

"monoderev" composite material production are presented. The results of the pilot experiment on production of wood component by crushing low diameter wood are shown.

Wood composite materials, wood fiber, monoderev, crushing of low diameter wood.

УДК 674.81

РЕСУРСОЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

***С.В. Гайда, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Використано системний підхід до перероблення ВЖД у технологіях деревооброблення. Експериментально підтверджено технологічну можливість використання ВЖД у виробничих процесах деревооброблення з виготовленням зразків продукції: заготовок криволінійної форми, меблевого щита, столярної плити. Визначено основні фізико-механічні властивості отриманої продукції за розробленими технологіями. Запропоновано режимні параметри для впровадження отриманих результатів досліджень у виробництво. Розроблено ресурсощадні та екологічнобезпечні технології з практичними рекомендаціями щодо використання ВЖД в деревообробленні.

Вживана деревина, потенціал, системний підхід, математичні моделі, технології деревооброблення, практичні рекомендації.

Актуальність. Потенційним ресурсом та невикористаною базою деревної сировини, запаси якої збільшуються в міру розвитку промисловості та господарства, в цілому, є запаси вживаної деревини (ВЖД). Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених із зазначеної проблеми стосуються, в основному, використання виробничих деревних відходів, без залучення ВЖД до процесу перероблення – виготовлення виробів з неї. Результати їхніх досліджень свідчать, що дана проблема не є повністю вирішеною, позаяк не розроблено наукової бази та практичних рекомендацій для ефективних виробничих процесів з прогнозуванням властивостей продукції із ВЖД. Таким чином, обґрунтування

© С.В. Гайда, 2013

науково-технічної бази, розроблення ресурсощадних та екологобезпечних технологій, встановлення закономірностей впливу використання ВЖД на фізико-механічні показники одержаної продукції, розроблення режимних параметрів та формування практичних рекомендацій, підтверджених результатами експериментальних досліджень, є важливою та актуальною проблемою сьогодення.

Проблема досліджень – відсутність ресурсощадних та екологобезпечних технологій з практичними рекомендаціями щодо використання ВЖД. Часткове вирішення даної проблеми дасть можливість забезпечити галузі деревооброблення альтернативним додатковим ресурсом шляхом перероблення ВЖД в цілісному вигляді на вироби: заготовки, меблевий щит, столярну плиту.

Мета досліджень – дослідження можливості та з'ясування особливостей використання ВЖД у технологіях деревооброблення в цілісному вигляді.

Об'єкт дослідження – ресурсощадні технології використання ВЖД.

Предмет дослідження – фізико-математичні моделі та практичні рекомендації щодо використання ВЖД у технологіях деревооброблення.

Результати досліджень. ВЖД – це використана деревина та будь-які вироби з неї, які утворюються у процесі виробництва та життєдіяльності людини, внаслідок природних катастроф, що не мають свого подальшого призначення за місцем утворення і підлягають переробленню з метою забезпечення захисту довкілля і здоров'я людей або з метою повторного їх залучення у господарську діяльність як матеріально-сировинні та енергетичні ресурси.

До ВЖД належать: залишки побутових речей та пакувальних матеріалів; залишкова ВЖД всіх інших видів діяльності підприємств, організацій і населення; залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів тощо, утворені під час виробництва продукції або виконання робіт, які втратили цілком або частково вихідні споживчі властивості зіпсовані і неремонтоздатні або відпрацьовані, фізично зношені вироби та матеріали, які втратили свої споживчі властивості. ВЖД, залежно від ступеня забруднення, може відноситись до однієї із запропонованих категорій: ВЖД-I – природна та тільки механічно оброблена деревина з незначними забрудненнями натуральними зв'язками, а також деревина від стихійних катаклізмів; ВЖД-II – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та без галогеноорганічних зв'язків у покриттях; ВЖД-III – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та з галогеноорганічними

зв'язками у покриттях; ВЖД-IV – деревина та деревні матеріали, які оброблені речовинами захисту.

