

10. РЕСУРСООЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ

УДК 674.093.26

П.А. БЕХТА¹, Д.В. ТИМИК²

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ХІМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ПОВЕРХНІ ЛУЩЕНОГО ШПОНУ НА ВЛАСТИВОСТІ ШПОНУ ТА ФАНЕРИ

Запропоновано хімічні речовини для оброблення поверхні лущеного шпону; досліджено вплив хімічного оброблення поверхні шпону на кут змочування та рН його поверхні; отримано регресійні залежності спресування та міцності фанери на зріз від параметрів оброблення шпону (концентрації та витрати модифікатора, часу пресування); встановлено залежність впливу концентрації та витрати модифікатора на властивості фанери; отримано регресійну залежність спресування та межі міцності фанери на зріз від параметрів пресування (витрати клею, температури, тиску та тривалості пресування). Визначено раціональні параметри хімічного оброблення шпону, які дають змогу забезпечити виготовлення фанери з показниками міцності згідно з вимогами стандартів України за зменшених витрат клею, тиску, температури та тривалості пресування.

Ключові слова: інактивована поверхня, хімічно оброблений шпон, модифікувальні речовини, фанера

Постановка наукової проблеми. Однією з найвідповідальніших технологічних операцій у виробництві фанери є операція нанесення клею на шпон [1]. Ця операція має важливе технологічне та економічне значення. Величина витрати клею на одиницю поверхні шпону впливає на міцність клейового з'єднання, до того ж збільшення витрати клею не завжди підвищує міцність склеювання, а навіть зменшує її. Крім того, надмірно велика витрата клею безпосередньо впливає на собівартість продукції. Тому ефективність використання клею значною мірою залежить від характеристики поверхні шпону [2]. Саме тому підготовка поверхні шпону є відповідальним етапом технологічного процесу, на якому закладається якість фанери. За існуючими технологічними процесами таку підготовку не проводять, і клей на поверхню шпону наносять одразу після сушіння.

Відомо, що під час сушіння шпону під впливом підвищеної температури екстрактивні речовини, що входять до складу деревини (ефірні олії, смоляні та жирні кислоти), мігрують на його поверхню, де вони концентруються і блокують утворення можливого адгезійного контакту з деревиною [3, 4].

Крім того, смолисті та жирні екстрактивні речовини є гідрофобними, тобто відштовхують воду.

Більшість клеїв, які використовують у процесах склеювання деревини, містять воду як розчинник, тому проникна здатність і змочування рідким клеєм такої поверхні не буде відбуватися належним чином [5-8]. З моменту виходу шпону зі сушарки до моменту нанесення на нього клею і формування пакета шпону проходить деякий час, за який на поверхню шпону, що вже має певну шорсткість і пористість, осідає пил та різного роду забруднення. Утворюється так званий інактивований шар [1, 9, 10], який перешкоджає утворенню необхідного адгезійного контакту між клеєм і деревиною, і, як наслідок, значно знижується міцність склеювання шпону (рис. 1). Тому покращити процес склеювання можна шляхом усунення або зменшення негативної дії інактивованого шару.

Зазвичай, адгезію до деревини покращують удосконаленням рецептур клейових матеріалів і режимів їх затвердіння. Однак, як показує практичний досвід, це не завжди ефективно, а у деяких випадках і зовсім неможливо.

Під час формування адгезійного з'єднання клей-деревина вирішальна роль належить енергії хімічно активних груп та їх концентрації у поверхневому шарі деревини (шпону) [2, 8, 11-13]. Шорсткість та інші фактори мають менший вплив.

¹ БЕХТА Павло Антонович – дійсний член ЛАН України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: bekhta@ukr.net

² ТИМИК Діана Володимирівна – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: +38-032-238-44-99. E-mail: diana_tdv@ukr.net

Тому серед усіх методів вирішальним є саме хімічне модифікування, оскільки негативний вплив інактивованого шару деревини на процес полімеризації клею – суто хімічний процес і ліквідувати цей шар можна лише нейтралізувавши або видаливши його з поверхні деревини. Крім того, фізичне та механічне оброблення поверхні потребують додаткового складного обладнання [14, 15], а хімічний метод не потребує значних механічних і матеріальних затрат, є простішим та економічно вигіднішим. Таким чином, проблема зменшення або усунення негативного впливу інактивованого шару є не до кінця вирішеною й надалі залишається актуальною.

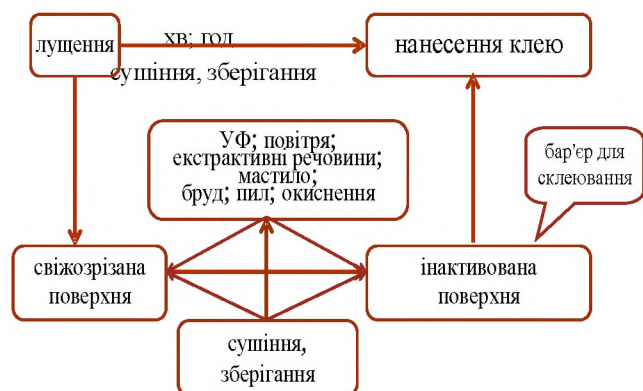
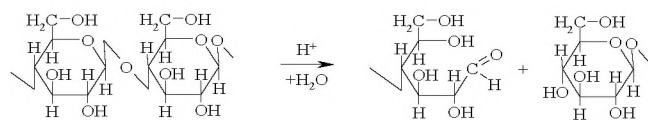


