

**Національний лісотехнічний університет України**

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій меблів і виробів з деревини

## **Пояснювальна записка**

до магістерської роботи

Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему : **Порівняльний аналіз міцнісних характеристик меблевих щитів із деревини бука різних конструкцій, м. Львів**

---

**Виконав:** студент II курсу, групи ДМТ-61м

**Чмола Микола Володимирович**

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

**Керівник:** асист., Ph.D Подібка Т.І.

Рецензент: Шумак Вовсяні Р. Б

м. Львів – 2025 рік

**Національний лісотехнічний університет України**

Інститут деревообробних технологій і дизайну

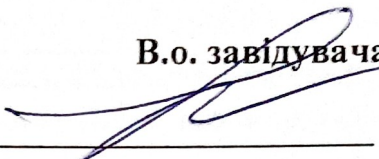
Кафедра технологій меблів і виробів з деревини

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Магістр

Спеціальність: 187 «Деревообробні та меблеві технології»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**В.о. завідувача кафедри ТМВД**

  
проф. Кійко О.А.

“ 16 ” 07 2025 року

## **ЗАВДАННЯ**

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

**Чмолі Миколі Володимировичу**

1. Тема роботи: **Порівняльний аналіз міцнісних характеристик  
меблевих щитів із деревини бука різних конструкцій, м. Львів**

керівник роботи: асист., Ph.D Подібка Т.І.

затверджені наказом по університету від 10 червня 2025 року, № С-344

2. Термін подання студентом роботи: 15 грудня 2025 року.

3. Вихідні дані до магістерської роботи:



Опис підприємства, організації, лабораторії. Технологічний процес виготовлення, лабораторія випробування. Існуюче обладнання та пристрої. Техніко-економічне обґрунтування стану питання за показниками за 2024 рік. Аналіз стану питання та завдання досліджень. Особливості перероблення деревини та практичних розробок у деревообробному та меблевому виробництві. Методика проведення досліджень. Відомості з охорони праці та економіки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Техніко-економічне обґрунтування. Технологічний розділ. Науково-методичний розділ. Охорона праці. Висновки. Анотація. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Генеральний план підприємства. Лабораторії випробувань.
2. Техніко-економічні показники.
3. Презентація магістерської роботи у вигляді 17 слайдів, представлених у програмі “Power-Point”.


6. Консультанти розділів роботи:


Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доц. Сомар Г.В.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 16 липня 2025 р. \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз стану питання	17.07-30.07	Виконав
2.	Теоретичне обґрунтування досліджень	01.08-15.08	Виконав
3.	Складання методики досліджень	16.08-20.08	Виконав
4.	Експериментальні дослідження	21.08-20.11	Виконав
5.	Обробка даних досліджень	16.11-06.12	Виконав
6.	Оформлення рисунків та таблиць	07.12-12.12	Виконав
7.	Написання розділу з економіки	13.12-16.12	Виконав
8.	Написання висновків та пропозицій	11.12-16.12	Виконав
9.	Оформлення пояснювальної записки	10.12-17.12	Виконав
10.	Збір рецензій	18.12-21.12	Виконав

Студент:  студ. **Чмола Микола Володимирович**

Керівник роботи:  асист., Ph.D **Подібка Т.І.**

## ЗМІСТ

	Зміст	3
	АНОТАЦІЯ	6
	Передмова	8
	ВСТУП	10
1	ОПИС ТА ОСОБЛИВОСТІ МІЦНОСТІ КЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ТИПАМИ З'ЄДНАНЬ	12
1.1.	Опис необхідності та практичної доцільності зрівняльного аналізу міцності клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань	12
1.2.	Проблемність та актуальність встановлення межі міцності клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань	13
1.3.	Систематизація клеєних меблевих щитів (порода бук) як конструкційних елементів під час формування виробів меблевих	14
1.4.	Систематизація клеєних меблевих щитів як конструкційних елементів різних порід дерев під час формування виробів меблевих	15
1.5.	Систематизація клеєних меблевих щитів, що сформовані різними типами з'єднань під час зрощування за шириною	17
1.6.	Особливості формування клеєних меблевих щитів при використанні вставних рейок різного поперечного перерізу та різних порід	19
1.7.	Систематизація клеєних меблевих щитів, в яких ламелі сформовані різними типами з'єднань під час зрощування за довжиною	21
1.8.	Технологічні особливості під час формування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною	23
1.9.	Відмінності у характеристиках клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною	25
1.10.	Суть та мета зрівняльного аналізу клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною	27
1.11.	Завдання при здійсненні зрівняльного аналізу клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною	29
1.12.	Висновки до розділу	30
2	МЕТОДИКА ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ЗРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ КЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ТИПАМИ З'ЄДНАНЬ ЗА ШИРИНОЮ, ТОБТО НА ФУГУ ГЛАДКУ (ширина крайки 0,021м), НА ГРЕБІНЬ-ПАЗ (ПРЯМИЙ), НА ВСТАВНУ-РЕЙКУ-(БУК)	32
2.1.	Методика формування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною,	32

	тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	
2.2.	Методика формування зразків для випробування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	34
2.3.	Вимоги до експериментальних зразків для випробування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	36
2.4.	Суть методики випробування зразків із отриманих клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	39
2.5.	Висновки до розділу	41
3	РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНОГО ЗРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ КЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ТИПАМИ З'ЄДНАНЬ ЗА ШИРИНОЮ, ТОБТО НА ФУГУ ГЛАДКУ (ширина крайки 0,021м), НА ГРЕБІНЬ-ПАЗ (ПРЯМИЙ), НА ВСТАВНУ-РЕЙКУ-(БУК)	43
3.1.	Результати проведеного зрівняльного аналізу показника міцності при згині зразків із клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	43
3.1.1.	Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)	43
3.1.2.	Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на гребінь-паз (прямий)	47
3.1.3.	Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на вставну-рейку-(бук)	51
3.1.4	Аналіз показників міцності при згині зразків із клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	55
3.2.	Результати проведеного зрівняльного аналізу показника міцності при сколюванні зразків із клеєних дерев'яних щитових	57

	конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	
3.2.1.	Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)	57
3.2.2.	Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на гребінь-паз (прямий)	61
3.2.3.	Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на вставну-рейку-(бук)	64
3.2.4.	Аналіз показників міцності при сколюванні зразків із клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	68
3.3.	Висновки до розділу	71
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	73
4.1.	Аналіз показників та стану стосовно безпеки виробництва та охорони праці для підприємств випускі клеєних конструкцій з деревини	73
4.2.	Заходи з поліпшення показників та стану стосовно безпеки виробництва та охорони праці для підприємств випускі клеєних конструкцій з деревини	75
	Висновки до розділу	77
5	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	79
5.1.	Неохідні показники для визначення кошторису витрат під час створення клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	79
5.2.	Підсумкова форма з даними визначення кошторису витрат під час створення клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)	79
5.3.	Висновки до розділу	81
6.	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	82
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	85

## АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі здійснено порівняльний аналіз міцнісних характеристик меблевих щитів із деревини бука, виготовлених за різними типами з'єднання рейок за шириною: на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м), на гребінь-паз (прямий) та на вставну рейку (бук).

