

сравнению с другими, однако способствуют более полному использованию древесины. Целесообразность применения той или другой технологии зависит от технико-экономического расчета и дальнейшего подробного анализа.

Koshyrets S.I., Gryciuk Yu.I. Analyzed of technologies of making of purveyances of the glued squared beam is for necessities of joiner's production

Technologies of making of the glued squared beam are analyzed from radial saw-timbers for the necessities of joiner's production, which provides high stability of physical-mechanical properties and holds a form of millworks. Advantages are set and failings each of technologies and condition of their use. It is found out, that making of the glued squared beam from one-sided skinner and similar trapezoid saw-timbers although and is more labor intensiveness comparatively with other, however instrumental in more complete use of wood. Expedience of application of that or other technology depends on a technical-economic calculation and subsequent of the detailed analysis.

УДК 674.048

**Доц. Ю.М. Губер, канд. техн. наук; асист. Ж.Я. Гуменюк;
інж. М.М. Ільків – НЛТУ України, м. Львів**

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ В ПРОЦЕСІ ВАКУУМНО-КОНДУКТИВНОГО ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

Наведено методику та результати експериментальних досліджень зміни фізико-механічних властивостей деревини ясеня в процесі вакуумно-кондуктивного термічного оброблення. Отримано математичні та графічні залежності фізико-механічних властивостей деревини ясеня від режимних параметрів процесу термічного оброблення. Встановлено, що міцність на статичний згин для термообробленої деревини ясеня за температур оброблення 160, 190 та 220°C та за тривалості оброблення 10 годин відповідно до показника міцності на статичний згин контрольного зразка, знизилася на 14,3, 32,8 та 47,9 %.

Вступ. Деревина, як конструкційний матеріал, володіє багатьма позитивними властивостями, проте є показники, які унеможливають її використання порівняно з металами і синтетичними матеріалами. До таких показників належать: відносно малий термін експлуатації і порівняно мала стабільність розмірів (форми). Важливим чинником у придатності деревини до використання є її здатність до ураження грибковими інфекціями. Найпоширенішим методом захисту деревини в нашій країні залишається хімічний захист шляхом просочування або поверхневого оброблення деревини органічними чи неорганічними солями, токсична дія яких припиняє розвиток грибів. Проте хімічний метод модифікації деревини не є безпечним, тому виникає ряд питань щодо подальшого його використання. Так, починаючи з 2004 р., на законодавчому рівні у країнах Європейського Союзу заборонено використання деревини, модифікованої хімічним способом. Аналогічне рішення прийнято і в США.

Упродовж останніх 10-15 років у Фінляндії, Франції, Канаді, Німеччині і Росії практично одночасно виник новий напрям захисту деревини від зовнішніх дій – метод термічного оброблення за температури від 160 до 240°C. Здійснені в цих країнах дослідження показали, що під дією високої температури в деревині відбуваються незворотні біологічні зміни, що впливають на її властивості. Внаслідок цих змін підвищується стійкість деревини до різних біологічних уражень, в декілька разів зменшується водопроникність.

До того ж термооброблення покращує зовнішній вигляд деревини: по всій товщині змінюється відтінок – на інтенсивніший, темніший, що дає змогу "ушляхетнювати" дешеві сорти деревини, надаючи їм вигляду екзотичних порід і старого дерева. Однак, відомо, що тривала дія високих температур призводить до зменшення міцності деревини і такі показники варто враховувати в подальшому використанні таких пиломатеріалів.

Мета дослідження. Метою цих експериментальних досліджень є виявлення впливу параметрів процесу вакуумно-кондуктивного термічного оброблення на фізико-механічні властивості деревини ясеня.