Визначення потенціалу ВЖД. Розрахунок потенціалу ВЖД виконано на основі інформаційний статистичних даних Державного агентства лісових ресурсів України щодо заготівлі деревини за 2012 р., яка становила на рівні 12,18 млн. т (17,4 млн. щільних м³) [13]. Досліджено, що в Україні кожного року утворюється певна кількість ВЖД – відходів споживання, частка деревини в яких становить більше 50 %. Вважаючи, що рівень споживання деревини залежить від експорту-імпорту, які компенсують один одного в загальному балансі сировини, обсяг утворення ВЖД розраховували від об'єму заготівлі (V_3) у кількості 13 % (загальноприйнятий в ЄС розрахунок), що становило у 2012 р. 1,58 млн. т. Крім того, в Україні щорічно в населених пунктах утворюється в середньому 50-60 млн. м³ ($V_{ТПВ}$) твердих побутових відходів (ТПВ), де частка ВЖД становить 2-4 %. За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства у 2012 р. утворилося 14 млн. т ТПВ, з яких 0,42 млн. т (3 %) ВЖД (табл. 1).

1. Потенціал вживаної деревини в Україні.

Походження	Розрахунковий потенціал вживаної деревини					
	2010		2011		2012	
	%	млн. т.	%	млн. т.	%	млн. т.
Торівля (тара, піддони)	13,00	0,363	12,00	0,288	15,00	0,301
Будівельні дерев'яні відходи	18,00	0,503	22,00	0,527	23,00	0,461
Деревообробна галузь	7,00	0,196	6,00	0,144	6,00	0,120
Старі меблеві вироби	12,00	0,335	12,00	0,288	13,00	0,261
Муніципальні відходи	16,00	0,447	16,00	0,383	17,00	0,341
Тверді побутові відходи	27,00	0,755	24,00	0,575	21,00	0,421
Інша ВЖД	7,00	0,196	8,00	0,192	5,00	0,100
Всього ВЖД	100,00	2,795	100,00	2,396	100,0	2,004

Таким чином, в Україні у 2012 р. утворилось 2 млн. т ВЖД, з енергетичним потенціалом 0,936 млн. т у.п. (27,442 ПДж або 7,623 млрд. кВт-год). За матеріального використання кількість придатної ВЖД може становити не більше 80 % від утвореної, тобто 1,6 млн. т. Переробивши утворену ВЖД за розподілом 50 % кускова та 30 % подрібнена ВЖД можемо суттєво зменшити рівень заготівлі первинних сировинних ресурсів та покращити екологічний стан на звалищах та довкіллі. Потенційна кількість ВЖД на кожного мешканця України з 45,55 млн. чол. (2013) становить 44 кг. На підставі кластерного підходу розраховано обсяг утворення ВЖД за областями України (рис. 1).

Способи очищення ВЖД. Очищення ВЖД здійснюють за видами наступними способами: внутрішнє – механічним та термохімічним способами для подрібненої ВЖД; зовнішнє – видалення наявних металевих та інших предметів до і після проходження через металодетектор; поверхнєве – очищення поверхонь ручним інструментом та модернізованими верстатами. Очищення обладнання охоплює наступні моделі верстатів: голкофрезерний, щітковий, шліфувальний, фрезерний, піскоструйний, спеціальний та інші.