Дослідження спрямоване на визначення впливу конструкційного типу з'єднання на межу міцності при статичному згині та сколюванні вздовж волокон, а також на оцінку економічної доцільності кожного варіанта.

Розроблено методику виготовлення зразків і проведення експериментальних випробувань відповідно до вимог стандартів ДСТУ EN 408:2016 і EN 13353:2018. Для кожного типу щита виготовлено по п'ять зразків із рейок поперечного перерізу 60×21 мм, висушених і склеєних у промислових умовах.

Отримані результати засвідчили, що всі конструкції перевищують нормативні показники міцності.

Під час випробувань на статичний згин середні значення межі міцності становили: 17,161 МПа (фуга гладка), 19,378 МПа (гребінь-паз), 20,143 МПа (вставна рейка); при сколюванні вздовж волокон — 1,322 МПа, 1,351 МПа та 1,309 МПа відповідно.

Встановлено, що з'єднання “гребінь-паз” забезпечує оптимальне співвідношення міцності й собівартості — підвищення міцності на 13 % при зростанні витрат лише на 23,9 %.

Конструкція “вставна рейка” є найміцнішою (+17 % до базового варіанта), однак має найбільшу собівартість (+44,6 %).

Проведено економічні розрахунки, охарактеризовано структуру витрат і надано рекомендації щодо раціонального вибору технології виготовлення меблевих щитів із деревини бука.

Додатково розроблено комплекс заходів з охорони праці та екологічної безпеки, спрямований на вдосконалення умов праці у деревообробних цехах.

Результати роботи мають практичну цінність для деревообробних підприємств і можуть бути використані при проектуванні технологічних процесів, розрахунках собівартості, розробленні нормативних карт і навчальних матеріалів зі спеціальності 187 «Деревообробні та меблеві технології».

**Ключові слова:** меблеві щити, бук, з'єднання рейок, фуга гладка, гребінь-паз, вставна рейка, статичний згин, сколювання, міцність, собівартість, технологія, охорона праці.

## ABSTRACT

The master's thesis presents a comparative analysis of the strength characteristics of beech wood furniture panels manufactured with different edge-jointing methods: butt joint (smooth edge 0.021 m), tongue-and-groove joint (straight), and insert-spline joint (beech). The study focuses on determining the effect of joint geometry on the bending and shear strength along the fibers and evaluating the economic efficiency of each structural solution.

A detailed methodology for specimen fabrication and testing was developed in accordance with DSTU EN 408:2016 and EN 13353:2018 standards.

Five specimens of each joint type were made from beech lamellae with a cross-section of 60×21 mm and tested under controlled conditions.

The results showed that all designs exceeded the standard strength limits.

The average bending strength reached 17.161 MPa (butt joint), 19.378 MPa (tongue-and-groove), and 20.143 MPa (insert-spline); the shear strength along the fibers was 1.322 MPa, 1.351 MPa, and 1.309 MPa, respectively.

It was determined that the tongue-and-groove joint provides the best balance between strength and production cost, with a 13% strength increase and only 23.9% higher cost compared to the base version.

The insert-spline joint demonstrated the highest strength (+17%) but also the highest production cost (+44.6%).

Economic calculations and cost-structure analysis confirmed that the tongue-and-groove technology is the most rational for serial furniture panel production. Additionally, a set of occupational safety and environmental protection measures was proposed to improve working conditions in wood-processing facilities.

The obtained results have practical value for woodworking enterprises and can be used in technological design, cost optimization, and the development of educational and normative materials for the specialty 187 "Woodworking and Furniture Technologies."

**Keywords:** furniture panels, beech wood, edge joints, butt joint, tongue-and-groove, insert-spline, bending strength, shear strength, cost analysis, technology, occupational safety.

## ПЕРЕДМОВА

У сучасних умовах розвитку деревообробної та меблевої галузей України зростає потреба у вдосконаленні технологій виробництва конструкційних матеріалів із деревини, які забезпечують високу якість, довговічність та економічну ефективність. Значну частину виробів меблевої промисловості становлять щитові елементи — меблеві щити, які широко застосовуються у виробництві стільниць, фасадів, корпусних деталей та декоративних панелей. Саме від їх міцності, стабільності форми та технологічної точності залежить експлуатаційна надійність готових меблів.

Одним із найважливіших чинників, що визначають якість меблевого щита, є тип з'єднання рейок за шириною. Залежно від технології склеювання — на фугу гладку, у паз-гребінь чи на вставну рейку — змінюються показники міцності при згині, сколюванні, стійкості до розтріскування та внутрішніх деформацій. На практиці вибір типу з'єднання нерідко здійснюється інтуїтивно або за технологічними можливостями виробництва, без ґрунтового аналізу впливу конструкції з'єднання на міцнісні характеристики. Саме тому постає потреба у систематизованому дослідженні цього питання, що дозволить обґрунтувати вибір оптимального способу з'єднання з позицій міцності, економічності та технологічної доцільності.

Матеріалом для дослідження обрано деревину бука — породу, що поєднує високу щільність, твердість і добру клеєздатність. Завдяки цим властивостям бук є одним із найпоширеніших матеріалів у виготовленні меблевих щитів та деталей високої якості. Проте його природна схильність до деформацій при зміні вологості вимагає ретельного підбору конструкції з'єднання та параметрів склеювання.

Робота побудована відповідно до логіки наукового дослідження — від теоретичного обґрунтування проблеми до експериментальної перевірки та аналізу отриманих результатів.

У **першому розділі** наведено аналіз наукових і технічних джерел щодо особливостей формування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, класифікації з'єднань за шириною, систематизації типів меблевих щитів і характеристик деревини бука. Визначено актуальність та завдання порівняльного аналізу, сформульовано основні проблемні аспекти у виборі типу з'єднання для забезпечення необхідних міцнісних властивостей.

**Другий розділ** присвячений методиці проведення дослідження: описано технологію виготовлення експериментальних щитів трьох типів з'єднання за шириною (на фугу гладку, у паз-гребінь, на вставну рейку), наведено вимоги до зразків, умови випробувань і порядок проведення експериментів на статичний згин і сколювання.

У **третьому розділі** подано результати експериментальних випробувань, статистичну обробку отриманих даних і порівняльний аналіз міцнісних характеристик. Визначено закономірності зміни межі міцності залежно від типу з'єднання та здійснено оцінку ефективності кожного з них із позицій раціонального використання деревини.

**Четвертий розділ** містить аналіз питань охорони праці, техніки безпеки й виробничої санітарії під час виконання технологічних операцій, пов'язаних із виготовленням і випробуванням клеєних дерев'яних конструкцій. Наведено рекомендації щодо поліпшення умов праці та зниження виробничих ризиків.

У **п'ятому розділі** виконано економічний аналіз виробництва меблевих щитів різних типів з'єднання. Проведено розрахунок витрат матеріалів, енергоресурсів і трудових затрат, визначено собівартість виготовлення зразків і зроблено висновки щодо економічної доцільності використання певних типів з'єднань у промислових умовах.