Рис. 1. Схематичне зображення утворення інактивованої поверхні шпону

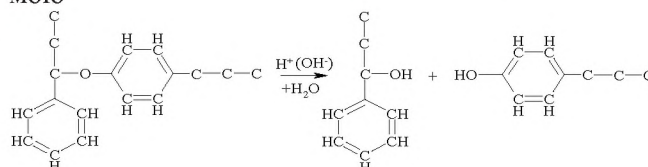
Мета роботи – встановити закономірності впливу хімічного оброблення поверхні лущеного шпону на його поверхневі властивості та властивості фанери, виготовленої з такого шпону, і розробити на цій основі режим пресування фанери, що дозволить досягнути необхідної міцності склеювання за зменшених витрат клею та значень параметрів пресування.

Обґрунтування вибору хімічних реагентів. Як модифікатори запропоновано використати кислоти та лужні водні розчини полярних речовин, гідролітична дія яких призводить до зміни надмолекулярної структури целюлозних фібрил, завдяки чому відбувається розпорядкування укладання целюлозних макромолекул в їх поверхневих шарах, що призводить до збільшення кількості реакційних центрів на поверхні деревини, а також водний розчин перексиду водню, який, крім здатності до зміни надмолекулярної структури целюлозних фібрил, має окиснювальні властивості [3, 16-18]. Дія запропонованих розчинів також змінює хімічну та надмолекулярну будову геміцелюлоз і лігніну.

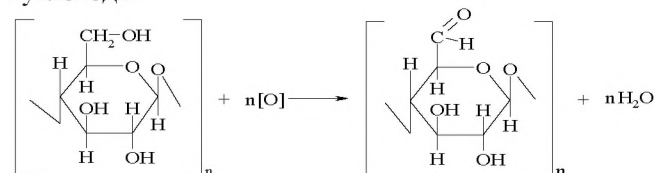
Активізаційна дія кислот і лужних водних розчинів базується на каталізованій реакції гідролізу основних хімічних компонентів деревини: целюлози, геміцелюлози та лігніну. Під час реакції гідролізу целюлози зменшується її молекулярна маса за рахунок розривання глікозидних зв'язків [19], внаслідок чого додатково з'являється реакційно здатна карбонільна група за схемою



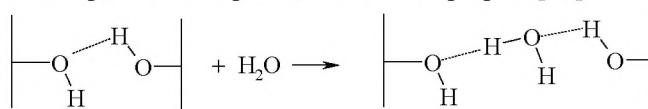
Гідроліз лігніну відбувається як у лужному, так і в кислому середовищі [3]. Під час гідролізу лігніну зменшується молекулярна маса за рахунок розривання ефірних зв'язків між ланками та додатково утворюються реакційно здатні (-ОН) групи за схемою



Спрогнозовано утворення можливих адгезійних зв'язків між клеєм і модифікованою поверхнею деревини. Внаслідок такого модифікування збільшується кількість полярних груп і реакційних центрів на поверхні деревини. Це сприяє як ефективній міжмолекулярній взаємодії, так і утворенню міцних хімічних зв'язків між молекулами клею та молекулами основних компонентів деревини для всіх запропонованих модифікаторів. Ця дія додатково посилюється зшиванням макромолекул деревини та клею за радикальним механізмом, що провокується модифікуванням поверхні деревини розчином перексиду водню [20-22]. У разі дії розчину перексиду водню на поверхні деревини також відбувається накопичення карбонільних груп завдяки окисненню вуглеводів



Зміни поверхневих властивостей деревини у разі оброблення розчинами хімічних речовин обумовлені не лише змінами хімічної будови основних компонентів деревини, а значною мірою змінами їх надмолекулярної будови, що обумовлено проникненням молекул води між макромолекулами целюлози в поверхневих шарах целюлозних фібрил [23]



Це призводить до зменшення ступеня кристалічності целюлози, а гідроксильні групи, задіяні на утворення системи водневих зв'язків між макромолекулами целюлози, вивільняються для утворення водневих зв'язків з молекулами смоли.

Враховуючи різномірну хімічну природу, вартість, витрату та концентрацію модифікаторів для хімічного оброблення поверхні лущеного шпону запропоновано використовувати водні розчини перексиду

водню (H_2O_2), оцтової кислоти (CH_3COOH), натрій карбонату (Na_2CO_3) та алюміній сульфату ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

Матеріали та методи дослідження. Для виконання експериментальних досліджень використано такі матеріали: лущений березовий шпон товщиною 1,5 мм, вологістю $6 \pm 2\%$; фенолоформальдегідний клей; водні розчини таких хімічних речовин: пероксиду водню, оцтової кислоти, натрію карбонату та алюмінію сульфату. Хімічні речовини наносили на поверхню шпону розпорошенням безпосередньо перед нанесенням клею. П'ятишарову фанеру виготовляли за таких параметрів пресування: тиску – 1,8 МПа, температури – 135°C , витрати клею – 150 г/м^2 .

