

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ ТЕРМОДЕРЕВИНИ ЯСЕНА, ОТРИМАНОЇ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ВАКУУМНО-КОНДУКТИВНОГО ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

Наведено методику отримання термодеревини ясена за вакуумно-кондуктивною технологією термічного оброблення деревини; режимні параметри процесу склеювання. Описано методику проведення температурно-вологісних циклів навантаження експериментальних взірців та методику експериментального дослідження міцності клейових з'єднань, сформованих за допомогою термопластичних клеїв на основі полівінілацетатної (ПВА) дисперсії з термодеревини ясена. Побудовано графічну залежність міцності клейового з'єднання термодеревини ясена від температури оброблення. За результатами експериментального дослідження міцності з'єднання термодеревини ясена, сформованого за допомогою клею на основі ПВА дисперсії (клас довговічності D3), при сколюванні вздовж волокон, встановлено, що середнє значення міцності клейового з'єднання термодеревини ясена, обробленої за температури 160 °C упродовж 4-х год, при сколюванні вздовж волокон зменшилось на 68,5 %, порівняно із міцністю клейового з'єднання необробленої деревини. Середнє значення міцності клейового з'єднання термодеревини ясена, обробленої за температури 220 °C упродовж 4-х год, при сколюванні вздовж волокон зменшилось на 42,1 %, порівняно із міцністю клейового з'єднання необробленої деревини. З'ясовано, що нездатність термодеревини утворювати міцні клейові з'єднання можна пояснити термічною деструкцією деревини (розкладання та виведення геміцелюлози та екстрактивних речовин), що призводить до значного скорочення міжмолекулярних зв'язків між клеєм та деревиною.

**Ключові слова:** термодереви́на; вакуумно-кондуктивна технологія; клейове з'єднання.

**Вступ.** Термодереви́на – порівняно новий матеріал, який дедалі частіше використовують для виготовлення виробів, що призначені для експлуатації як зовні, так і всередині приміщень. Залежно від температури та середовища оброблення (водяна пара, інертні гази, рослинні олії, вакуум), розроблено чимало технологій термічного модифікування деревини, проте всі вони спрямовані на зміну її хімічного складу, фізичних та механічних властивостей. Завдяки впливу високих температур у процесі оброблення відбуваються незворотні хімічні перетворення, що призводять до поліпшення таких показників, як: біологічна стійкість, стабільність геометричних розмірів та форми, довговічність, теплопровідність, зовнішній вигляд (ThermoWood: Handbook – Helsinki, 2003). Але, окрім покращення деяких властивостей, можливе погіршення інших характеристик термодеревини:

- істотне зменшення щільності;
- підвищення крихкості;
- термооброблена дереви́на тривалий час зберігає запах горілої деревини;
- погіршення здатності деревини до склеювання;
- колір термодеревини тьмяніє під впливом ультрафіолетового випромінювання.

Погіршення здатності термодеревини до склеювання є можливо одним із найістотніших її недоліків. Це пов'язано з тим, що в багатьох випадках для отримання заготовок та деталей потрібних розмірів, для з'єднання деталей у складальні одиниці та вузли застосовують з'єднання за допомогою склеювання. Як і необроблену дереви́ну, термодереви́ну теж доводиться склеювати. Термодереви́ну можна склеювати як терморективни-

ми, так і термопластичними клеями. Проте, внаслідок зміни хімічного складу деревини, через дію високої температури і відносно новизну, проблема здатності такої деревини до склеювання є малодослідженою.

**Методика проведення дослідження.** Для експериментального дослідження міцності клейових з'єднань термодеревини ясена використовували взірці, оброблені за технологією вакуумно-кондуктивного термічного оброблення деревини (ВКТОД) (Huber, Humeniuk & Ilkiv, 2010), за температури 160 °C та 220 °C і тривалості оброблення 4 год. Виходячи з міркувань екологічної безпеки, для формування клейового з'єднання обрано полівінілацетатну дисперсію класом довговічності D3, що відповідає вимогам стандарту EN 204:2001 (EN 2004:2001, 2001).

