



Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/411834>
Article received 2018.07.15
Article accepted 2018.10.25

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Serhiy Hayda
serhiy.hayda@nltu.edu.ua

General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.8

Формостійкість як критерій якості столярних плит із вживаної деревини

С. В. Гайда¹, О. А. Кійко²

Встановлено, що вживана деревина (ВЖД), щорічний потенціал якої становить в Україні близько 2 млн тонн ВЖД, є ресурсною базою деревинної сировини, яка не використовується, а її запаси збільшуються із посиленням розвитку господарств та деревообробної галузі.

Обґрунтовано, що ВЖД є придатним вторинним ресурсом для виготовлення столярних плит (СП), оскільки ця деревина має невисоку ціну, низьку вологість ($W = 8 \pm 3\%$) та стабільні внутрішні напруження, що позитивно впливає на формостійкість – напружено-деформований стан конструкції СП. Отримано закономірності впливу ширини рейок із ВЖД(масив) та ВЖД(ДСП) на формостійкість комбінованих СП із ВЖД.

Визначено, що значення формостійкості отриманих СП із ВЖД мали показники, менші за нормативні (0,3 мм). Досліджено, що на формостійкість СП із ВЖД впливає співвідношення товщини до ширини рейки. Доведено, що для досягнення формостійкості згідно зі стандартом рекомендовано ширину рейки для склеювання столярного щита приймати не більше 2-4 її товщини. Встановлено, що найкращу якість щодо стабільності форми (формостійкість) будуть мати комбіновані СП із ВЖД при конструкції за ширини рейок: $V_{ВЖД} = 30$ мм; $V_{ДСП} = 70$ мм, коли відхилення від площинності становлять 0,081 мм. Для забезпечення формостійкості СП із ВЖД, які експлуатуються в умовах змінної вологості, бажано застосовувати співвідношення сторін у поперечному перерізі рейок 1:3, а кут нахилу річних шарів в торці рейок повинен бути не менше 45°. Рекомендовано для виготовлення комбінованих СП із ВЖД використовувати дерев'яні рейки радіального перерізу. Личковані СП із ВЖД доцільно використовувати для виготовлення корпусних меблевих виробів.

Ключові слова: нові матеріали; комплексне використання деревини; перероблення; технологія деревообробки; конструкція; режими.

Вступ. Розвиваючись в III тисячолітті, людство планети суттєво задумалось над екологічними проблемами. Глобальна зміна клімату – одна з найгостріших екологічних проблем. Основною причиною зміни клімату є використання викопного палива та неефективне споживання енергії, що виробляється (Gayda, 2009). Якщо сьогодні неможливо суттєво зменшити обсяг викидів газів на технологічному рівні, то принаймні потрібно берегти ліси, які ефективно його зменшують. А це безпосередньо стосу-

ється комплексного використання лісових ресурсів, деревообробних та меблевих галузей, вторинних деревинних резервів сировини, післяпродукційних відходів, залишків деревини основного виробництва, твердих побутових відходів і таке інше.

Назрілі глобальні проблеми стимулювали до раціонального використання деревини, перероблення залишків деревини і зокрема, дослідження не задіяного ресурсу – вживаної деревини (ВЖД) (Gayda, 2011), щорічний потенціал якої становить

¹ Гайда Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua

² Кійко Орест Антонович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-989-80-88. E-mail: orest.kiyko@nltu.edu.ua

в Україні близько 2 млн тонн. (Gayda, 2017). На сьогодні, коли термін експлуатації виробів з деревини завершився, а сучасні тенденції в інтер'єрі прагнуть змін, мільйони тонн деревинних відходів опиняються на звалищах чи, в кращому випадку, вивозяться на дачі.

Користуючись досвідом зарубіжних країн уже понад 20 років в НЛТУ України інтенсивно ведуть пошуки альтернативних джерел сировини (Gayda, 2007, Gayda & Maksymiv, 2007) та розробляють нові конструктивні та технологічні рішення для виготовлення нових виробів на основі ВЖД: столярної плити (Gayda, 2010, 2015, 2016), деревинностружкової плити (Gayda, 2011, 2014, 2016, 2016), паливних гранул (Gayda, 2012, 20113), меблевого щита (Gayda, 2013, 2017), заготовок (Gayda & Voronovich, 2011, Gayda, 2013, Gayda & Voytovych, 2017). Учені НЛТУ України розробили Класифікатор вторинних деревинних ресурсів (Gayda, 2013, Gayda & Maksymiv, 2008), а також запропонували для впровадження в українському законодавстві у сфері поводження з ВЖД чотири категорії даних відходів, які можуть мати матеріальне або енергетичне використання (Gayda, 2009, Gayda 2013):

- перша категорія – ВЖД-I – природна та тільки механічно оброблена деревина з незначними забрудненнями натуральними зв'язками, а також деревина від стихійних катаклізмів;
- друга категорія – ВЖД-II – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та без галогеноорганічних зв'язків у покриттях;
- третя категорія – ВЖД-III – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та з галогеноорганічними зв'язками у покриттях;
- четверта категорія – ВЖД-IV – деревина та деревні матеріали, які оброблені речовинами захисту.