Експериментальна установка та підготовка зразків для проведення процесу термічного оброблення за вакуумно-кондуктивною технологією. Термічне оброблення здійснюють з використанням герметичної посудини типу АОВ-75. Для виконання такого процесу термічного оброблення деревини за вакуумно-кондуктивною технологією необхідно створити такі умови середовища, які б унеможливили процес горіння деревини. Для забезпечення цього, процес термічного оброблення відбувається у вакуумі (залишковий тиск становить 10-20 кПа). Оскільки в таких умовах важко забезпечити передачу тепла конвективним способом, то використовують електричні нагрівальні плити, які кондуктивним способом передають тепло деревині. Для здійснення контролю за ходом процесу вимірювали температуру на поверхні та в центрі оброблюваних зразків деревини. Схему експериментальної установки показано на рис. 1.

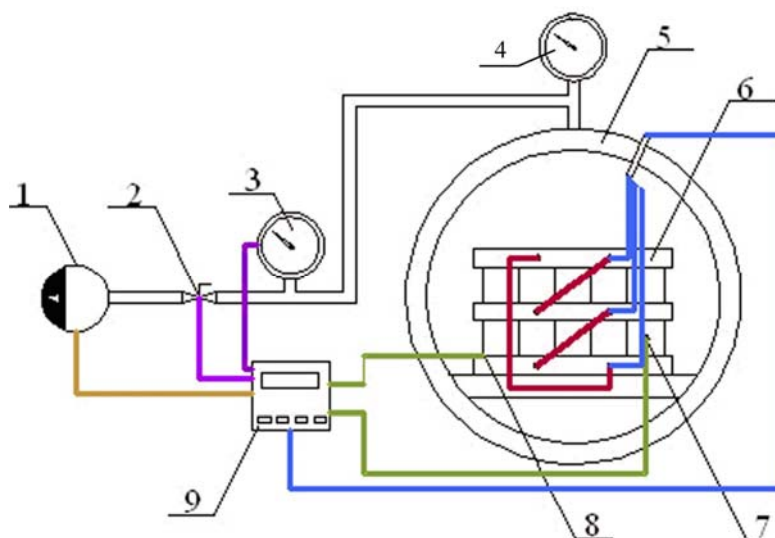


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – вакуумна помпа; 2 – засувка; 3 – контактний вакууметр; 4 – контрольний вакууметр; 5 – герметична ємність; 6 – нагрівальні плити; 7, 8 – термометри опору; 9 – шафа управління

Оскільки експериментальна установка потребує постійного нагляду протягом тривалого часу, то для виконання досліджень її було обладнано системою автоматизованого керування. На рис. 2 показано шафу керування експериментальною установкою.

Для здійснення експериментальних досліджень з визначення зміни фізико-механічних властивостей деревини ясеня в процесі термічного оброблення використовували зразки довжиною 500 мм, шириною 50 мм та товщи-

ною 50 мм, вологістю 10 %. Зразки деревини укладали між нагрівальними плитами без шпаций. Експериментально задавали тривалість оброблення (τ , год) та температуру оброблення (t , °C).



Рис. 2. Шафа керування експериментальною установкою

Технологічний процес розпочинали із завантаження заготовок деревини в установку. Заготовки укладали між нагрівальними плитами, встановлювали термометри опору для контролю та вимірювання температури на поверхні та в центрі заготовок. Після цього установку герметично закривали та проводили процес термічного оброблення за заданою програмою.

Як чинники, які впливають на зміну фізико-механічних властивостей, у цьому досліді було вибрано температуру та тривалість оброблення. Температуру оброблення фіксували на трьох рівнях (160, 190 та 220 °C). Верхнім рівнем температури оброблення було прийнято 220 °C, оскільки оброблення за вищої температури призводить до термічної деструкції деревини. Нижнім рівнем температури прийнято 160 °C, оскільки термічне оброблення за нижчої температури не дає істотної зміни кольору деревини, що є основною метою такого оброблення. Тривалість оброблення також фіксували на трьох рівнях (4, 10 та 16 год). Експериментальні криві зміни температури в процесі термічного оброблення представлено на рис. 3-5.