Склеювання термодеревини ясена проводили за таких режимних параметрів: витрата клею – 150 г/м<sup>2</sup>, тривалість відкритої витримки – 10 хв, питомий тиск пресування – 0,6 МПа, температура пресування – 20<sup>±2</sup> °C, тривалість пресування – 2 год. Таку тривалість процесу пресування обрано виходячи з того, що термооброблена дереви́на чинить опір проникненню води. Тому можна припустити, що термодереви́на за звичайних умов склеювання композиціями на водній основі буде склеюватись гірше, а щоб цього не допустити, варто було спробувати збільшити час витримки та пресування. Перед виготовленням стандартних взірців, склеєні заготовки витримували сім діб за температури 20<sup>±2</sup> °C та відносної вологості повітря 65<sup>±5</sup> %. Стандартні взірці (рис. 1, 2), для визначення міцності клейових з'єднань при сколюванні вздовж волокон, виготовляли відповідно до вимог стандарту ГОСТ 15613.1-84 (GOST 15613.1-84, 1984).

**Цитування за ДСТУ:** Ільків М. М. Дослідження міцності клейових з'єднань термодеревини ясена, отриманої за технологією вакуумно-кондуктивного термічного оброблення / М. М. Ільків, В. Р. Солонинка, Ж. Я. Гуменюк, Ю. М. Губер // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 136–139

**Citation APA:** Ilkiv, M. M., Solonynka, V. R., Humeniuk, Zh. Ya., & Huber, Yu. M. (2017). The Research of the Strength of Ash ThermoWood Adhesive Joints Treated by Vacuum-Conductive Thermal Processing Technology. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 136–139. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/280>

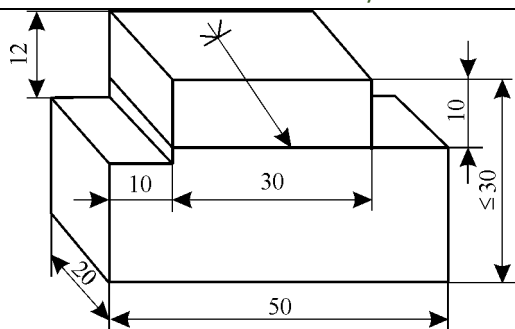


Рис. 1. Розміри стандартних зрізків для визначення міцності клейового з'єднання при сколюванні вздовж волокон



Рис. 2. Експериментальні зрізки



Рис. 3. Розривна машина IP 5057-50

Експериментальне дослідження міцності клейових з'єднань, сформованих термопластичним клеєм за класом довговічності D3, при сколюванні вздовж волокон, виконували після проведення трьох циклів температурно-вологісних навантажень відповідно до EN 204:2001:

- цикл № 1: витримання зразків упродовж 7-ми діб за стандартних атмосферних умов;
- цикл № 2: вимочування зразків у воді за температури  $20^{\pm 5}$  °C упродовж 4-х діб;
- цикл № 3: повторне витримання зразків упродовж 7-ми діб за стандартних атмосферних умов.

Під стандартними атмосферними умовами мають на увазі температуру навколишнього середовища  $20^{\pm 2}$  °C і відносну вологість повітря  $65^{\pm 5}$  %. Для визначення міц-

ності клейового з'єднання при сколюванні вздовж волокон, зрізки піддавали механічним випробуванням на розривній машині IP 5057-50 (рис. 3). Розміщення зрізка у пристосуванні в розривній машині показано на рис. 4.

Прикладання до зрізків навантажень проводили згідно з ГОСТ 15613.1-84, безперервно та з постійною швидкістю переміщення навантажувальної головки розривної машини  $0,6^{\pm 0,15}$  мм/хв.



Рис. 4. Розміщення зрізка у пристосуванні в розривній машині

Межу міцності клейового з'єднання при сколюванні вздовж волокон визначали за формулою

$$\tau = \frac{P}{b \cdot l}, \text{ МПа}, \quad (1)$$

де:  $P$  – руйнівне зусилля, Н (кгс);  $b$  – ширина площі сколювання зрізка, м (см);  $l$  – довжина площі сколювання зрізка, м (см).

