

Відтак, масообмінний критерій Кирпичова дорівнює:

$$K_{im} = \frac{t_c - t}{K_0 L_0 (t_c - t_0) \left(\frac{1}{B_{iq}} + \frac{1}{3} \varepsilon \right)}. \quad (14)$$

Отже, швидкість сушіння дорівнює:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\lambda_q (t_c - t)}{\rho_\delta R^2 r \left(\frac{1}{B_{iq}} + \frac{1}{3} \varepsilon \right)}. \quad (15)$$

Якщо $\varepsilon = 0$, то рівняння (15) можна записати у такому вигляді:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{\alpha (t_c - t)}{\rho_\delta R^2 r}. \quad (16)$$

Співвідношення (16) представляє собою рівняння кривої сушіння, яке для періоду постійної швидкості дає рівняння для визначення тривалості сушіння:

$$\tau_1 = \rho_\delta R^2 r \frac{(U_n - U_p)}{\alpha(t_c - t_m)}. \quad (17)$$

де: U_n і U_p - початковий і рівноважний вологовміст, кг/кг.

Отже, знайдені співвідношення дають можливість отримати розв'язки для визначення температури і вологості у будь-якій точці штабелю, а також швидкості сушіння.

УДК 674. 04

Асист. Н.Ф. Чопенко – НЛТУ України

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНОЇ ТВЕРДОСТІ ПРЕСОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ВІЛЬХИ

Досліджено вплив пресування на статичну торцеву твердість деревини вільхи залежно від початкової щільності та міри пресування, одержано математичну модель, що описує вказану залежність.

Assist. N.F. Chopenko – NUFWT of Ukraine

Research static hardness of the compressed alder wood

Influencing of compressing on static butt hardness of alder wood have been researched. A mathematical model is got. A mathematical model describes dependence static butt hardness from initial density and compressing measures.

Актуальність теми. Лісодефіцитність України спонукає шукати нові джерела деревинної сировини, особливо в умовах динамічного розвитку деревообробної та будівельної галузей і зростання попиту на їх продукцію. Підвищити ефективність використання деревинної сировини можна за рахунок ширшого використання деревини м'яколистяних порід, ресурси якої є в Україні, однак використовуються обмежено. Найпоширеніша м'яколистяна порода – вільха. Запаси вільхи складають близько 27 млн. м³, щорічно заготовляють близько 1...1,2 млн. м³ і використовують, в основному, у фанерному виробництві. Дер-

вина вільхи має низку позитивних властивостей, але сфери її використання звужуються внаслідок недостатніх міцнісних показників.

Одним із шляхів покращення властивостей деревини є її модифікування. Розроблені на сьогоднішній день технології модифікування дозволяють одержати матеріали зі специфічними, непритаманними натуральній деревині, властивостями. Процеси модифікування деревини є складними, довготривалими, енергомісткими та екологонебезпечними, тому в Україні практично відсутні підприємства, які модифікують деревину. Одержати відчутний ефект від впровадження модифікування у виробничий процес без значних капіталовкладень є можливим з використанням термомеханічного методу. Попри велику кількість досліджень термомеханічного способу модифікування деревини [1] відсутні дані стосовно зміни статичної твердості деревини вільхи з урахуванням варіації її щільності. Результати експериментальних досліджень [6] свідчать, що щільність заготівок до пресування впливає на механічні властивості пресованої деревини берези та ялини, однак закономірності впливу не встановлено.

Методика експериментальних досліджень. На основі попередніх експериментальних досліджень виявлено, що пресованій деревині (за практично однакового ступеня спресування та вологості) притаманна значна варіація механічних властивостей, що є наслідком різної початкової щільності деревини. За даними [2] середнє значення щільності деревини вільхи залежно від умов розвитку деревостанів та ділянки стовбура коливається у межах $490 \dots 640 \text{ кг/м}^3$ (за вологості 12%), що безумовно, впливає на результат механічної обробки, а також пресування. Згідно стандарту [3] коефіцієнт варіації для показника щільності складає 10 %, що вказує на суттєву різницю в щільності заготівок, одержаних з партії лісоматеріалів.