У **загальних висновках** узагальнено результати досліджень, наведено оцінку досягнення мети та сформульовано практичні рекомендації для підприємств меблевої галузі щодо вибору оптимальної технології виготовлення меблевих щитів з деревини бука.

Магістерська робота має як теоретичне, так і прикладне значення. Теоретична частина дозволяє систематизувати знання про вплив конструкції з'єднань на міцність клеєних дерев'яних матеріалів, тоді як практичні результати можуть бути використані для удосконалення технологічних процесів на деревообробних підприємствах, оптимізації витрат клею та підвищення конкурентоспроможності меблевої продукції.

Сучасна меблева промисловість орієнтована на підвищення якості продукції, раціональне використання деревини та вдосконалення технологій виготовлення конструкційних матеріалів. Одним із найважливіших таких матеріалів є меблевий щит, міцність і стабільність якого значною мірою залежать від типу з'єднання рейок за шириною. Вибір оптимального способу з'єднання визначає надійність і довговічність меблів, а також економічність виробництва.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю встановлення закономірностей зміни міцності меблевих щитів залежно від типу з'єднання — на фугу гладку, у паз-гребінь та на вставну рейку. На практиці вибір типу з'єднання здійснюється переважно з міркувань зручності, без врахування впливу конструкції на опір навантаженням і деформаціям. Це вимагає наукового обґрунтування, яке дозволить підвищити ефективність виробництва та якість готових виробів. У роботі проведено порівняльний аналіз міцнісних характеристик меблевих щитів із деревини бука, виготовлених різними способами з'єднання за шириною. Бук обрано як об'єкт дослідження завдяки його високим фізико-механічним властивостям і широкому застосуванню у меблевій галузі. Експериментальні дослідження включали випробування на статичний згин і сколювання, а також статистичну обробку отриманих результатів. Результати дослідження дозволяють визначити найраціональніший тип з'єднання рейок за шириною для меблевих щитів, що забезпечує оптимальне співвідношення між міцністю, технологічністю та економічною ефективністю. Отримані висновки мають практичну цінність для підприємств деревообробної та меблевої промисловості, а також можуть бути використані у навчальному процесі під час підготовки фахівців за спеціальністю 187 «Деревообробні та меблеві технології».

## ВСТУП

Сучасне меблеве виробництво стрімко розвивається в напрямку підвищення ефективності використання деревинної сировини, вдосконалення конструкційних матеріалів та підвищення якості готових виробів. Одним із ключових матеріалів, що широко застосовується у виготовленні корпусних меблів, є меблевий щит. Його міцність, стабільність та довговічність значною мірою залежать від способу з'єднання окремих рейок за шириною.

Актуальність порівняльного аналізу міцнісних характеристик меблевих щитів, виготовлених різними способами з'єднання, зумовлена кількома чинниками. По-перше, різні технології з'єднання — на фугу гладку, у паз-гребінь або на вставну рейку — формують неоднакові умови передачі навантаження між елементами, що безпосередньо впливає на опір щита деформаціям і руйнуванню. По-друге, вибір оптимальної конструкції з'єднання дозволяє забезпечити найкраще співвідношення між міцністю, економічністю та технологічною доцільністю. Це має важливе значення у промисловому меблевому виробництві, де зменшення витрат клею, спрощення технологічних операцій і мінімізація втрат деревини знижують собівартість продукції та підвищують її екологічність. По-третє, удосконалення методів з'єднання сприяє підвищенню стабільності геометричних параметрів виробів, що особливо актуально в умовах змін вологості та температури навколишнього середовища.

Деревина бука як матеріал дослідження обрана не випадково — вона характеризується високими фізико-механічними властивостями, добре піддається механічній обробці та склеюванню, а також має естетичний зовнішній вигляд, що робить її одним із найпоширеніших матеріалів для виготовлення меблевих щитів. Водночас її схильність до короблення та внутрішніх напружень потребує ретельного вибору типу з'єднання та технології склеювання.

**Метою даної роботи** є визначення та порівняння міцнісних характеристик меблевих щитів із деревини бука, отриманих різними способами з'єднання за шириною.

**Об'єктом дослідження** є меблеві щити з деревини бука різних конструкцій, виготовлені із рейок, з'єднаних за шириною трьома способами.

**Предметом дослідження** є міцність при статичному згині та при сколюванні меблевих щитів, склеєних на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м), у паз-гребінь (прямий) та на вставну рейку (бук).

**Для досягнення поставленої мети у роботі передбачено виконати такі завдання:**

1. Обґрунтувати необхідність проведення порівняльного аналізу міцності меблевих щитів, отриманих різними способами з'єднання за шириною.
2. Провести огляд класифікацій меблевих щитів за матеріалом, способом виготовлення, типом покриття, призначенням та екологічними показниками.
3. Розглянути існуючі типи з'єднань рейок за шириною, охарактеризувати їх переваги та недоліки з точки зору міцності, технологічності та економічності.
4. Вивчити технологію виготовлення меблевих щитів: сушіння, розпилювання, зрощування, склеювання та механічну обробку.

5. Виконати аналіз літературних джерел, присвячених дослідженню міцності меблевих щитів різних конструкцій.
  6. Обґрунтувати методику виготовлення дослідних зразків меблевих щитів трьох типів з'єднання за шириною.
  7. Провести експериментальні випробування виготовлених зразків на міцність при згині та сколюванні.
  8. Виготовлено по п'ять взірців із кожного типу щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною, зокрема на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук).
  9. Підготувати взірці та отримати величини показника міцності під час згинання та під час сколювання трьох різновидів щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною, зокрема на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук).
  10. Здійснити статистичну обробку отриманих величин показника міцності під час згинання та під час сколювання трьох різновидів щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною, зокрема на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук).
  11. Порівняти показники міцності для трьох різновидів щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною, зокрема на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук).
  12. Надати практичні рекомендації щодо характеристик міцності трьох різновидів щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною, зокрема на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук).
  13. Порівняти собівартість виготовлення трьох різновидів щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною, зокрема на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук).
- Отримані результати дозволять визначити раціональні конструктивно-технологічні рішення для виробництва меблевих щитів з деревини бука, забезпечити підвищення їх експлуатаційної надійності, економічність та конкурентоспроможність меблевих виробів у сучасних умовах.

# **1. ОПИС ТА ОСОБЛИВОСТІ МІЦНОСТІ КЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ТИПАМИ З'ЄДНАНЬ**

## **1.1. Опис необхідності та практичної доцільності зрівняльного аналізу міцності клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань**

У сучасному меблевому виробництві клеєні дерев'яні щитові конструкції посідають провідне місце серед матеріалів, що застосовуються для виготовлення корпусних, фасадних, декоративних і конструкційних елементів. Меблевий щит є основним напівфабрикатом, який формується шляхом склеювання окремих рейок або ламелей за шириною. Від якості цього процесу, а саме від типу з'єднання між елементами, залежить не лише зовнішній вигляд виробу, але й його експлуатаційна надійність, опір деформаціям і довговічність.