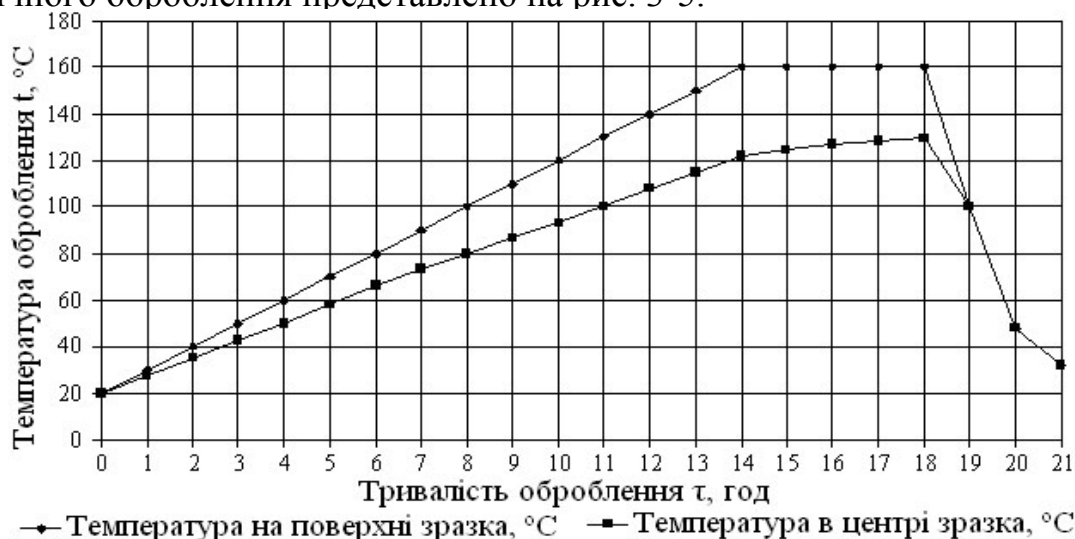


Рис. 3. Кінетика процесу термічного оброблення деревини тривалістю 4 години за температури 160°C

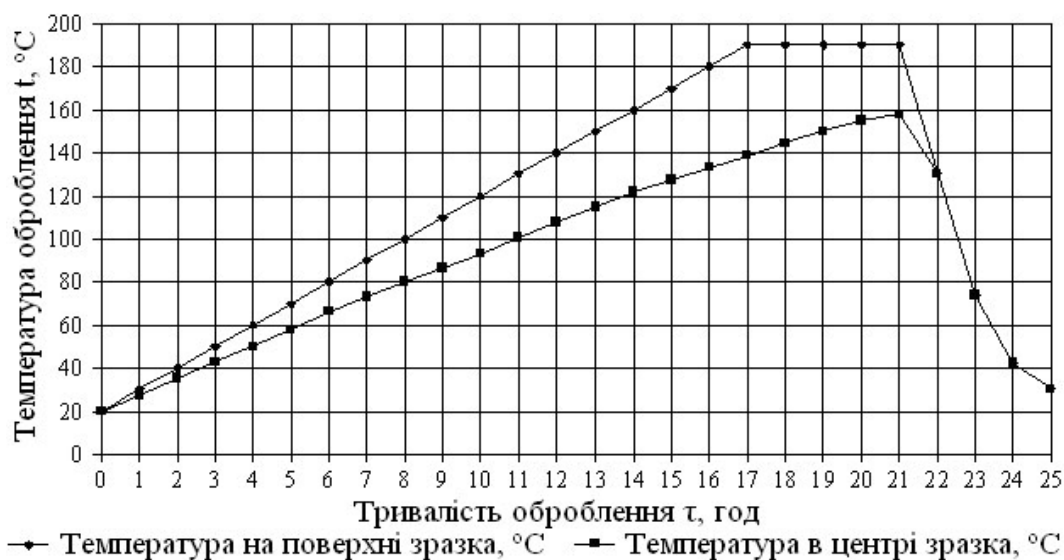


Рис. 4. Кінетика процесу термічного оброблення деревини тривалістю 4 години за температури 190 °C