З метою визначення впливу початкової щільності деревини та ступеня спресування на статичну твердість деревини реалізовано класичний експеримент, у якому використано взірці із початковою базисною щільністю $395 \dots 485 \text{ кг/м}^3$ (відповідна щільність за вологості 12% складає $495 \dots 605 \text{ кг/м}^3$).

Табл. 1. Значення вхідних факторів в експериментальних дослідженнях

№	Назва фактору	Од. вимір.	Рівень фактору
Змінні фактори:			
1	Базисна щільність ρ_6	кг/м^3	395, 420, 440, 485
2	Ступінь спресування ε_0	%	0, 10, 20, 30, 40, 50
Постійні фактори			
1	Попереднє підпресування	%	5
2	Температура прогрівання заготівок	$^{\circ}\text{C}$	150
3	Тривалість прогрівання заготівок	хв	20
4	Тривалість термообробки після досягнення заданого ступеня спресування ε_0	хв	120
5	Температура термообробки	$^{\circ}\text{C}$	150
6	Вологість до пресування	%	12...16
7	Напрямок пресування		радіальний
8	Швидкість пресування	%/с	4...8
9	Коефіцієнт тертя між деревиною та плитами пресу		0,7...0,9

Режим пресування розроблено згідно рекомендацій, поданих у [4, 6]. Використано взірці, відібрані за величиною щільності таким чином, щоб у межах однієї групи відхилення щільності не перевищувало 8 кг/м^3 . Для полегшення процедури сортування та відбору взірців визначали базисну щільність деревини ρ_0 . Взірці пресували до заданого рівня деформації ε_0 , що обчислюється за формулою:

$$\varepsilon_0 = \frac{\Delta h}{h_0} 100\% . \quad (1)$$

Технологічний процес пресування заготовок складається з операцій: попереднє підпресування на 5 % і прогрівання заготовок протягом 20 хв за температури плит пресу 150°C , подальше пресування до заданої величини та витримка у плитах пресу протягом 2 годин за температури $140\ldots 150^\circ\text{C}$. Розміри взірців такі: товщина після пресування $h=50 \text{ мм}$, а початкова h_0 розраховувалась залежно від ступеня спресування ε_0 , ширина взірців $b=1,5h_0$, довжина 300 мм , взірці відбирали з пиломатеріалів, висушених за нормального режиму.

Статична твердість визначалась за загальноприйнятою методикою [2]. З метою визначення ефекту від пресування і порівняння характеристик модифікованої деревини з деревиною твердолистяних порід у дослідженнях використано пуансон діаметром $11,28\pm 0,01 \text{ мм}$ як для натуральної, так і для пресованої деревини. Статичну твердість натуральної деревини визначали за вологості 12 %, а потім перераховували до вологості 8 % за методикою [2]. Пресована деревина після термообробки в пресі та витримки за нормальних умов протягом 3 діб мала вологість $6\ldots 8 \%$.

На основі пошукового експерименту прийнято 8 дубльованих спостережень у кожному досліді основного експерименту. У результаті проведення експериментальних досліджень одержано двадцять чотири вибірки, для яких прийнято гіпотезу про однорідність за критерієм Кохрена: $G_p = 1,6$, $G_{kp}(q = 0,01, N = 24, f = 7) = 1,6$, $G_p = G_{kp}$. Для розрахунку коефіцієнтів рівняння регресії та статистичної обробки даних використано пакет «аналіз даних» прикладної програми Excel.

Результати експериментальних досліджень та їх аналіз. За результатами експериментальних досліджень визначено структуру та коефіцієнти регресійної моделі для визначення торцевої статичної твердості деревини вільхи (за вологості 8 %), яка має такий вигляд:

$$H_{\text{торц}} = -30,03 + 0,168 \rho_0 - 1,15 \varepsilon_0 + 0,0091 \varepsilon_0^2 + 0,0031 \rho_0 \varepsilon_0 , \text{ МПа} \quad (1)$$

де: ρ_0 - базисна щільність деревини, кг/м^3 ; ε_0 - ступінь спресування, %.