Необхідність проведення зрівняльного аналізу міцності клеєних щитів, сформованих різними типами з'єднань, обумовлена відсутністю узагальнених даних щодо впливу конструкції з'єднання на механічні властивості готового виробу. Виробничі підприємства здебільшого керуються технологічними можливостями обладнання або економічними міркуваннями, не маючи об'єктивної інформації про те, який тип з'єднання забезпечує найкраще співвідношення між міцністю, стабільністю форми та витратами матеріалу. Це створює ризик отримання продукції з недостатніми показниками міцності або перевитратою деревини та клею.

Порівняльний аналіз дозволяє кількісно оцінити вплив типу з'єднання на основні показники міцності — зокрема на межу міцності при статичному згині та при сколюванні. Результати таких досліджень дають можливість встановити закономірності розподілу напружень у зоні шва, визначити оптимальну геометрію з'єднання та параметри склеювання. Це, у свою чергу, дозволяє підвищити надійність виробів і забезпечити стабільність експлуатаційних характеристик меблевих щитів за змінних кліматичних умов.

Практична доцільність дослідження полягає в тому, що правильний вибір конструкції з'єднання за шириною дає змогу:

- зменшити кількість внутрішніх напружень у клеєному шві;
- підвищити міцність та жорсткість щитових конструкцій;
- знизити витрату клею та деревини;
- забезпечити високу точність при наступній механічній обробці поверхонь;
- скоротити частку браку та втрат у процесі виробництва.

Окрім технічних переваг, оптимізація типу з'єднання має й екологічний ефект: раціональне використання деревини сприяє зменшенню кількості відходів, а зниження обсягу клеєвих матеріалів — зменшенню викидів шкідливих компонентів у виробничому середовищі. Таким чином, проведення порівняльного аналізу не лише забезпечує підвищення якості продукції, а й відповідає сучасним принципам сталого розвитку деревообробної промисловості.

З огляду на це, зрівняльне дослідження міцності меблевих щитів, з'єднаних різними способами — на фугу гладку, у паз-гребінь та на вставну рейку, — є науково обґрунтованим і практично необхідним. Його результати можуть бути використані як для вдосконалення існуючих технологічних процесів, так і для створення рекомендацій щодо вибору раціональних типів з'єднань у промисловому виробництві меблевих щитів із деревини бука.

## **1.2. Проблемність та актуальність встановлення межі міцності клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань**

Визначення межі міцності клеєних дерев'яних щитових конструкцій є однією з ключових проблем сучасного деревообробного виробництва. Попри значний досвід використання клеєних матеріалів у меблевій галузі, питання впливу типу з'єднання на величину граничних напружень залишається недостатньо вивченим. Це зумовлено як складністю процесів, що відбуваються у зоні клеєного шва, так і різноманіттям конструкцій з'єднань, які формують відмінний розподіл навантаження між елементами щита.

Основною проблемою є невідповідність між розрахунковими і фактичними значеннями міцності, що спостерігається через неоднорідність структури деревини, різну якість обробки крайок і змінні умови пресування. В умовах промислового виробництва забезпечити однакову міцність шва у всіх елементах щита складно, оскільки на результуючі характеристики впливають параметри мікрорельєфу поверхонь, товщина клейового шару, вологість деревини та рівномірність розподілу тиску при склеюванні.

Додатковою проблемою є недостатня кількість стандартизованих методик для оцінювання міцності саме за типами з'єднань. Більшість нормативних документів (зокрема, ДСТУ та EN) регламентують випробування клеєних дерев'яних зразків загалом, не розділяючи їх за конструкцією з'єднання за шириною. Це ускладнює можливість порівняння даних між різними дослідниками та підприємствами, а також знижує точність підбору оптимальних технологічних параметрів.

З наукової точки зору, актуальність визначення межі міцності полягає у потребі виявлення закономірностей розподілу напружень у зоні з'єднання. У з'єднаннях типу «фуга гладка» напруження концентруються безпосередньо в клейовому шарі, тоді як у варіантах «паз-гребінь» чи «вставна рейка» вони частково передаються через деревину. Це впливає не лише на величину граничних напружень, але й на характер руйнування — за деревиною, за клеєм або по межі поділу. Без точного визначення цих параметрів неможливо створити достовірну модель поведінки щитової конструкції під навантаженням.

З практичної точки зору, встановлення межі міцності дозволяє прогнозувати поведінку виробу в експлуатаційних умовах — при згині, стиску, вологостійких циклах та вібраційних навантаженнях. Це, своєю чергою, впливає на вибір товщини деталей, кроку кріплення та технологічних режимів обробки. Для підприємств меблевої промисловості ці дані мають вирішальне значення при

серійному виробництві, оскільки дозволяють оптимізувати витрати матеріалів без зниження якості.

Таким чином, проблема визначення межі міцності клеєних дерев'яних щитів із різними типами з'єднань має подвійний характер — науковий і виробничий. З одного боку, це питання глибокого розуміння фізико-механічних процесів у зоні клеєного контакту, з іншого — інструмент для практичної оптимізації технологій склеювання. Її вирішення є актуальним не лише для підвищення надійності меблевих виробів, але й для розроблення нових нормативних підходів до оцінювання якості клеєних конструкцій із деревини твердих порід, зокрема бука.

### **1.3. Систематизація клеєних меблевих щитів (порода бук) як конструкційних елементів під час формування виробів меблевих**

Клеєні меблеві щити з деревини бука належать до найбільш поширених конструкційних матеріалів у сучасному меблевому виробництві. Вони поєднують високу міцність, стабільність форми та естетичні властивості натуральної деревини, що робить їх незамінними для виготовлення широкого спектра меблевих виробів — від столярних деталей до дизайнерських елементів інтер'єру. Систематизація таких щитів як конструкційних елементів є необхідною для правильного вибору типу матеріалу, технології його виготовлення та сфери застосування.

За функціональним призначенням меблеві щити з бука умовно поділяють на:

- несучі (конструкційні) — використовуються у виготовленні деталей, що сприймають навантаження (стілніці, ніжки, боковини шаф, опорні елементи каркасів);
- огорожувальні (оболонкові) — служать для формування площин корпусів, фасадів і панелей, де важлива геометрична стабільність і якість поверхні;
- декоративні — застосовуються як облицювальні чи оздоблювальні елементи з високими вимогами до текстури та кольору деревини.

За типом склеювання рейок за шириною меблеві щити систематизують на:

- щити, склеєні на фугу гладку — найпростіша конструкція, що забезпечує суцільну площину при мінімальних затратах матеріалів, проте має нижчу межу міцності при згині;
- щити з'єднані у паз-гребінь — конструкції з підвищеною жорсткістю та точністю складання, які краще розподіляють навантаження у площині шва;
- щити на вставну рейку (шпонку) — забезпечують найбільшу стабільність розмірів і високу стійкість до розтріскування та деформації, але потребують більшої витрати матеріалу і складнішої технології виготовлення.

За конструкцією рейок меблеві щити поділяють на:

- цільноламельні, коли кожна рейка виготовлена з однієї суцільної дерев'яної дошки;

- зрощені за довжиною, де ламелі утворюються з коротких елементів, з'єднаних шиповими зрощеннями. Така конструкція забезпечує кращу стабільність розмірів і економне використання сировини.

