



<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412616>
Article received 2025.09.09
Article revised 2026.02.10
Article accepted 2026.02.19
Article published 2026.05.22

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Serhiy Gayda
serhiy.hayda@nltu.edu.ua
103 General Chuprynka St.,
Lviv, 79057, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 674.028.9:674.213:620.178.3

Вплив поперечних перерізів рейок на характеристики міцності меблевих щитів із дубової деревини

С.В. Гайда¹, В.В. Киянка²

Наведено результати експериментального дослідження впливу геометричних параметрів рейок та їх структурного поєднання на механічні характеристики меблевих щитів із деревини дуба звичайного. Основним критерієм оцінювання прийнято межі міцності при статичному згині як інтегральний показник, що характеризує роботу конструкції в умовах експлуатаційних навантажень. Дослідження виконано із застосуванням методів математичного планування експерименту та регресійного аналізу з урахуванням двох змінних факторів – ширини радіальних і тангентальних рейок.

Встановлено, що збільшення ширини рейок у діапазоні від 22 до 66 мм призводить до зниження межі міцності меблевих щитів до 35%, що зумовлено нерівномірним розподілом напружень і зменшенням кількості клейових з'єднань. Ширина тангентальних рейок має більш виражений негативний вплив на міцність порівняно з радіальними, що пояснюється вищою анізотропією деревини при тангентальному розпилі. Отримано регресійну залежність у натуральних змінних, яка адекватно описує зміну межі міцності меблевого щита при статичному згині від ширини радіальних і тангентальних рейок, що дає змогу прогнозувати значення межі міцності залежно від параметрів конструкції.

Комбіноване укладання рейок різного типу розпилювання та різної ширини дає змогу частково компенсувати негативний вплив окремих факторів і забезпечити рівномірніший напружено-деформований стан. Максимальні значення міцності (до 35 МПа) досягаються за використання вузьких рейок (22–30 мм) з переважанням радіального розпилу. При цьому конструкції з широкими рейками (66 мм) працюють на межі нормативних вимог, що знижує їхню експлуатаційну надійність.

Встановлено вплив поперечних розмірів рейок (ширини і товщини), типу їхнього розпилювання (радіального і тангентального) та способу укладання в конструкцію меблевого щита на межі

¹ Гайда Сергій Володимирович – академік Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

² Киянка Володимир Володимирович – аспірант кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: 25kyianka.v@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0572-8431>

міцності при статичному згині. Здійснено комплексний аналіз поєднання цих факторів із застосуванням методів математичного планування експерименту та регресійного аналізу.

Отримані результати дають змогу підвищити міцність виробів на 15-25% без збільшення матеріаломісткості, забезпечити стабільність геометричних параметрів та зменшити ймовірність дефектів у процесі експлуатації.

Ключові слова: клеєні деревинні конструкції; напружено-деформований стан; анізотропія деревини; клейові з'єднання; факторний експеримент; регресійна модель; оптимізація параметрів; структурна неоднорідність.

Вступ (Introduction).

У контексті сучасних викликів сталого розвитку деревообробної промисловості одним із ключових напрямів є підвищення ефективності використання деревинних ресурсів за рахунок оптимізації конструкційних параметрів виробів, зокрема меблевих щитів. Значна кількість наукових праць присвячена як дослідженню фізико-механічних властивостей деревини, так і вдосконаленню конструкцій клеєних деревинних матеріалів. Також актуальним є питання реалізації принципів циркулярної економіки, що зазначено у Circularity Gap Report (2022) та CircHive (2022).

За результатами аналізу праць Barbu (2022), Bezama (2016), Blomsma & Brennan (2017), European Commission (2015), Murray et al. (2017), Ratajczak & Szostak (2003), Reike et al. (2018), Titus et al. (2021), Tuomasjukka et al. (2017) встановлено, що у світовій практиці домінує підхід до розгляду деревини як ресурсу з високим потенціалом повторного використання. Автори підкреслюють необхідність формування матеріалів із прогнозованими властивостями, що безпосередньо залежить від структури деревини та геометрії її елементів.

У роботах Suominen et al. (2017), Werner et al. (2010), Zajac (2023), Медвідь (2018), Лесів (2020) доведено, що при виготовленні комбінованих деревинних матеріалів, зокрема меблевих щитів, ключову роль відіграє структура внутрішнього шару, яку формують з рейок різного походження (масивна деревина, вторинна деревина, деревинно-стружкові елементи). Такий підхід дає змогу оптимізувати співвідношення між міцністю, стабільністю розмірів і матеріаломісткістю виробів.

Результати досліджень Čunderlík (2017), Medvid & Gayda (2025), Risse (2020), Гайда (2023), підтверджують, що розвиток технологій комбінованих плит базується на принципах ресурсоефективності та циркулярної економіки. За даними European Committee for Standardization (2013, 2016, 2016a, 2019), до 60% деревини після первинного використання може бути повторно залучено у виробничий цикл без суттєвої втрати фізико-механічних власти-

востей. Цей напрям відкриває перспективи створення нових конструкційних матеріалів (Lutsenko, 2025).

У працях Falk et al. (2013) та Risse (2020) доведено, що повторно використана деревина після відповідної підготовки (сортування, очищення, калібрування) зберігає до 80-90% початкової міцності. При цьому автори наголошують на важливості контролю геометричних параметрів елементів, зокрема ширини і товщини рейок, які визначають характер розподілу напружень у конструкції.

Дослідження Podibka & Kiyko (2019) експериментально підтверджують, що механічні характеристики клеєних конструкцій значною мірою залежать від параметрів ламелей. Зокрема встановлено, що збільшення ширини рейок понад певні критичні значення призводить до зростання внутрішніх напружень і зниження межі міцності при статичному згині.

У роботах Krzosek (2022), Zajac (2023) показано, що комбінування рейок різних порід деревини дає змогу регулювати жорсткість і міцність меблевих щитів без суттєвого збільшення маси виробу. Автори відзначають, що оптимальне співвідношення компонентів у конструкції може досягати співвідношення 60 : 40 залежно від функціонального призначення виробу.

Особливу увагу впливу ширини рейок приділено у працях Čunderlík (2017), Гайда та Медвідь (2024), Лесів та ін. (2024), за результатами яких встановлено, що при збільшенні ширини рейок понад 60 мм спостерігається підвищення нерівномірності розподілу напружень, що призводить до зниження міцності при згині на 8-10%. Водночас використання вузьких рейок забезпечує рівномірнішу структуру матеріалу та підвищення стабільності показників.

У дослідженнях Laganià & Lavini (2018) доведено, що введення у структуру меблевих щитів рейок із меншою щільністю іншої породи у частці 30-40% не призводить до суттєвого зменшення міцності – до 10-12 %, що є допустимим для більшості конструкційних застосувань.