**Результати експериментального дослідження.** Після визначення межі міцності клейового з'єднання термодревини ясена при сколюванні вздовж волокон, проведено статистичне оброблення результатів експериментального дослідження та побудовано гістограми розподілу даних.

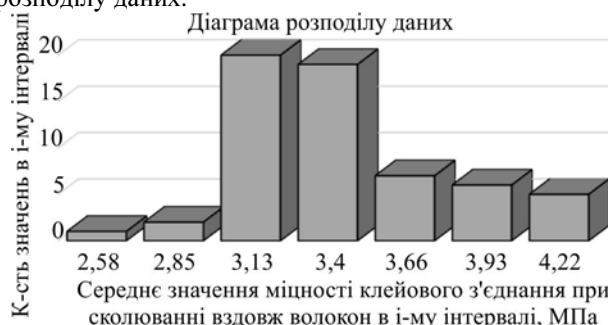


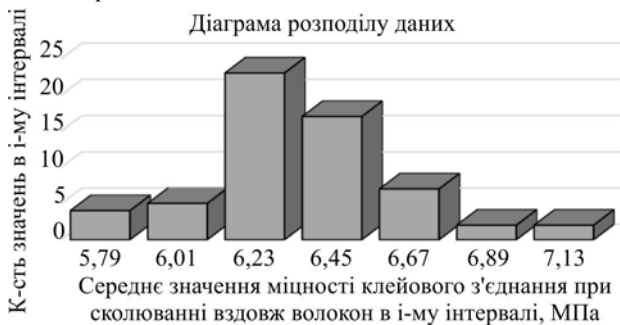
Рис. 5. Гістограма розподілу експериментальних даних міцності клейового з'єднання термодревини ясена, обробленої за температури 160°C упродовж 4-х год, при сколюванні вздовж волокон

За результатами експериментального дослідження міцності з'єднання термодревини ясена, сформованого за допомогою клею на основі ПВА дисперсії (клас довговічності D3), при сколюванні вздовж волокон встановлено:

- середнє значення міцності клейового з'єднання термодревини ясена, обробленої за температури 160 °C упродовж 4-х год, при сколюванні вздовж волокон

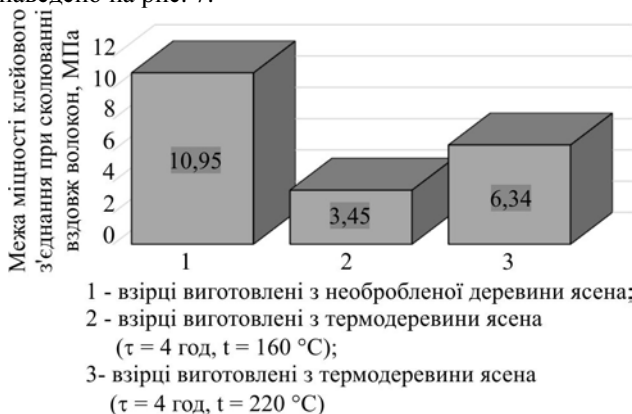
довж 4-х год, при сколюванні вздовж волокон становить 3,45 МПа, а показник точності досліду – 1,39 %. Гістограму розподілу експериментальних даних показано на рис. 5.

- середнє значення міцності клейового з'єднання термодеревини ясеня, обробленої за температурі 220 °С упродовж 4-х годин, при сколюванні вздовж волокон становить 6,34 МПа, а показник точності досліду – 0,56 %. Гістограми розподілу експериментальних даних показано на рис. 6.



**Рис. 6.** Гістограма розподілу експериментальних даних міцності клейового з'єднання термодеревини ясеня, обробленої за температурі 220°C упродовж 4-х год, при сколюванні вздовж волокон

Результати експериментального дослідження межі міцності при сколюванні вздовж волокон клейових з'єднань термообробленої деревини ясеня порівняно з клейовими з'єднаннями необробленої деревини ясеня наведено на рис. 7.



