

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

Обґрунтовано, що ВЖД є додатковим деревинним ресурсом для деревообробної галузі. Встановлено, що фізико-механічні параметри всіх меблевих щитів не залежно від їх конструкції задовольняють вимоги нормативних документів. Виявлено, що найбільше на фізико-механічні властивості меблевого щита впливає співвідношення товщини до ширини рейки. Найвищими фізико-механічними параметрами характеризується меблевий щит з перерізом рейки 22×20 мм. Середня міцність на статичний згин впоперек рейок такого меблевого щита становить 27,03 МПа. Найнижчими фізико-механічними показниками характеризується меблевий щит з перерізом рейки 22×80 мм. Середня міцність на статичний згин впоперек рейок такого меблевого щита становить 16,10 МПа. Фізико-механічні параметри традиційного меблевого щита з первинної деревини дещо вищі від фізико-механічних параметрів аналогічного по конструкції меблевого щита з ВЖД. Так міцність на статичний згин впоперек рейок традиційної меблевого щита становить 22,05 МПа, а міцність меблевого щита із ВЖД становить 19,88 МПа.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що для досягнення формостійкості та достатньої міцності меблевого щита на статичний згин впоперек рейок, рекомендується ширину рейки для склеювання меблевого щита приймати не більше потрійної її товщини. Рекомендовано під час виготовлення меблевих щитів для забезпечення високої формостійкості використовувати дерев'яні рейки радіального перерізу. Перероблення ВЖД на меблеві щити принесе фінансову та екологічну вигоду. Фінансова вигода виробника полягає у зменшенні матеріальних витрат на виготовлення меблевих щитів із ВЖД у порівнянні з традиційними меблевими щитами. Так, одержані нами розрахунки показують, що здешевлення МЩ із ВЖД складає від 43,57 % і більше в залежності від конструкції щита. Суспільна та еколого-економічна вигода полягає в тому, що використовуючи вживану деревину маємо зменшення на три 4% площі сміттєзвалищ, зменшення вирубування лісів на 0,29 га кожного року, чим покращується стан навколишнього середовища.

Ключові слова: деревинознавство та технології, переробка деревини, деревина для споживачів, залишки деревини, меблевий щит, характеристики, формостійкість, міцність.

Актуальність. Вживана деревина (ВЖД), як додатковий ресурс, може на основі економічних та екологічних міркувань стати ефективним для виконання та розв'язання основних завдань держави в галузі деревообробки. Технологія утилізації відходів – перероблення вживаної деревини (ВЖД) для виробництва щитових виробів, є рентабельною та ефективною через низьку собівартість даної деревної біомаси. 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, бо не розроблено наукової бази та практичних рекомендацій для ефективних виробничих процесів з прогнозуванням властивостей продукції із ВЖД.

Таким чином, розроблення ресурсоощадних та екологобезпечних технологій, встановлення закономірностей впливу використання ВЖД, а саме лінійних розмірів одиничних елементів (ширина та товщина рейок) на фізико-механічні показники одержаної продукції, зокрема меблевих щитів (МЩ) є важливою та актуальною проблемою сьогодення.

Стан питання. У процесі досліджень характеристик МЩ із ВЖД проаналізовано низку наукових праць і статей, дотичних до теми досліджень. Серед них

праці С.В. Гайди [1-30], А.С. Пардаєва, В.Н. Биковського, Б.С. Соколовського, Л.М. Ковальчук, Н.А. Попова, В.Н. Волинського, О.О. Кривик, В.О. Маєвського, І.О. Кійко. Як відзначають різні дослідники найбільший вплив мають геометрія рейок, тобто поперечні розміри (відношення між шириною та товщиною) та вид підготовлених рейок, який характеризується кутом нахилу річних кілець до пласти майбутнього щитового виробу.

Проблема ширини рейок є дискусійною і сьогодні. Так, науковці Маєвський В.О., Бенях Ю.В. під час дослідження клеєних щитів із деревини дуба для виготовлення тахель фасадних поверхонь рекомендують використання рейок шириною 40 мм при куті нахилу 68° , а при використанні тільки радіальних рейок максимальна ширина може становити 67,9 мм. Вчений С.В. Гайда при дослідженні клеєних щитів із хвойних порід рекомендує рейки в поперечному перерізі один до трьох із середнім кутом нахилу 45° і більше.

Вчений Пардаєв А.С. при дослідженні клеєних щитів із сосни пропонує співвідношення сторін в поперечному перерізі рейок 1:2,5-3,2 із середнім кутом нахилу не менше 40° . Інші вчені Войтович І.Г., Бобиков П.Д., Волинський В.Н. вважають, що відношення ширини рейки до її товщини може бути в діапазоні 1,5-2,2 рази. Кійко І.О. у своїй науковій роботі дослідила те, як структурні елементи клеєних щитів впливають на формостійкість. Згідно з вимогами ГОСТ 13715-78 [32] для МЩ із склеєних рейок ширина брусків з первинної деревини повинна бути не більше 40 мм для звичайної точності, і 20 мм – для підвищеної точності. За стандартом ДСТУ DIN 68705-2:2014-10 [31] ширина рейок повинна бути меншою 30 мм. У виробничій діяльності зустрічається використання рейок від 40 до 80 мм. Зі сказаного випливає, що дослідження, спрямовані на підвищення формостійкості клеєних конструкцій і виробів з деревини на основі моделювання їх деформацій при всиханні і розбуханні, з урахуванням анізотропії деревини становлять великий практичний інтерес і належать до пріоритетного напрямку науково-технічної діяльності НЛТУ України.