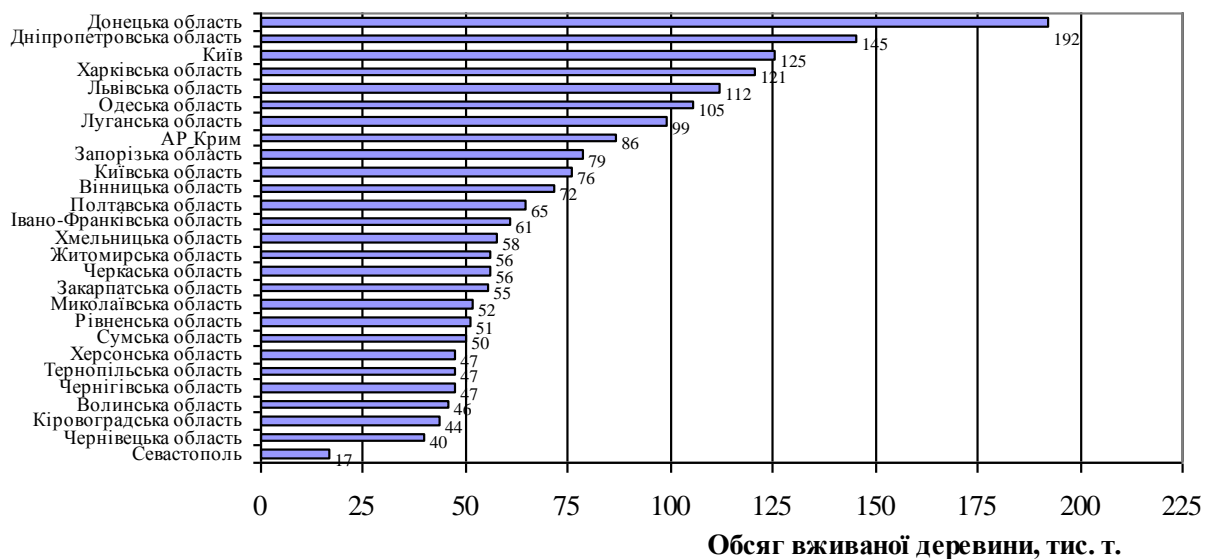


Рис. 1. Кластерний підхід до моніторингу ВЖД (2012 р., тис. т.).

Характеристики голкофрез, як ефективного інструменту для очищення ВЖД. Сучасна промисловість випускає голкофрези різних видів: торцеві, циліндричні, валкові, з плетеними елементами і з гофрованого дроту. Для дротяних радіальних елементів може використовуватися металевий дріт з вуглецевої або нержавіючої сталі різного діаметру, капронова нитка і багато інших матеріалів, причому для забезпечення заданої жорсткості можливе поєднання, наприклад дротяних і гумових елементів.

Актуальною особливістю цього інструменту є його гнучка робоча поверхня, утворена безліччю робочих елементів – пружних кінців дроту, що дозволяє використовувати дротяний інструмент для поверхневого оброблення ВЖД.

Значна поверхня голкофрезерних та щіткових конструкцій дозволяє в кілька десятків разів збільшувати площу поверхні теплообміну, який застосовується як для збільшення тепловіддачі, так і для швидшого видалення лакофарбових покриттів з поверхні ВЖД. Враховуючи переваги голкофрезерного інструменту, в процесі досліджень визначено напрями та переваги застосування голкофрез

для очищення ВЖД від поверхневих забруднень: ефективне використання голкофрезерного інструменту для зняття лакофарбового матеріалу і матеріалу личківок, включаючи ПВХ-плівки в процесі утилізації ВЖД – старих меблевих, столярно-будівельних та інших виробів; заміна стругання ВЖД ножовим інструментом з метою отримання підготовленої поверхні для подальшого матеріального використання; механічне оброблення модифікованих, особливо просочених деревних матеріалів підвищеної твердості; отримання гребінчастої оброблюваної поверхні в процесі обробки еластичною голкофрезою масивної ВЖД з явно вираженими ранньою та пізніми зонами.

Типовий план цеху з сортування, сегрегації та очищення ВЖД. Розроблено типовий план цеху розміром 36×24 м, у якому передбачено сортування ВЖД за чотирма категоріями, за видом матеріалу – масив, плита; сегрегацію за вологістю, на недопустимі включення та забруднення (рис. 2).