За результатами аналізу літературних джерел встановлено, що в наукових роботах здебільшого досліджено проблеми перероблення деревинних відходів або продукції із первинної сировини, а не із ВЖД. Зокрема, це праці науковців Pardaeva (2008, 2009), Kryvyk & Mayevskoho (2011), Kiyko (2014) та інших.

Щодо властивостей звичайних СП із первинної деревини у спеціалізованій науково-технічній літературі питання вибору ширини рейок, з яких склеюють столярні щити, є дискусійним. Згідно зі стандартом ГОСТ 13715:1978 для СП типу СР із склеєних рейок ширина брусків з первинної деревини повинна бути не більша ніж 40 мм. За Європейським стандартом Е DIN 68705-2:2014-10 ширина рейок повинна бути менша ніж 30 мм. Одні науковці дотримуються думки, що максимально допустима ширина брусків із масивної деревини для виготовлення столярних щитів не має перевищувати потрійної товщини (Pardaev, 2009). Інші вчені вважають, що відношення ширини рейки до її товщини не має перевищувати 2,4-2,8 (Mayevskyy & Benyah, 2005).

У своїх працях Gayda (2015) детально дослідив фізико-механічні властивості СП із ВЖД (2013,

2016) та частково досліджував формостійкість звичайних СП із ВЖД (2016).

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що формостійкість СП із ВЖД детально ніхто не досліджував, а технологічний процес виготовлення комбінованих плит із рейок різної ширини, різного походження та матеріалу – не до кінця вивчений і проаналізований, оскільки науковці не пропонували виготовлення СП із ВЖД. З викладеного випливає, що дослідження, які спрямовані на підвищення формостійкості СП на основі звичайного та комбінованого укладання рейок із ВЖД, які за багаторічного використання в сухих приміщеннях мають усталений напружено-деформований стан та з урахуванням анізотропії деревини, викликають великий практичний інтерес і належать до перспективного напрямку наукової діяльності в НЛТУ України.

Актуальність дослідження полягає в тому, що ВЖД є ресурсною базою деревинної сировини, яку не використовують, а її запаси збільшуються із посиленням темпів розвитку господарств та деревообробної галузі. Дослідження вітчизняних і зарубіжних учених із зазначеної проблеми стосуються переважно використання виробничих деревинних відходів без залучення ВЖД до процесу перероблення – виготовлення виробів з неї, зокрема столярних плит. *Проблема дослідження* – відсутність ресурсощадних та екологічнобезпечних технологій з практичними рекомендаціями щодо використання ВЖД. Часткове вирішення цієї проблеми дасть змогу забезпечити галузі деревооброблення альтернативним додатковим ресурсом шляхом перероблення ВЖД на продукцію.

Мета роботи – дослідити та проаналізувати формостійкість столярних плит із вживаної деревини як звичайної конструкції, так і комбінованої.

Об'єкти та методика дослідження. *Об'єкт дослідження* – столярні плити із вживаної деревини. *Предмет дослідження* – закономірності впливу конструкцій щита та комбінованого укладання рейок різної ширини на формостійкість столярних плит із вживаної деревини.

Загальна методика досліджень включає методику виготовлення звичайних та комбінованих СП із ВЖД та методику визначення формостійкості СП із ВЖД. Оскільки дослідження ґрунтувалися на вивченні залежності характеристик структурних компонентів СП на формостійкість, то було реалізовано В-план другого порядку (табл. 1). Підготовлені рейки із масиву сосни ($V_{\text{ВЖД}}$) та ДСП ($V_{\text{ДСП}}$) виготовляли завширшки 30, 50 та 70 мм.

Також проведено додатковий дослід у центрі плану. Кількість дубльованих досліджень – 5. Для реалізації експериментальних досліджень було виготовлено 15 видів СП із ВЖД (рис. 1). Для порівняння було виготовлено СП із первинної деревини та нових плит ДСП.

Кожен із різновидів щитів личкували фанерою завтовшки 4,0 мм.

Під час виготовлення СП із ВЖД постійними факторами цього дослідження були: відносна во-

логість повітря 60-65%; температура повітря 18-20°C; атмосферний тиск 736 мм рт. ст.; швидкість циркуляції повітря $V \approx 0$ м/с; рівень запиленості повітря; клей ПВА марки «Jowat 103.05»; метод нанесення; тиск пресування; час витримки; устаткування; об'єм приміщення.