Згідно з вимогами стандартів EN 310:2013 та EN 205:2001, межа міцності при статичному згині є основним показником, який характеризує експлуатаційну придатність меблевих щитів. У працях Dudkarska (2020), Krč & Hrázský (2021), Krzosek (2022), Гайда та Кійко (2021) підтверджено, що цей показник є найбільш чутливим до змін структури матеріалу, зокрема до геометрії рейок та способу їхнього укладання.

У роботах Лесів (2025), Медвідь (2021) зазначено, що використання вторинної деревини супроводжується збільшенням варіабельності механічних властивостей, однак середні значення міцності залишаються в межах нормативних вимог. Для підвищення однорідності конструкції автори рекомендують застосовувати сортування рейок за щільністю та модулем пружності.

Результати досліджень Krzosek (2022), Lee & Kim (2021) засвідчують, що чергування рейок різної ширини у конструкції меблевого щита дозволяє оптимізувати розподіл напружень і підвищити міцність на 5-7% порівняно з однорідними структурами.

У працях Лесів і Гайда (2023), Медвідь (2023) встановлено, що навіть після тривалої експлуатації деревина може зберігати достатній рівень міцності для повторного використання у комбінованих конструкціях, за умов дотримання технологічних вимог до оброблення та підготовки матеріалу.

Аналіз результатів досліджень різних авторів дає підставу зробити такі узагальнення: більшість досліджень спрямована на оцінювання фізико-механічних властивостей деревини та клеєних матеріалів без детального врахування геометрії рейок; встановлено суттєвий вплив ширини рейок на розподіл напружень і межу міцності при статичному згині; доведено ефективність комбінування рейок різного типу розпилювання та різної ширини; підтверджено доцільність використання вторинної деревини у складі меблевих щитів; встановлено, що оптимізація структури щитів повинна базуватися на комплексному врахуванні геометричних, структурних і технологічних факторів.

Поряд з цим, за аналізом літературних джерел встановлено, що на сьогодні відсутні системні дослідження, які б одночасно враховували вплив співвідношення ширини до товщини рейок; поєднання радіальних і тангентальних елементів; різні схеми укладання рейок у конструкції меблевого щита; багатофакторний вплив цих параметрів на межу міцності при статичному згині. Ці аспекти підтверджують доцільність і необхідність проведення даного комплексного експери-

ментального дослідження, результати якого наведено у наступних розділах статті.

Отже, одним із ключових напрямів підвищення ефективності використання деревини є оптимізація структури меблевих щитів, зокрема геометричних параметрів їх складових елементів – рейок, які формують несучу основу виробу. Особливої актуальності набуває дослідження впливу поперечних перерізів рейок на фізико-механічні характеристики меблевих щитів (МЩ) із деревини дуба звичайного, яку широко використовують у виробництві завдяки високим показникам міцності, зносостійкості та декоративності.

Актуальність дослідження зумовлена тим, що під час формування МЩ із масивної деревини значну роль відіграє не лише якість вихідної сировини, але й раціональне поєднання геометричних параметрів рейок, їхнього розпилювання (радіального чи тангентального), а також схема укладання у конструкції щита. Неврахування цих факторів призводить до зниження межі міцності при статичному згині, появи внутрішніх напружень і деформацій у процесі експлуатації. Незважаючи на наявність значної кількості досліджень у сфері механіки деревини та клеєних конструкцій, питання комплексного впливу співвідношення ширини до товщини рейок, типу розпилювання та їхніх комбінацій у складі меблевих щитів залишається недостатньо вивченим, особливо для такого твердолистяного деревного виду, як дуб звичайний.

Метою дослідження є встановлення оптимальних параметрів поперечних перерізів рейок та їхнього структурного поєднання в меблевих щитах із деревини дуба для забезпечення максимальних значень межі міцності при статичному згині. Для досягнення мети дослідження визначено такі завдання: дослідити вплив однакової ширини рейок на механічні характеристики щитів; встановити закономірності впливу поєднання рейок радіального і тангентального розпилювань; побудувати емпіричні залежності між параметрами рейок і міцністю щитів.

Дослідження спрямоване на вирішення актуального науково-прикладного завдання – підвищення ефективності використання деревини дуба звичайного у виробництві МЩ шляхом обґрунтованого вибору параметрів рейок та їхнього конструктивного поєднання.

Об'єкти і методика досліджень (Objects and methods).

Об'єктом дослідження є процес формування фізико-механічних характеристик МЩ із деревини дуба. *Предметом дослідження* є

вплив поперечних перерізів рейок (співвідношення ширини до товщини), типу розпилювання та їхніх комбінацій у конструкції меблевого щита на межу міцності при статичному згині.

Методологічна основа дослідження базується на положеннях механіки деревини, теорії міцності матеріалів, а також сучасних підходах до дослідження композиційних деревинних матеріалів. Для забезпечення достовірності та відтворюваності результатів використано стандартизовані методи випробувань і математичного планування експерименту.

Експериментальні дослідження виконано відповідно до вимог чинних європейських стандартів: DIN 68705-2:2016-03, EN 310:2013 – визначення межі міцності при статичному згині; EN 205:2001 – визначення міцності клейових з'єднань; EN 13353:2019 – вимоги до МЩ і деревинних плит; EN 13183-1:2014 – визначення вологості деревини. Опрацювання результатів здійснено із використанням методів математичної статистики, зокрема дисперсійного аналізу (ANOVA) та багатфакторного регресійного аналізу.

У дослідженні використано деревину дуба звичайного (*Quercus robur* L.), яку широко застосовують у виробництві МЩ завдяки високим фізико-механічним властивостям. Основні характеристики матеріалу: вологість деревини – 8-10%; щільність (середня) – 650-720 кг/м³; сортність – без значних дефектів

(сучків, тріщин, гнилі). Як сировину використано рейки (ламелі), отримані із заготовок шляхом радіального і тангентального розпилювань. Для склеювання застосовано клейову систему на основі ПВА-дисперсії (клас D3/D4), що забезпечує достатню міцність з'єднання і стабільність експлуатаційних характеристик.

Зразки МЩ виготовляли в лабораторних умовах із дотриманням технологічного процесу: підготовка рейок (калібрування, фугування, сортування); формування конструкції щита згідно із заданою схемою укладання; нанесення клею та пресування; кондиціонування зразків перед випробуванням.

Геометричні параметри рейок: товщина – 22 мм (стала величина); ширина – 22 мм, 44 мм, 66 мм; довжина зразків – 500 мм; ширина щита – 500 мм.

