

*І.П. Кравець, канд. техн. наук, доцент, А.П. Кушнір, канд. техн. наук, доцент,
О.В. Шаповалов, канд. техн. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ВПЛИВ ПРОЦЕСУ ПРОПАРИЮВАННЯ, ЯК ПІДГОТОВЧОГО ЕТАПУ ПЕРЕД ВОГНЕЗАХИСНОЮ ОБРОБКОЮ, НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВИНИ БУКА

Досліджено вплив теплової обробки на фізико-механічні властивості деревини бука. Встановлено, що після пропарювання змінюється природний колір деревини, гігроскопічність, щільність, величина всихання і розбухання, вологопровідність, а також показники міцності. Апроксимація експериментальних даних дала можливість отримати емпіричні залежності, а саме: рівняння зміни щільності, статичної твердості (в торцевому, тангентальному та радіальному напрямках відносно волокон) та міцності деревини бука при стисканні в поперек волокон. Підбір оптимального режиму пропарювання дає можливість покращити фізико-механічні властивості деревини і таким чином підвищити її споживчі якості. Внаслідок збільшення вологопровідності під час теплової обробки покращується також якість просочування дерев'яних будівельних конструкцій вогнезахисними засобами.

Ключові слова: вогнезахисні покриття, фізико-механічні властивості, антипірени, тепла обробка, пропарювання, вологопровідність, щільність, статична твердість, міцність деревини бука.

І.П. Кравець, А.П. Кушнір, О.В. Шаповалов

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПАРИВАНИЯ, КАК ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ПЕРЕД ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКОЙ, НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ БУКА

Исследовано влияние тепловой обработки на физико-механические качества древесины бука. Установлено, что после пропаривания изменяется естественный цвет древесины, гигроскопичность, плотность, величина усушки и разбухания, влагопроводность, а также показатели прочности. Апроксимация экспериментальных данных дает возможность получить эмпирические зависимости, а именно: уравнения изменения плотности, статической твердости (в торцевом, тангентальном и радиальном направлениях относительно волокон) и прочности древесины бука при сжатии поперек волокон. Подбор оптимального режима пропаривания дает возможность улучшить физико-механические качества древесины и таким образом повысить ее потребительские свойства. Вследствие увеличения влагопроводности во время тепловой обработки улучшается также качество просачивания деревянных строительных конструкций огнезащитными средствами.

Ключевые слова: огнезащитные средства, физико-механические качества, антипирены, тепловая обработка, пропаривание, влагопроводимость, плотность, статическая твердость, прочность древесины бука.

EFFECT OF STEAMING, AS A PREPARATORY STAGE BEFORE FIRE-RETARDANT TREATMENT, ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BEECH WOOD

The paper shows the influence of heat treatment on physical and mechanical properties of beech wood. Found that after steaming change the natural color of wood, water absorption, density value of shrinkage, swelling and strength ratios. Approximation of experimental data made it possible to get empirical dependence, namely the change in density equation, static rigidity (in the face, quartered directions relative to the fibers) and strength of beech wood compression across the grain. Selection of the best mode steaming enables to improve the physical and mechanical properties of wood and thus increase its consumer properties. An increase heat treatment also improves the quality of seepage builders fireproof coatings.

Keywords: fireproof coverages, physical and mechanical properties, thermal treatment, steaming thoroughly, moistly conductivity, density, static hardness, strength beech wood.

Постановка проблеми. Деревину бука завдяки щільності матеріалу, високій міцності, хімічній стійкості та гарній текстурі використовують у різних галузях народного господарства. З неї виготовляють лущений та струганий шпон, використовують у вагоно- та суднобудуванні, для виготовлення будівельних конструкцій, художніх меблів та музичних інструментів.

Однак, як і будь-яка інша деревина, вироби з бука є пожежонебезпечним матеріалом. Для зменшення пожежної небезпеки, вироби з деревини бука, особливо будівельні конструкції, обробляють вогнезахисними покриттями, а саме антипіренами. Властивість вогнезахисного покриття полягає в перешкоджанні вільному доступу кисню до поверхні будівельного матеріалу і, тим самим, протистоянні дії вогню та поширенню полум'я по поверхні деревини [1].

Велику роль при обробці деревини вогнезахисними покриттями відіграє її вологопровідність. Пропарювання як один із видів теплової обробки покращує вологопровідність деревини, а отже і просочування її антипіренами. Проте, процес пропарювання впливає на фізико-механічні властивості деревини бука. Тому необхідно дослідити, наскільки змінюються ці властивості і чи вони істотно впливають на якісні характеристики будівельних конструкцій.