Таблиця 1

Матриця планування В-плану для двох змінних факторів

№ досліду	Значення вхідних факторів у досліді				
	у натуральному позначенні		у кодованому позначенні		
	$V_{ВЖД}$	$V_{ДСП}$	x_1	x_2	
ПФП 2	1	30	30	-1	-1
	2	70	30	1	-1
	3	30	70	-1	1
	4	70	70	1	1
Зіркові точки	5	30	50	-1	0
	6	70	50	1	0
	7	50	30	0	-1
	8	50	70	0	1

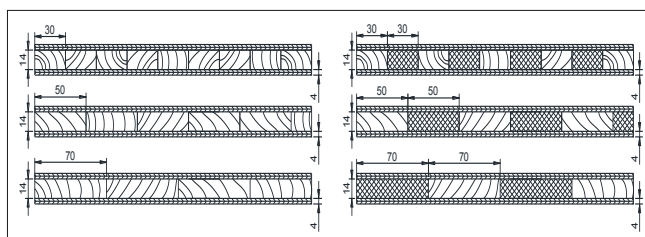


Рис. 1. Звичайна та комбінована СП із ВЖД

Технологічний процес виготовлення СП із ВЖД складався з таких стадій: очищення деревини від фурнітури та інших сторонніх включень; руйнування шипових з'єднань та вирізання дефектних місць; очищення деревини від ЛФМ; фугування пластів; розкрій; двобічне фрезювання крайок; торцювання; склеювання столярного щита; розкрій фанери; пресування; розкрій; шліфування (рис. 2).

Матеріали: вживані віконні рами та коробки, вживані дверні коробки, вживані елементи корпусних меблів; вживані задні стінки корпусних меблів із фанери 4 мм; клей ПВА. Підготовка дерев'яних брускових компонентів СП включає очищення ВЖД від фурнітури та інших сторонніх включень; руйнування шипових з'єднань та вирізання дефектних місць; очищення поверхонь деревини від лакофарбових матеріалів; фугування пластів; розкрій деревини; двобічне фрезювання крайок; торцювання в розмір 520 мм.

Підготовка рейок з ДСП для комбінованих СП охоплює зовнішнє очищення від фурнітури та інших сторонніх включень; поверхнєве очищення щитів від лакофарбових матеріалів та плівок; форматний розкрій з отриманням рейок завширшки 30;

50; 70 мм та завдовжки 520 мм; двобічне фрезювання в розмір 14 мм. Очищену деревину розкроювали на рейки завтовшки 17 мм та завширшки 43; 63; 83 мм. Отримані рейки фрезювали на двобічному рейсмусовому верстаті по ширині з отриманням рейок завширшки 30; 50; 70 мм.



Рис. 2. Вигляд експериментального зразка СП із ВЖД

Отримання столярного щита включає підбір рейок за шириною рейок та за кутом нахилу річних шарів для звичайних плит, а для комбінованих – почергове укладання рейок з різних матеріалів, нанесення клею на крайки рейок з витратою 200-250 г/м², склеювання у ваймах (режимні параметри: температура – 85-90 °С, час витримки – 30-40 хв, тиск – 0,5-1,0 МПа) на столярні щити розміром 520×520 мм, технологічна витримка (вологість – 50±5%, температура – 20±2 °С) упродовж 8-12 год, фрезерування за товщиною з двох боків до 14 мм. На відповідні розміри розкроювали фанеру.

Кінцевий етап виготовлення СП охоплює такі операції: нанесення клею на пластів столярного щита з витратою 150-200 г/м², формування пакету, личкування у плоскому пресі (режимні параметри: температура – 115-120 °С, час витримки – 4-6 хв, тиск – 1,2-1,3 МПа), технологічна витримка (вологість – 50±5%, температура – 20±2 °С) упродовж 4-8 год, розкрій за периметром на розміри 500×500 мм, для формостійкості розміри зменшували до 440×440 мм.

Для визначення формостійкості використовували звичайні та комбіновані столярні плити із ВЖД та із первинних матеріалів для порівняння розміром 440×440×22 мм. Згідно з вимогами стандарту ГОСТ 13715-78 жолоблення СП може бути не більшим ніж 1,5-2,5 мм, а хвилястість – 0,2-0,6 мм. Згідно з ГОСТ 6449.3 «Допуски та посадки. Допуски форми та розміщення поверхонь» відхилення від площинності для наших розмірів СП становить 0,3 мм. Вимірювання стріли прогину (відхилення від площинності), як однієї з основних характеристик формостійкості, здійснювали після тижневої витримки експериментальних зразків за кімнатних умов. Вимірювання проводили за допомогою експериментальної установки з ЧПУ (рис. 3).

Значення числового індикатора ІГЦ (3)-25-0,01 зчитували за допомогою програмного забезпечення фірми «Мікротех» типу УІС-Р1-СОМ та передавали у середовище Microsoft Excel для оброблення. Покази знімали із зразків СП у двох напрямках (напрямок вздовж волокон – напрямок А, вздовж довжини рейок СП; напрямок поперек волокон – напрямок Б, вздовж ширини СП). У кожному із напрямів СП із ВЖД вимірювання проводили за 10-ма умовними лініями, тобто всього 20 умовних ліній з кроком між лініями у 40 мм (рис. 4). Внаслідок вимірювань на кожній лінії фіксували від 380 до 440 точок.