У процесі виготовлення клеєних щитів, для меблевого щита необхідно забезпечити потрібну якість, зокрема належну їм формостійкість. У такому випадку кращий варіант – склеювання щитів з вузьких ділянок (із заболонної або ядрової частини) радіального випилювання, які потрібно розміщувати так, щоб напрям волокон на сусідніх ділянках був розвернутий на 180° один відносно одного. Проте виконання цих умов для забезпечення виробництва клеєних щитів не є оптимальним варіантом з точки зору використання сировини, трудозатрат та затрат коштів. У спеціалізованій науково-технічній літературі питання вибору ширини заготовок, з яких склеюють щити, є дискусійним. Одні вважають, що відношення ширини ділянки до її товщини не має перевищувати 1,5 рази, інші – 4,2. Ряд науковців дотримуються думки, що максимально допустима ширина брусків із масивної деревини для виготовлення меблевих виробів, не має перевищувати 100 мм.

Тому дослідження формостійкості клеєних щитів з масивної деревини, які після відповідної механічної обробки використовуватимуться у меблевих щитових конструкціях є актуальним питанням, особливо стосовно впливу нахилу річних шарів і ширини заготовок на якість виробу в умовах його експлуатації. Дослідження, спрямовані на підвищення формостійкості клеєних конструкцій і виробів

з деревини, якими є меблевий щит з урахуванням анізотропії деревини, зокрема ВЖД, становлять великий практичний інтерес.

Мета дослідження – дослідити фізико-механічні характеристики МЩ із ВЖД різних конструкцій. А також провести порівняльний аналіз фізико-механічних параметрів (міцність на статичний згин впоперек рейок, формостійкість) традиційної меблевого щита та МЩ із ВЖД.

Об'єкт дослідження – меблевий щит із вживаної деревини.

Предмет дослідження – фізико-механічні властивості меблевого щита із вживаної деревини.

Задачі дослідження:

- підготувати якісні заготовки із асортименту зібраної ВЖД;
- виготовити меблеві щити із ВЖД та із первинної деревини;
- здійснити випробування взірців МЩ із ВЖД за основними параметрами;
- провести аналіз фізико-механічних характеристик отриманих МЩ;
- реалізувати В-план для виявлення впливу ширини рейок на фізико-механічні властивості меблевого щита;
- запропонувати практичні рекомендації.

Матеріали та обладнання

Матеріали для МЩ із ВЖД: вживані віконні рами та коробки, вживані дверні коробки, вживані елементи корпусних меблів; клей ПВА.

Прилади та обладнання для виготовлення МЩ із ВЖД: штангенциркуль; мірний стакан; щільний поролоновий валік; круглопилковий верстат; фугувальний верстат; рейсмусовий верстат; 2 площинні вайми; 2 повздожні вайми; ручна стрічкова шліфувальна машинка;

Прилади та обладнання для випробування МЩ із ВЖД:

- Для вимірювання стріли прогину (відхилення від площинності) як однієї з основних характеристик формостійкості, здійснювали після двотижневої витримки експериментальних зразків у кімнатних умовах та використовували експериментальну установку з числовим програмним управлінням, яка обладнана числовим індикатором ИЧЦ (3)-25-0,01. Покази індикатора (точність вимірювання 0,001 мм) зчитували за допомогою програмного забезпечення фірми МІКРОТЕХ (Україна) типу УИС- Р1-СОМ та передавали у середовище Microsoft Excel для запису і оброблення.

- Для визначення міцності на статичний згин впоперек рейок використовували випробувальну машину ИЗ5057-50 з погрешністю виміру навантаження не більше 1 % та лабораторну випробувальну машину УММ-05 за ГОСТ 28840-90.

Конструкції МЩ та їх нормативні обмеження за характеристиками.

Меблеві щити відносяться до клеєних конструкцій та повинні відповідати певним нормативним критеріям. Кожний з нормативних документів надає показники (обмеження) щодо характеристик зазначених виробів:

- Меблеві щити стандартних розмірів, в основі яких є клеєні на гладку фугу рейки: межа міцності при статичному згині впоперек волокон – 15 МПа (товщина 22 мм); межа міцності при сколюванні по клейовому шару – 1 МПа; пожолобленість – 2,5 мм (звичайної точності), 2,0 мм (підвищеної точності); хвилястість – 0,6 мм (звичайної точності), 0,4 мм (підвищеної точності).

- Клеєні щити стандартних розмірів: межа міцності при сколюванні по клейовому шару – 4 МПа (ГОСТ 15613.1-84 «Міцність при сколюванні по клейовому шару»); пожолобленість – 0,2 мм/м; прямолінійність – 0,5 мм/м;

- Щитові конструкції різних виробів характеризуються формостійкістю – відхиленням від площинності (стрілою прогину), регламентується ГОСТ 6449.3-82 «Допуски форми і розташування поверхонь», зокрема для розмірів експериментальних плит 400×400 мм становить 0,3 мм (за 12 ступенем точності), 0,4 мм (за 13 ступенем точності), 0,5 мм (за 14 ступенем точності);

- Щитові конструкції різних виробів характеризуються за зовнішнім виглядом, регламентується ДСТУ DIN EN 13017 «Масивний клеєний щит – класифікація за зовнішнім виглядом поверхні», зокрема за візуальними особливими ознаками поділяються на три класи А, В, С.