Експериментальні дослідження проводили в два етапи. З метою встановлення раціональних рецептур модифікаторів на першому етапі досліджували вплив концентрації ($k = 1, 2, 3\%$) та витрати модифікатора ($q = 10, 20, 30 \text{ г/м}^2$) і часу пресування ($t = 6, 8, 10 \text{ хв}$) на фізико-механічні властивості хімічно обробленого шпону та фанери, виготовленої з нього (рис. 2). За критерій оцінки якості поверхні шпону було обрано вологість, концентрацію йонів водню (pH) та кут змочування поверхні (θ), а фанери – межу міцності на зріз і спресування.



Рис. 2. Схема реалізації експериментів на першому етапі дослідження

На другому етапі дослідження (рис. 3) для модифікатора (водний розчин пероксиду водню концентрацією 3% і витратою 10 г/м^2), відібраного на першому етапі, досліджували вплив параметрів технологічного режиму пресування (витрати клею ($g = 90, 120, 150 \text{ г/м}^2$), тиску ($P = 1,2; 1,5; 1,8 \text{ МПа}$), температури ($T = 120, 135, 150^\circ\text{C}$) та часу пресування ($t = 6, 8, 10 \text{ хв}$) на межу міцності фанери на зріз ($\sigma_{зр}$) і спресування (C).

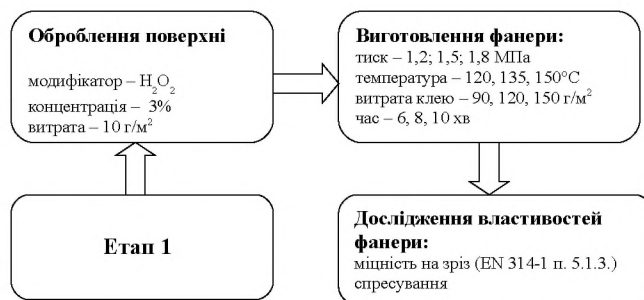


Рис. 3. Схема реалізації експериментів на другому етапі дослідження

Результати дослідження. Розглянемо вплив оброблення поверхні лущеного шпону різними хімічними речовинами на pH і кут змочування його поверхні та фізико-механічні властивості фанери.

Значення pH поверхні лущеного шпону, обробленого різними модифікаторами, наведено в табл. 1. Розчини (2% і 3%-ві) алюміній сульфату і оцтової кислоти зменшують pH поверхні деревини; 1%-ві розчини майже не впливають на зміну кислотності поверхні деревини. Застосування 2% і 3%-го розчину натрій карбонату дає змогу збільшити кислотність поверхні деревини. Проте застосування 1%-го розчину, так само як і в разі використання сульфату алюмінію та оцтової кислоти, є малоефективним.

Пероксид водню може призводити до зменшення показника кислотності поверхні внаслідок накопичення карбоксильних груп при окисненні компонентів деревини. Однак, в першому випадку, використаний розчин пероксиду все одно мав низьке значення pH за рахунок присутності в ньому стабілізаторів. Це зумовило зменшення pH поверхні під час оброблення її розчином пероксиду водню.

Незначний вплив 1%-х розчинів на кислотність поверхні деревини зумовлений деякою буферною ємністю компонентів деревини. Тобто компоненти деревини можуть взаємодіяти з речовиною, використаною для оброблення деревини, зменшуючи її концентрацію в розчині і, відповідно, активувальну здатність розчину.

Зокрема, концентрація натрій карбонату може зменшуватися внаслідок реакцій з вільними жирними, смоляними та уроновими кислотами деревини.

$2\text{R}-\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{R}-\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, де R– залишки жирних, смоляних і уронових кислот.

Таблиця 1

Значення pH поверхні модифікованого березового лущеного шпону

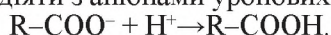
Модифікатор	H_2O_2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Концентрація модифікатора, %	1 ($\text{pH}=6,46$)			2 ($\text{pH}=5,10$)			3 ($\text{pH}=3,24$)		
Витрата модифікатора, г/м^2	10	20	30	10	20	30	10	20	30
pH поверхні шпону	6,85	6,75	6,64	6,52	6,41	6,32	6,24	6,01	5,93

Продовж. табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Модифікатор	CH ₃ COOH								
Концентрація модифікатора, %	1 (pH=2,74)			2 (pH=2,53)			3 (pH=2,39)		
Витрата модифікатора, г/м ²	10	20	30	10	20	30	10	20	30
pH поверхні шпону	6,32	6,21	6,08	5,91	5,79	5,72	5,69	5,46	5,33
Модифікатор	Na ₂ CO ₃								
Концентрація модифікатора, %	1 (pH=7,60)			2 (pH=7,55)			3 (pH=7,51)		
Витрата модифікатора, г/м ²	10	20	30	10	20	30	10	20	30
pH поверхні шпону	6,80	7,08	7,15	7,78	8,20	8,36	8,15	8,20	8,21
Модифікатор	Al ₂ (SO ₄) ₃								
Концентрація модифікатора, %	1 (pH=2,85)			2 (pH=2,24)			3 (pH=1,99)		
Витрата модифікатора, г/м ²	10	20	30	10	20	30	10	20	30
pH поверхні шпону	6,53	6,41	6,27	6,35	6,22	5,92	6,13	5,93	5,85

*pH необробленої поверхні шпону = 6,40

Йони гідрогену, що генеруються при гідролізі сульфату алюмінію і дисоціації оцтової кислоти, обумовлюючи кисле середовище їх розчинів, можуть взаємодіяти з аніонами уронових кислот:



Значення кута змочування поверхні лушеного шпону, обробленого різними модифікаторами, наведено в табл. 2. Кут змочування обробленої поверхні шпону є меншим за контрольний зразок для усіх із вибраних модифікаторів. Тобто модифікування поверхні лушеного шпону дозволяє зменшити значення крайового кута змочування, а отже, підвищити адгезійну здатність деревини. За контрольне значення кута змочування було взято значення кута змочування необробленої поверхні лушеного шпону гліцерином.