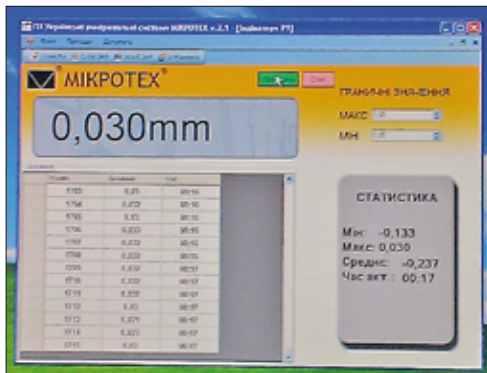


Рис. 3. Установка з ЧПУ для визначення формостійкості СП із ВЖД

Отже, за результатами одного вимірювання отримували вибірку сукупність обсягом від 7600 до 8800 ($20 \times (380 \dots 440)$). За проміжне значення стріли прогину приймали середнє значення цієї вибіркової сукупності.

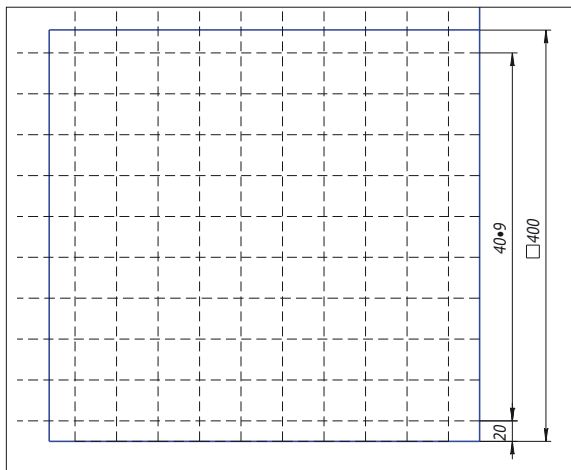


Рис. 4. Схема траєкторії руху числового індикатора по площині СП

Експериментальне значення функції відгук отримували як різницю середніх значень вибірок, отриманих за результатами першого і останнього вимірювань. Друге вимірювання здійснювали після семи днів від моменту виготовлення експериментальних зразків СП із ВЖД. Вимірювання проводили кожного третього тижня. Останнє вимірювання здійснили на дев'ятому тижні, оскільки величина стріли прогину цього вимірювання не відрізнялась від попереднього більше ніж на 5%. Отже, у проведеному дослідженні на формостійкість СП із ВЖД було виконано три серії вимірювань. Значення стріли прогину визначали як різницю між першим і третім експериментами.

Результати та обговорення. За результатами оброблення даних експерименту отримано рівняння регресії другого порядку, яке описує залежність стріли прогину S від ширини структурних елементів, тобто ширини рейок з ВЖД (масив) $V_{ВЖД}(x_1)$ та з ВЖД (ДСП) $V_{ДСП}(x_2)$.

Отримане рівняння регресії в нормалізованих значеннях змінних факторів має вигляд: $y = 0,137 + 0,016x_1 - 0,072x_2 + 0,006x_1^2 + 0,023x_2^2 - 0,003x_1x_2$

У натуральних значеннях змінних факторів записуємо:

$$S = 1,033 + 0,0005V_{ВЖД} - 0,293V_{ДСП} + 0,00006V_{ВЖД}^2 + 0,023V_{ДСП}^2 - 0,0003V_{ВЖД}V_{ДСП}$$

де: $V_{ВЖД}$ – ширина рейки з ВЖД (масив) СП; $V_{ДСП}$ – ширина рейки з ВЖД (ДСП) СП; S – усереднене відхилення від площинності, тобто стріла прогину.

Отже, найбільше на формостійкість СП із ВЖД впливає другий фактор. До того ж перший фактор впливає обернено пропорційно, а останній – прямо пропорційно. Графічну інтерпретацію залежності подано на рис. 5 та 6.

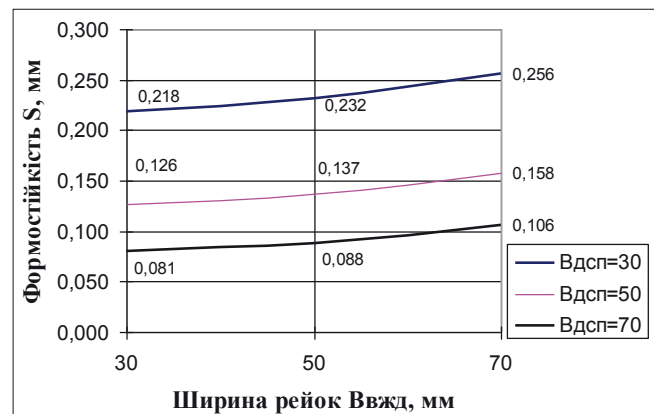


Рис. 5. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) столлярної плити від ширини рейки з ВЖД (масив) $V_{ВЖД}(x_1)$