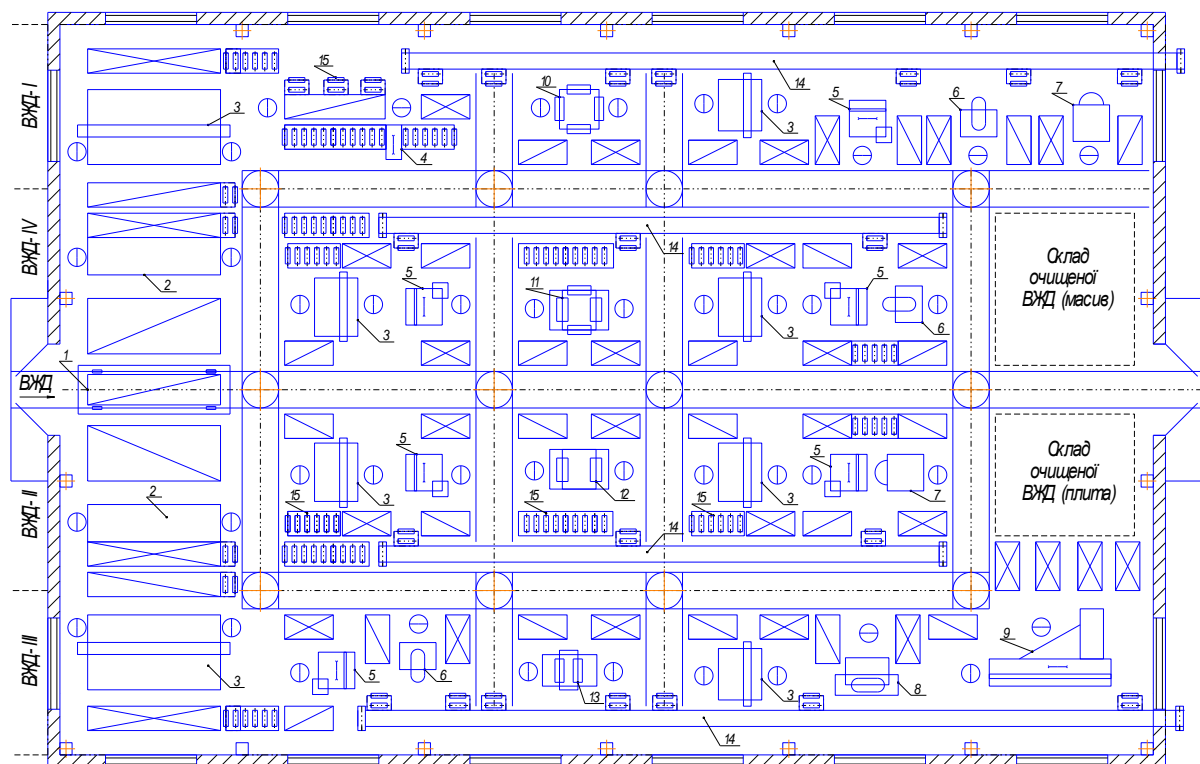


Рис. 2. Типовий план цеху з очищення ВЖД: 1 – траверсний візок, 2 – робочий стіл, 3 – металодетектор, 4 – торцювальний в-т, 5 – круглопилковий в-т, 6 – стрічкوپилковий в-т, 7 – фрезерний в-т, 8 – крайкошліфувальний в-т, 9 – форматно-розкрійний в-т, 10 – Чотирибічношліфувальний в-т, 11 – чотирибічноголкофрезерний в-т, 12 – двобічноголкофрезерний в-т, 13 – двобічношліфувальний в-т, 14 – конвеєр, 15 – секції рольгангу.

Особливістю цеху є розмежування його на чотири потоки. В першому та другому обробляється масивна ВЖД – відповідно категорій: чиста ВЖД-I та забруднена ВЖД-IV. В іншій половині цеху проводять оброблення плитних матеріалів: в третьому потоці – ВЖД-II; в четвертому потоці – ВЖД-III.

Після поверхневого очищення проводиться повторне виявлення металевих включень за допомогою металодетекторів, які є у кожному з чотирьох потоків. Бездефектна ВЖД стає придатною для одержання заготовок верстатами вторинного машинного оброблення. Очищена ВЖД такими стадіями та рекомендаціями (табл. 3) є додатковою сировиною для виготовлення столярної плити, меблевого щита, заготовок криволінійної форми та інших деталей.

3. Рекомендації до технології сортування та сегрегації ВЖД.

№	Стадії та операції	Устаткування
1	Збирання, накопичування за типом	Місця утворення, господарства
2	Привезення до місць перероблення	Транспортні засоби
3	Ідентифікація ВЖД за категоріями	Візуально, приладами
4	Сортування за матеріалом, породою	Вручну, автоматично
5	Сегрегація за вологістю, забрудненням	Візуально, приладами
6	Індикація на недопустимі хімікалії	Індикатор, дослідження
7	Очищення від зовнішніх включень	Інструмент, фізично
8	Видалення видимого металу	Метало-детектор, фізично
9	Очищення від покриттів (плівок)	Верстати для очищення
10	Розподіл за технологіями	Процеси перероблення

Методика та результати досліджень. За відповідними методиками було реалізовано багатофакторні експериментальні дослідження з одержанням адекватних фізико-математичних моделей (табл. 4, 5). Встановлено закономірності впливу використання ВЖД на фізико-механічні показники одержаної продукції.

4. Методика та моделі показників столярної плити із ВЖД.