За розташуванням волокон щити можуть бути:

- радіальні, тангенціальні або змішані, що впливає на їхній зовнішній вигляд та поведінку при зміні вологості. Для букових щитів найбільш поширеним є змішане розташування волокон, яке зменшує короблення.

За ступенем обробки поверхні букові меблеві щити поділяють на:

- шліфовані, готові до нанесення покриття;
- недошліфовані, які потребують подальшої механічної або хімічної обробки;
- облицьовані шпоном або лакофарбовим шаром, призначені для декоративних цілей.

Крім того, систематизація передбачає розподіл за класом якості (А/А, А/В, В/В тощо), який регламентує кількість допустимих дефектів деревини, однорідність текстури, колірну відповідність і якість клеєного шва.

Деревина бука має низку переваг, що зумовлюють її поширення у виробництві щитів: висока щільність (700–750 кг/м<sup>3</sup>), значна твердість, однорідна структура, добрі показники склеювання, проте вона чутлива до зміни вологості, що потребує дотримання оптимальних режимів сушіння та кондиціонування перед склеюванням.

У процесі формування меблевих виробів щити з бука виконують роль базових конструкційних елементів, які поєднують несучу функцію з декоративною. Саме тому вибір типу з'єднання рейок за шириною має вирішальне значення для забезпечення міцності та експлуатаційної стабільності готових виробів. Систематизація щитів за цими ознаками є основою для подальшого порівняльного аналізу їхніх міцнісних характеристик і розроблення рекомендацій щодо раціонального застосування у меблевому виробництві.

#### **1.4. Систематизація клеєних меблевих щитів як конструкційних елементів різних порід дерев під час формування виробів меблевих**

Клеєні меблеві щити з різних порід деревини становлять основу сучасного меблевого виробництва. Вибір породи визначається не лише естетичними властивостями, але й технологічними параметрами — міцністю, твердістю, усиханням, стабільністю розмірів, клеєздатністю та здатністю до оброблення. Кожна порода деревини формує власну групу клеєних матеріалів, які відрізняються конструкційними можливостями, вартістю та сферою застосування.

1. За щільністю та механічними властивостями породи деревини поділяють на:

- тверді листяні (бук, дуб, ясен, граб) — характеризуються високою міцністю, зносостійкістю та однорідною структурою, що забезпечує довговічність меблів, але потребують суворого контролю вологості;
- м'які листяні (береза, вільха, тополя) — мають меншу масу, легше обробляються, проте поступаються за міцністю;

• хвойні (сосна, ялина, модрина) — вирізняються невеликою щільністю, пружністю та стабільністю розмірів, широко застосовуються для недорогих меблів і конструкцій.

Деревина бука належить до твердих листяних порід і займає проміжне місце між дубом і ясенем за фізико-механічними показниками. Вона має щільність 700–750 кг/м<sup>3</sup>, модуль пружності при згині близько 13–14 ГПа, високу твердість (3,4–3,8 Н/мм<sup>2</sup>) і добру здатність до склеювання, що забезпечує якісний клеєний шов. Недоліком є значна гігроскопічність і схильність до короблення, тому процес сушіння потребує особливої уваги.

Порівняльна характеристика деревини різних порід, які використовуються для виготовлення клеєних меблевих щитів, подана нижче:

Порода деревини	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Особливості склеювання	Стійкість до деформацій	Естетичні властивості	Типові вироби
<b>Бук</b>	700–750	Висока клеєздатність, потребує стабільної вологості	Середня	Світлий тон, однорідна текстура	Стільниці, фасади, корпусні меблі
<b>Дуб</b>	720–780	Добра, але вимагає спеціальних клеїв через таніни	Висока	Виражена текстура, благородний колір	Елітні меблі, двері, сходи
<b>Ясен</b>	680–730	Дуже добра	Висока	Світлий, чітким малюнком волокон	Сидіння, каркаси, декоративні елементи
<b>Береза</b>	600–650	Задовільна, рівномірна структура	Середня	Світлий, майже без текстури	Недорогі меблі, дитячі вироби
<b>Сосна</b>	480–550	Добра, але можливі смоляні виділення	Висока	Теплий колір, видимі сучки	Масові меблі, полиці, щити для оздоблення
<b>Модрина</b>	600–650	Добра, міцний клейовий шов	Висока	Насичений червонуватий відтінок	Столярні вироби, облицювання

Як видно з таблиці, бук займає одне з провідних місць серед порід, що поєднують високу міцність, естетику та технологічну універсальність. Його клеєні щити використовуються для виготовлення як несучих, так і декоративних деталей меблів середнього та високого цінового сегмента.

Систематизація щитів різних порід деревини дозволяє виділити кілька конструкційних класів:

1. Високоміцні конструкційні щити (бук, дуб, ясен) — для навантажених елементів меблів, де головне — міцність і стабільність;
2. Універсальні щити середньої щільності (береза, модрина) — для корпусних меблів і оздоблення;
3. Легкі економічні щити (сосна, ялина, тополя) — для внутрішніх перегородок, декоративних елементів та меблів масового виробництва.

У контексті порівняльного аналізу важливо зазначити, що тип з'єднання за шириною по-різному взаємодіє з породними особливостями деревини. Наприклад, у бука через його щільну структуру оптимальним є з'єднання «паз-гребінь», яке забезпечує рівномірний розподіл напружень, тоді як у сосни або берези доцільніше застосовувати прості з'єднання «на фугу гладку», оскільки надлишкові фрезерування можуть зменшити міцність у м'яких породах.

Отже, систематизація клеєних меблевих щитів за породами деревини дозволяє не лише структурувати їх за функціональними та технологічними ознаками, але й визначити вплив породи на ефективність конкретних типів з'єднань. Це є передумовою для вибору оптимальних конструкційних рішень у подальших експериментальних дослідженнях.

### **1.5. Систематизація клеєних меблевих щитів, що сформовані різними типами з'єднань під час зрощування за шириною**

Одним із ключових етапів виготовлення меблевих щитів є зрощування рейок (ламелей) за шириною, що забезпечує формування єдиної площини необхідних розмірів і параметрів міцності. Саме тип з'єднання між окремими елементами визначає розподіл напружень у клеєному шві, якість стикування, витрати клею, точність геометрії щита та його стійкість до деформацій у процесі експлуатації.

Для систематизації різновидів клеєних щитів за типом з'єднання доцільно виділити основні конструкційні групи з'єднань за шириною, які застосовуються у промисловій і лабораторній практиці.

#### **1. З'єднання на фугу гладку**

Це найпростіший тип стикування, при якому суміжні краї рейок щільно прилягають одна до одної по пласкій поверхні, а склеювання здійснюється тонким шаром клею.

Переваги:

- мінімальні витрати клею;
- висока точність при калібруванні;
- відсутність потреби у складній фрезерній обробці;
- збереження природної текстури деревини.

Недоліки:

- нижча міцність з'єднання порівняно з профільними типами;
- висока вимогливість до точності обробки крайок;
- ризик утворення щілин при зміні вологості.