**Рис. 7.** Результати експериментального дослідження межі міцності клейового з'єднання при сколюванні вздовж волокон

Настільки істотне зменшення міцності клейових з'єднань термодеревини ясеня при сколюванні вздовж волокон порівняно з необробленою деревиною можна пояснити значним погіршенням її основних фізико-механічних показників (ThermoWood: Handbook – Helsinki, 2003; Huber, Humeniuk & Ilkiv, 2010; Callum, 2006). Окрім того, зменшення показника щільності також призводить до зменшення міцності клейового з'єднання (Chubinskij, Tambi, Balabanov & Legkov, 2010). Значну

різницю у міцності клейових з'єднань термодеревини ясеня, обробленої за різних температур, можна пояснити хімічними перетвореннями, що відбуваються в деревині під час термічного оброблення. За температури оброблення 160 °С відбувається термічний розклад геміцелюлози та незначний розклад лігніну. Відповідно кількість міжмолекулярних зв'язків між деревиною та клеєм різко зменшується. За температури оброблення 200 °С і більше, поряд із значними втратами геміцелюлози, незначними змінами, які відбуваються із целюлозою, вміст лігніну завдяки реакціям зшивання істотно збільшується (Callum, 2006). Відповідно збільшення вмісту лігніну сприяє утворенню міжмолекулярних зв'язків між деревиною та клеєм, що забезпечує адгезійну міцність клейового з'єднання.

**Висновки.** Термодеревина – відносно новий матеріал, який має як переваги, так і недоліки, порівняно із необробленою деревиною. До істотних недоліків термодеревини можна віднести значне погіршення здатності утворювати міцні та надійні клейові з'єднання. Нездатність термодеревини утворювати міцні клейові з'єднання можна пояснити термічною деструкцією деревини (розкладання та виведення геміцелюлози та екстрактивних речовин), що призводить до значного скорочення міжмолекулярних зв'язків між клеєм та деревиною. Результати наших досліджень показали, що сформоване з'єднання термодеревини за допомогою термопластичних клеїв на основі ПВА дисперсії не є міцним та довговічним. Тому потрібно направити зусилля на модифікування та отримання нових рецептур термопластичних клейових композицій на основі ПВА дисперсій, що забезпечили б потрібні показники міцності та довговічності клейових з'єднань термодеревини.

### Перелік використаних джерел

Chubinskij, A. N., Tambi, A. A., Balabanov, G. P., & Legkov, Ya. V. (2010). Vlijanie plotnosti drevesiny i ee poverhnostnyh svojstv na vzaimodejstvie s polivinilacetatnymi svjazujushimi. *Lesn Rossii v XXI veke: mater. 4-oj Mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konf.* (pp. 23–27). St. Petersburg: SPbGLTA. [in Russian].

EN 2004:2001. (2001). *Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications*, 12 p.

GOST 15613.1-84. (1984). *Drevesina kleanaja massivnaja. Metody opredelenija predela prochnosti kleeovogo soedinenija pri skalyvanii vdol volokon*. Izd-vo. ofic. Moscow: Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, 24 p. [in Russian].

Huber, Yu. M., Humeniuk, Zh. Ya., & Ilkiv, M. M. (2010). Eksperimentalni doslidzhennia zminy fizyko-mekhanichnykh vlastyvostei termoderevyny v protsesi vakuumno-konduktivnoho termichnoho obrobлення. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy: zb. nauk.-tekh. prats*, 20(2), 92–99. Lviv: RVV NLTU Ukrainy. [in Ukrainian].

ThermoWood: Handbook – Helsinki. (2003). *FINLAND: International ThermoWood Association*, 66 p.

Callum, A. S. Hill. (2006). *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*. Wales: John Wiley & Sons, Ltd., 260 p.

*М. Н. Ильків, В. Р. Солонька, Ж. Я. Гуменюк, Ю. М. Губер*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЕРМОДРЕВЕСИНЫ ЯСЕНЯ, ПОЛУЧЕННОЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНО-КОНДУКТИВНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Приведена методика получения термодеревини ясеня по вакуумно-кондуктивной технологии термической обработки древесины; режимные параметры процесса склеивания. Представлены методика проведения температурно-влажностных циклов нагрузки экспериментальных образцов и методика экспериментальных исследований прочности клеевых соединений, сформированных с помощью термопластичных клеев на основе поливинилацетатной (ПВА) дисперсии из термодеревини ясеня. Пос-