Таблиця 2

Значення кута змочування поверхні модифікованого березового лушеного шпону для кожного з модифікаторів

Модифікатор		H ₂ O ₂	CH ₃ COOH	Na ₂ CO ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃
Кон- центра- ція, %	Ви- трата, г/м ²	Кут змочування θ°			
1	10	47,09	47,27	47,43	48,21
	20	41,47	42,26	37,78	41,83
	30	36,66	37,35	35,16	35,86
2	10	46,93	46,41	47,29	47,34
	20	40,42	40,55	40,61	40,89
	30	36,27	35,92	34,49	34,98
3	10	45,96	45,10	48,16	47,00
	20	39,16	38,33	38,98	39,97
	30	35,36	35,27	34,52	34,07

Примітка. Кут змочування необробленої поверхні шпону θ° = 53,53

Найбільший вплив на кут змочування поверхні чинить саме витрата модифікатора, із збільшенням якої від 10 до 30 г/м² кут змочування зменшується на 25-28% (табл. 2); вплив же концентрації модифікатора є незначним. Збільшення витрати модифікатора дозволяє забезпечити краще змочування, тобто розтікання адгезиву по модифікованій поверхні, що призводить до зменшення кута змочування порівняно із необробленою поверхнею на 36%.

Встановлено, що модифікована поверхня лушеного шпону характеризується меншим кутом змочування (θ = 47,1-34,1°), а отже, проявляє кращу адгезійну здатність порівняно з необробленою поверхнею (θ = 53,5°). Для зміни кислотності поверхневого шару деревини доцільно використовувати щонайменше 2%-ві розчини модифікувальних речовин.

За результатами експериментів отримано рівняння регресії для кожного з використаних модифікаторів, які адекватно описують залежність межі міцності фанери на зріз (σ_{зр}) від досліджуваних факторів:

$$H_2O_2 \quad \sigma_{зр} = 2,2812 + 0,1260k + 0,0078q - 0,0159t + 0,000079kq - 0,0050kt - 0,0000062qt$$

$$CH_3COOH \quad \sigma_{зр} = 1,9534 + 0,038k - 0,0024q - 0,0134t + 0,000088kq - 0,0016kt - 0,0000047qt$$

$$Na_2CO_3 \quad \sigma_{зр} = 1,9549 + 0,0571k - 0,0025q - 0,0226t - 0,0012kq + 0,0041kt - 0,000078qt$$

$$Al_2(SO_4)_3 \quad \sigma_{зр} = 1,5816 + 0,2311k - 0,0012q + 0,0194t - 0,0017kq - 0,0200kt - 0,0000051qt$$

Графічну інтерпретацію залежності міцності фанери на зріз від досліджуваних факторів зображено на рис. 4. Із збільшенням концентрації модифікатора від 1% до 3% міцність фанери на зріз зростає

(рис. 4, а) на 6,0-8,9% для кожного із використаних модифікаторів. Збільшення концентрації розчину модифікатора в таких межах сприяє його вищій реакційній здатності при контакті з деревиною. Таким чином, утворюється більша кількість реакційноздатних груп на її поверхні, що призводить до зростання міцності клейового з'єднання.

Протилежну залежність спостережено для витрати модифікатора (рис. 4, б), зі збільшенням якої від 10 до 30 г/м² міцність клейового з'єднання зменшується на 3,2-6,8% для кожного із використаних модифікаторів. Оскільки, із збільшенням витрати розчину модифікатора вміст води, що додатково вноситься в пакет, також зростатиме, то це буде призводити до утворення парогазової суміші в пакеті під час пресування, що посилює ймовірність руйнування клейового шару під впливом надлишкового тиску парогазової суміші. На цій підставі можна говорити про недоцільність подальшого збільшення витрати модифікатора.

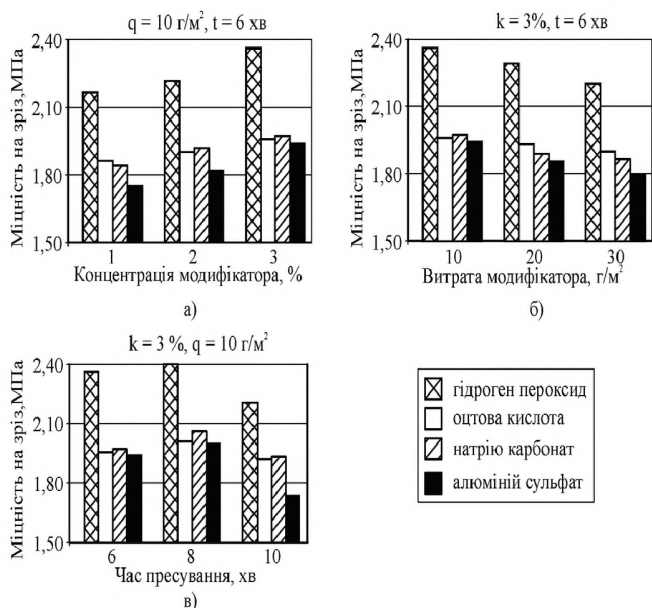


Рис. 4. Залежність міцності фанери на зріз:

- а) від концентрації модифікувальних речовин;
б) від витрати модифікувальних речовин;
в) від часу пресування

Невеликий приріст міцності на зріз від 1,0 до 3,5%, що спостерігається у разі збільшення часу пресування від 6 до 8 хв (рис. 4, в), можна пояснити повнішим проходженням реакції полімеризації клею. Подальше ж збільшення часу пресування до 10 хв, навпаки, незначно зменшує міцність на зріз від 5,2 до 7,7%, що дає змогу припускати про можливість проходження часткової реакції термічної деструкції клею.