Такий тип з'єднання найчастіше використовується у виробництві декоративних або малонавантажених щитів.

#### **2. З'єднання у паз-гребінь (пряме або трапецієподібне)**

Передбачає формування на одній крайці гребеня, а на іншій — відповідного паза. Гребінь входить у паз з невеликим натягом, забезпечуючи механічне зчеплення, яке доповнюється клейовим зв'язком.

Переваги:

- висока жорсткість та міцність шва;
- точне взаємне позиціонування рейок;

- зменшення зсувних деформацій при згині;
- менша чутливість до коливань вологості.

Недоліки:

- складніша технологія виготовлення;
- потребує високої точності фрезерування;
- збільшені витрати клею.

З'єднання «паз-гребінь» оптимальне для щитів, що піддаються значним навантаженням, наприклад, стільниць, сходових проступів або опорних елементів меблів.

### 3. З'єднання на вставну рейку (шпонку)

У крайках обох рейок фрезерують пази, в які вставляється окрема вставна рейка (зазвичай із тієї ж породи деревини). Клей наноситься на поверхню рейки або пазів, утворюючи тривимірне з'єднання.

Переваги:

- підвищена площа клейового контакту;
- рівномірний розподіл навантаження;
- стабільність при коливаннях вологості;
- можливість точного складання навіть при невеликих відхиленнях розмірів крайок.

Недоліки:

- збільшення витрат матеріалу;
- потреба у додатковій фрезерній операції;
- неекономічність при масовому виробництві тонких щитів.

Такий тип з'єднання часто застосовується у виробництві високоякісних меблевих щитів, де важлива стабільність геометрії та міцність при тривалому навантаженні.

### 4. З'єднання на клинову фугу

Передбачає фрезерування крайок рейок під невеликим кутом ( $2-5^\circ$ ), завдяки чому після пресування створюється самозатискальний ефект.

Переваги:

- підвищена площа контакту;
- добрий розподіл навантаження по товщині шва;
- висока точність стикування при невеликих коливаннях розмірів.

Недоліки:

- складна геометрія фрезерування;
- потреба в високій точності налаштування верстатів;
- труднощі при шліфуванні крайніх ділянок.

Цей тип з'єднання використовується рідше, переважно у виробках з декоративною орієнтацією або підвищеними вимогами до стабільності.

### 5. З'єднання мікрошипове (мікрозубчасте)

Типово застосовується для зрощування за довжиною, однак іноді використовується і для ширинного стикування вузьких рейок. Характеризується наявністю численних трикутних виступів (шипів) із кутом нахилу  $6-10^\circ$ .

Переваги:

- велика площа клейового контакту;
- висока міцність при сколюванні;

- надійність у повторюваному виробництві.

Недоліки:

- складне виготовлення шипів;
- можливість локального перепресування;
- потреба у спеціальному клеї з високою проникністю.

Узагальнюючи, систематизація типів з'єднань за шириною дозволяє виділити три основні групи клеєних меблевих щитів (рис. 1.1):

1. Прості з'єднання (на фугу гладку) — мінімальна складність, невисока міцність;

2. Профільні з'єднання (паз-гребінь, клинова фуга) — підвищена жорсткість і точність складання;

3. Комбіновані з'єднання (на вставну рейку, мікрошип) — висока міцність, стабільність, але більша трудомісткість.

Залежно від вимог до готового виробу (механічне навантаження, декоративність, умови експлуатації) виробник може обирати той чи інший тип з'єднання. Для деревини бука, яка має високу щільність і добру клеєздатність, найефективнішими вважаються з'єднання типу “паз-гребінь” та “вставна рейка”, що забезпечують оптимальне співвідношення міцності, економічності та точності.

## **1.6. Особливості формування клеєних меблевих щитів при використанні вставних рейок різного поперечного перерізу та різних порід**

З'єднання рейок за шириною з використанням вставної рейки (шпонки) є одним із найбільш ефективних способів підвищення міцності клеєних меблевих щитів, особливо з твердих порід, таких як бук, дуб чи ясен. Основна особливість цього типу з'єднання полягає в тому, що клейовий шов утворюється не лише між площинами крайок, але й між вставною рейкою та пазами двох суміжних ламелей, що значно збільшує площу адгезійного контакту.

### **1. Геометричні параметри вставних рейок**

Конструктивна ефективність такого з'єднання безпосередньо залежить від поперечного перерізу вставної рейки. У практиці меблевого виробництва застосовують три основні варіанти профілю:

- плоский прямокутний переріз (товщина 4–6 мм, висота 8–10 мм) — використовується для стандартних меблевих щитів;
- овальний або напівкруглий профіль — забезпечує рівномірний розподіл клею, зменшуючи ризик повітряних кишень;
- ластівчин хвіст — створює додаткове механічне зчеплення, проте складніший у фрезеруванні.

Збільшення висоти вставної рейки понад 10–12 мм підвищує жорсткість стику, однак при цьому зростає внутрішнє напруження у клейовому шарі через обмеження природного розширення деревини при коливаннях вологості. Оптимальним співвідношенням вважається глибина паза  $1/3$ – $1/4$  товщини ламелі.

### **2. Вплив породи деревини вставної рейки**

Матеріал вставної рейки може бути однорідним (з тієї ж породи, що й ламелі) або комбінованим (з іншої породи). Вибір породи безпосередньо впливає на якість з'єднання через різницю у щільності, усиханні та модулі пружності.

- Вставна рейка з тієї ж породи (бук-бук) забезпечує рівномірний розподіл напружень, однакові коефіцієнти усихання та розбухання, що мінімізує ризик розшарування шва.

- Рейка з твердішої породи (наприклад, дубова вставка у буковий щит) збільшує опір сколюванню, але може створити локальні концентрації напружень через різницю у гігроскопічних властивостях.

- Рейка з м'якої породи (наприклад, соснова вставка у буковий щит) зменшує жорсткість з'єднання, однак покращує демпфуючі властивості, що іноді доцільно при виготовленні меблів із підвищеними вимогами до еластичності конструкції.

### 3. Технологічні особливості формування шва

Для формування якісного з'єднання необхідно забезпечити: точність фрезерування пазів (допуск  $\pm 0,1$  мм); контроль вологості деревини (8–10%) для запобігання розширенню вставки після склеювання; рівномірне нанесення клею на обидві поверхні паза та вставну рейку; тиск при пресуванні не менше 0,6–1,0 МПа; використання клеїв класу D3–D4 (за EN 204) для забезпечення вологостійкості.

Особливу увагу слід приділяти орієнтації волокон вставної рейки: вони повинні збігатися з напрямком волокон ламелей. Перехресне розташування волокон знижує адгезійну міцність і може призвести до мікротріщин у клейовому шві.

### 4. Вплив геометрії вставки на міцність

Дослідження показують, що при однаковій товщині ламелей збільшення товщини вставної рейки до 6 мм призводить до підвищення межі міцності при згині на 8–12% порівняно з плоскою фугою. Однак подальше збільшення товщини не дає суттєвого приросту, натомість може спричинити локальні внутрішні напруження та викривлення щита після сушіння. Оптимальна геометрія вставки забезпечує плавний перехід навантаження через клейовий шов і мінімізацію концентрацій напружень на краях пазів.