Таким чином, варіювання здійснювали за параметром ширини рейок та їх комбінації у структурі щита. Для дослідження впливу факторів застосовано повний факторний експеримент (ПФЕ). На основі аналізу результатів досліджень з літературних джерел, практичного досвіду і теоретичного аналізу досліджень було вибрано область експерименту (табл. 1). Змінними факторами для МЩ були різні ширини рейок із ВЖД – 22, 44, 66 мм радіальні ($B_{\text{рад}}$) і тангентальні ($B_{\text{тан}}$) для комбінованого укладання. Вихідним параметром прийнято значення межі міцності меблевих щитів при статичному згині.

Таблиця 1. Матриця В-плану для двох змінних факторів
Table 1. B-plan matrix for two variable factors

№ досліджу	Значення вхідних факторів у досліді			
	У натуральному позначенні		У кодованому позначенні	
	$B_{\text{рад}}$	$B_{\text{тан}}$	x_1	x_2
ПФП 2 ^k	22	22	-1	-1
	66	22	1	-1
	22	66	-1	1
	66	66	1	1
Зіркові точки	22	44	-1	0
	66	44	1	0
	44	22	0	-1
	44	66	0	1

Після виготовлення меблевих щитів їх кондиціонували у лабораторному середовищі за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$ та відносної вологості $65 \pm 5\%$ впродовж семи діб.

Із кожного щита вирізали зразки для випробувань для встановлення межі міцності при статичному згині розміром $250 \times 50 \times 22$ мм (EN 310:2013) та межі міцності при сколюванні

вздовж волокон розміром $100 \times 25 \times 22$ мм (EN 205:2001). Кількість зразків для кожного типу випробувань – не менше 10 одиниць. Випробування проводили на універсальній випробувальній машині Zwick/Roell Z010. Схема навантаження – триточковий згин з прольотом між опорами $l = 200$ мм, швидкість переміщення поперечини – 5 мм/хв.

Межу міцності при згині обчислювали за формулою: $\sigma_u = (3P_{\max}l)/(2bh^2)$, де $P_{\max}$ – максимальне навантаження, Н; l – проліт між опорами, мм; b – ширина зразка, мм; h – товщина зразка, мм.

Основним показником ефективності дослідження була межа міцності при статичному згині (σ_u), МПа. Для порівняння результатів використовували нормативні значення: $\sigma_u \geq 25$ МПа згідно з EN 13353:2019.

Результати (Results).

Результати експериментальних випробувань впливу ширини брусків на показники міцності при

статичному згині МЦ із деревини дуба представлено у табл. 2.

Дисперсію відтворюваності розраховуємо за

$$\text{формулою: } S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N S_j^2}{N}; \quad (1)$$

Підставивши дані у формулу 1, отримаємо значення дисперсії відтворюваності: $S_y^2 = 3,7375/8 = 0,467$. Для визначення коефіцієнтів рівняння було використано відомі методики статистичної обробки даних і розраховано коефіцієнти рівняння регресії з перевіркою на їх значимість (табл. 3). Для

$$\text{дисперсії адекватності (табл. 4): } \sum_{j=1}^8 (\bar{y}_j - y_j^p)^2 \quad (2)$$

Таблиця 2. Розрахунок середніх значень та дисперсії
Table 2. Calculation of mean values and dispersion

№	Результати y_{ij} показника міцності при статичному згині конструкцій МЦ із деревини дуба, МПа					Середнє значення в j -ій вибірці	Дисперсія в j -ій вибірці
	y_{1j}	y_{2j}	y_{3j}	y_{4j}	y_{5j}		
1.	34,383	34,483	35,536	35,336	34,355	34,818	0,32493
2.	30,487	30,910	31,782	31,599	30,594	31,074	0,34470
3.	26,472	26,079	27,534	26,923	25,793	26,560	0,47693
4.	22,767	22,387	23,704	23,101	22,417	22,875	0,29954
5.	30,070	29,640	31,250	30,659	29,650	30,254	0,48288
6.	25,114	25,010	26,353	25,580	23,887	25,189	0,81007
7.	33,442	33,367	34,966	34,041	32,838	33,731	0,65905
8.	23,923	23,752	25,048	24,335	23,593	24,130	0,33941
Сума						228,63	3,7375

Таблиця 3. Розрахунок коефіцієнтів регресії математичної моделі
Table 3. Calculation of regression coefficients of the mathematical model

Коефіцієнт	Величина коефіцієнта	$t(q, f_y) S\{b_i\}$	Висновок	Межі достовірного інтервалу	
				$b_i - t_{\text{табл}} S\{b_i\}$	$b_i + t_{\text{табл}} S\{b_i\}$
b_0	27,820	0,697	значний	27,12	28,52
b_1	-2,082	0,255	значний	-2,34	-1,83
b_2	-4,343	0,255	значний	-4,60	-4,09
b_{11}	-0,098	0,540	незначний	-0,64	0,44
b_{22}	1,111	0,540	значний	0,57	1,65
b_{12}	0,015	0,312	незначний	-0,30	0,33

Таблиця 4. Розрахунок дисперсії адекватності
Table 4. Calculation of the dispersion of adequacy

№ дослідю	$\bar{y}_j$	y_j^p	$(\bar{y}_j - y_j^p)^2$
1	34,82	35,27	0,2059
2	31,07	31,08	0,0000
3	26,56	26,56	0,0000
4	22,88	22,42	0,2059
5	30,25	29,80	0,2026
6	25,19	25,64	0,2026
7	33,73	33,27	0,2092
8	24,13	24,59	0,2092
Сума			1,2354

Визначаємо дисперсію адекватності:

$$S_{ad}^2 = \frac{n}{f_{ad}} \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - y_j^p)^2 \quad (3)$$

$$S_{ad}^2 = 5/(8-7) \times 1,2354 = 6,177.$$

Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_{роз} = \frac{S_{б\ddot{y}льша}^2}{S_{м\ddot{e}нша}^2} = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} \quad (4)$$

Підставивши дані у формулу 4, отримаємо розрахункове значення критерію Фішера: $F_{роз} = 6,177/0,647 = 9,547$.

Табличне значення критерію Фішера $F_{табл.}$, яке залежить від рівня значимості $q = 5\%$, числа ступенів вільності дисперсії адекватності $f_{ad} = 8-7 = 1$ та числа належних оцінок дисперсії відтворюваності $f_y = 8*(5-1) = 32$ становитиме: $F_{табл} = 252$. Оскільки $9,547 < 252$ ($F_{роз} < F_{табл}$), то регресійна модель адекватна.