Як і передбачалось, застосування кожного із використаних модифікаторів дає змогу підвищити міцність фанери в 1,8-2,3 рази порівняно із вимогами стандарту ДСТУ EN 314-1, за яким міцність фанери на зріз не повинна бути меншою за 1,0 МПа.

Найвищу міцність спостережено у разі використання як модифікатора поверхні лущеного

шпону водного розчину перексиду водню концентрацією 3% (міцність фанери становить 2,39 МПа). Пероксид водню схильний до радикальних реакцій і є надзвичайно хімічно активним. Реагуючи з хімічними компонентами як деревини, так і смоли, він спричиняє утворення зв'язків (C-C) та (C-O-C) за радикальним механізмом, які міцніше утримують макромолекули, ніж водневі зв'язки чи міжмолекулярна взаємодія, що пояснює високу міцність клейового з'єднання у цьому випадку.

З'ясовано також вплив модифікування поверхні лущеного шпону на спресування фанери. Отримано адекватні та відтворювані регресійні залежності спресування пакета шпону від досліджуваних чинників:

$$\text{H}_2\text{O}_2 \quad C = 0,7596 + 1,4158k + 0,2013q + 1,8771t + 0,0784kq - 0,4347kt - 0,0368qt$$

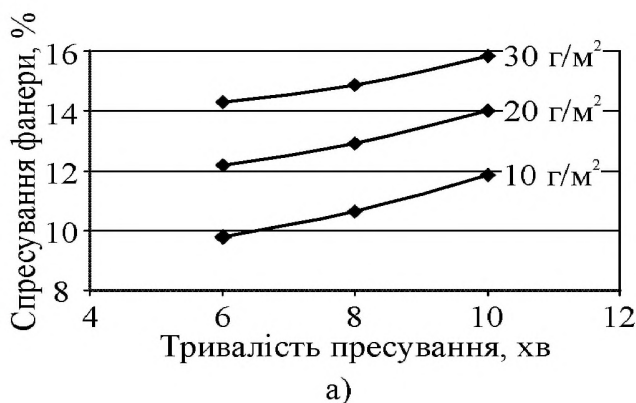
$$\text{CH}_3\text{COOH} \quad C = 0,9129 + 1,3447k + 0,2029q + 7,8707t + 0,0766kq - 0,4220kt - 0,0374qt$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad C = 0,6733 + 1,3524k + 0,20877q + 1,8857t + 0,07717kq - 0,4212kt - 0,0377qt$$

$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \quad C = 3,816 + 0,0758k - 0,2681q + 0,5973t - 0,0014kq - 0,00419kt - 0,00675qt$$

За результатами експериментальних досліджень побудовано графічні залежності (рис. 5) спресування пакета шпону від досліджуваних факторів для водного розчину перексиду водню концентрацією 2% (для решти модифікаторів залежності мають аналогічний характер).

Із збільшенням часу пресування від 6 до 10 хв відбувається підвищення спресування пакета шпону в 1,1-1,2 рази, що спричинене ущільненням деревини (рис. 5, а). Впливу концентрації модифікатора на величину спресування фанери не встановлено. Суттєвіший вплив на спресування фанери чинить витрата модифікатора (рис. 5, б). Річ у тім, що із збільшенням витрати модифікатора зростає кількість води, що додатково вноситься у пакет, а це, своєю чергою, призводить до зростання деформації пакета.



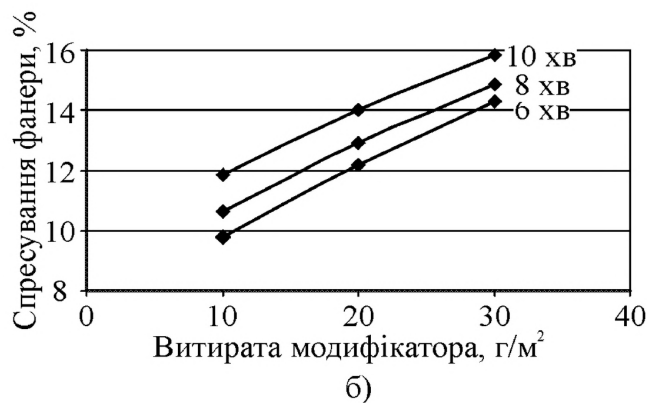


Рис. 5. Залежність спресування фанери:
а) від часу пресування; б) від витрати модифікатора

Деревина розм'якшується, набуває пластичності, що сприяє збільшенню її деформації, оскільки підвищується пластичність лігніну, геміцеллозу, що призводить до значного її ущільнення. Збільшення витрати модифікатора від 10 до 30 г/м² призводить до зростання спресування фанери у 1,3-1,5 рази (рис. 5, б), а отже, до незворотних втрат сировини, що ще раз підтверджує недоцільність збільшення витрати модифікатора.