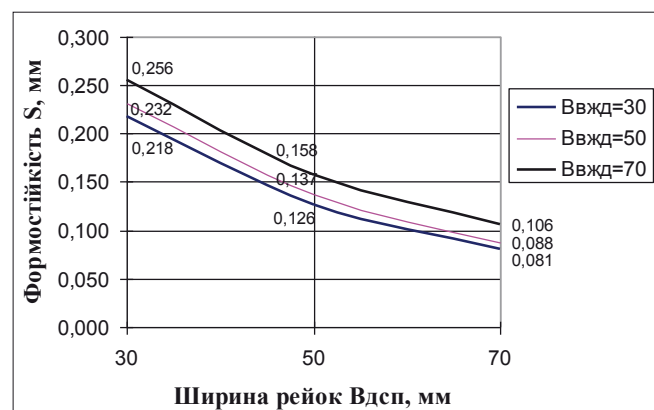


Рис. 6. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) столлярної плити від ширини рейки з ВЖД(ДСП) (x_2)

Як видно з рис. 5, збільшення ширини рейки з ВЖД (масив) СП призводить до збільшення відхилення S . Натомість тенденція щодо залежності впливу ширини ДСП на відхилення столярної плити від площинності є зворотною (рис. 6). Відхилення від площинності за стрілою прогину для всіх зразків задовольняють вимоги стандарту ГОСТ 6449.3-82.

За результатами експерименту здійснено оптимізацію ширини рейок за допомогою градієнтного методу, внаслідок якої виявлено, що мінімальне значення відхилення $S_{min} = 0,081$ мм, взяте за абсолютною величиною, можна отримати зафіксувавши розмірні параметри ширини рейок СП із ВЖД: $V_{ВЖД} = 30$ мм; ширина рейки з ВЖД (ДСП) $V_{ДСП} = 70$ мм (рис. 7).

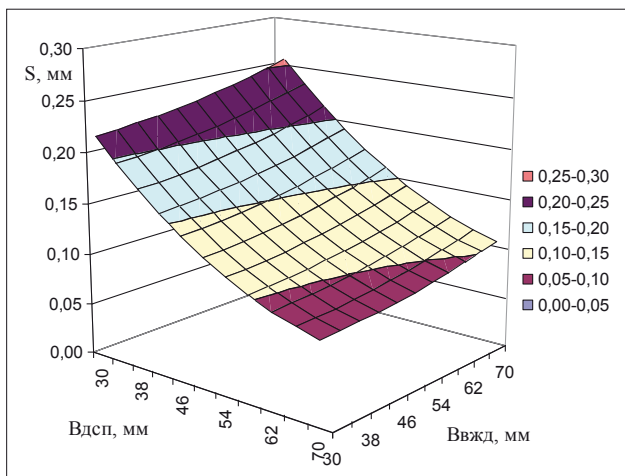


Рис. 7. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) столярної плити від ширини рейки з ВЖД (масив та ДСП)

Внаслідок проведення основного експерименту отримали дані з формостійкості столярних плит із ВЖД (табл. 2).

Зведена таблиця зміни формостійкості СП із ВЖД

Конструкції СП із ВЖД (масив та ДСП)	Вимірювання			Норма	Зміна, %	
	1	2	3		1	2
СП із рейок завширшки 30 мм	0,218	0,277	0,298	0,3	21	7
СП із рейок завширшки 50 мм	0,137	0,154	0,175	0,3	11	12
СП із рейок завширшки 70 мм	0,106	0,118	0,132	0,3	10	11

Найбільшої зміни (21%) у площинності зазнали плити з шириною рейки 30 мм після другого вимірювання, але і найменшої після третього вимірювання – тільки 7%. Діапазон інших змін становив 10-12 %, що в межах допустимого. За абсолютними значеннями всі плити відповідають вимогам стандарту, тобто мають відхилення менше ніж 0,3 мм (рис. 9).

Висновки та рекомендації. Вживана деревина є придатним вторинним ресурсом для виготовлення столярних плит, оскільки ця деревина має низьку вологість ($W = 8 \pm 3$ %) та стабільні внутрішні напруження, що позитивно впливає на формостій-

кість – напружено-деформований стан конструкції столярних плит.

Як видно з гістограми на рис. 8, найкращу формостійкість має столярна плита, щит якої виготовлений з рейок завширшки 70 мм, відхилення від площинності якої становить 0,106 мм. Комбіновані СП з шириною рейки 30 мм мають найвище відхилення від площинності – 0,218 мм.

Таблиця 2

Зведена таблиця формостійкості СП із ВЖД для рейок різної ширини

Конструкція СП із ВЖД (масив та ДСП)	Розрахунок	Норма	% норми
СП із рейок завширшки 30 мм	0,218	0,3	73
СП із рейок завширшки 50 мм	0,137	0,3	46
СП із рейок завширшки 70 мм	0,106	0,3	35