За результатами оброблення даних експерименту отримано рівняння регресії другого порядку, яке описує залежність межі міцності під час статичного згину σ_u від ширини структурних елементів, тобто ширини дубових рейок (радіал) $B_{рад}$ (x_1) і (тангентал) $B_{тан}$ (x_2). Одержана математична модель – рівняння регресії в нормалізованих значеннях змінних факторів має вигляд:

$$Y = 27,820 - 2,082x_1 - 4,343x_2 - 0,098x_1^2 + 1,111x_2^2 + 0,015x_1x_2.$$

Запис математичної моделі – рівняння регресії в натуральних значеннях змінних факторів має такий вигляд:

$$\sigma_u = 27,818 - 0,0828B_{рад} - 0,1176B_{тан} - 0,000202B_{рад}^2 + 0,002296B_{тан}^2 + 0,000031B_{рад}B_{тан}.$$

Аналіз моделі засвідчує, що обидва фактори мають негативний лінійний вплив; вплив ширини тангентальних рейок є більш значущим; наявність квадратичних членів свідчить про нелінійність процесу; взаємодія факторів має слабкий позитивний ефект. Модель адекватно описує експериментальні дані та може бути використана для прогнозування міцності за різних параметрів конструкції.

Аналіз експериментальних даних показав, що за використання рейок однакової ширини у конструкції меблевого щита спостерігається чітка закономірність зміни межі міцності при статичному згині. За ширини рейок 22 мм досягнуто максимальні значення міцності ($\sigma_u \approx$

34-35 МПа), що пояснюється рівномірністю структури та високою щільністю клейових швів. Зі збільшенням ширини рейок до 44 мм спостережено зниження міцності до рівня 27-30 МПа. За подальшого збільшення ширини до 66 мм відбувається суттєве зниження міцності – до 22-26 МПа, що у низці випадків наближається до нормативного мінімуму. Отже, збільшення ширини рейок призводить до зменшення кількості клейових з'єднань; нерівномірного розподілу напружень; зростання впливу природних дефектів деревини. Тому використання вузьких рейок є більш ефективним варіантом з погляду забезпечення міцності меблевих щитів.

Комбінування рейок різного типу розпилювання суттєво впливає на механічні характеристики щитів. Встановлено, що конструкції з переважанням радіальних рейок забезпечують вищі значення міцності порівняно з тангентальними. Пояснення полягає в тому, що радіальні рейки мають рівномірнішу структуру та меншу анізотропію; тангентальні рейки характеризуються більшою варіабельністю властивостей і схильністю до деформацій. Поряд з цим, повністю однорідні конструкції (лише один тип розпилювання) не є оптимальними. Найкращих результатів досягнуто за комбінованого укладання, де радіальні рейки виконують несучу функцію, а тангентальні – допоміжну, забезпечуючи структурну збалансованість. Графічну інтерпретацію залежностей зображено на рис. 3, 4. При дослідженні комбінованих схем укладання рейок різної ширини встановлено, що чергування вузьких і ширших елементів дає змогу покращити розподіл напружень у конструкції. Зокрема, включення вузьких рейок у структуру з широкими елементами підвищує загальну однорідність матеріалу; комбіноване укладання зменшує концентрацію напружень; забезпечується часткове компенсування негативного впливу широких рейок.

Однак ефективність такого підходу залежить від правильного співвідношення елементів. Надмірна частка широких рейок (66 мм) призводить до домінування негативного ефекту, навіть за їхнього комбінування з вузькими.

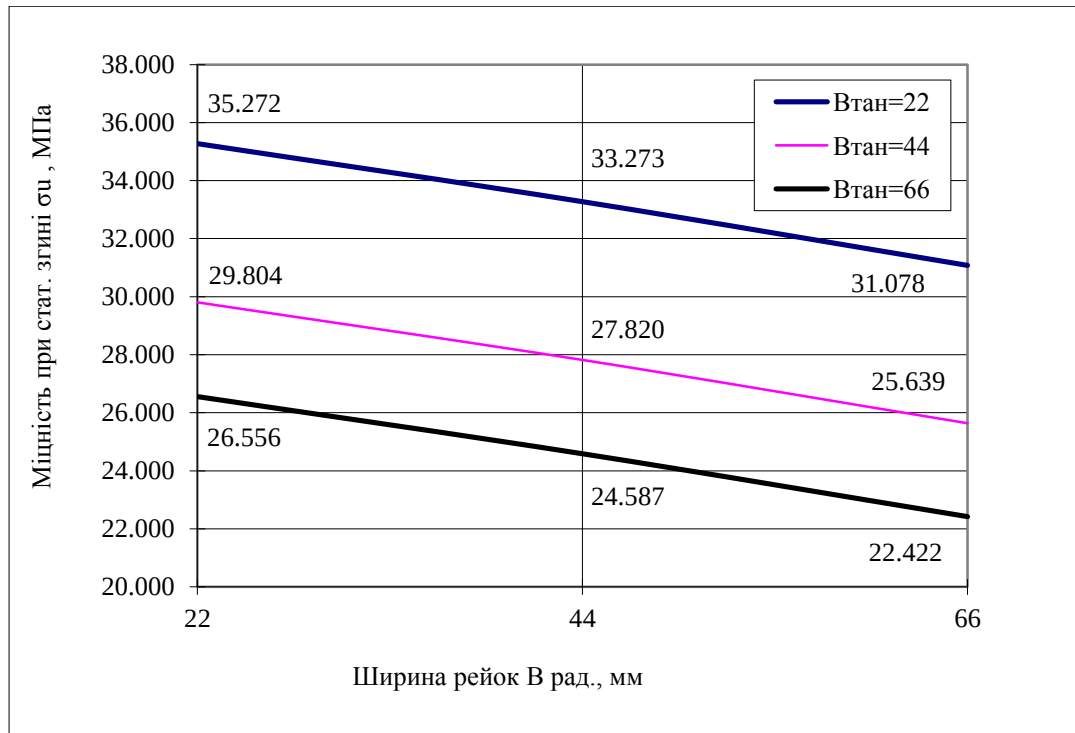


Рис. 3. Залежність межі міцності під час статичного згину σ_u від ширини радіальної рейки $B_{\text{рад.}} (x_1)$ в конструкції МЩ із деревини дуба

Fig. 3. Dependence of the strength limit during static bending σ_u on the width of the radial lamellae $B_{\text{рад.}} (x_1)$ in the designs of a oak furniture panels

Збільшення ширини рейки (радіал) $B_{\text{рад.}} (x_1)$ в конструкції МЩ із деревини дуба не призводить до суттєвого зменшення межі міцності під час статичного згину σ_u . (див. рис. 3). Натомість

тенденція щодо залежності впливу ширини рейки (тангентал) $B_{\text{тан.}} (x_2)$ на зменшення межі міцності під час статичного згину σ_u є суттєвою (див. рис. 4).