Вплив режимних параметрів пресування хімічно обробленого шпону на властивості фанери.

На підставі реалізації 2-го етапу експериментальних досліджень розраховано та отримано адекватні регресійні залежності:

міцності фанери на зріз

$$\sigma_{zp} = 0,000136 + 0,000097P + 0,0113T + 0,00059t + 0,00133g + 0,00063PT - 0,0007Pt + 0,00167Pg - 0,000178Tt - 0,000087Tg + 0,000111tg$$

спресування фанери

$$C = -27 + 2,267P + 0,212T + 0,0407t + 0,0294g - 0,00094PT + 0,0058Pt - 0,00235Pg + 0,000226Tt - 0,0000898Tg + 0,00437tg$$

Встановлено, що збільшення значень технологічних параметрів пресування, таких як температури, тиску та витрати клею, забезпечує зростання міцності фанери на зріз (рис. 6). Хоча навіть за найменших значень параметрів пресування (тиску 1,2 МПа, температури 120°C, часу пресування 6 хв, витрати клею 90 г/м²) вдається досягнути досить високого значення міцності ($\sigma_{zp} \geq 1,7$ МПа), яке практично вдвічі перевищує встановлене вимогами стандарту ($\sigma_{zp} \geq 1,0$ МПа).

У разі збільшення витрати клею від 90 до 150 г/м² спресування фанери (рис. 6) зростає в 1,2 раза, а в разі збільшення часу пресування від 6 до 10 хв і тиску пресування від 1,2 до 1,8 МПа – в 1,4 раза. Внаслідок модифікування на поверхню шпону вноситься додаткова волога, що спричиняє розм'якшення та пластифікування поверхні деревини і призводить до зростання деформації пакета на 1,5-3%.

Найбільший вплив на спресування чинить температура пресування, у разі підвищення якої від 120°C до 150°C, спресування зростає у 2,2 раза (рис. 7). Зі зменшенням значень параметрів пресування

(тиску, температури, тривалості, витрати клею) значно зменшується спресування фанери – до 5-7%, що дозволяє одночасно зменшити як енерговитрати на операцію пресування, так і безповоротні втрати деревини під час спресування.

Однак, варто зазначити, що за всіх значень досліджуваних технологічних параметрів пресування, виконаних в експерименті, спресування фанери, виготовленої з модифікованого шпону, знаходиться в допустимих межах і не перевищує 13%, що відповідає вимогам технологічних інструкцій з виготовлення фанери.

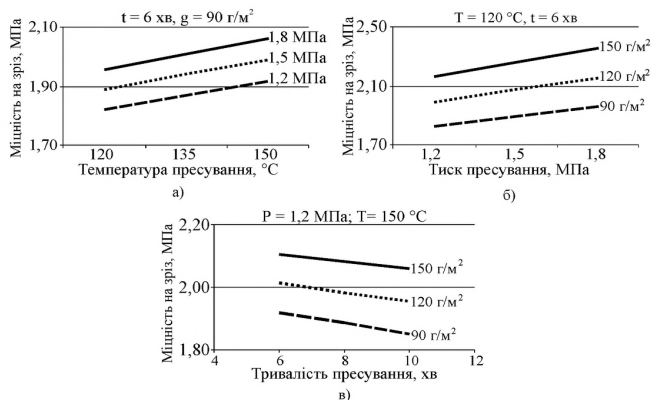


Рис. 6. Залежності міцності фанери на зріз від:

а) температури і тиску пресування;

б) тиску пресування і витрати клею; в) тривалості пресування і витрати клею

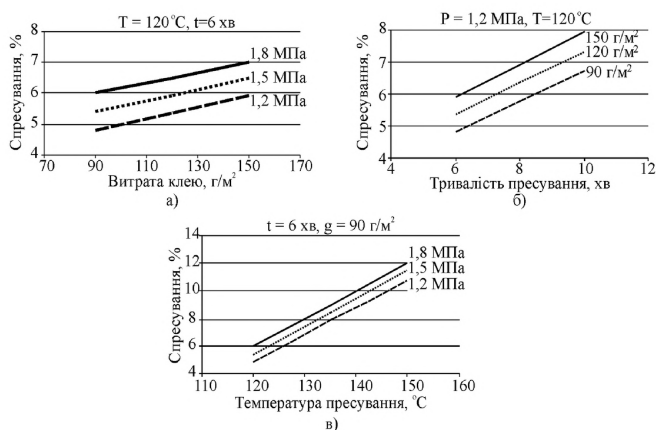


Рис. 7. Залежності спресування фанери від:

а) витрати клею і тиску пресування; б) тривалості пресування і витрати клею; в) температури і тиску пресування

Застосувавши оброблення поверхні шпону водним розчином перексиду водню (витратою 10 г/м², концентрацією 3%), за виконання умов відповідності вимогам стандарту міцності фанери на зріз, можна зменшити температуру пресування на 20%, тиск пресування – на 33% і витрату клею – на 40% (табл. 3). Це сприятиме кращому виділенню вологи у процесі склеювання та зменшенню втрат деревини на спресування, а також значній економії енергоресурсів. Економія затрат на тепло, що включає в себе часткову економічну ефективність при зміні температури пресування, становить 72%. Еконо-

мія матеріалу, тобто зменшення незворотних втрат сировини, що включає в себе часткову економічну ефективність при зменшенні спресування пакета шпону, становить 65%.