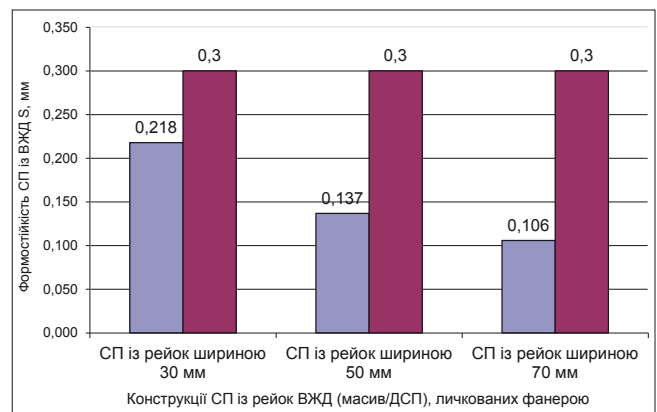


Рис. 8. Значення формостійкості комбінованих СП із ВЖД

Зміну площинності столярних плит із ВЖД упродовж двох місяців після триразового вимірювання наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Отримано закономірності впливу ширини рейок із ВЖД (масив) та ВЖД (ДСП) на формостійкість комбінованих СП із ВЖД, зокрема: перший чинник впливає обернено пропорційно (збільшення ширини рейки ВЖД (масив) призводить до зменшення формостійкості), а другий – прямо пропорційно (збільшення ширини рейки ВЖД (ДСП) призводить до збільшення формостійкості).

Найкращу якість щодо стабільності форми (формостійкість) будуть мати комбіновані столярні плити

із вживаної деревини при конструкції: ВВЖД = 30 мм; ВДСП = 70 мм, коли відхилення від площинності становлять 0,081 мм.

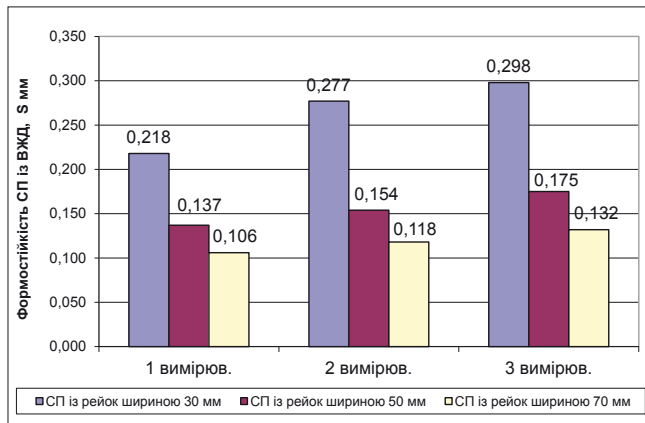


Рис. 9. Абсолютні значення формостійкості комбінованих столярних плит для рейок різної ширини після трьох вимірювань

На формостійкість СП із ВЖД впливає співвідношення товщини до ширини рейки, тобто чим менше співвідношення у поперечному перерізі рейки (1:1 або 1:2), тим менша величина відхилення від площинності столярних плит.

Встановлено, що для забезпечення формостійкості столярних плит із вживаної деревини, які експлуатуються в умовах змінної вологості, бажано застосовувати співвідношення сторін у поперечному перерізі рейок 1:3, а кут нахилу річних шарів в торці рейок повинен бути більше 45°.

Для досягнення формостійкості в межах норми рекомендовано ширину рейки для столярного щита приймати не більше чотирьохразової її товщини.

Практичні рекомендації щодо виробництва СП із ВЖД полягають у такому: вологість рейок – 8±2%; для рейок: ширина – в межах 2-4 розмірів товщини мм; розташування рейок – радіальне, або під кутом 45°; личкування – фанерою завтовшки 4 мм; витрата клею для щита – 200-250 г/м²; витрата клею для СП – 150-200 г/м²; температура вайми для щита – 85-90°C; температура преса для СП – 115-125°C; час витримки під тиском для щита – 30-40 хв; час витримки під тиском для СП – 4-6 хв; тиск для щита – 0,5-1,0 МПа; для СП – 1,2-1,3 МПа.

Бібліографічні посилання

DIN 68705-2:2014-10. *Plywood – Part 2. Blockboard and laminboard for general use*. Germany.

Gayda, S. V., & Voytovych, I. G. (2017). Durability and stability of elements for beam furniture products made from post-consumer wood (PCW) are investigated. *Bulletin of KhNTUA*, 185, 13-21 (in Ukrainian).

Gayda, S. V. (2017). A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). *Actual problems of forest complex*, 48, 34-38 (in Russian).

Gayda, S. V. (2016). A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. *ProLigno*, 12(1), 22-31.

Gayda, S. V. (2016). Ecological and technological aspects of recycling post-consumer wood for production compacted materials. *Forestry bulletin of MSFU*, 20 (3), 15-22 (in Russian).

Gayda, S. V. (2016). A form of stability of blockboards (BB) made of post-consumer wood (PCW). *Actual problems of forest complex*, 46, 148-153 (in Russian).

Gayda, S. V. (2016). Research on physical and mechanical characteristics of front blockboards made from post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 42, 33-50.

Gayda, S. V. (2015). Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood (PCW). *Actual problems of forest complex*, 43, 175-179 (in Russian).

Gayda, S. V. (2015). 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).

Gayda, S. V. (2014). Techniques for recycled of post-consumer wood in the production of quality particleboard. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 40, 41-51.

Gayda, S. V. (2013). Techniques of fuel pellets produced from post-consumer wood. *Actual problems of forest complex*, 36, 49-53 (in Russian).