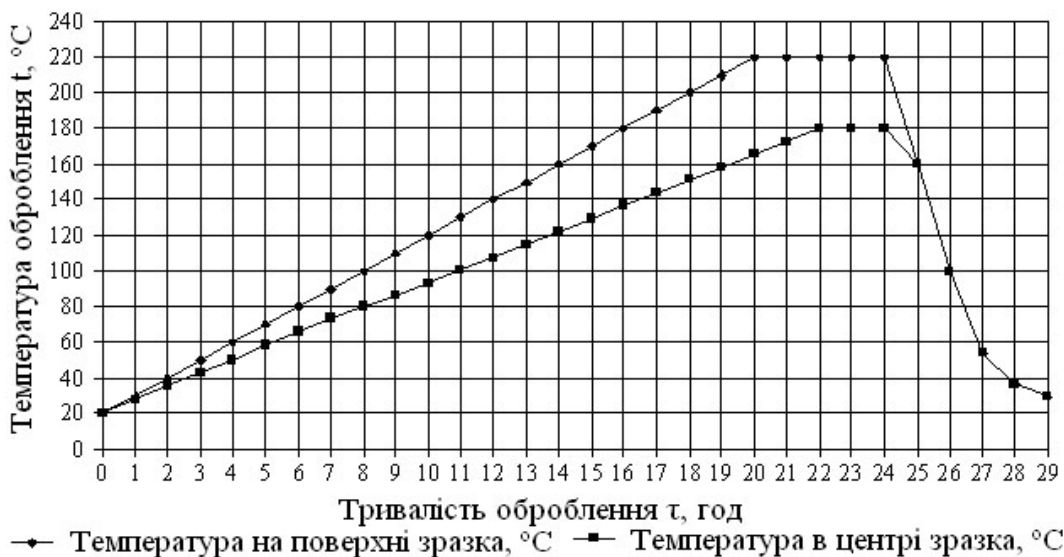


Рис. 5. Кінетика процесу термічного оброблення деревини тривалістю 4 години за температури 220 °C

Методика вимірювання міцності деревини на статичний згин впоперек волокон. Випробування здійснювали відповідно до стандарту ГОСТ 16483.3-84, на зразках у формі брусків квадратного перерізу 20×20 мм і довжиною 300 мм, виготовлених із термічно оброблених зразків. Розміщення річних шарів повинно бути паралельним до однієї пари площин.

Зразок укладали симетрично на дві опори так, щоб зусилля було спрямоване по дотичній до річних кілець. Навантаження подавали згори через ніж з радіусом заокруглення крайки 30 мм (рис. 6).

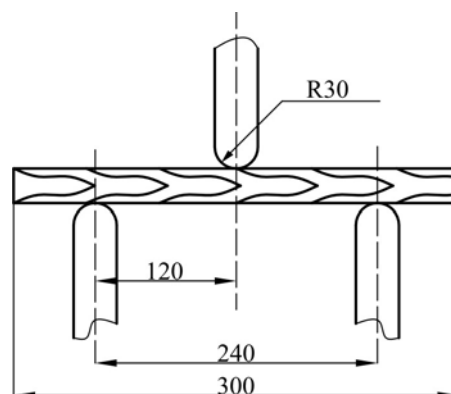


Рис. 6. Схема випробовування деревини на статичний згин впоперек волокон

Випробування здійснювали до повного руйнування зразка, тобто до часу, коли навантаження буде максимальним. Міцність на статичний згин впоперек волокон визначали за формулою

$$\sigma = \frac{3 \cdot P_{\max} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \quad (1)$$

де: $P_{\max}$ – максимальне навантаження, Н; b – ширина зразка, мм; h – висота зразка, мм; l – відстань між опорами, мм ($l = 240$ мм).

За результатами математичного оброблення отриманих даних під час дослідження міцності термодеревини ясена на статичний згин впоперек волокон, виведено залежність

$$\sigma = (2,044 \cdot t^2 + 62,77 \cdot \tau^2 + 41,944 \cdot t \cdot \tau) \cdot 10^{-3} - 1,799 \cdot t - 11,928 \cdot \tau + 373,786 \text{ МПа} \quad (2)$$

де: t – температура оброблення, °С; τ – тривалість оброблення, год.