Аналіз останніх досліджень. Фізико-механічні властивості деревини бука досліджувало багато науковців і вони досить широко описані в літературних джерелах. Однак, вплив теплової обробки (в тому числі і сушіння) на показники міцності цієї деревини в спеціальній літературі відображені недостатньо і інформація з цього питання має невпорядкований характер.

Дослідники країн СНД вивчали, в основному, зміни деяких механічних властивостей деревини після сушіння. Вплив теплової обробки (пропарювання) на фізико-механічні властивості деревини більш детально вивчали зарубіжні вчені. Слід у першу чергу відзначити роботи В. Gonet [2], Е. Kubinsky [3], С. Николова, А. Райчева та Н. Делийски [4], а також інших вчених. Наприклад, Е і L. Plath [5] досліджували морфологічні зміни в деревині при пропарюванні, а за складом конденсату – і хімічні. Склад конденсату вивчав і В. Павлюст [6] при дослідженні процесу пропарювання взуттєвих букових колодок. Потрібно відзначити, що хімічні зміни, які відбуваються в деревині при пропарюванні, є дуже складними і потребують окремого дослідження.

Метою роботи є дослідження впливу процесу пропарювання на фізико-механічні властивості деревини бука.

Виклад основного матеріалу. Будова бука має певні особливості і, відповідно, відрізняється від будови іншої деревини. Тому теплова обробка, а саме пропарювання, впливає на його фізико-механічні властивості.

Під час експериментальних досліджень зразу після пропарювання з деревини виготовлялись відповідні зразки за відомою методикою [7] та проводили визначення змін якісних показників пропареної деревини порівняно з непропареною. Встановлено, що після пропарювання змінюється природний колір деревини, гігроскопічність, щільність, величина всихання і розбухання, вологопровідність, а також показники міцності. Деякі зміни підвищують, а деякі знижують її споживчі якості.

Зміни, які проходять з деревиною при пропарюванні, є результатом складних хімічних та фізико-хімічних процесів і явищ. Ці зміни можуть бути частково зворотними, а частково незворотними. Все залежить від тривалості пропарювання і температури середовища (пари).

Щільність є однією з найважливіших властивостей деревини, від якої залежать і інші показники. При пропарюванні букової деревини її щільність зменшується.

Якщо за одиницю прийняти щільність непропареної деревини в абсолютно сухому стані ρ_0 , то зміну щільності ($\rho_{(\tau)}$) залежно від тривалості обробки за даними експериментальних досліджень опишемо таким чином в кг/м³:

$$\rho_{(\tau)} = \rho_0 (1 - 0,012\tau^{0,4}), \quad (1)$$

де τ – тривалість обробки, год.

Отримане за формулою (1) значення щільності $\rho_{(\tau)}$ майже збігається з результатами, отриманими в роботі С. Николова, А. Райчева та Н. Делийски [4] при пропарюванні букової деревини з температурою середовища $t_c = 98,7^\circ\text{C}$, тривалістю до 384 годин.

Як показали дослідження В. Gonet [2] та Е. Kubinsky [3], величина всихання пропареної букової деревини при $P = 0,1$ МПа протягом 16 годин в радіальному напрямку зменшилась на 2%, а в тангентальному напрямку – на 8%. Дещо більшою є величина набухання в роботі Е і L. Plath [5], відповідно 3% і 12%.

Гігроскопічність пропареної деревини в порівнянні з непропареною майже не змінюється. Найбільша різниця спостерігається при відносній вологості середовища $\varphi = 60 \dots 80\%$, де величина сорбції на 2...3% менша, ніж у непропареної [4]. Відзначається, що при пропарюванні можуть (через незворотні температурні розширення) дещо змінюватись розміри матеріалу. Але ці зміни є незначними: збільшено близько 1% в тангентальному і зменшено на 5% в радіальному напрямках по відношенню до відповідного розміру.

Для в'ясування характеру зміни показників міцності пропареної деревини в порівнянні з непропареною обрано показники статичної твердості (торцьової, тангентальної і радіальної) і границя міцності при стисканні поперек волокон в тангентальному та радіальному напрямках. Вологість дослідних зразків при всіх випробуваннях доводилась до рівня $W=12\%$. Тривалість пропарювання приймалась послідовно 2, 4, 6, 9, 12, 24 години.

Дослідження показують, що пропарювання зменшує показники міцності деревини. При цьому на міцність значно впливають температура середовища та тривалість обробки. В табл. 1 показано динаміку зміни механічних властивостей деревини бука при пропарюванні з температурою середовища $t_c = 95 \dots 98^\circ\text{C}$.