- Інші показники клеєної шарової деревини можуть бути визначені у відповідності до вимог діючих стандартів.

Меблеві щити традиційно вважаються кращим матеріалом для виготовлення високоякісних меблів. Це міцний конструкційний матеріал. Меблеві щити екологічно безпечні у виробництві й застосуванні.

Методи та методика досліджень

Методи дослідження МЩ із ВЖД: Експериментальні та теоретичні дослідження проводили із застосуванням системного підходу з використанням комп'ютерів та існуючого програмного забезпечення. Використано методи: фізичні та механічні – для визначення розмірів і показників фізико-механічних властивостей ВЖД та характеристик МЩ із ВЖД, математичної теорії планування експериментів – для встановлення регресійних моделей та їх аналізу; математичної статистики – для оброблення результатів експериментальних досліджень; розрахунку економічної ефективності – для визначення економічних показників щодо можливості використання ВЖД в деревообробці, зокрема у виробництві МЩ.

Методика виготовлення дослідних зразків/ Технологія МЩ із ВЖД. Технологічний процес виготовлення МЩ із ВЖД складався з наступних стадій: очищення деревини від фурнітури та інших сторонніх включень; руйнування шипових з'єднань та вирізання дефектних місць; очищення деревини від ЛФМ; фугування пластів; повздовжній розкрій деревини; двобічне фрезювання крайок; торцювання в розмір; склеювання меблевого щита; форматний розкрій; шліфування.

Для очищення деревини від фурнітури використовувались стандартні інструменти плоскогубці, викрутки, цвяховидьоргувачі. Для очищення плоских поверхонь від лакофарбових матеріалів використовувався фугувальний верстат. Очищена деревина розкроювалась на рейки товщиною 17; 19 мм та шириною 23; 43; 63; 83 мм. Отримані рейки фрезувались на двобічному рейсмусовому верстаті по ширині з отриманням рейок шириною 20; 40; 60; 80 мм.

Методика дослідження формостійкості МЩ із ВЖД. У процесі досліджень із вивчення впливу розмірних характеристик структурних елементів – ширини рейок меблевого щита на його формостійкість реалізований В-план (табл. 1). Кількість дубльованих досліджень – 3. Заміри знімали з експериментальних зразків меблевих щитів у двох напрямках (напрямок вздовж волокон – напрямок А, вздовж довжини рейок меблевого щита; напрямок поперек волокон – напрямок Б, вздовж ширини меблевого щита).

Таблиця 1. Матриця планування В-плану для двох змінних факторів

	№	Значення вхідних факторів у досліді			
		У натуральному позначенні		У кодованому позначенні	
		ВВЖД1	ВВЖД2	X1	X2
ПФП 2	1	20	20	-1	-1
	2	60	20	1	-1
	3	20	60	-1	1
	4	60	60	1	1
Зіркові точки	5	20	40	-1	0
	6	60	40	1	0
	7	40	20	0	-1
	8	40	60	0	1

У кожному із напрямів меблевого щита вимірювання проводили за 10-ма умовними лініями (всього 20 умовних ліній з кроком між лініями у 40 мм) (рис. 1).



Рис. 1. Експериментальна установки ЧПУ для визначення формостійкості

Внаслідок вимірювань на кожній лінії фіксували від 400 до 500 точок. Таким чином за результатами одного вимірювання отримували вибірку сукупність обсягом від 8000 до 1000 ($12 \times (400 \dots 500)$). За проміжкове значення стріли прогину приймали середнє значення цієї вибіркової сукупності.

Методика дослідження міцності при статичному згині МЩ із ВЖД.

Виготовлення зразків проводиться у відповідності з ГОСТ 9625:2013 [34]. Відбір зразків, їхня кількість, виготовлення й підготовка до випробувань - за ДСТУ 9620:1994 [33]. Зразки меблевих щитів виготовляють у формі прямокутної призми (рис. 2) розмірами: - товщина h - розмір зразка по напрямку дії зусилля, що вигинається; - ширина $b = 50$ мм; - довжина $l_1 = 15 h$ мм при $h > 10$ мм; - довжина $l_1 = 150$ мм при $h < 10$ мм.

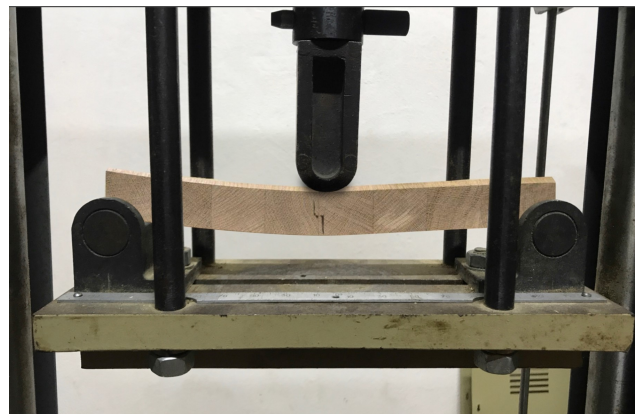
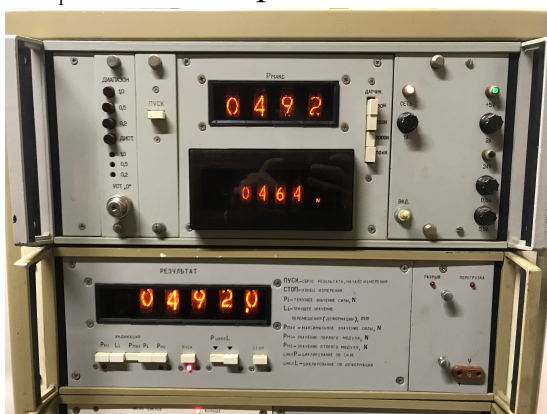


