50	51-60	61-70
		Ентальпія повітря – H , кДж/кг					
I	>40	263,27	236,32	221,39	180,50	162,23	147,23
II	40-30	301,70	270,67	254,57	205,53	184,86	168,09
III	30-25	391,88	350,68	331,61	245,92	223,8	201,36
IV	25-20	423,15	385,49	388,87	268,36	245,18	211,23
V	20-15	434,43	392,87	392,34	288,99	266,78	216,87
VI	15-10	415,63	382,28	361,71	280,48	248,43	199,46
VII	<10	336,27	300,36	268,79	217,54	182,75	154,51
Інтегральне значення ентальпії – $H_{\Sigma} \cdot 10^3$, кДж/кг повітря		16,12	14,41	13,38	10,68	9,48	8,59

Для аналізу з табл. 1, виділимо фрагмент для вивчення характеру зміни ентальпії для товщини $S_1 = 40$ мм, які представлено в табл. 2. Розрахункова залежність має вигляд

$$H = -26,7305 + 51,1976 \cdot W_d - 1,8718 \cdot W_d^2 + 0,0181 \cdot W_d^3. \quad (1)$$

На рис. 1 показано характер зміни ентальпії в процесі сушіння букових пиломатеріалів.

Характер зміни ентальпії в процесі сушіння за новими режимами дещо відрізняється від попередніх. Після досягнення вологості $W_d \approx 30$ % тепловий потенціал середовища різко зростає. При середній вологості $W_d \approx 20$ % він є найвищим, а потім – спадає.

Табл. 2. Розрахунок зміни ентальпії для $S_1=40$ мм

$\bar{W}_d, \%$	Н, кДж/кг		Відхилення	
	факт	розр	абсолютне	відносне
60	221,39	221,64	0,25	-0,11
35	254,57	249,35	5,22	2,05
27,5	331,61	342,61	11,00	-3,32
22,5	388,87	384,08	4,79	1,23
17,5	392,34	393,13	0,79	-0,20
12,5	361,71	356,17	5,54	1,53
8	268,79	272,34	3,55	-1,32

$$a_0 = -26,7305$$

$$a_1 = 51,1976$$

$$a_2 = -1,8718$$

$$a_3 = 0,0181$$

$$S^2 = 215,043$$

Ентальпія (інтеграл)

$$13\,384,10 \frac{\text{кДж}}{\text{кг повітря}}$$

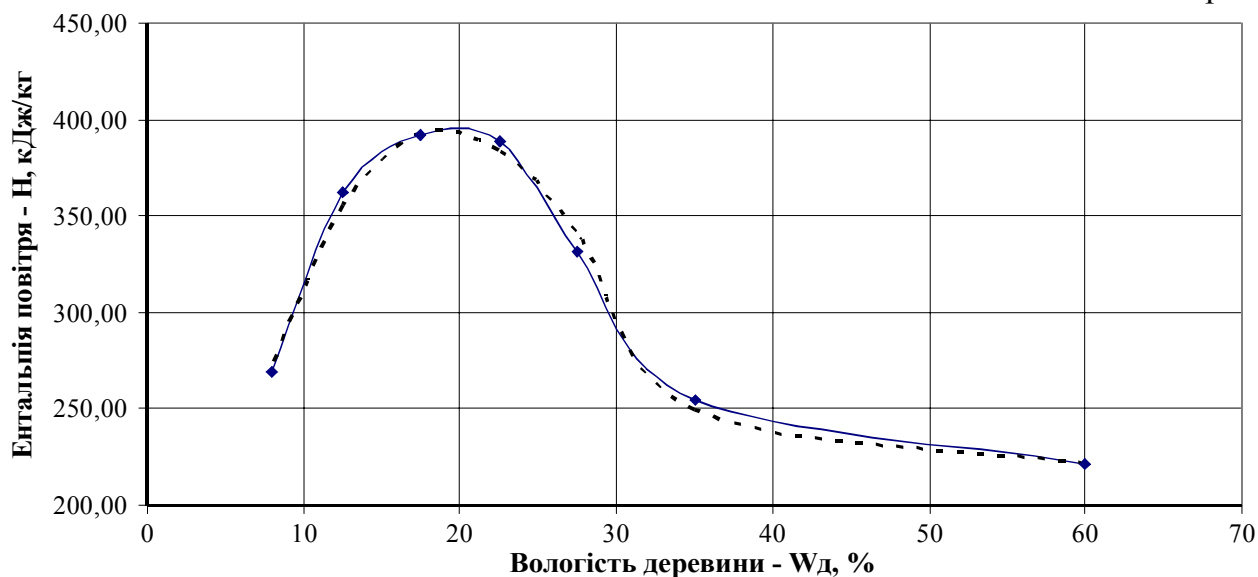


Рис. 1. Зміна ентальпії в процесі сушіння букових пиломатеріалів товщиною

 $S_1=40$ мм —◆— факт ····· розр

Як видно з табл. 1 зміна ентальпії залежно від товщини матеріалу має гіперболічний характер, а залежно від вологості деревини – параболічний. Середні інтегральні значення ентальпії є найнижчими (рис. 2) серед проаналізованих режимів сушіння.