Значущість коефіцієнтів рівняння регресії та адекватність моделі перевірено за загальноприйнятою методикою [5]. Оскільки $F_p < F_{kp}$, то модель адекватна за рівня значущості 5 % з такими показниками: $S_{ao}^2 = 23,03$, $S_y^2 = 14,15$, $F_p = 1,63$, $F_{kp}(q = 0,05, f_{ao} = 19, f_y = 168) = 1,65$. Значення торцевої твердості за результатами експериментальних досліджень і математичною моделлю наведено на рис. 1.

Аналіз результатів експериментальних досліджень засвідчив, що із зростанням початкової щільності деревини та ступеня спресування зростає також статична твердість, при чому інтенсивніше зростання відбувається для більших

значень щільності; з метою економії деревини і одержання пресованої деревини із необхідною статичною твердістю заготовки доцільно сортувати за щільністю.

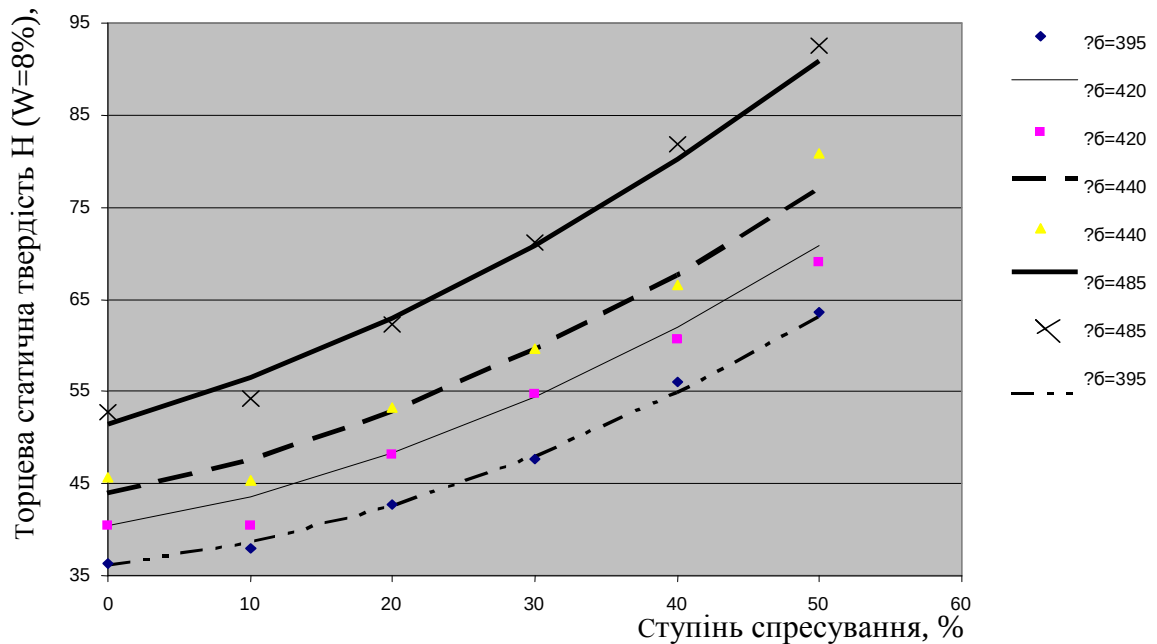


Рис. 1. Графічні залежності $H_8^{торц} = f(\rho_b, \epsilon_0)$

Одержані шляхом радіального пресування заготовки піддавали таким видам обробки: 1) пресування вздовж волокон на 5 %, 2) нанесення ґрунтівки, 3) нанесення ґрунтівки з наступним пресуванням вздовж волокон на 5 %. Витрата ґрунтівки БНК 180...200 г/м², нанесення – за допомогою тампона. Використано деревину з початковою щільністю $\rho_b = 420 \text{ кг/м}^3$ та ступенем спресування у радіальному напрямку 30 і 40 %. У кожній серії дослідів проведено вісім дубльованих спостережень.