Методика вимірювання ударної в'язкості деревини. Випробування здійснювали відповідно до стандарту ГОСТ 16483.4-73, на зразках у формі брусків квадратного перерізу 20×20 мм і довжиною 300 мм. Випробування зразків проводили на маятниковому молоті марки МК-10, запас енергії якого становить 100 Дж. Зразок встановлювали у нижній частині молота на опорах таким чином, щоб удар головки маятника був спрямований впоперек волокон по дотичній до річних кілець (рис. 8).

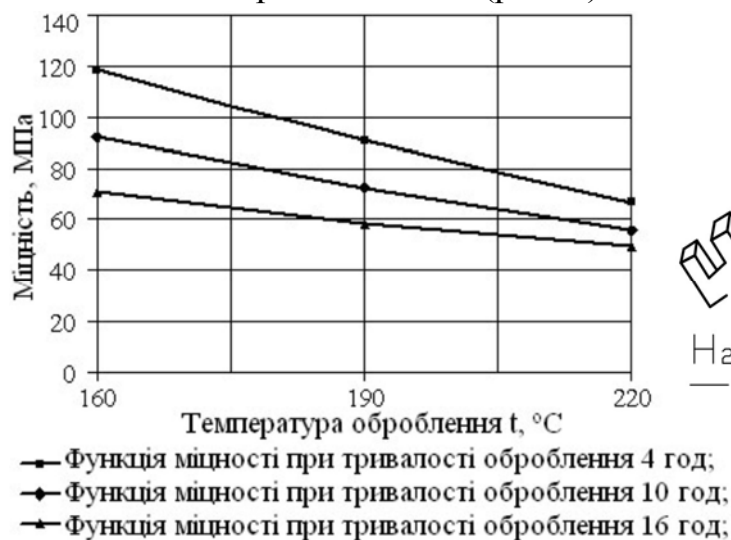


Рис. 7. Залежність зміни міцності на статичний згин термодеревини ясена від температури оброблення за різної тривалості оброблення

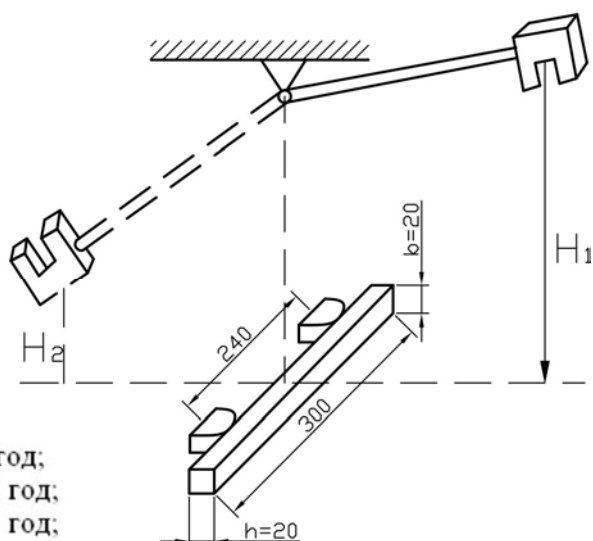


Рис. 8. Схема випробування деревини на ударну в'язкість

Після удару за шкалою маятникового молота відраховували роботу L , поглинуту зразком під час його руйнування. Ударну в'язкість обчислюють за формулою

$$A = \frac{L}{b \cdot h}, \quad (3)$$

де: L – робота, виконана під час руйнування зразка деревини, Дж; b – ширина зразка, см; h – висота зразка, см.