Рис. 2. Випробувальна машина ИЗ5057-50 (ГОСТ 28840-90)

Результати та обговорення

Результати та порівняльний аналіз границі міцності меблевих щитів на статичний згин впоперек рейок. В результаті проведення основного експерименту були отримані дані міцності на статичний згин впоперек рейок для всіх видів

Конструкція МЩ із ВЖД за різного поперечного перерізу рейок	Міцність, МПа
МЩ із ВЖД (22x80)	16,10
МЩ із ВЖД (22x60)	18,46
МЩ із ВЖД (22x40)	19,88
МЩ з ПД (22x40)	22,05
МЩ із ВЖД (22x20)	27,03

МЩ із ВЖД та ПД. (табл. 2, рис. 3).

Таблиця 2. Зведена таблиця міцності МЩ на статичний згин

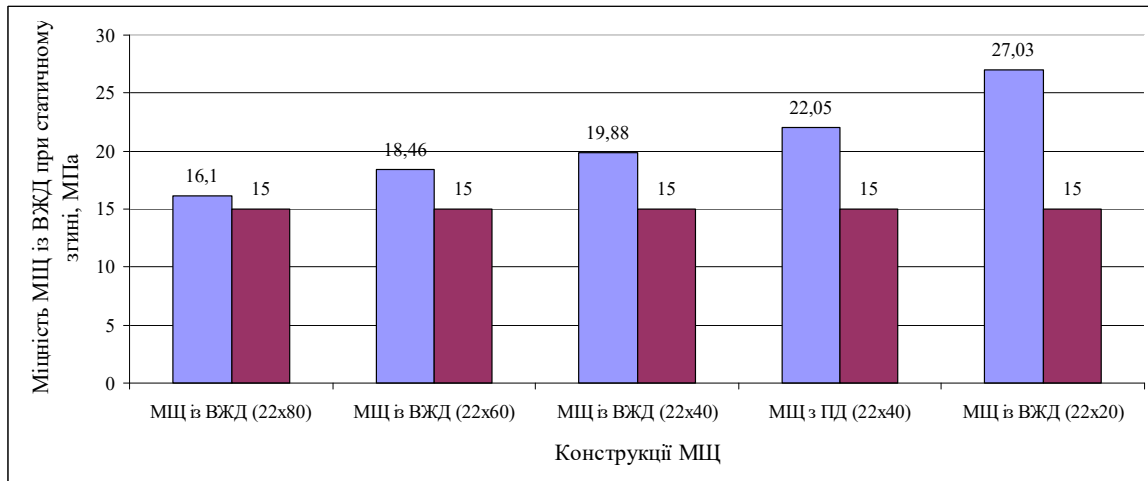


Рис. 3. Гістограма міцності МЩ на статичний згин впоперек рейок

Як видно з гістограми рис. 4. найменшої міцності МЩ із ВЖД (22×80). Судячи з характеру руйнування зразків рис. 4 це пов'язано з низькою міцністю широких рейок на зсув по внутрішньому шарі. Дещо вищу міцність показала МЩ із ВЖД (22×60). Причиною цього є компенсація низької міцності вужчих рейок на зсув по внутрішньому шарі високою міцністю на зсув деревних рейок.

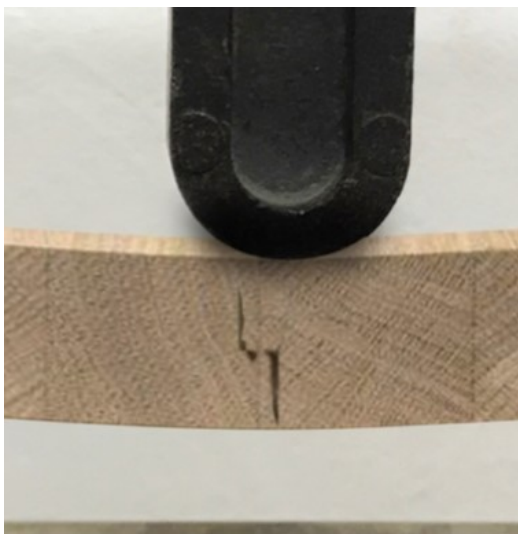


Рис. 4. Зразок МЩ із ВЖД в момент руйнування

Високу міцність показав МЩ із ВЖД (22×40). Причиною руйнування зрізця став послідовний розрив волокон. Традиційний МЩ з ПД (22×40) показала дещо вищу міцність в порівнянні з меблевим щитом із ВЖД. Характер руйнування аналогічний. Руйнування відбулося в наслідок розриву волокон. Найміцнішим виявився МЩ із ВЖД (22×20). Середній показник границі міцності МЩ складає аж 27,03 МПа. В даному випадку руйнування МЩ почалося із виникнення граничних напружень розтягу в рейках з тангентальним розташуванням річних кілець до пластів МЩ із ВЖД.