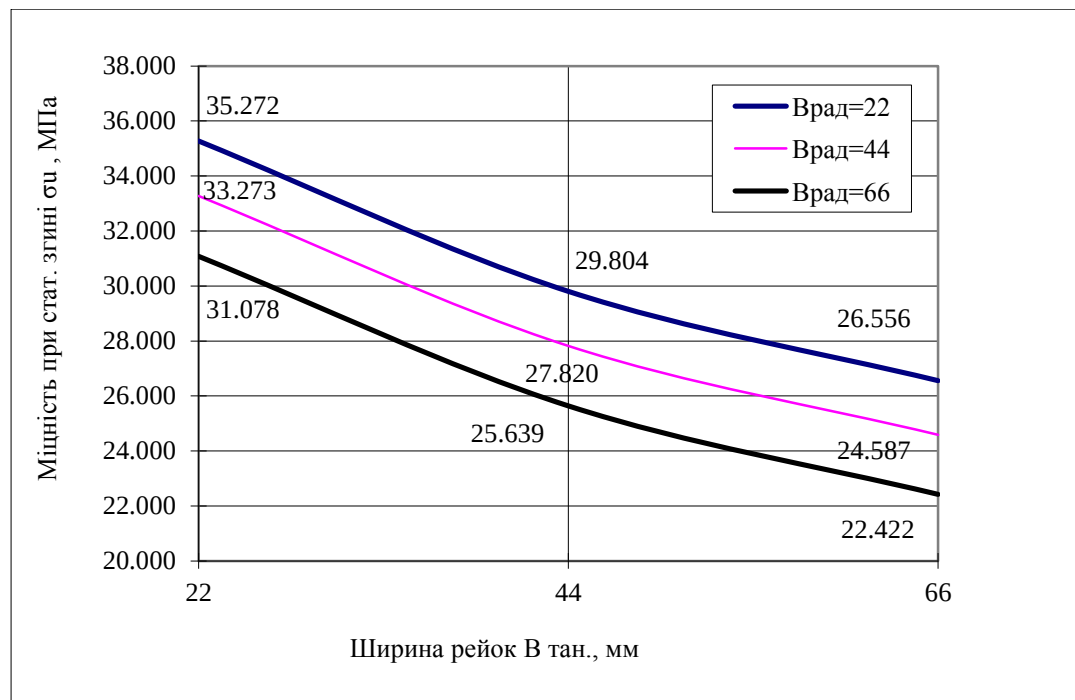


Рис. 4. Залежність межі міцності під час статичного згину σ_u від ширини тангентальної рейки $B_{\text{тан.}} (x_2)$ в конструкції МЩ із деревини дуба

Fig. 4. Dependence of the strength limit during static bending σ_u on the width of the tangential lamellae $B_{\text{тан.}} (x_2)$ in the designs of a oak furniture panels

Згідно з вимогами EN 13353:2019, мінімальне значення межі міцності при статичному згині для МЦ становить 25 МПа. Отримані результати показали, що за ширини 22 мм усі зразки значно перевищують норматив (до +40%); за ширини 44 мм більшість зразків знаходяться у межах міцності 27-31 МПа; за ширини 66 мм частина результатів наближається до граничного значення або незначно перевищує його.

Отже, конструкції з широкими рейками працюють на межі допустимих характеристик, що знижує їхню експлуатаційну надійність. За результатами експерименту здійснено оптимізацію ширини рейок за допомогою градієнтного методу. Встановлено, що максимальне значення межі міцності під час статичного згину $\sigma_u = 35,272$ МПа, взате за абсолютною величиною, можна отримати, зафіксувавши розмірні параметри ширини рейок МЦ із деревини дуба комбінованого укладання: (радіал) $B_{\text{рад}}(x_1) = 22$ мм; (тангентал) $B_{\text{тан}}(x_2) = 22$ мм (рис. 5).

Графічний аналіз залежностей показав, що за збільшення ширини рейок спостерігається лінійне зниження міцності; для тангентальних рейок характерне більш круте «падіння» кривих; поверхня відгуку має нахил у напрямку збільшення обох факторів, що підтверджує їхній негативний вплив; зона максимуму розташована за мінімальних значень ширини рейок. Отже, графічні залежності повністю підтверджують результати математичного моделювання.

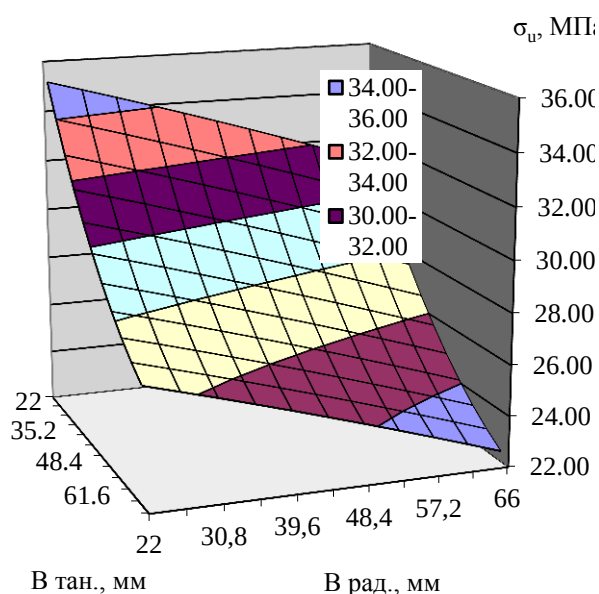


Рис. 5. Графічна залежність $\sigma_u = f(B_{\text{рад}}(x_1), B_{\text{тан}}(x_2))$
Fig. 5. Graphical dependence $\sigma_u = f(B_{\text{рад}}(x_1), B_{\text{тан}}(x_2))$

Здійснений аналіз дає підставу сформулювати такі узагальнення: геометричні

параметри рейок є визначальним фактором формування міцності МЦ; зменшення ширини рейок забезпечує підвищення межі міцності при статичному згині; ширина тангентальних рейок має суттєвіший вплив, ніж радіальних; комбінування рейок різного типу розпилювання дає змогу оптимізувати характеристики конструкції; використання широких рейок (66 мм) є технологічно та конструктивно неефективним. Отримана регресійна модель дозволяє прогнозувати міцність і визначати оптимальні параметри конструкції.

Таким чином, результати дослідження підтверджують необхідність комплексного підходу до формування структури МЦ з урахуванням ширини рейок, типу розпилювання та їхнього поєднання.

Дискусія (Discussion).

Отримані експериментальні результати підтверджують фундаментальні положення механіки деревини та клеєних конструкцій щодо визначального впливу геометричних параметрів елементів на їхні фізико-механічні характеристики. Встановлена тенденція до зниження межі міцності при статичному згині зі збільшенням ширини рейок узгоджується з результатами досліджень Čunderlík (2017), Krč & Hrázský (2021), які вказують на зростання концентрації напружень у широких ламелях. Також підтверджено положення, наведені у працях Falk et al. (2013), Risse (2020) про те, що геометрична структура клеєного матеріалу є ключовим фактором, який визначає його експлуатаційні характеристики поряд із властивостями самої деревини.