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).

Gayda, S. V. (2013). Production techniques and properties of fuel pellets produced from post-consumer wood. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(14), 83-93 (in Ukrainian).

Gayda, S. V. (2013). Resource-saving technologies of recycling of post-consumer wood. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine: Technology and Energy of agroindustrial complex*, 185(2), 271-280 (in Ukrainian).

Gayda, S. V. (2013). Bases of secondary wood resources classifier formation. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 208-215 (in Ukrainian).

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.

Gayda, S. V., & Voronovich V. V. (2011). 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).

Gayda, S. V. (2011). Recovered wood is additional resource of raw material. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 37(1), 238-244 (in Ukrainian).

- Gayda, S. V. (2011). The investigation of physical and mechanical properties of wood particleboards made from post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 37(2), 95-110.
- Gayda, S. V. (2010). A comparative analysis of physical and mechanical parameters of variously designed glued boards made of post-consumer recovered wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 36, 81-91.
- Gayda, S. V. (2009). The effective use of post-consumer wood is basis for diminishing of CO₂-emission. *Scientific Bulletin of UNFU*, 19(14), 72-88 (in Ukrainian).
- Gayda, S. V. (2009). Potential of post-consumer recovered wood and possible ways of it using in Ukraine. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 35, 63-83.
- Gayda, S. V., Maksymiv, V. M., & Tynytsya, T. Yu. (2008). Elaboration of post-consumer wood classifier. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 34, 55-68 (in Ukrainian).
- Gayda, S. V. (2007). A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 33, 55-63 (in Ukrainian).
- Gayda, S. V., & Maksymiv, V. M. (2007). Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 33, 63-73 (in Ukrainian).
- GOST 13715:1978. *Glued boards. Specifications*. Moscow: Gosstandart (in Russian).
- GOST 6449.3:1982. *Products of wood and wooden materials. Tolerances of form and arrangement of surfaces*. Moscow: Gosstandart (in Russian).
- Kiyko, I. O. (2014) The impact of the structural element sizes on the furniture board form stability. *Collection Bulletin UNFU*, 24(5), 169-175 (in Ukrainian).
- Kryvyk, O. O., & Mayevskyy, V. O. (2011) Dynamics of shape stability change for glued panels with a combination of different wood species. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 37(1), 30-33 (in Ukrainian).
- Mayevskyy, V. O., & Benyah, Yu. V. (2005). Investigations of stability of shape of Composite boards from oak solid. *Collection Bulletin UNFU*, 15(5), 199-208 (in Ukrainian).
- Pardaev, A. S. (2008). Methodical principles of modelling of physicomechanical properties of wood are stated at the analysis of the is intense-deformed condition of joiner's designs on the basis Finite Element Method. *Collection Bulletin USTU, Ekaterinburg*, 3, 77-83 (in Russian).
- Pardaev, A. S. (2009). Increased form stability glued board of wood based on process modeling shrinkage and swelling. *Architecture and Construction*, 3(202), 41-44 (in Russian).

Формоустойчивость как критерий качества столярных плит из вторично используемой древесины

С. В. Гайда¹, О. А. Кийко²

Существующие глобальные проблемы на нашей планете стимулировали человечество к рациональному использованию древесины, переработке древесных отходов и, в частности, исследованию не задействованного ресурса – вторично используемой древесины (ВИД), ежегодный потенциал которой составляет в Украине около 2 млн тонн. ВИД на сегодня является ресурсной базой древесного сырья, которая не используется, а ее запасы увеличиваются с усилением развития хозяйств и деревообрабатывающей отрасли, что является актуальной проблемой. Уже более 20 лет в НЛТУ Украины разрабатываются новые конструктивные и технологические решения для производства изделий на основе ВИД: столярной плиты (СП) и древесностружечных плит (ДСП), топливных гранул и брикетов, мебельного щита и различных заготовок.

Проблема исследования заключается в отсутствии ресурсосберегающих и экологобезопасных технологий с практическими рекомендациями по использованию ВИД. Частичное решение данной проблемы даст возможность обеспечить отрасли деревообработки альтернативным дополнительным ресурсом путем переработки ВИД на продукцию. Обосновано, что исследования, направленные на повышение формоустойчивости СП на основе обычной и комбинированной укладки реек из ВИД, вызывают большой практический интерес и относятся к перспективному направлению научно-технической деятельности в НЛТУ Украины.

Цель работы – исследовать и проанализировать формоустойчивость СП из ВИД как обычной конструкции, так и комбинированной конструкции. Объект исследования – СП из ВИД. Предмет исследования – закономерности влияния конструкций щита СП и комбинированной укладки реек различной ширины на формоустойчивость СП из ВИД.