Результати дослідження формостійкості меблевих щитів із вживаної деревини різних конструкцій. Внаслідок оброблення даних експерименту отримано рівняння регресії другого порядку, яке описує залежність стріли прогину S

від ширини структурних елементів, тобто ширини рейок з ВЖД (масив 1) $V_{ВЖД1}$ (x_1) та ширини рейок з ВЖД (масив 2) $V_{ВЖД2}$ (x_2): Одержане рівняння регресії в нормалізованих значеннях змінних факторів

$$y=0,161+0,99x_1-0,100x_2+0,095x_1^2+0,015x_2^2+0,056x_1x_2$$

де: $V_{ВЖД1}$ (x_1) – ширина рейки з ВЖД (масив1) меблевого щита; $V_{ВЖД2}$ – ширина рейки з ВЖД (масив2) меблевого щита; S – усереднене значення відхилення від площинності, тобто стріла прогину МЩ із ВЖД.

Графічна інтерпретація отриманої регресійної залежності представлена на рис. 5 та рис. 6. Як видно з рис. 5., збільшення ширина рейки з ВЖД (масив1) меблевого щита призводить до збільшення відхилення S . Натомість, тенденція щодо залежності впливу ширини рейок з ВЖД (масив2) на відхилення МЩ із ВЖД від площинності є зворотною (рис. 6). Варто зазначити, що характер впливу ширини рейок на усереднене відхилення S є нелінійним, хоча внаслідок можна з певною імовірністю припустити наявність тенденцій оберненої (рис. 5) та прямої пропорційності (рис. 6).

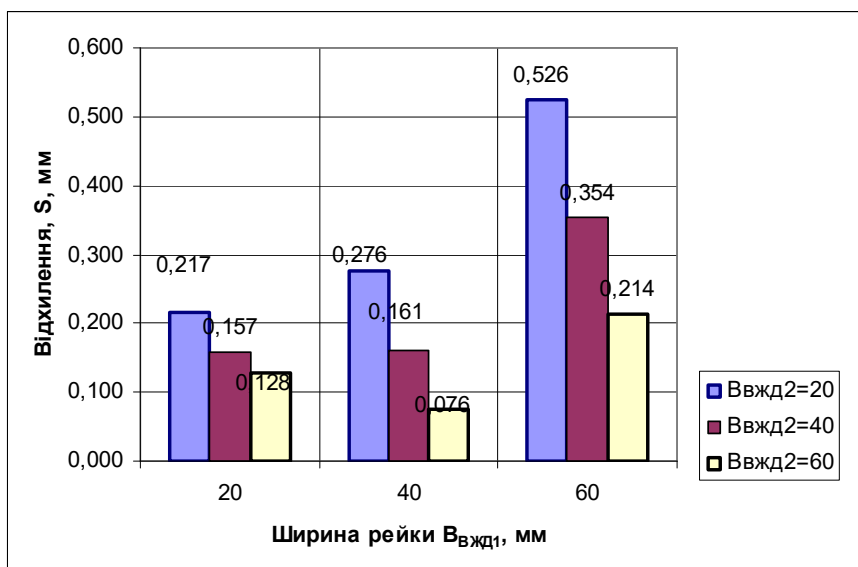


Рис. 5. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) меблевого щита від ширини рейки з ВЖД (масив1) $V_{ВЖД1}$ (x_1)

Порівняння результатів експерименту і стандартизованих значень (табл. 3) засвідчило, що тільки реальні відхилення від площинності експериментального зразку № 2

($V_{ВЖД1}=60$ мм; $V_{ВЖД2}=20$ мм) є більшим за допустимі. Відхилення від площинності за стрілою прогину всіх інших експериментальних зразків задовольняють вимоги стандарту (табл. 3).

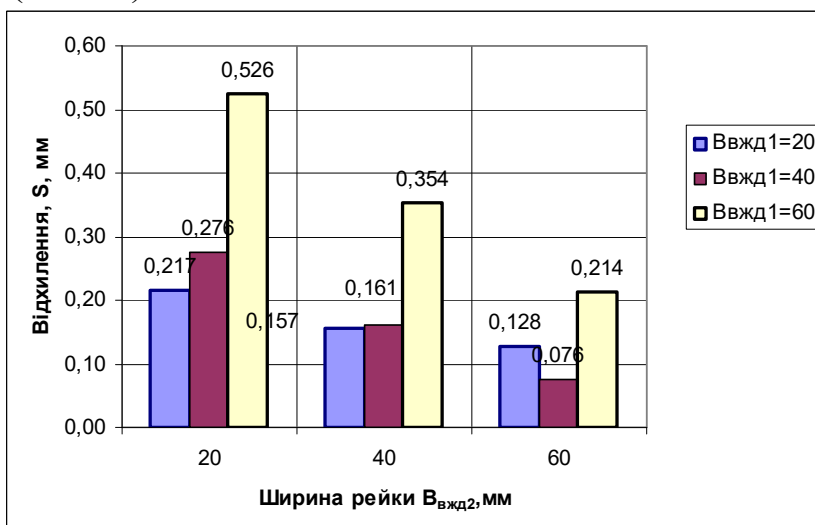


Рис. 6. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) меблевого щита від ширини рейки з ВЖД (масив2) $V_{ВЖД2}$ (x_2)

За результатами експерименту здійснено оптимізацію ширини рейок за допомогою градієнтного методу, внаслідок якої виявлено, що мінімальне значення відхилення $S_{\min} = 0,037$ мм, взяте за абсолютною величиною можна отримати зафіксувавши розмірні параметри ширини рейок меблевого щита із ВЖД наступним чином: $V_{ВЖД1} = 40$ мм; $V_{ВЖД2} = 60$ мм (рис. 7).