За результатами математичного оброблення отриманих даних під час дослідження ударної в'язкості термодеревини ясена, виведено залежність

$$A = (1,82 \cdot t^2 + 18,88 \cdot \tau^2 + 6,83 \cdot t \cdot \tau) \cdot 10^{-3} - 0,646 \cdot t - 1,288 \cdot \tau + 82,117 \text{ Дж/см}^2 \quad (4)$$

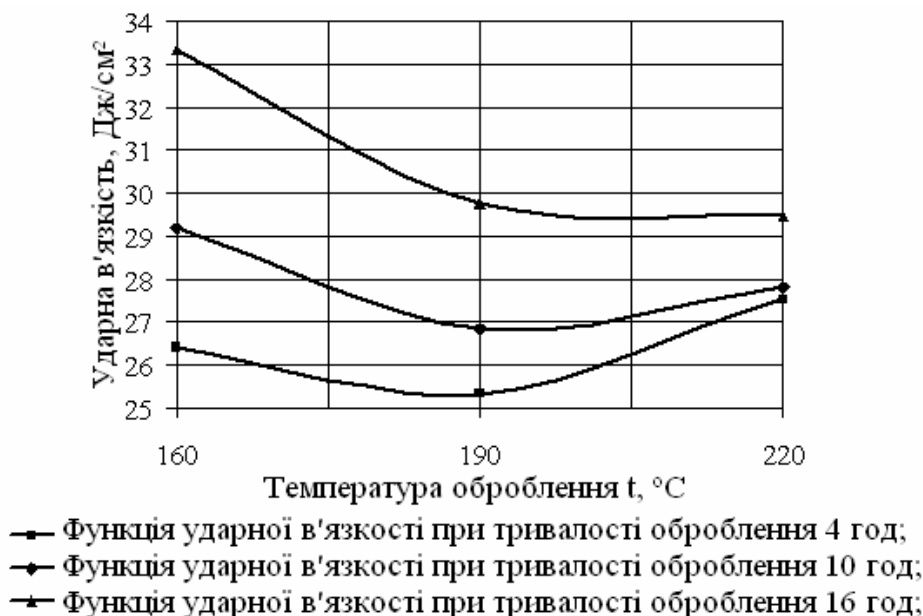


Рис. 9. Залежність зміни ударної в'язкості термодеревини ясена від температури оброблення за різної тривалості оброблення

Методика вимірювання твердості деревини. Статичну твердість деревини визначали на стандартних зразках у формі куба із стороною 50 мм. Випробування виконували шляхом вдавлювання сталевого пуансона, у вигляді конуса з кутом загострення за вершини 120°, в радіальну та тангентальну поверхні (рис. 10).

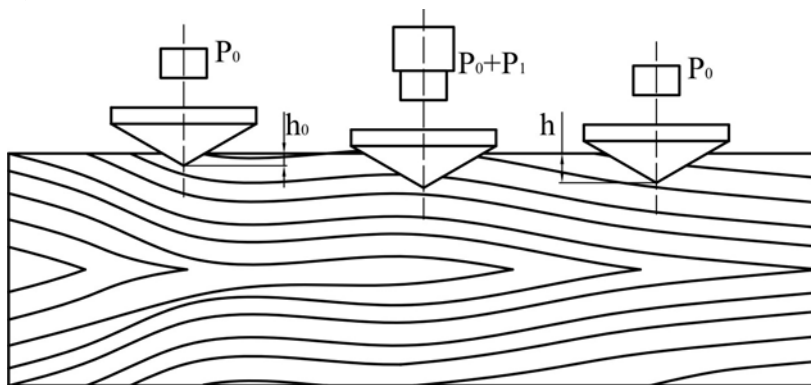


Рис. 10. Схема вимірювання твердості за методом Роквелла

Пуансон вдавлювали по чергову в радіальну та тангентальну поверхні. У цей же момент за шкалою твердоміра типу ТШ визначали твердість матеріалу.