Отримані результати показали, що зменшення ширини рейок до 22 мм забезпечує максимальні значення міцності, що повністю узгоджується з висновками Čunderlík (2017), Гайда та Медвідь (2023), де встановлено, що вузькі ламелі сприяють підвищенню однорідності матеріалу. Зниження міцності за вико ристання рейок шириною 66 мм підтверджує результати Krč & Hrázský (2021), які вказують на те, що широкі елементи спричиняють локалізацію напружень і зменшення ефективності роботи матеріалу при згині.

Таким чином, експериментальні дані повністю підтверджують відомі наукові положення щодо негативного впливу збільшення ширини ламелей.

Встановлено, що тангентальні рейки мають більш негативний вплив на міцність, ніж радіальні, що узгоджується з дослідженнями Lee & Kim (2021) та Krzosek (2022), які відзначають підвищену анізотропію тангентального розпилювання. Поряд з цим, отриманий ефект оптимізації

за комбінованого укладання рейок підтверджує результати Zajac (2023), де показано, що комбінування елементів різної структури дає змогу досягти більш збалансованого напружено-деформованого стану. Отже, результати дослідження доповнюють існуючі наукові дані, конкретизуючи їх для випадку МЩ із дуба звичайного.

Отримані результати щодо позитивного ефекту комбінування рейок різної ширини узгоджуються з висновками Krzosek (2022), Lee & Kim (2021), які встановили, що чергування елементів дозволяє зменшити концентрацію напружень. Поряд з цим, результати здійсненого дослідження уточнюють ці положення, показуючи, що ефект комбінування має обмеження і не компенсує негативного впливу надмірної ширини рейок (66 мм). Цей аспект є важливим уточненням до існуючих наукових підходів, оскільки у низці робіт ефект комбінування оцінюють без урахування критичних значень геометричних параметрів.

Отримані значення межі міцності при статичному згині в більшості випадків перевищують нормативні вимоги EN 13353:2019, що підтверджує правильність обраної методики дослідження. Водночас результати показали, що у випадку використання широких рейок значення σ_u наближаються до нормативного мінімуму, що узгоджується з висновками Dudkarska (2020), Гайда та Кійко (2021) про високу чутливість цього показника до структурних змін матеріалу.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність використання показника межі міцності при згині як критерію оцінювання якості меблевих щитів.

Отримана математична модель показала, що обидва фактори мають негативний лінійний вплив; фактор ширини тангентальних рейок є більш значущим; присутня нелінійність процесу (квадратичні члени). Ці результати узгоджуються з роботами Čunderlík (2017), Krč & Hrázský (2021), в яких встановлено складний характер залежності міцності від геометричних параметрів.

Отримана модель має практичну цінність, оскільки враховує одночасно два фактори; дає змогу прогнозувати міцність; може бути використана для оптимізації конструкцій. З технологічного погляду результати дослідження підтверджують висновки European Commission (2015) та Blomsma & Brennan (2017) щодо необхідності оптимізації використання деревинних ресурсів. Встановлено, що використання вузьких рейок підвищує міцність без збільшення матеріаломісткості; комбінування рейок дозволяє ефективніше використовувати

сировину; можливе використання вторинної деревини за умови контролю геометрії елементів. Отже, результати мають безпосереднє прикладне значення для меблевого виробництва.

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням стандартизованих методик випробувань (EN 310, EN 205), застосуванням дисперсійного аналізу, перевіркою адекватності моделі за критерієм Фішера, достатньою кількістю повторів експерименту. Отримані результати узгоджуються з даними інших дослідників (Falk et al., (2013); Krzosek, 2022; Risse, 2020), що підтверджує їхню надійність.

Проведене дослідження розширило існуючі наукові уявлення щодо формування міцності меблевих щитів. Зокрема, встановлено домінуючий вплив ширини тангентальних рейок, підтверджено ефективність використання вузьких елементів, уточнено роль комбінованих структур. Як результат отримано математичну модель, придатну для інженерного застосування.

Перспективи подальших досліджень полягають у тому, що отримані результати відкривають декілька чітких напрямів для поглиблення досліджень і переходу від лабораторної моделі до інженерного проєктування МЩ, зокрема: 1) розширення факторного простору моделі шляхом включення додаткових змінних: товщини рейок (h), співвідношення B/h , частки радіальних / тангентальних елементів, модуля пружності (E) і щільності (ρ) окремих рейок, що дає можливість перейти від двофакторної до багатофакторної моделі та підвищити точність прогнозування σ_u ; 2) оптимізація схем укладання за варіантами: симетричне / несиметричне укладання; чергування вузьких і широких рейок; градієнтні структури (зміна ширини / типу розпилювання за товщиною / шириною щита) з метою формування конфігурації, що мінімізують концентрації напружень при згині; 3) масштабування на деревину інших порід шляхом перевірки встановлених закономірностей для бука, ясеня та хвойних. Порівняльний аналіз дозволить сформувати універсальні рекомендації або поправочні коефіцієнти для різних порід. Сукупна реалізація цих напрямів дасть змогу перейти від встановлених емпіричних залежностей до повноцінної інженерної методики проєктування МЩ із прогнозованими характеристиками та гарантованою надійністю.

Висновки (Conclusions).

1. Доведено домінуючий вплив ширини тангентальних рейок, оскільки вплив фактора $B_{\text{тан}}$ є на 30-40% сильнішим, ніж $B_{\text{рад}}$, що підтверджується більшим за модулем коефіцієнтом регресії (-0,1176 проти -0,0828).

2. Отримано закономірність зниження міцності зі збільшенням ширини рейок, зокрема: при $B = 22 \text{ мм}$ $\sigma_u \approx 34\text{--}35 \text{ МПа}$; при $B = 44 \text{ мм}$ $\sigma_u \approx 27\text{--}30 \text{ МПа}$; при $B = 66 \text{ мм}$ $\sigma_u \approx 22\text{--}26 \text{ МПа}$. Загальне зниження міцності становить до 35%.

3. Підтверджено нелінійний характер впливу факторів, оскільки наявність квадратичних членів показує, що для радіальних рейок спостерігається прогресуюче зниження міцності, а для тангентальних – наявний частковий оптимум у середньому діапазоні значень.

4. Обґрунтовано ефективність комбінованого укладання рейок, оскільки найвищі значення міцності досягаються за переважання радіальних рейок та обмеженому використанні тангентальних, а також за поєднання рейок різної ширини, що забезпечує рівномірний розподіл напружень.