Таблиця 3

Режими пресування фанери із шпону

Параметри	Немодифікованого	Модифікованого
Витрата клею, г/м ²	150	90
Тиск пресування, МПа	1,8	1,2
Температура пресування, °C	150	120
Час пресування, хв	6	6
Міцність фанери на зріз, МПа	1,65	1,82

Висновки. Вивчено вплив хімічних речовин (перексиду водню, оцтової кислоти, натрій карбонату, алюміній сульфату) на властивості поверхні березового лущеного шпону та міцність фанери, виготовленої з такого шпону. З'ясовано, що із збільшенням концентрації модифікаторів зменшується значення рН поверхні лущеного шпону від 6,9 до 5,3 – у разі застосування водних розчинів перексиду водню, алюміній сульфату та оцтової кислоти і зростає від 6,8 до 8,21 – у разі застосування водного розчину натрій карбонату. Встановлено можливість підвищення змочувальної здатності поверхні лущеного шпону обробленням його запропонованими хімічними речовинами. Значення міцності фанери на зріз, виготовленої в лабораторних умовах, з хімічно обробленого шпону відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN 314-1 та EN 314-2: 2003.

Отримано адекватні регресійні залежності спресування та міцності фанери на зріз від концентрації та витрати хімічних речовин. З'ясовано, що збільшення концентрації модифікаторів призводить до підвищення міцності фанери на зріз в 1,8-2,3 рази. Встановлено недоцільність збільшення витрати модифікатора до 30 г/м² і вище, оскільки це призводить до підвищення вологості пакета шпону, зростання ймовірності розшарувань і збільшення спресування у 1,3-1,5 рази, а отже, до незворотних втрат деревини.

Максимальна міцність клейового з'єднання досягається у разі використання водного розчину перексиду водню (концентрацією 3% за його витрати 10 г/м²) як модифікатора поверхні лущеного шпону. Пероксид водню, реагуючи з хімічними компонентами як деревини, так і смоли, зумовлює утворення (C–C) та (C–O–C) зв'язків за радикальним механізмом, які міцніше утримують макромолекули, ніж водневі зв'язки чи міжмолекулярна взаємодія, що й призводить до підвищення міцності клейового з'єднання.

Отримано адекватні регресійні залежності спресування, вологості та міцності фанери на зріз, виготовленої із шпону обробленого перексидом водню, від технологічних факторів: тиску, температури, тривалості пресування та витрати клею. Встановлено, що із зменшенням тиску пресування від 1,8 до 1,2 МПа міцність фанери на зріз збільшується в

1,5-2 рази. Підвищення температури пресування від 120°C до 150°C призводить до підвищення міцності фанери на зріз у 2-3 рази. Вологість фанери знаходиться в межах 6-8%, що відповідає вимогам технічних інструкцій з виготовлення фанери.

Отримано раціональні значення параметрів режиму пресування фанери із модифікованого шпону, що дає змогу забезпечити міцність фанери на зріз згідно з вимогами стандарту. Рекомендовано такі технологічні параметри режиму пресування хімічно обробленого шпону: хімічна речовина – водний розчин перексиду водню концентрацією 3% за витрати 10 г/м²; температура – 120°C; тиск – 1,2 МПа; час – 6 хв; витрата клею – 90 г/м².

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бехта П.А. Виробництво фанери: підручник [для студ. вищ. нач. закл.] / Бехта П.А. – К.: Основа, 2003. – 320 с.
2. Frihart C.R. Wood Adhesion and Adhesives // Handbook of wood chemistry and wood composites. – Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2005, p.215-278.
3. Гупало О.П. Хімія деревини: [навч. посіб.] / Гупало О.П. – К.: НМКВО, 1993. – 244 с.
4. Никитин В.М. Химия древесины и целлюлозы / Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 368 с.
5. Игнатова Н.И. Обработка древесины с целью повышения адгезии полиэфирных покрытий: дис... канд. техн. наук: 05.21.05 / Игнатова Н.И. – М., 1992. – 234 с.
6. Савенец Н.И. О химическом воздействии древесины-подложки на процесс фотохимического отверждения полиэфирных покрытий / Савенец Н.И. // Научн. тр. МЛТИ. – М., 1976. – Вып. 92. – С. 193-199.
7. Савенец Н.И. Ингибирующая роль древесно-смолистых продуктов в процессах фотополимеризации ПЭ покрытий на древесине и способ ее снижения / Савенец Н.И. // Научн. тр. МЛТИ. – 1977. – Вып. 95. – С. 31-39.
8. Зотов А.А. Об адгезии лакокрасочных покрытий к древесным подложкам / Зотов А.А. // Деревообработ. пром-сть. – 1979. – №11. – С. 4-5.
9. Справочник по производству фанеры // Веселов А.А., Галюк Л.Г., Доронин Ю.Г. и др.: под ред. Н. В. Качалина. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 432 с.
10. Гончаров Н.А. Подготовка поверхности древесины к склеиванию / Н.А. Гончаров, Т.В. Чубинская // Деревообработ. пром-сть. – 1980. – № 9. – С. 4-5.
11. Минин А.Н. Исследование процесса пропитки шпона древесины мягколиственных пород синтетическими смолами / Всес. науч.-техн. конф. // Минин А.Н., Каршакевич П.В. – Гродно, 1979. – С. 88-89.
12. Москвитин Н.И. Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания / Москвитин Н.И. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 192 с.
13. Back E.L. Oxidative activation of wood surfaces for glue bonding. Forest Products Journal, 1991, 41 (2). – Pp. 30-36.