За результатами математичного оброблення отриманих даних під час дослідження статичної твердості термодеревини ясена на радіальній та тангентальній площинах виведено залежності:

$$H_{\text{рад.}} = (0,222 \cdot t^2 + 36,111 \cdot \tau^2 + 25,557 \cdot t - 5 \cdot t \cdot \tau) \cdot 10^{-3} + 1,277 \cdot \tau + 53,11 \text{ одн. за шкл. } A \quad (5)$$

$$H_{\text{танг.}} = (0,778 \cdot t^2 + 11,111 \cdot \tau^2 + 157,774 \cdot t - 38,896 \cdot \tau - 2,778 \cdot t \cdot \tau) \cdot 10^{-3} + 67,656 \text{ одн. за шкл. } A$$

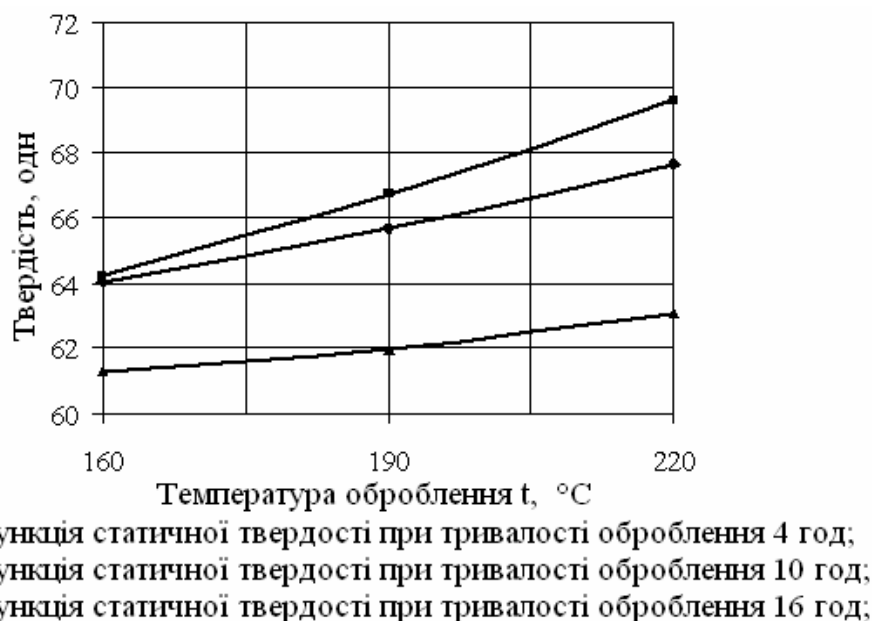


Рис. 11. Залежність зміни статичної твердості термодеревини ясеня від температури оброблення за різної тривалості оброблення на радіальній площині

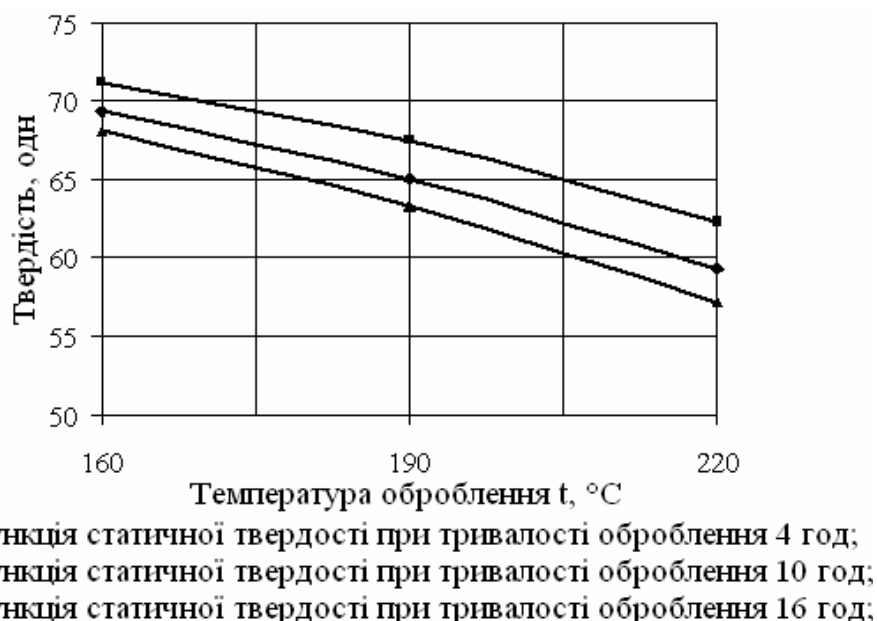


Рис. 12. Залежність зміни статичної твердості термодеревини ясеня від температури оброблення за різної тривалості оброблення на тангентальній площині