5. Отримано практично значущі результати, оскільки впровадження встановлених параметрів забезпечить підвищення міцності МЩ на 15–25%, зменшить ризик руйнування та деформацій, оптимізує використання деревинної сировини без збільшення матеріаломісткості.

6. Міцність МЩ із деревини дуба звичайного визначається насамперед шириною тангентальних рейок та їх співвідношенням із радіальними елементами, а оптимізація поперечних перерізів дає змогу цілеспрямовано формувати конструкцію з прогнозованими фізико-механічними характеристиками.

Конфлікт інтересів (Conflicts of Interest).

Автори заявляють про відсутність у них відомих конкуруючих фінансових інтересів чи особистих зв'язків, які могли б вплинути на результати, представлені у цій статті.

Список літератури (References)

- Barbu, M. C. (2022). Circular wood materials and the reuse potential of solid timber. *European Journal of Wood Products*, 80(3), 499–510. <https://doi.org/10.1007/s00107-022-01775-8>
- Bezama, A. (2016). Let us discuss how cascading can help implement the circular economy and the bio-economy strategies. *Waste Management & Research*, 34(7), 593–594. <https://doi.org/10.1177/0734242X16657973>
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21, 603–614. <https://doi.org/10.1111/jiec.12603>
- Circularity Gap Report (2022). Five years of analysis by Circle Economy https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/1_report_cgr_global_2022
- CircHive (2022). *Developing & piloting biodiversity footprinting & natural capital accounting via a “beehive” of sectoral hubs, for sustainable transition to a circular EU bioeconomy* [Project]. Project duration: December 1, 2022–November 30, 2027.
- Čunderlík, I. (2017). Effect of slat width on the bending stiffness of glued panels. *Acta Facultatis Technicae*, 22(1), 45–52. <https://doi.org/10.5555/acta-2017-22-1-45>
- DIN Deutsches Institut für Normung. (2016). *DIN 68705-2:2016-03. Plywood – Part 2: Blockboard and laminboard for general use* (Sperrholz – Teil 2: Stab- und Stäbchensperrholz für allgemeine Zwecke). Berlin: Beuth Verlag
- Dukarska, D. (2020). Mechanical consistency of recycled wood-based composites. *BioResources*, 15(2), 2504–2520. <https://doi.org/10.15376/biores.15.2.2504-2520>
- European Commission (2015). *Closing the loop: An action plan for the circular economy* [Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions]. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- European Committee for Standardization (2013). *Wood-based panels—Determination of modulus of elasticity in bending and bending strength* (EN 310:2013). Brussels: CEN.
- European Committee for Standardization (2016). *Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications* (EN 204:2016). Brussels: CEN.
- European Committee for Standardization (2016a). *Plywood – Specifications – Part 2: Requirements for plywood for use in humid conditions* (EN 636-2:2016). Brussels: CEN.
- European Committee for Standardization (2019). *Solid wood panels (SWP) for internal use – Requirements* (EN 13353:2019). Brussels: CEN.
- Falk, R. H., Cramer, S., & Evans, J. (2013). Framing lumber from building removal: How do we best utilize this untapped structural resource? *Forest Products Journal*, 62(7-8), 492–499. <https://doi.org/10.13073/0015-7473-62.7.492>
- Gayda, S. V. (2023). Determination of the circularity indicator in the forest sector according to the principles of the circular economy. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 99–114. <https://doi.org/10.36930/42234908>
- [Гайда, С. В. (2023). Визначення показника циркулярності в лісовому секторі за принципами циркулярної економіки. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 99–114] (in Ukrainian)

- Gayda, S. V., & Kiyko, O. A. (2021). Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 23, 152–162. <https://doi.org/10.15421/412135> [Гайда, С. В., Кійко О. А. (2021). Властивості ВЖД як важливий чинник якості конструкційних матеріалів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 23, 152–162] (in Ukrainian)
- Gayda, S. V., & Medvid, L. V. (2024). Construction of the mathematical model of the strength of post-consumer wood made blockboard of different designs. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 27, 189–198. <https://doi.org/10.15421/412426> [Гайда, С. В., Медвідь, Л. В. (2024). Побудова математичної моделі міцності столярних плит різних конструкцій із ВЖД. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 27, 189–198] (in Ukrainian)
- Krč, J., & Hrázský, J. (2021). Mechanical properties of reclaimed pine timber. *Construction and Building Materials*, 294, 123–143. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123143>
- Krzosek, S. (2022). Hybrid solid wood panels with mixed wood species. *Wood Structure*, 5(2), 145–153. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1030>
- Lagaña, R., & Lanvin, M. (2018). Hybrid particle–solid wood panels: structure and strength. *Forest Products Journal*, 68(2), 115–123. <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-17-00047>
- Lee, S. H., & Kim, H. (2021). Density-sorting method for reclaimed timber optimization. *Journal of Wood Science*, 67(3), 199–208. <https://doi.org/10.1186/s10086-021-01964-7>
- Lesiv, L. E. (2020). Study of the characteristics of combined of blockboards made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 48, 69–86. <https://doi.org/10.36930/42224806> [Лесів, Л. Е. (2022). Дослідження характеристик комбінованих столярних плит із ВЖД. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 48, 69–86] (in Ukrainian)
- Lesiv, L. E. (2025). Theoretical substitution of the patterns of the influence of components from post-consumer wood on the physical and mechanical characteristics of combined blockboards. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 51, 80–93. <https://doi.org/10.36930/42255106> [Лесів, Л. Е. (2025). Теоретичне обґрунтування закономірностей впливу складових елементів із вживаної деревини на фізико-механічні характеристики комбінованих столярних плит. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 51, 80–93] (in Ukrainian)
- Lesiv, L. E., & Gayda, S. V. (2023). Mathematical model of forecasting volumes of post-consumer wood production. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 33–47. <https://doi.org/10.36930/42234903> [Лесів, Л. Е., Гайда, С. В. (2023). Математична модель прогнозування обсягів утворення ВЖД. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 33–47] (in Ukrainian)
- Lesiv, L. E., Gayda, S. V., & Salapak, L. V. (2024). Development of a mathematical model of the strength of joined preparations from post-consumer fir wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 50, 16–28. <https://doi.org/10.36930/42245002> [Лесів, Л. Е., Гайда, С. В., Салапак, Л. В. (2024). Розроблення математичної моделі міцності зрощених заготовок із ВЖД ялиці. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 50, 16–28] (in Ukrainian)
- Lutsenko, A. O. (2025). Formulation of a mathematical model of adaptive furniture design within the IMOS CAD Environment. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 51, 135–150. <https://doi.org/10.36930/42255110> [Луценко, А. О. (2025). Побудова математичної моделі адаптивного проектування меблів у середовищі IMOS. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 51, 135–150] (in Ukrainian)
- Medvid, L. V. (2018). Systematization of wood waste – the basis of their effective use. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 44, 91–104. <https://doi.org/10.36930/42184412> [Медвідь, Л. В. (2018). Систематизація деревинних відходів – основа їх ефективного використання. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 44, 91–104] (in Ukrainian)
- Medvid, L. V. (2021). Post-consumer wood – an additional reserve of raw materials for construction materials. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 47, 34–46. <https://doi.org/10.36930/42214706> [Медвідь, Л. В. (2021). ВЖД – додатковий резерв сировини для конструкційних матеріалів. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 47, 34–46] (in Ukrainian)
- Medvid, L. V. (2023). Determination of the strength indicators of normal blockboard made of post-

- consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 49, 85–98. <https://doi.org/10.36930/42234907> [Медвідь, Л. В. (2023). Визначення показників міцності звичайних столярних плит із ВЖД. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 49, 85–98] (in Ukrainian)
- Medvid, L. V., & Gayda, S. V. (2025). Establishing the dependence of the surface-cleaning depth of post-consumer wood blanks on the operating parameters of a needle-milling machine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 35(6), 25–32. <https://doi.org/10.36930/40350603> [Медвідь, Л. В., Гайда, С. В. (2025). Встановлення залежності глибини поверхневого очищення заготовок із вживаної деревини від режимів роботи голкофрезерного верстату. *Науковий вісник НЛТУ України*, 35(6), 25–32] (in Ukrainian)
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Podibka, T. I., & Kiyko, O. A. (2019). A study of the influence of the transverse dimensions of beech of strips on the form of stability of furniture board. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 45, 155–171. <https://doi.org/10.36930/42194521> [Подібка, Т. І., Кійко, О. А. (2019). Дослідження впливу поперечних розмірів букових рейок на формостійкість меблевих щитів. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 45, 155–171] (in Ukrainian)
- Ratajczak, E., & Szostak, A. (2003). Wood waste resources in Poland. *Czysta Energia*, 6, 122–125. <https://www.drewno.pl/artykuly/1399, zasoby-odpadow-drzewnych-w-polsce.html>
- [Ratajczak, E., Szostak, A. (2003). Zasoby odpadów drzewnych w Polsce. *Czysta Energia*, 6, 122–125] (in Polish)
- Reike, D., Vermeulen Walter, J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? – Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 246–264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
- Risse, M. (2020). Reuse of wood elements in composite panels. *Wood Research*, 65(4), 581–592. <https://www.woodresearch.sk>
- Suominen, T., Kunttu, J., Jasinevičius, G., Tuomasjukka, D., & Lindner, M. (2017). Trade-offs in sustainability impacts of introducing cascade use of wood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(7), 588–597. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1342859>
- Titus, B. D., Brown, K., Helmisaari, H.-S., Vangelova, E., Stupak, I., Evans, A., ... Reece, P. (2021). Sustainable forest biomass: a review of current residue harvesting guidelines. *Energy, Sustainability and Society*, 11(10). <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00281-w>
- Tuomasjukka, D., Athanassiadis, D. & Vis, M. (2017). Threefold sustainability impact assessment method comparison for renewable energy value chains. *International Journal of Forest Engineering*, 28(2), 116–122. <https://doi.org/10.1080/14942119.2017.1318549>
- Werner, F., Taverna, R., Hofer, P., Thürig, E., & Kaufmann, E. (2010). National and global greenhouse gas dynamics of different forest management and wood use scenarios: a model-based assessment. *Environmental Science & Policy*, 13(1), 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.10.004>
- Zajac, G. (2023). Combined wooden boards with recycled layers. *Wood Engineering*, 7(1), 22–33. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.0123>

The influence of cross-sections of lamellae on the strength characteristics of furniture panels made from oak wood

S. Gayda¹, V. Kyianka²

The paper presents the results of an experimental study on the influence of the geometric parameters of lamellae and their structural combination on the mechanical properties of furniture panels made from pedunculate oak (*Quercus robur* L.) wood. The modulus of rupture in static bending was adopted as the main evaluation criterion, serving as an integral indicator characterizing the performance of the structure under operational loading conditions. The study was carried out using methods of mathematical experimental design and regression analysis, taking into account two variable factors, namely the width of radial and tangential lamellae.

An increase in lamella width within the range from 22 to 66 mm resulted in a decrease in the bending strength of furniture panels by up to 35%, which is attributed to the non-uniform stress distribution and the reduced number of adhesive joints. It was established that the width of tangential lamellae exerts a more pronounced negative effect on strength compared to radial lamellae, owing to the higher anisotropy of wood under tangential sawing. The quantitative influence of the geometric parameters of lamellae on the bending strength of furniture panels under static loading was determined. A regression model expressed in natural variables was obtained, adequately describing the variation in the modulus of rupture of furniture panels under static bending as a function of the width of radial and tangential lamellae.

This makes it possible to predict the bending strength values depending on the structural parameters of the panel. The combined arrangement of lamellae of different sawing patterns and widths makes it possible to partially compensate for the negative influence of individual factors and to ensure a more uniform

stress-strain state of the structure. The highest strength values (up to 35 MPa) were achieved when narrow lamellae (22–30 mm) with a predominance of radial sawing were used. At the same time, structures composed of wide lamellae (66 mm) operated near the limit of prescribed standard requirements, which reduces their operational reliability.

The scientific novelty of the study lies in identifying the patterns of how the cross-sectional dimensions of lamellae (width and thickness), the type of sawing pattern (radial and tangential), and the method of their arrangement within the furniture panel structure affect the strength limit under static bending. For the first time, a comprehensive analysis of the combined effect of these factors was carried out using methods of mathematical design of experiments and regression analysis. Such an approach makes it possible to obtain empirical relationships and to determine the optimal parameters for the fabrication of furniture panels.

The practical significance of the study lies in the possibility of applying the established relationship to optimize the manufacturing technology of furniture panels made from *Quercus robur* wood. The obtained results make it possible to increase the strength of products by 15–25% without increasing material consumption, to ensure the stability of geometric parameters, and to reduce the probability of defects during service life. The recommendations formulated on the basis of the study findings may be implemented in the production practice of furniture manufacturing enterprises and may also be used in the development of regulatory and technological documentation.

Key words: glued wooden structures; stress-strain state; wood anisotropy; adhesive joints; factorial experiment; regression model; parameter optimization; structural heterogeneity.

¹ Serhiy Gayda – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Engineering Sciences, Professor at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

² Volodymyr Kyianka – PhD Student at the Department of Furniture Production Techniques and Wood Products Technology, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: 25kyianka.v@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0572-8431>