### 5. Порівняльна характеристика впливу параметрів вставної рейки

Параметр вставної рейки	Вплив на міцність з'єднання	Технологічна складність	Ризик деформації
Невелика товщина (3–4 мм)	Низька жорсткість, можливе зсування рейок	Низька	Мінімальний
Середня товщина (5–6 мм)	Оптимальне співвідношення міцності й стабільності	Середня	Низький
Велика товщина (>8 мм)	Підвищена міцність, але ймовірність внутрішніх напружень	Висока	Підвищений
Тверда порода вставки	Висока міцність при сколюванні	Складна	Середній
М'яка порода вставки	Менша жорсткість, але краща еластичність шва	Легка	Низький

Таким чином, формування клеєних меблевих щитів із використанням вставних рейок різного поперечного перерізу є технологічно гнучким способом підвищення міцності та стабільності виробів. Найкращі результати досягаються при використанні вставної рейки з тієї ж породи, що й основні ламелі (бук-бук), товщиною 5–6 мм, із правильним орієнтуванням волокон та дотриманням режимів пресування. Такий підхід дозволяє отримати високу межу міцності при згині та сколюванні, зберігаючи водночас естетичні властивості деревини та економічну ефективність виробництва.

### **1.7. Систематизація клеєних меблевих щитів, в яких ламелі сформовані різними типами з'єднань під час зрощування за довжиною**

Зрощування деревини за довжиною є невід'ємним технологічним етапом у виробництві клеєних меблевих щитів. Цей процес дозволяє раціонально використовувати короткомірну сировину, зменшувати кількість відходів, забезпечувати стабільність геометричних параметрів і підвищувати однорідність фізико-механічних властивостей матеріалу. Водночас тип з'єднання при зрощуванні ламелей визначає якість готового щита, його міцність при згині та сколюванні, а також рівень внутрішніх напружень у зоні шва.

#### **1. Загальна класифікація типів з'єднань за довжиною**

Основні конструкційні типи з'єднань, які застосовуються при зрощуванні деревини за довжиною:

1. Пряме торцеве з'єднання;
2. Косе (похиле) з'єднання;
3. Шипове (зубчасте або мікрошипове) з'єднання;
4. Клинове (ластівчин хвіст, клиновий шип);
5. Комбіновані з'єднання (шипіві з проміжним пазом або армуванням).

Кожен із цих типів має свої конструктивні особливості, які визначають ефективність передачі зусиль уздовж волокон деревини.

#### **2. Пряме торцеве з'єднання**

Це найпростіший варіант стикування, при якому торці елементів з'єднуються без додаткової механічної обробки. Клейовий шов формується по площині перпендикулярній до волокон.

Переваги:

- мінімальні витрати на обробку;
- простота технології;
- можливість використання для малонавантажених елементів.

Недоліки:

- низька міцність, оскільки клей сприймає зусилля переважно на відрив;
- нерівномірність розподілу напружень;
- обмежена довговічність при циклічних навантаженнях.

Таке з'єднання практично не використовується у виробництві меблевих щитів, а лише у тимчасових або допоміжних конструкціях.

#### **3. Косе (похиле) з'єднання**

Передбачає з'єднання торців під кутом 30–45°, що збільшує площу клейового контакту.

Переваги:

- покращений розподіл напружень;
- більша площа склеювання (у 1,4–1,6 рази порівняно з прямим торцем);
- вища міцність при згині.

Недоліки:

- складність позиціонування при пресуванні;
- потреба у високій точності фрезерування;
- можливість зсуву під дією тиску.

Застосовується у дрібносерійному виробництві або при виготовленні щитів із декоративних порід.

#### 4. Мікрошипове (зубчасте) з'єднання

Найпоширеніший тип зрощування за довжиною у сучасній промисловості. Торці елементів мають систему трикутних зубців із кутом нахилу 6–10° та довжиною шипа 4–10 мм.

Переваги:

- велика площа клейового контакту;
- рівномірний розподіл навантаження;
- відсутність концентрацій напружень у шві;
- можливість автоматизації процесу;
- висока повторюваність результатів.

Недоліки:

- потреба у спеціальному фрезерному обладнанні;
- підвищені вимоги до вологості та якості клею;
- у разі поганої підгонки шипів можливе перевантаження окремих ділянок.

Мікрошпиви з'єднання забезпечують міцність, близьку до цільної деревини (85–95%), і є стандартом для виготовлення ламелей, що використовуються у щитах із бука, дуба, ясеня, берези та сосни.

#### 5. Клинове (ластівчин хвіст) з'єднання

Характеризується наявністю клиноподібних виступів і заглиблень, які створюють механічне зчеплення при пресуванні. Клейова плівка працює не лише на зчеплення, а й на стиск, що підвищує міцність при згині.

Переваги:

- високий опір зсуву;
- добрий розподіл навантаження уздовж волокон;
- естетичний вигляд з'єднання.

Недоліки:

- значна трудомісткість виготовлення;
- ускладнене калібрування;
- не підходить для тонких ламелей.

Використовується переважно у виробках підвищеної точності та декоративного призначення, наприклад, у виготовленні меблів преміум-класу.

#### 6. Комбіновані з'єднання

Поєднують шипові або клинові елементи з додатковими вставками або пазами. Їх мета — досягти максимальної міцності при мінімальній товщині

клеєвого шару. Зазвичай застосовуються у дослідних чи спеціалізованих конструкціях, коли необхідно поєднати декоративність і міцність.

#### 7. Вплив типу з'єднання на властивості щитів

Від типу зрощування ламелей залежить як розподіл напружень у зоні шва, так і загальна стабільність меблевого щита. Мікрошипові з'єднання забезпечують найвищу однорідність і стабільність, тоді як косі та клинові — вищу міцність при згині, але з більшою трудомісткістю. Для деревини бука, що має високу щільність і твердість, оптимальним є зрощування мікрошипом із кутом нахилу зубців 7–9° та глибиною профілю 6–8 мм, що гарантує достатню площу контакту й стійкість при зміні вологості.

#### 8. Порівняльна характеристика типів з'єднань за довжиною

Тип з'єднання	Площа клейового контакту	Відносна міцність (до цільної деревини)	Технологічна складність	Рекомендована сфера застосування
Пряме торцеве	Низька	25–30%	Низька	Тимчасові з'єднання
Косе	Середня	45–55%	Середня	Декоративні щити
Мікрошипове	Висока	85–95%	Середня	Серійне виробництво, меблі
Клинове	Висока	80–90%	Висока	Високоякісні вироби, декоративні елементи
Комбіноване	Дуже висока	90–100%	Висока	Експериментальні та спеціальні конструкції

Таким чином, систематизація клеєних меблевих щитів за типами з'єднань при зрощуванні за довжиною свідчить, що мікрошипове з'єднання є найбільш раціональним для промислового виробництва щитів із деревини бука. Воно забезпечує оптимальне поєднання міцності, стабільності розмірів і технологічної ефективності, що дозволяє досягти високої повторюваності результатів і мінімізувати втрати матеріалу.