Висновок. На підставі отриманих математичних моделей можна зробити такі висновки:

- на зміну міцності під час статичного згину впоперек волокон (σ) та зміну статичної твердості на тангентальній площині ($H_{\text{танг.}}$) найбільше впливає температура оброблення;
- на зміну ударної в'язкості (A) та зміну статичної твердості на радіальній площині ($H_{\text{рад.}}$) найбільше впливає тривалість оброблення;

Отримані математичні моделі дають змогу визначити величини режимних параметрів технологічного процесу термічного оброблення деревини ясеня за вакуумно-кондуктивною технологією для отримання продукції з відповідними фізико-механічними параметрами.

Встановлено, що міцність на статичний згин для термообробленої деревини ясеня за температури оброблення 160, 190 та 220 °С та за тривалості оброблення 10 годин відповідно до показника міцності на статичний згин контрольного зразка, знизилася на 14,3, 32,8 та 47,9 %.

Ударна в'язкість термообробленої деревини ясеня за температури оброблення 160, 190 та 220 °С та за тривалості оброблення 10 годин відповідно до показника ударної в'язкості контрольного зразка, збільшилася на 17,4, 7,8 та 11,6 %.

Твердість термообробленої деревини ясеня на радіальній площині за температури оброблення 160, 190 та 220 °С та за тривалості оброблення 10 годин відповідно до показника твердості на радіальній площині контрольного зразка, збільшилася на 0,9, 2,6 та 5,7 %.

Твердість термообробленої деревини ясеня на тангентальній площині за температури оброблення 160, 190 та 220 °С та за тривалості оброблення 10 годин відповідно до показника твердості на тангентальній площині контрольного зразка, змінилася на +1,8, -4,42 та -12,7 %.

Література

1. **Вінтонів І.С.** Деревинознавство : навч. посібник. – 2-ге вид., [доповн.] / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Львів : Изд-во "Апріорі", 2007. – 321 с.

2. **ГОСТ 16483.3-84 (СТ СЭВ 390-76).** Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. Статус: действует. Текст документа: присутствует. – М. : Государственный Комитет СССР по стандартам. – 7 с.

3. **ГОСТ 16483.4-73** от 01.07.1984 (текст интегрирован в текст или описание стандарта) Другие ГОСТы. ГОСТ 16483.6-80. Древесина. Метод отбора модельных деревьев и краёв для определения физико-механических свойств древесины насаждений. – М. : Государственный Комитет СССР по стандартам. – 6 с.

Губер Ю.М., Гуменюк Ж.Я., Ильків М.М. Экспериментальные исследования изменения физико-механических свойств древесины в процессе вакуумно-кондуктивного термического обрабатывания

Приведена методика и результаты экспериментальных исследований изменения физико-механических свойств древесины ясеня в процессе вакуумно-кондуктивного термического обрабатывания. Получены математические и графические зависимости физико-механических свойств древесины ясеня от режимных параметров процесса термического обрабатывания. Установлено, что прочность на статический изгиб для термообработанной древесины ясеня при температуре обрабатывания 160, 190 и 220 °С и при длительности обрабатывания 10 часов в соответствии с показателем прочности на статический изгиб контрольного образца, снизилась на 14,3, 32,8 и 47,9 %.

Huber Yu.M., Humenyuk Zh.Ya., Il'kiv M.M. Experimental investigation of physicals and mechanicals properties change the wood of the vacuum-contact thermal process

Method and results of the experimental investigation of physicals and mechanicals properties change the wood of ash of the vacuum-contact process. Mathematical and graphic dependences are got physicals and mechanicals properties the wood of ash from operating conditions of the thermal process. It is set that durability on a static bend for the heat-treated wood of ash at the temperature of treatment 160, 190 and 220 °С and at duration of treatment 10 hours in accordance with the index of durability on the static bend of control standard, went down on 14,3, 32,8 and 47,9 %.