Порівняємо графічно (рис. 2) інтегральні значення ентальпії (H_Σ , кДж/кг) проаналізованих режимів для різних значень товщин пиломатеріалів (S_1 , мм). Середні інтегральні значення ентальпії (для товщини $S_1=40$ мм) використаних режимів: за редакцією І.В. Кречетова – $\bar{H}_\Sigma=17,8 \cdot 10^3$ кДж/кг; П.В. Соколова – $\bar{H}_\Sigma=20,6 \cdot 10^3$ кДж/кг; Brunner-Hildebrand – $\bar{H}_\Sigma=18,5 \cdot 10^3$ кДж/кг; П.В. Білея – $\bar{H}_\Sigma=28,5 \cdot 10^3$ кДж/кг; П.В. Білея, Ж.Я. Гуменюк, І.А. Соколовського – $\bar{H}_\Sigma=13,4 \cdot 10^3$ кДж/кг. Таким чином, перші три типи режимів мало відрізняються за середнім інтегральним значенням ентальпії. Режими за редакцією П.В. Білея [5] дають змогу інтенсифікувати процес сушіння, але потребують використання повітря – сушильного агента з вищим на 37 % тепловмістом.

Користуючись авторською методикою, знайдемо залежність ентальпії від товщини матеріалу (S_1) та вологості деревини (W), яка для даних режимів буде мати вигляд

$$H_i = \frac{2880,75 + 23,75 \cdot W_i - 0,64 \cdot W_i^2}{S_1^{0,63}}. \quad (2)$$

Розрахунковими залежностями (1 та 2) можна користуватися для визначення зміни теплового потенціалу повітря в процесі сушіння букових пиломатеріалів. З іншого боку, ентальпія повітря визначається (описується) відомою залежністю, яку можна представити у зміненому вигляді, як

$$H_i = (t_c)_i + 0,622 \cdot [1,93(t_c)_i + 2490] \frac{\varphi_i P_{ni}}{P_a - \varphi_i P_{ni}}. \quad (3)$$