Таблиця 3. Порівняння експериментальних та розрахункових значень із стандартизованими значеннями

№	Вхідні фактори		відхилення від площинності для МЩ 400×400 мм	Функція мети	
	значення	значення		функція відгуку експериментальне значення $Y_{\text{експ}}$	функція відгуку розрахункове значення $Y_{\text{розн}}$
	$V_{ВЖД1}$	$V_{ВЖД2}$			
1	20	20	0,4	0,222	0,217
2	60	20	0,4	0,532	0,526
3	20	60	0,4	0,122	0,128
4	60	60	0,4	0,208	0,214
5	20	40	0,4	0,158	0,157
6	60	40	0,4	0,354	0,354
7	40	20	0,4	0,264	0,276
8	40	60	0,4	0,088	0,076

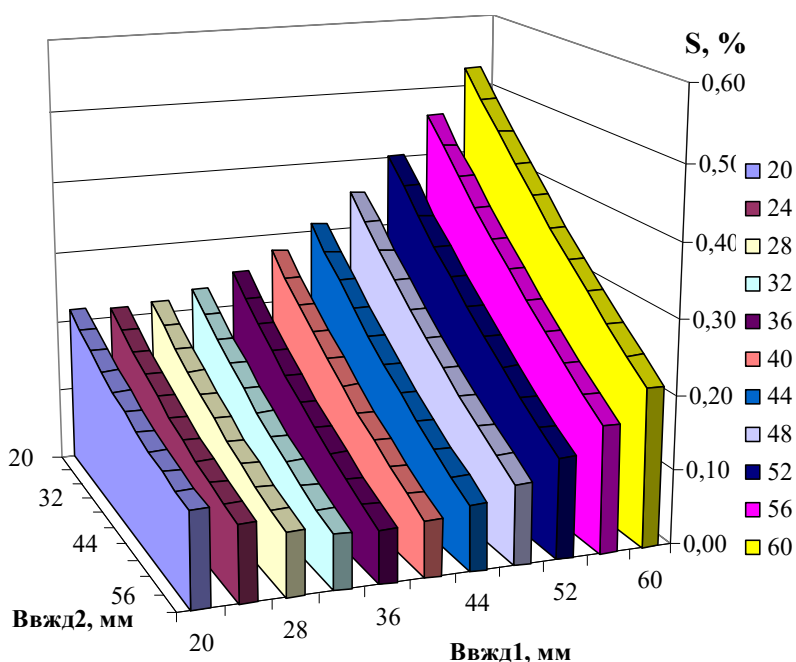


Рис. 7. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) меблевого щита від ширини рейки з ВЖД (масив2) та з ВЖД (масив1)

Висновки

1. Обґрунтовано, що ВЖД є додатковим деревинним ресурсом для деревообробної та меблевої галузей. Досліджено та проаналізовано фізико-механічні характеристики меблевого щита із ВЖД. Встановлено, що фізико-механічні параметри всіх меблевих щитів не залежно від їх конструкції задовольняють вимоги нормативних документів. Виявлено, що найбільше на фізико-механічні властивості меблевого щита впливає співвідношення товщини до ширини рейки.

2. Найвищими фізико-механічними параметрами характеризується меблевий щит з перерізом рейки 22×20 мм. Середня міцність на статичний згин впоперек

рейок такої плити становить 27,03 МПа. Найнижчими фізико-механічними показниками характеризується Меблевий щит з перерізом рейки 22×80 мм. Середня міцність на статичний згин впоперек рейок такої плити становить 16,10 МПа. Фізико-механічні параметри традиційного меблевого щита з первинної деревини дещо вищі від фізико-механічних параметрів аналогічного по конструкції меблевого щита з ВЖД. Так міцність на статичний згин впоперек рейок традиційної меблевого щита становить 22,05 МПа, а міцність меблевого щита із ВЖД становить 19,88 МПа.

3. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що для досягнення формостійкості та достатньої міцності меблевого щита на статичний згин впоперек рейок, рекомендується ширину рейки для склеювання меблевого щита приймати не більше потрібної її товщини. Рекомендовано під час виготовлення меблевих щитів для забезпечення високої формостійкості використовувати дерев'яні рейки радіального перерізу.

4. Перероблення ВЖД на меблеві щити принесе фінансову та екологічну вигоду. Фінансова вигода виробника полягає у зменшенні матеріальних витрат на виготовлення плит із ВЖД у порівнянні з традиційними меблевими щитами. Так, одержані нами розрахунки показують, що здешевлення МЩ із ВЖД складає від 43,57% в залежності від конструкції щита. Суспільна та еколого-економічна вигода полягає в тому, що використовуючи вживану деревину ми зменшуємо на три 4% площі сміттєзвалищ, зменшуємо вирубування лісів на 0,29 га кожного року, чим покращуємо стан навколишнього середовища.