Методика реалізації В ₂ -плану для столярної плити із ВЖД							
№	Назва	Один. вим.	Позначення	Інтервал зміни	Рівень фактора		
					-1	0	+1
1	Витрата клею	г/м ²	Q	75	150	225	300
2	Ширина рейки	мм	B	20	20	40	60

Математичні моделі столярної плити із ВЖД

Міцність на статичний згин в поперек рейок, МПа:

Закінчення табл. 4

Методика реалізації В ₂ -плану для столярної плити із ВЖД					
№	Назва	Один. вим.	Позначення	Інтервал зміни	Рівень фактора
$\sigma_{зг} = 19,45 - 0,001Q + 0,1B + 0,0000002Q^2 - 0,002B^2 + 0,0001QB$					
Міцність на сколювання по клейовому шарі, МПа:					
$T_{ск} = -1,29 + 0,0175Q + 0,0265B - 0,000034Q^2 - 0,00225B^2 - 0,00002QB$					

5. Методика та математичні моделі гнуття ВЖД із ясеня, сосни, дуба.

Методика реалізації В ₂ -плану для столярної плити із ВЖД							
№	Назва	Один. вим.	Позначення	Інтервал зміни	Рівень фактора		
					-1	0	+1
1	Тривалість ГТОД	хв	T	15	15	30	45
2	Товщина зразка	мм	H	5	10	15	20
3	Вік зразка	років	N	15	5	20	35

Математичні моделі довжини дуги при гнутті ВЖД для різних порід деревини, мм:

$$L_{ЯСЕН} = -22,55 + 1,021T + 2,9H + 0,31N - 0,085TH + 0,023TN - 0,06HN$$

$$L_{СОСНА} = -20,95 + 0,91T + 2,7H + 0,35N - 0,076TH + 0,02TN - 0,05HN$$

$$L_{ДУБ} = -10,93 + 0,66 \cdot T + 2,1H + 0,0067N - 0,061TH + 0,023TN - 0,04HN$$

Рекомендації до використання ВЖД в технологіях деревооброблення:

Рекомендації до технології столярних плит із ВЖД [1]:

- вологість рейок – 8 ± 2 %;
- для рейок з масиву : ш=2,5т: товщина 14 (16, 20), ширина – 35 (40, 50) мм;
- для рейок з плит : ш=3т: товщина 16 (18, 22), ширина – 48 (54, 66) мм;
- для рейок масив/плита: ш=4т: товщина 14 (17, 20), ширина – 56 (68, 80) мм;
- витрата клею для щита – 200-250 г/м²;
- витрата клею для плити – 150-200 г/м²;
- температура вайми для щита – 85-90 °С;
- температура преса для плити – 115-125 °С;
- час витримки під тиском для щита – 30-60 хв;
- час витримки під тиском для плити – 4-6 хв;
- тиск для щита – 0,5-1,0 МПа; для плити – 1,2-1,3 МПа;
- найменша формостійкість – при товщині личківок 40 ± 5 % від товщини плити;
- оптимальне відношення товщини плити до ширини рейки: масив – 2:3; плита – 2:4.

Рекомендації до технології криволінійних заготовок із ВЖД [2]:

- вологість заготовок – 25-30 %;
- вік ВЖД – 30-50 років;
- товщина заготовок – 10-20 мм;
- час пропарювання – 35-45 хв;
- тиск пари – 0,03-0,05 МПа;
- температура пропарювання – 90-95 °С;
- температура в середині бруска – 70-80 °С;
- температура цеху – 18 °С;
- швидкість ручного гнуття – 8-12 град/с;
- швидкість механізованого гнуття – 45-55 град/с;
- товщина заготовок для СВЧ установок – 20-40 мм;
- час гнуття в СВЧ установках – 20-30 хв;
- тиск гнуття в СВЧ установках – 60-80 МПа.

Рекомендації до технології меблевого щита із ВЖД [3]:

- вологість брусків – 12 ± 1 %;
- перепад вологості між брусками – 2 ± 1 %;
- для коротких зубчатих шипів довжиною: 5, 10, 20 мм: крок 1,75; 3,5; 6,0; затуплення – 0,2; 0,5; 1,0 мм;
- для довгих зубчатих шипів довжиною: 32, 50 мм: крок 8,0; 12,0; затуплення – 1,0; 2,0 мм;
- величина скосу для зубчатих шипів: для коротких – 1/8-1/12; для довгих – 1/14-1/16;
- люз у вершині шипа – 3-4 % довжини шипа;
- величина натягу в з'єднаннях – +0,1 мм;
- витрата клею для зубчатих з'єднань – 130-150 г/м²;
- температура пресування – 80-120 °С;
- час стискання – 5-12 с;
- тиск для торців – 1,0-1,5 МПа; для пластів – 0,5-0,8 МПа.