Таблиця 1

Динаміка зміни механічних властивостей деревини бука при пропарюванні ($t_c = 95 \dots 98^\circ\text{C}$)

Механічні властивості	Зменшення показників в МПа при тривалості пропарювання – τ , год					
1. Статична твердість $\Delta\sigma_{me}$:						
торцьова, $\Delta\sigma_{me}^a$	0,7	1,4	2,3	3,4	4,4	8,9
тангентальна, $\Delta\sigma_{me}^t$	0,4	0,8	1,8	3,3	5,1	7,3
радіальна, $\Delta\sigma_{me}^r$	0,5	1,2	1,9	2,8	4,4	10,0
2. Міцність при стисканні в поперек волокон:						
тангентальна, $\Delta\sigma_{cm}^t$	0,6	1,1	1,7	2,5	3,4	6,7
радіальна, $\Delta\sigma_{cm}^r$	0,5	1,0	1,5	3,3	3,0	6,0

Апроксимація експериментальних даних (табл. 1) за методом середніх дала змогу вивести такі емпіричні залежності (2...6).

1. Зменшення статичної твердості за напрямками відносно волокон, МПа:

$$\text{– торцьовому} \quad \Delta\sigma_{m\sigma}^a = 0,37 \tau, \quad (2)$$

$$\text{– тангентальному} \quad \Delta\sigma_{m\sigma}^t = 0,16 \tau^{1,2}, \quad (3)$$

$$\text{– радіальному} \quad \Delta\sigma_{m\sigma}^r = 0,22 \tau^{2,2}. \quad (4)$$

2. Зменшення міцності при стисканні в поперек волокон, МПа:

$$\text{– тангентальне} \quad \Delta\sigma_{cm}^t = 0,28 \tau, \quad (5)$$

$$\text{– радіальне} \quad \Delta\sigma_{cm}^r = 0,25 \tau. \quad (6)$$

При пропарюванні з тиском $P = 0,2$ МПа (температура середовища $t_c = 114...118^\circ\text{C}$) деревина бука також зменшує свої механічні показники. В табл. 2 показано динаміку зміни механічних властивостей при $t_c = 114...118^\circ\text{C}$.

Таблиця 2

Динаміка зміни механічних властивостей деревини бука при пропарюванні ($t_c = 114...118^\circ\text{C}$)

Механічні властивості	Зменшення показників в МПа при тривалості пропарювання – τ , год					
	1,0	2,8	3,8	9,1	15,1	21,1
1. Статична твердість $\Delta\sigma_{m\sigma}$:						
торцьова, $\Delta\sigma_{m\sigma}^a$	1,0	2,8	3,8	9,1	15,1	21,1
тангентальна, $\Delta\sigma_{m\sigma}^t$	1,3	2,6	3,0	6,0	7,4	15,6
радіальна, $\Delta\sigma_{m\sigma}^r$	0,6	1,6	2,7	6,2	6,9	18,4
2. Міцність при стисканні в поперек волокон:						
тангентальна, $\Delta\sigma_{cm}^t$	0,8	1,5	2,3	3,5	4,7	9,8
радіальна, $\Delta\sigma_{cm}^r$	0,7	1,6	2,5	3,7	4,9	9,4

Апроксимація експериментальних даних (табл. 2) за методом середніх дала змогу вивести такі емпіричні залежності (7...11).

1. Зменшення статичної твердості за напрямками відносно волокон, МПа:

$$\text{– торцьовому} \quad \Delta\sigma_{m\sigma}^a = 0,35 \tau^{1,5}, \quad (7)$$

$$\text{– тангентальному} \quad \Delta\sigma_{m\sigma}^t = 0,65 \tau, \quad (8)$$

$$\text{– радіальному} \quad \Delta\sigma_{m\sigma}^r = 0,20 \tau^{1,5}. \quad (9)$$

2. Зменшення міцності при стисканні поперек волокон, МПа:

$$\text{– тангентальне} \quad \Delta\sigma_{cm}^t = 0,41 \tau, \quad (10)$$

$$\text{– радіальне} \quad \Delta\sigma_{cm}^r = 0,39 \tau. \quad (11)$$

Узагальнені експериментальні дані таблиць 2 та 3 використовуємо для складання розширеної план-матриці другого повнофакторного експерименту. Функцією відгуку прийняті механічні властивості деревини бука. Знаходимо значення коефіцієнтів регресії для всіх функцій відгуку $\bar{y}_1 \dots \bar{y}_5$, за якими складаємо відповідні рівняння регресії

$$b_0 = 7,925; \quad b_1 = 3,125; \quad b_2 = 7,075; \quad b_{12} = 2,975, \\ \bar{y}_1 = 7,925 + 3,125x_1 + 7,075x_2 + 2,975x_1x_2, \quad (12)$$