Література

1. **Gayda S.V.** (2009). The effective use of post-consumer wood is basis for diminishing of CO₂-emission // Scientific Herald. – Lviv: UNFU, 19(14).72-89. (in Ukr.).
2. **Gayda S.V.** (2011). Recycled of post-consumer wood is for the production of particleboard in Ukraine / Proceedings of the XXI International symposium Adhesives in Woodworking Industry (Slovakia, Zvolen Juve 29 – July 01. 2011). TU Zvolen. – P. 108-121.
3. **Gayda S.V.** (2012). Production techniques and properties of fuel pellets produced from post-consumer wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 38: 112-150.
4. **Gayda S.V.** (2013). Techniques for utilization of post-consumer wood in the production of fuel pellets and briquettes. Proceedings of the XXI International symposium Adhesives in Woodworking Industry (Slovakia, Zvolen Juve 23-26. 2013). TU Zvolen, 119-130.
5. **Gayda S.V.** (2013). Technologies and recommendations on the utilization of post-consumer wood in woodworking industry. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 39(1).48-67 (in Ukrainian).
6. **Gayda S.V.** (2013). The technological solutions for recycling of post-consumer wood. Proceedings of I International Interdisciplinary Scientific Conference Formation of stable outlook as the basis of sustainable development (Ukraine, Lviv, 14-16 March 2013) UNFU: Lviv, 5-11.
7. **Gayda S.V.** (2013). Розроблення технології виробництва паливних гранул на основі енергетичного потенціалу вживаної деревини [Development of technology for the production of fuel pellets based on the energy potential of used wood]. Scientific Bulletin of UNFU 23.14:83-93. (in Ukrainian).
8. **Gayda S.V.** (2014). *Sposoby podgotovki k pererabotke vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny iglofrezernymi i shchotocnymi stankami* [Preparation methods for processing of post-consumer wood needle-milling and brushing machines]. *Actual problems of forest complex* 40:65-69 (in Russian).
9. **Gayda S.V.** (2014). *Teoreticheskoye obosnovaniye podkhoda po prognozirovaniyu prochnosti drevesnostruzhechnykh plit iz vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny* [The theoretical rationale for the approach on the prediction the strength of particleboard from recycled wood]. *Actual problems of forest complex* 38:212-216 (in Russian).
10. **Gayda S.V.** (2014). Технології перероблення вживаної деревини для виробництва якісних деревинностружкових плит / Techniques for recycled of post-consumer wood in the production of quality particleboard. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 40:41-51. doi: <https://doi.org/10.36930/42144010>

11. **Gayda S.V.** (2015). *Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv vtorichno ispol'zuemoy drevesiny* [Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 43:175-179 (in Russian).
12. **Gayda S.V.** (2015). Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 41:39-49. doi: <https://doi.org/10.36930/42154106>
13. **Gayda S.V.** (2015). Tekhnolohiyi i fizyko-mekhanichni vlastyvosti stolyarnykh plyt iz vzhivanoyi derevyiny [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood (PCW)]. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems* 3(1).145-152(in Ukrainian).
14. **Gayda S.V.** (2015). *Tekhnolohycheskye osnovy pererabotky vtorychno yspolzuemoy drevesyny* [Technological of processing basics of of post-consumer wood (PCW)]. *Actual directions of Scientific Research XXI century: Theory and Practice*, Voronezh State Forestry Engineering University Named after G.F. Morozov 3(8-2 (19-2)). 82-86 (in Russian).
15. **Gayda S.V.** (2015). Моделювання властивостей столярних плит із вживаної деревини на основі методу кінцевих елементів / Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 41:39-49. doi: <https://doi.org/10.36930/42154106>
16. **Gayda S.V.** (2016). A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. *ProLigno* 12(1).22-31.
17. **Gayda S.V.** (2016). *Ékoloĥo-tekhnoĥohycheskye aspekty pererabotky vtorychno yspolzuemoy drevesyny dlya proydzvodstva pressovannykh materyalov* [Ecological and technological aspects of recycling post-consumer wood for Productions compacted materials]. *Lesnoy vestnik / Forestry bulletin of MSFU* 20(3).15-22 (in Russian).
18. **Gayda S.V.** (2016). *Formoustoychyvost stolyarnykh plyt yz vtorychno yspolzuemoy drevesyny* [A form of stability of blockboards (BB) made of post-consumer wood (PCW)]. *Actual problems of forest complex* 46:148-153 (in Russian).
19. **Gayda S.V.** (2016). Research on physical and mechanical characteristics of front blockboards made from post-consumer wood [Дослідження фізико-механічних характеристик фасадних столярних плит із вживаної деревини]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 33-50. doi: <https://doi.org/10.36930/42164206>
20. **Gayda S.V.** (2016). Технологічні підходи до поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом / *Tekhnolohichni pidkhody do poverkhnevoĥo ochyshchennya vzhivanoyi derevyiny holkofrezernym instrumentom* [Technological approaches to cleaning of surface of post-consumer wood of needle-milling tools]. *Bulletin of KhNTUA* 178:3-11(in Ukrainian).
21. **Gayda S.V.** (2017). *Tekhnolohyya y svoystva mebelnoĥo shchyta yz vtorychno yspolzuemoy drevesyny* [A technology and properties of furniture board (fb) made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 48:34-38 (in Russian).
22. **Gayda S.V.** (2017). Використання нечітких експертних систем для підтримки прийняття рішень в процесі сортування вживаної деревини / *Vykorystannya nechitkykh ekspertnykh system dlya pidtrymky pryunyattya rishen' v protsesi sortuvannya vzhivanoyi derevyiny* [Using fuzzy expert systems for decision support in the process of post-consumer wood sorting]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:5-20 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174301>
23. **Gayda S.V.** (2017). Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком / *Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostey vzhivanoyi derevyiny yalytsi z vikom* [The complex studies on the change of elastic properties of post-consumer fir wood with age]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:58-72 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174308>
24. **Gayda S.V.** (2018). *Mitsnist kombinovanykh stolyarnykh plyt iz vzhivanoyi derevyiny* [Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW)]. *Bulletin of KhNTUA* 197:3-9 (in Ukrainian).
25. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018). *Formostiystykist yak kryteriy yakosti stolyarnykh plyt iz vzhivanoyi derevyiny* [Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards]. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 17:185-192 (in Ukrainian).
26. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2016). Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини / *Doslidzhennya formostiystykosti kleyenykh shchytyv iz vzhivanoyi derevyiny* [The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 69-79 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42164211>
27. **Gayda S.V., Maksimiv V.M., Kiyko O.A., Ferenc O.B.** (2013). Залишки деревини та деревина після споживання. Класифікація. Терміни та визначення [Wood residues and post-consumer wood. Classification. Terms and definitions] / Agreement No. 08.24-11-1: draft international standard ISO. – Lviv: NLTU of Ukraine – 53 p. (in Ukrainian).