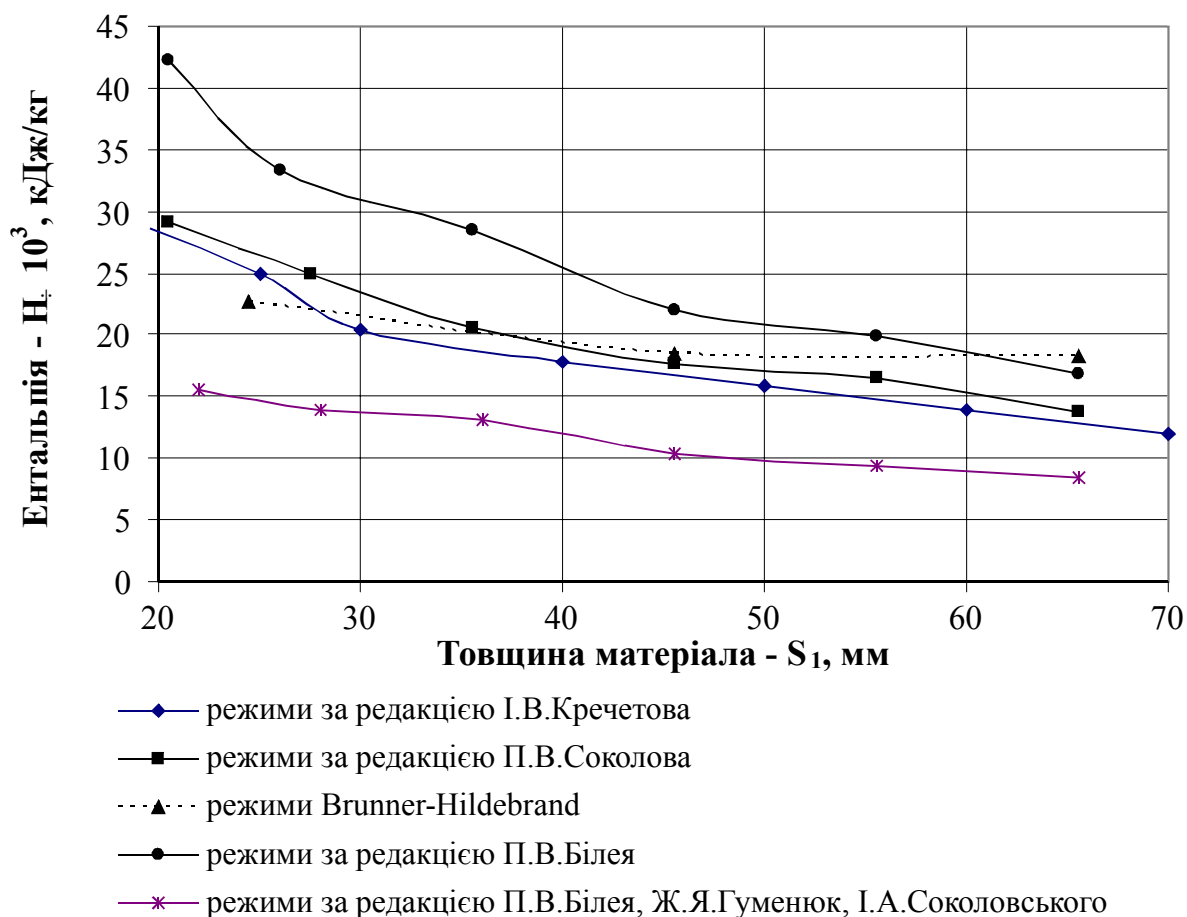


Рис. 2. Інтегральне значення ентальпії – H_Σ

Порівнявши ліву і праву сторони рівнянь (2) та (3), отримаємо загальне розрахункове рівняння

$$\frac{2880,75 + 23,75 \cdot W_i - 0,64 \cdot W_i^2}{S_1^{0,63}} = (t_c)_i + 0,622 \cdot [1,93(t_c)_i + 2490] \frac{\varphi_i P_{ni}}{P_a - \varphi_i P_{ni}}, \quad (4)$$

яке поєднує режимні параметри середовища (t_c , φ) та характеристику матеріала (W , S_1) в процесі сушіння букових пиломатеріалів.

Тиск насичення сухої пари визначається за відомою формулою

$$P_n = 640,4 \cdot \exp\left(\frac{17,25 \cdot t_c}{238 + t_c}\right), \text{ Па.} \quad (5)$$

Формула (5) є справедливою для діапазону температури середовища від 0 до 90 °С.

Висновки

1. Вперше складено методику аналізу режимів сушіння за використанням теплового потенціалу середовища (повітря), згідно з якою для діючих ре-

жимів сушіння пиломатеріалів знайдено інтегральні значення ентальпії (тепловмісту) залежно від вологості деревини і товщини матеріалу. Уточнено методику витрат розрахунку теплоти і повітря на процес сушіння і визначено середнє значення ексергії ($\eta_Q=0,14$) одного кілограма циркуляційного повітря в камері

2. Ідентифіковано закономірності зміни режимних параметрів за їх інтегральною величиною – ентальпією в процесі сушіння букових пиломатеріалів у вигляді функціональної залежності $H_i=f(W_i, S_1)$. Залежності апроксимовано за методом середніх та методом найменших квадратів. Отримано загальне розрахункове рівняння, яке поєднує режимні параметри середовища (температуру (t_c), відносну вологість (ϕ)) та характеристики матеріалу (вологість (W_i), товщину (S_1)) в процесі сушіння букових пиломатеріалів. За величиною зміни ентальпії, де $I_2 \approx I_1$ та вологовмісту (d_2) можна визначати питомі витрати теплоти на випаровування 1 кг води.

Література

1. Кречетов И.В. Сушка и защита древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 432 с.
2. Соколов П.В. Сушка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1968. – 360 с.
3. Серговский П.С., Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 360 с.
4. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск.: ЦНИИМОД, 1985. – 143 с.
5. Билей П.В. Сушка древесины твердых лиственных пород. – М.: Экология, 1992. – 224 с.
6. Билей П.В., Гуменюк Ж.Я., Соколовський І.А. Спосіб сушіння деревини// Деклараційний патент на винахід. Бюл. № 12 від 15.12.2003 F26B3/00, № 2003021463.

УДК 517.945

Доц. В.П. Карашецький, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

КУБАТУРНІ ФОРМУЛИ ЧИСЕЛЬНОГО ІНТЕГРУВАННЯ ЗА ОБ'ЄМОМ ТЕТРАЕДРА НА ОСНОВІ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНИХ ПОВНИХ ПОЛІНОМІВ

Отримані кубатурні формули чисельного інтегрування за об'ємом тетраедра на основі інтерполяційних повних поліномів для лагранжевого тетраедра першого, другого, третього і четвертого порядків.

Ключові слова: кубатурна формула, лагранжевий тетраедр, симплексні координати.

Assoc. prof. V.P. Karashetsky – NUFWT of Ukraine, L'viv

Cubature formulas for numerical integration through tetrahedron volume with full interpolation polynomials

Cubature formulas for numerical integration through tetrahedron volume were obtained with full interpolation polynomials for LaGrange tetrahedron of the first, second, third and fourth orders.

Keywords: cubature formula, LaGrange tetrahedron, natural coordinators.

Розглянемо задачу обчислення інтегралу

$$\int_{V_m} \omega(x, y, z) dv, \quad (1)$$