Табл. 2. Результати експериментальних досліджень (вологість 6...8 %)

Параметри	$\epsilon_0 = 30\%$		$\epsilon_0 = 40\%$	
	$H_8^{торц}$, МПа	% зміни	$H_8^{торц}$, МПа	% зміни
$\epsilon_{0II} = 0$	54,7	100 %	60,7	100 %
$\epsilon_{0II} = 5\%$	58,9	108 %	64,1	106 %
$\epsilon_{0II} = 5\%$, ґрунтівка	61,8	113 %	67,7	112 %
$\epsilon_{0II} = 0$, ґрунтівка	55,1	101 %	62,4	103 %

За результатами експериментальних досліджень проведено двофакторний дисперсійний аналіз, результати якого наведено у табл. 3.

Отже, ущільнення деревини вздовж волокон на 5 % сприяє зростанню твердості на 6...8 %, а нанесення ґрунтівки з наступним ущільненням на 5 % - на 12...13 %. Якщо використовувати лише ґрунтівку, то твердість практично не змінюється.

Табл. 3. Результати двофакторного дисперсійного аналізу

Вплив факторів	F_p	F_{kp}	Висновки
1) ступінь спресування ε_0 (у радіальному напрямку)	40,6	2,77	Вплив значущий
2) додаткова обробка	10,8	4,01	Вплив значущий
3) взаємодія факторів	0,56	2,77	Вплив незначущий

Висновки.

1. Сорткування заготовок за щільністю сприятиме раціональному використанню деревинної сировини і підвищенню ефективності процесу пресування.

2. Одержана на основі експериментальних даних математична модель адекватно описує залежність статичної торцевої твердості від початкової щільності деревини та ступеня спресування і може бути використана для удосконалення термомеханічного способу модифікування деревини.

Література

1. Бехта П. А. Технологія деревинних композиційних матеріалів: Навч. посібн. – К.: ІЗІН, 1997. – 236 с.
2. Хухрянский П. Н.. Прессование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 350 с.
3. Вінтонів І.С., Сопушинський І., Тайшінгер А.. Деревинознавство/ Навч. посібн. – Львів: РВВ УкрДЛТУ, 2005. – 256 с.
4. ГОСТ 164830–89. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям. Введ 01. 07. 90. – М.: Изд-во стандартов. 1989. – 12 с.
5. ГОСТ 24329-80. Древесина модифицированная. Способы модифицирования. – Введ. 01.07.1981. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 7 с.
6. Лапач С. Н., Чубенко А. В., Бабич П. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. – К.: МОРИОН, 2001. - 408 с.

УДК.674.067

*Доц. Й.В. Андрашек, канд. техн. наук – НЛТУ України;
О.В. Кречун – Житомирський технологічний коледж*

УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ З ОТРИМАННЯМ ТЕПЛА

Зроблено класифікацію та аналіз різних енергетичних комплексів для утилізації деревних відходів з метою одержання тепла. Запропоновано практичні рекомендації з вибору обладнання різних фірм для підприємств з різними відходами та потужністю виробництва.

*Doc. J.V. Andrashek - NUFWT of Ukraine;
O.V. Krechun – Zhytomyrskij technical of forestry college*

Utilization of wastes of wood is with receipt of heat

Classification and analysis of different power complexes is done for utilization of woodwastes with the purpose of receipt of heat. Practical recommendations are offered from the choice of this equipment of different firms for enterprises with different wastes and power of production.

У загальному обсязі енергозабезпечення європейських країн кількість енергії, що отримується з деревини, сягає 5 %, у деяких країнах (Фінляндії, Швеції, Португалії) – 16 %, у країнах колишнього СРСР - 0,8 %. В Україні отримання тепла з деревини не отримало належного розвитку, бо, навіть, на ча-