28. Gayda S.V., Kiyko O.A. (2013). Технология очистки вторично используемой древесины иглофрезерными станками [The technology of cleaning recycled wood with needle milling machines] // Actual problems and prospects of the development of LPK: materials II NTK., Sept. 9-11, 2013 – Kostroma. – P. 36-39.
29. Gayda S.V., Voronovich V.V. (2011). Porivnyal'niy analiz gnuttya vzhivanoï derevini riznikh porid ta vikovykh kategoriy [Comparative analysis of bending particularities for various post-consumer wood species and age categories]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 37(1). 84-88 (in Ukrainian).
30. Gayda S.V., Voytovych I.G. (2017). Durability and stability of elements for beam furniture products made from post-consumer wood are investigated. *Bulletin of KhNTUA*, 189, 62-70 (in Ukrainian).
31. DIN 68705-2:2014-10 Plywood – Part 2: Blockboard and laminboard for general use. Germany, (in Deutsch).
32. GOST 13715:1978 Plity stolyarnye. Tekhnicheskie usloviya [Blockboards. Technical specifications]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).
33. GOST 9620:1994. Drevesyna sloystaya kleenaya. Otbor obraztsov y obshchye trebovaniya pry yspytanyy [Laminated glued wood. Sampling and general requirements in testing]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).
34. GOST 9624:2009 Drevesyna sloystaya kleenaya. Metod opredeleniyya predela prochnosti pry skalyvaniy [Laminated glued wood. Method for determination of shear strength]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).
35. GOST 9625:2013 (EN 310:1993, EN 13986:2004). Drevesyna sloystaya kleenaya. Metody opredeleniyya predela prochnosti y modulya uprugosti pry statycheskom yz-hybe [Laminated glued wood. Methods for determination of ultimate and modulus of elasticity in static bending]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

UDC 674-419.22:674.055

Assoc. prof. S.V. Gayda – UNFU

A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood

It is substantiated that post-consumer wood (PCW) is an additional timber resource for the woodworking industry. It is established that the physical and mechanical parameters of all furniture boards, regardless of their design, satisfy the requirements of regulatory documents. It has been found that the ratio of thickness to the width of the strips is most influenced by the physical and mechanical properties of the furniture boards. The highest physical and mechanical parameters are characterized by a solid furniture boards with a strips cross section of 22×20 mm. The average static bending strength across the strips of such a solid furniture boards is 27.03MPa. The lowest physical and mechanical indicators are characterized by a solid furniture boards with a strips section of 22×80 mm. The average static flexural strength across the strips of such a solid furniture boards is 16.10MPa. The physical-mechanical parameters of a traditional solid furniture boards made of primary wood are slightly higher than the physical-mechanical parameters of a similar solid furniture boards design made of PCW. Thus, the static flexural strength across the strips of a traditional solid furniture boards is 22.05MPa, and the strength of a solid furniture boards made of PCW is 19.88MPa. According to the results of experimental researches it is established that in order to achieve the shape resistance and sufficient strength of the solid furniture boards on a static bend across the strips, it is recommended that the width of the rail for gluing the furniture board should be no more than triple its thickness.

It is recommended to use radial cross-section wooden strips when making solid furniture boards to ensure high resistance. Remodeling the iron on the furniture boards will bring financial and environmental benefits. The financial advantage of the manufacturer is to reduce the material costs of making solid furniture boards made of PCW of iron from the traditional furniture boards. Yes, our calculations show that the cost of solid furniture boards made of PCW is 43.57% depending on the design of the furniture boards. The social and ecological and economic benefit is that by using used wood we reduce by 3 4% the landfill area, reduce deforestation by 0.29 hectares each year, thereby improving the environment.

Keywords: wood science & technology, wood processing, post-consumer wood, wood residues, furniture board, characteristics, shape stability, strength.