троена графическая зависимость прочности клеевого соединения термодревеси ясеня от температуры обработки. По результатам экспериментальных исследований прочности соединения термодревеси ясеня, сформированного с помощью клея на основе ПВА дисперсии (класс долговечности D3), при скальвании вдоль волокон, установлено, что среднее значение прочности клеевого соединения термодревеси ясеня, обработанной при температуре 160 °C в течение 4-х часов, при скальвании вдоль волокон уменьшилось на 68,5 % по сравнению с прочностью клеевого соединения необработанной древесины. Среднее значение прочности клеевого соединения термодревеси ясеня, обработанной при температуре 220 °C в течение 4-х часов, при скальвании вдоль волокон уменьшилось на 42,1 % по сравнению с прочностью клеевого соединения необработанной древесины. Выяснено, что неспособность термодревеси образовывать прочные клеевые соединения можно объяснить термической деструкцией древесины (разложение и выведение гемицеллюлозы и экстрактивных веществ), что приводит к значительному сокращению межмолекулярных связей между клеем и древесиной.

**Ключевые слова:** термодревесина; вакуумно-кондуктивная технология; клеевые соединения.

*M. M. Ilkiv, V. R. Solonynka, Zh. Ya. Humenyuk, Yu. M. Huber*

## THE RESEARCH OF THE STRENGTH OF ASH THERMOWOOD ADHESIVE JOINTS TREATED BY VACUUM-CONDUCTIVE THERMAL PROCESSING TECHNOLOGY

Thermowood is a relatively new material, which is being increasingly used for the manufacturing of products designed for use both from outside and inside the premises. However, due to changes in the wood chemical composition, due the action of high temperature and the relative novelty, this problem of the ability of such wood to gluing is not explored enough. This causes the purpose of the research. Consequently, the method of ash thermowood treating by vacuum-conductive thermal processing technology and regime bonding process parameters is presented. The authors have described the method of temperature-humidity cycle load experimental models and the method of experimental research of the strength of adhesive joints formed using thermoplastic adhesives based on polyvinylacetate (PVA) variance from thermowood of ash. The authors have also designed graph dependence of change strength of adhesive joints of ash thermowood on temperature of the heat treatment. Based on the results of experimental studies the connection strength formed by thermoplastic adhesives based on polyvinylacetate (PVA) variance from ash thermowood (durability class D3), in chipping along the fibers, we have found that the average value of strength adhesive joints of ash wood treated at 160 °C during 4 hour period, in chipping along the fibers decreased by 68.5 % compared to the strength adhesive joints of untreated wood. The average value of strength adhesive joints of ash wood treated at 220 °C during 4 hour period, in chipping along the fibers decreased by 42.1 % compared to the strength of adhesive joints of untreated wood. It is found that some thermowood inability to form strong adhesive joints can explain thermal degradation of wood (decomposition and excretion of extractives substances and hemicellulose) to cause significant reduction of intermolecular bonds between glue and wood. Our results showed that the adhesive joints of ash thermowood, formed by thermoplastic adhesives based on polyvinylacetate (PVA) variance are not sturdy and durable. Thus, we should conclude that it is necessary to make efforts to modification and receiving of new thermoplastic formulations based on glue PVA variance that would be provided with necessary indicators of strength and durability of the glue thermowood joints.

**Keywords:** thermowood; vacuum-conductive thermal processing technology; adhesive joints.

### Інформація про авторів:

**Ільків Михайло Миколайович**, асистент, НЛТУ України, м. Львів, Україна.

**Email:** mykhailo.ilkiv@nltu.edu.ua

**Солонинка Василь Романович**, канд. техн. наук, доцент, НЛТУ України, м. Львів, Україна.

**Email:** vasyi.solonynka@nltu.edu.ua

**Гуменюк Жанна Ярославівна**, асистент, НЛТУ України, м. Львів, Україна.

**Email:** zhanna.humenyuk@nltu.edu.ua

**Губер Юрій Мирославович**, канд. техн. наук, доцент, НЛТУ України, м. Львів, Україна.

**Email:** yuriy.huber@nltu.edu.ua