Обосновано, что ВИД годится для изготовления СП, поскольку данная древесина имеет низкую влажность ($W = 8 \pm 3\%$) и стабильные внутренние напряжения, что положительно влияет на формоустойчивость – напряженно-деформированное состояние конструкции СП. Получены закономерности

¹ Гайда Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии мебели и изделий из древесины. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua

² Кийко Орест Антонович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии мебели и изделий из древесины. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-989-80-88. E-mail: orest.kiyko@nltu.edu.ua

ти влияния ширины реек из ВИД (массив) и ВИД (ДСП) на формоустойчивость комбинированных СП из ВИД. Определено, что все значения формоустойчивости полученных СП из ВИД имели показатели меньше нормативных (0,3 мм) согласно ГОСТ 6449.3 «Допуски и посадки. Допуски формы и расположения поверхностей». Доказано, что на формоустойчивость СП из ВИД влияет соотношение толщины к ширине реек. Доказано, что для достижения формоустойчивости в пределах нормы согласно стандарту рекомендуется ширину рейки для склеивания столярного щита принимать не более 2-4-кратной ее толщины.

Установлено, что наилучшее качество по стабильности формы (формоустойчивость) будут иметь комбинированные СП из ВИД при конструкции: $B_{\text{ВИД}} = 30$ мм; $B_{\text{ДСП}} = 70$ мм, когда отклонение от плоскостности составляют 0,081 мм. Для обеспечения формоустойчивости СП из ВИД, эксплуатируемых в условиях переменной влажности, желательно применять соотношение сторон в поперечном сечении реек 1:3, а угол наклона годовых слоев в торце реек должен быть не менее 45° . Рекомендуется, чтобы при изготовлении щита из ВИД и ДСП для обеспечения высокой формоустойчивости плиты использовать деревянные рейки радиально сечения. Облицованные СП из ВИД целесообразно использовать для изготовления корпусных мебельных изделий.

Ключевые слова: новые материалы; комплексное использование древесины; переработка; технология деревообработки; конструкция; режимы.

Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards

S. Hayda¹, O. Kiyko²

The existing global planetary problems have given humanity impetus to rational use of wood, processing of wood residues and, in particular, investigation of the unutilised resource – used wood, the annual potential of which is about 2 million tons in Ukraine. PCW (Post-Consumer Wood) is the resource base of wood raw materials which is not used to the full extent, its reserves increase with the development of households and the woodworking industry. For more than 20 years, the UNFU has been actively searching for alternative

sources of raw materials, which is a relevant problem, and new design and technological solutions are being developed for the manufacture of products based on PCW: blockboards, wood particleboards, fuel pellets, furniture panels and various workpieces.

The research problem is the lack of resource-saving and environmentally sound technologies with practical recommendations for the use of PCW. A partial solution to this problem will provide the woodworking industry with additional alternative resources through recycling PCW into useful products. It is shown that the research aimed at improving shape stability of blockboards made by way of conventional and combined laying of PCW-made strips, and which, as evidenced by long-term use in dry premises, have a steady stress-strain state regardless of the anisotropy of wood, is of great practical interest and belongs to the promising area of scientific and technological activity at the UNFU.

The purpose of the study is to investigate and analyze the shape stability of the PCW-made blockboards both of normal design and combined. The object of the study is the PCW-made blockboard. The subject of the studies – patterns of influence of the blockboard designs and combined laying of strips of different width on the shape stability of PCW-made blockboards.

It is substantiated that PCW is a suitable secondary resource for manufacturing blockboards, since this wood has a low moisture content ($W = 8 \pm 3\%$) and steady internal stresses, which positively affects the shape stability – the stress-strain state of the blockboard structure. Identified are the patterns of influence of the width of strips (core) made of PCW and wood particleboard (WPB) on the strength of the combined PCW-made blockboards.

It was found that all the values for the shape stability of the obtained PCW-made blockboards were lower than the normative (0.3 mm) in accordance with GOST 6449.3 «Fits and clearances. Form tolerance and arrangement of surfaces». It was established that the shape stability of PCW-made blockboards is influenced by the ratio of the thickness of the strip to its width. It is proved that in order to achieve shape stability within the normal range according to the standard, it is recommended that the width of the strips for gluing a blockboard should be taken no more than 2-4 its thickness. It was determined that the best quality as to the shape stability will be found with combined PCW-made blockboards in design: $B_{\text{PCW}} = 30$ мм; $B_{\text{WPB}} = 70$ мм, the deviation from the plane being 0.081 mm. In order to ensure the shape stability of the PCW-made blockboard exposed to variable humidity, it is desirable to apply the ratio of sides in the cross section of strips as 1:3, and the grain angle on the end of the strips must be at least 45° .

It is recommended that in the manufacturing of blockboards made of PCW and WPB, wooden strips of the radial section should be used in order to provide high shape stability. It is expedient to use faced PCW-made blockboards for manufacturing cabinet-type furniture products.

Key words: new materials; complex use of wood; recycling; woodworking technology; design; regimes.

¹ Serhiy Hayda – Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor of the Furniture Production Techniques and Wood Product Technology Department, Ukrainian National Forestry University, 103, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-45-04, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua

² Orest Kiyko – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Science, Professor, Head of the Furniture Production Techniques and Wood Product Technology Department, Ukrainian National Forestry University, 103, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-45-04, +38-067-989-80-88. E-mail: orest.kiyko@nltu.edu.ua