$$b_0 = 6,15; \quad b_1 = 2,3; \quad b_2 = 5,3; \quad b_{12} = 1,85, \\ \bar{y}_2 = 6,15 + 2,3x_1 + 5,3x_2 + 1,85x_1x_2, \quad (13)$$

$$b_0 = 7,375; \quad b_1 = 2,125; \quad b_2 = 6,875; \quad b_{12} = 2,075, \\ \bar{y}_3 = 7,375 + 2,125x_1 + 6,875x_2 + 2,075x_1x_2, \quad (14)$$

$$b_0 = 4,425; \quad b_1 = 0,825; \quad b_2 = 3,825; \quad b_{12} = 0,725, \\ \bar{y}_4 = 4,425 + 0,825x_1 + 3,825x_2 + 0,725x_1x_2, \quad (15)$$

$$b_0 = 4,2; \quad b_1 = 0,9; \quad b_2 = 3,5; \quad b_{12} = 0,8, \\ \bar{y}_5 = 4,2 + 0,9x_1 + 3,5x_2 + 0,8x_1x_2. \quad (16)$$

Рівняння регресії (12...16) показують, що зменшення механічних властивостей деревини головним чином залежить від тривалості пропарювання. Відношення коефіцієнтів, які показують ступінь впливу факторів (P, τ), коливається в межах:

$$\frac{b_2}{b_1} = 2,3 \dots 4,7, \quad (17)$$

тобто, в стільки ж разів тривалість пропарювання більше впливає на зменшення механічних показників, ніж температурний рівень. Сама зміна (зменшення) механічних показників наведена в табл. 2 та 3.

Висновок. Після проведення експериментів з пропарювання зразків дерев'яних конструкцій з метою дослідження впливу теплової обробки на фізико-механічні властивості деревини бука встановлено, що після пропарювання змінюється природний колір деревини, гігроскопічність, щільність, величина всихання і розбухання, вологопровідність, а також показники міцності.

Апроксимація експериментальних даних дала можливість отримати емпіричні залежності, а саме: рівняння зміни щільності, статичної твердості (в торцевому, тангентальному та радіальному напрямках відносно волокон) та міцності деревини бука при стисканні поперек волокон.

Підбір оптимального режиму пропарювання дає можливість покращити фізико-механічні властивості деревини і таким чином підвищити її споживчі якості. Внаслідок збільшення вологопровідності під час теплової обробки покращується також якість просочування дерев'яних будівельних конструкцій вогнезахисними покриттями.

Список літератури

- ГОСТ 30219-95. Древесина огнезащитная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение.
- Gonet B. Nove ujecie zagannienia stabilizacji wymiarow drewna bukowego pod wplywem parowania. – Przemysl Drewny, 1962, №11.
- Kubinsky E. Vplyv parenia na pracovanie bukovogo dreva: Drevarsky vyskum, 1956, №1, №2.
- Николов С., Райчев А., Делийски Н. Пропарване на дървесината. - София: Земиздат, 1980. – 216 с.
- Plath E., Plath L. Dampfen von Rundholz. 1. Mitt: Papierchromatografische Untersuchungen uber das Dampfen von Rotbuche. – Holz als Roh- und Werstoff, 1957, №2.

6. Павлюст В.Н. Усовершенствование технологии сушки буковых профильных заготовок. Дисс. канд. техн. наук. Красноярск, 1986. – 210 с.

7. ГОСТ 16483.21-72. Древесина. Метод отбора образцов для определения физико-механических свойств после технологической обработки.

References

1. GOST 30219-95. Timber ohnezaschyschennaya. General specifications requirements. Methods of tests. Transportyrovanye and storage.

2. Gonet B. Nove ujecie zagannienia stabilizacji wymiarow drewna bukowego pod wplywem parowania. – Przemysl Drewny, 1962, №11.

3. Kubinsky E. Vplyv parenia na pracovanie bukovogo drewna.: Drevarsky vyskum, 1956, №1, №2.

4. Nikolov S., Raichev A., Deliiski N., (1980). Steaming-out of wood. Sofia: Zemizdat.

5. Plath E., Plath L.. Dampfen von Rundholz. 1. Mitt.: Papierchromatografische Untersuchungen uber das Dampfen von Rotbuche. – Holz als Roh- und Werstoff, 1957, №2.

6. Pavlyust V. Improvement drying technology bazovyh profylnyh blanks. Diss. Candidate. Sc. Science. Krasnoyarsk, 1986. – 210 p.

7. GOST 16483.21-72. Timber. The method for determining otbora Samples for physical and mechanical properties after technological processing.