14. Бызов П.В. Механическая обработка древесных подложек с целью улучшения их адгезионных свойств: дис... канд. техн. наук: 06.21.05 / Бызов П.В. – М., 1992. – 234 с.

15. Шепелюк О.О. Закономірності впливу прокатування шпону на фізико-механічні властивості фанери: дис... канд. техн. наук: 05.05.07 / Національний лісотехнічний ун-т України. – Львів, 2006. – 186 с.

16. Pawlicki J. Bezklejowe aktywowane laczenie drewna. Warszawa, 2000. – 242 s.

17. Тимик Д.В. Хімічні перетворення основних компонентів деревини під час хімічного модифікування поверхні лущеного шпону перед склеюванням / Тимик Д.В., Нощенко Г.В. // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.04. – С. 148-154.

18. Xiang Q., Lee Y.Y., Pettersson P.O., Torget R.W. Heterogeneous aspects of acid hydrolysis of alpha-cellulose // Appl. Biochem Biotechnol. – 2003. – Vol. 105-108. – Pp. 505-514.

19. Ivars P., Jessika H., Hans B., Bert A. Alkaline Degradation of Cellulose: Mechanisms and Kinetics // Journal of polymers and the environment. – 2009. Vol. 11, № 2. – Pp. 39-47.

20. Petigara B.R., Blough N.V., Mignerey A.C. Mechanisms of hydrogen peroxide decomposition in soils // Environ Sci Technol. 2002, Vol. 36, №4. – Pp.639-645.

21. Annie Ng. Oxidative cross-linking of corn bran hemicellulose: formation of ferulic acid dehydrodimers Carbohydrate Research/ Ng. Annie, Rod N. Green-shields, Keith W. Waldron. – 1997. – Vol. 303, № 4. – Pp. 459-462.

22. Omori S. The reactions of alkaline hydrogen peroxide with lignin model dimers. Part 1: Phenacyl α -Aryl Ethers / S. Omori, C. W. Dence // Wood Science and Technology. – 1981. – Vol. 15, № 1. – Pp. 67-79.

23. Матусевич В.О. Структурные изменения клеточных стенок древесины и их роль в интенсификации СВЧ-сушки древесных вкладышей подшипников скольжения: дис... канд. техн. наук: 05.21.05 / Матусевич В.О. – М., 2010. – 130 с.

П.А. Бэхта, Д.В. Тымык

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ЛУЩЕНОГО ШПОНА НА СВОЙСТВА ШПОНА И ФАНЕРЫ

Предложены химические вещества для обработки поверхности лущеного шпона; исследовано влияние химической обработки поверхности шпона на угол смачивания и pH его поверхности; получены регрессионные зависимости упрессовки и прочности фанеры на срез от параметров обработки шпона (концентрации и расхода модификатора, времени прессования); установлена зависимость влияния концентрации и расхода модификатора на свой-

ства фанеры; получена регрессионная зависимость упрессовки и предела прочности фанеры на срез от параметров прессования (расхода клея, температуры, давления и продолжительности прессования). Определены рациональные параметры химической обработки шпона, позволяющие обеспечить изготовление фанеры с показателями прочности согласно требованиям стандартов Украины при уменьшенных расходе клея, давлении, температуре и продолжительности прессования.

Ключевые слова: инактивированная поверхность, химически обработанный шпон, модифицирующие вещества, фанера

P. Bekhta, D. Tymyk

REGULARITIES OF CHEMICAL TREATMENT OF ROTARY-CUT VENEER SURFACE ON THE PROPERTIES OF VENEER AND PLYWOOD

This paper is devoted to solving the important technological problem: determining the mechanism of veneer surface activation influence upon the properties of plywood and developing, on this basis, the conditions for pressing plywood with low cost of glue.

The effect of activation of rotary-cut veneer surface on gluing process was theoretically studied. The possibility of additional active functional groups formation on wood surface upon activation by chosen substances was predicted.

The modifiers of veneer surface are offered. The influence of activation of rotary-cut veneer on pH of its surface is investigated. The possibility of change in acidity of the veneer's surface by activation with the different chemical modifiers was established. The influence of concentration cost modifiers and time of pressing on the shear strength of plywood made of veneer modified by hydrogen peroxide, acetic acid, sodium carbonate and aluminium persulfate are investigated. The experimental results of the studies depending on the shear strength of plywood from the studied factors are presented. The regressive dependences of compression coefficient and shear strength of plywood on splitting off from the parameters of veneer surface activation (concentration, cost modifiers and time of pressing) are received. The dependence of the concentration and cost of modifiers influence on properties of plywood are established. The regressive dependence of compression coefficient and shear strength of plywood on splitting off from the parameters of the gluing regimes (cost of glue, temperature, pressure and time of gluing) are received. The optimal regime for gluing plywood with activated veneer surface is received. Using of this regime allows achieving maximal economical efficiency and shear strength of plywood according to the standard.

Key words: inactivated surface, chemical activated veneer, modify agents, plywood