Висновки

1. Обґрунтовано, що ВЖД є альтернативним додатковим ресурсом сировини за умови утилізації та перероблення її на вироби з деревини.

2. Використано системний підхід до розроблення екологічнобезпечних та ресурсозберігаючих технологій деревооброблення, заснованих на ВЖД.

3. Розроблено типовий план з сортування, очищення та перероблення ВЖД.

4. Визначено за розробленими технологіями основні фізико-механічні властивості отриманої продукції: заготовок, меблевого щита та столярної плити.

5. На основі одержаних математичних моделей встановлено закономірності впливу використання ВЖД на фізико-механічні показники одержаної продукції.

6. Запропоновано практичні рекомендації та режимні параметри для впровадження отриманих результатів досліджень у виробництво.

Список літератури

1. Gayda S.V. A comparative analysis of physical-and mechanical parameters of variously-designed Glued Boards made of post-consumer Recovered Wood / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2010, вип. 36. – С. 81–91.
2. Гайда С.В., Воронович В.В. Порівняльний аналіз гнуття вживаної деревини різних порід та вікових категорій / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2011, вип. 37.1. – С. 84–88.
3. Гайда С.В. Технології та рекомендації до використання вживаної деревини в деревообробленні / Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть // міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2013, вип. 39.1. – С. 48–68.

Использовано системный подход к переработке ВИД в технологиях деревообработки. Экспериментально подтверждено технологическую возможность использования ВИД в производственных процессах деревообработки с изготовлением образцов продукции: заготовок криволинейной формы, мебельного щита, столярной плиты. Определены основные физико-механические свойства полученной продукции по разработанным технологиям. Предложено режимные параметры для внедрения полученных результатов исследований в производство. Разработаны ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии с практическими рекомендациями по использованию ВИД в деревообработке.

Вторинно використовується деревина, потенціал, системний підхід; математичні моделі, технології деревообработки, практичні рекомендації.

A system approach to PCW recycling was used. Technological capability of using PCW in woodworking production processes has been experimentally confirmed and commensurate product specimens were obtained: curved blanks, furniture panels, battenboards. Basic physical and mechanical properties were determined for the products obtained by the developed production techniques. To introduce the investigation-obtained results into production process, a set of operating parameters has been proposed. Resource-saving and environmentally benign technologies have been developed with practical recommendations regarding PCW utilization in woodworking industry.

Post-consumer wood, potential, system approach, physical and mechanical models, woodworking techniques, practical recommendations.

УДК 674.028.9

ІЧ-СПЕКТРОСКОПІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРУВАННЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЇ КЛЕЙОВОЇ ПЛІВКИ

***Б.Я. Кшивецький, кандидат технічних наук
Національний лісотехнічний університет України***

Наведено результати інфрачервоного дослідження процесів структурування термопластичної клейової плівки залежно від дії вологи. Здійснено аналіз результатів досліджень та встановлено закономірності впливу вологи на термопластичні клейові з'єднання деревини.

Деревина, клеї, термопластичні клейові плівки, міцність, довговічність, спектри, водневі зв'язки, смуги поглинання, напружено-деформаційний стан.

На довговічність термопластичних клейових з'єднань з деревини впливатиме зміна вологи навколишнього середовища, порода деревини, її структура та сорбційна здатність. Додаткова волога, яка попадатиме у клейовий шов впливатиме на фізико-хімічні та фізико-механічні процеси у клейовому з'єднанні. Зміни даних процесів відбуватимуться за рахунок групи –ОН, які поряд з силами міжмолекулярних зв'язків можуть утворювати, за наявності невеликого вмісту вологи у клейовому шві, водневі зв'язки, що зумовить збільшення величини когезії у самому клейовому шві, та адгезії клею до деревини. Одночасно надмірна вологість у клейовому шві призводить до збільшення лінійних розмірів та росту внутрішніх напружень як у деревині, так і в клейовому шві, що сприяє послабленню і розриву міжмолекулярних зв'язків між компонентами клейового шва та клейовим швом і деревиною [4,5,6].

Підтвердити можливість утворення додаткових водневих зв'язків, як під час формування термопластичних клейових з'єднань деревини, так і в процесі його експлуатації, можна за допомогою експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей термопластичної полівінілацетатної (ПВА) клейової плівки при циклічній дії вологи і температури на термопластичну клейову плівку [1,2,3].

© Б.Я. Кшивецький, 2013