### 1.8. Технологічні особливості під час формування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною

Формування клеєних дерев'яних щитових конструкцій передбачає послідовне виконання комплексу технологічних операцій, які забезпечують високу точність стикування ламелей, рівномірність клейового шару та стабільність розмірів готового виробу. Тип з'єднання за шириною (на фугу гладку, у паз-гребінь або на вставну рейку) визначає специфіку кожного етапу технологічного процесу — від підготовки заготовок до пресування та остаточного кондиціонування.

#### 1. Підготовка деревини

Підготовчий етап включає сушіння, розкрій і калібрування матеріалу. Для клеєних меблевих щитів використовують деревину із вологістю 8–10 %, що відповідає рівноважному стану для експлуатації у внутрішніх приміщеннях. Перевищення вологості навіть на 2–3 % може призвести до подальшого розширення і розшарування клейового шва.

Розкрій виконують із урахуванням напрямку волокон — суміжні ламелі орієнтують у протилежних напрямках річних шарів для зменшення короблення. Калібрування поверхонь здійснюють на рейсмусових або фуговальних верстатах з точністю не менше  $\pm 0,1$  мм.

## 2. Формування крайок під з'єднання

Залежно від конструкції щита, крайки рейок готують одним із трьох способів:

- На фугу гладку: крайки простругуються під прямим кутом, утворюючи чисту площину без видимих задирок. Особлива увага приділяється прямолінійності крайок — відхилення не повинно перевищувати 0,05 мм на 1 м довжини.

- На паз-гребінь: крайки фрезеруються парними профільними фрезами, які утворюють паз шириною 4–5 мм та гребінь висотою 3,5–4,0 мм. Важливо забезпечити співвісність елементів, щоб уникнути зсуву під час пресування.

- На вставну рейку: на обох крайках фрезерують пази глибиною 4–5 мм для встановлення вставної рейки товщиною 5–6 мм. Геометрія пазів повинна бути симетричною, а зазор між рейкою та пазом — не більше 0,1 мм.

При виготовленні профільних з'єднань застосовуються верстатичотиристоронники або фрезерні агрегати з ЧПК, що забезпечують високу повторюваність профілю.

## 3. Нанесення клею

Для склеювання застосовують синтетичні дисперсійні клеї на основі полівінілацетату (ПВА, клас D3) або меламіно-сечовино-формальдегідні клеї (МУФ, клас D4), які відповідають вимогам стандарту EN 204. Клей наносять рівномірно тонким шаром (100–180 г/м<sup>2</sup>) на одну або обидві поверхні стику. Для з'єднань типу паз-гребінь і вставна рейка бажано наносити клей на обидва елементи (паз і гребінь або рейку), щоб забезпечити повне заповнення контактних зон.

Оптимальна температура клею під час нанесення — 20–25 °С, відкрита витримка — не більше 8–10 хвилин. Перевищення часу відкритої витримки призводить до зниження міцності шва через часткове підсихання плівки.

## 4. Пресування

Склеєні ламелі збирають у пакети та пресують у холодних або гарячих пресах. Основні параметри процесу:

- тиск пресування: 0,6–1,0 МПа для твердих порід (бук, дуб, ясен);
- температура при гарячому пресуванні: 80–110 °С;
- тривалість витримки: 15–30 хв (залежно від типу клею та товщини щита).

Для з'єднань типу «на фугу гладку» тиск має бути трохи вищим (до 1,0 МПа), щоб компенсувати відсутність механічного зчеплення. Для з'єднань «паз-гребінь» або «вставна рейка» допускається нижчий тиск (0,6–0,8 МПа), оскільки механічна фіксація забезпечує додаткову стабільність.

Після завершення пресування щити витримують не менше 12 годин у контрольованих умовах (20 °С, вологість 60 %) для повного завершення полімеризації клею.

## 5. Обрізування, калібрування та шліфування

Після зняття з пресу виконують торцювання, калібрування товщини та шліфування поверхонь. Точність по товщині не повинна перевищувати  $\pm 0,2$  мм.

Для досягнення високої якості поверхні використовують шліфувальні верстати із зернистістю абразиву 120–150. При цьому необхідно уникати перегріву поверхні, щоб не пошкодити клейову плівку на краях шва.

#### 6. Контроль якості клеєного шва

Контроль здійснюється за трьома основними напрямками:

1. Візуальний контроль — відсутність щілин, надлишку або нестачі клею, непаралельності крайок.

2. Механічні випробування — визначення межі міцності при статичному згині та при сколюванні згідно з ДСТУ 2156:2009 і EN 13354:2013.

3. Стабільність розмірів — вимірювання деформацій після кондиціонування протягом 72 годин при 20 °С і 65 % вологості.

Щити вважаються придатними, якщо розбіжність по ширині після сушіння не перевищує 0,3 мм на 1 м довжини, а міцність при згині не нижча ніж 90 % від контрольних значень для цільної деревини.

#### 7. Вплив типу з'єднання на технологічні параметри

Тип з'єднання визначає не лише міцність готового виробу, а й технологічні параметри процесу:

Тип з'єднання	Площа клейового контакту	Необхідний тиск пресування	Час витримки	Рівень трудомісткості	Стійкість до деформацій
На фугу гладку	Невелика	Високий (0,9–1,0 МПа)	Середній	Низька	Середня
Паз-гребінь	Середня	Середній (0,6–0,8 МПа)	Середній	Середня	Висока
Вставна рейка	Велика	Низький (0,6 МПа)	Тривалий	Висока	Дуже висока

Таким чином, технологічні особливості формування клеєних щитів залежать від типу з'єднання за шириною, вибір якого визначає баланс між міцністю, точністю складання та економічною ефективністю. Для деревини бука найбільш раціональними є з'єднання паз-гребінь та вставна рейка, які забезпечують високу міцність шва, стабільність геометричних параметрів і низьку ймовірність утворення внутрішніх напружень при експлуатації.

### 1.9. Відмінності у характеристиках клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною

Фізико-механічні характеристики клеєних дерев'яних щитових конструкцій залежать не лише від породи деревини та якості клею, але й від типу з'єднання рейок за шириною, який визначає ефективність передачі навантаження між елементами, величину напружень у клейовому шві та поведінку матеріалу під час змін вологості. Порівняння з'єднань на фугу гладку, у паз-гребінь та на вставну рейку дозволяє виявити закономірності впливу конструкції стику на показники міцності, жорсткості й стабільності розмірів меблевих щитів.

#### 1. Міцність при статичному згині

Міцність при згині визначається здатністю клеєного шва передавати напруження від однієї ламелі до іншої без руйнування або відшаровування.

- Для з'єднання на фугу гладку межа міцності при згині становить у середньому 70–80 % від міцності цільної деревини. Обмеження пов'язане з тим, що клейовий шов сприймає навантаження лише на зчеплення без механічного замикання.

- У з'єднанні паз-гребінь гребінь частково працює на зсув і стиск, що забезпечує підвищення міцності до 90–95 % від контрольних зразків.

- Для вставної рейки спостерігається найбільша площа клейового контакту, завдяки чому міцність при згині може досягати 95–100 % від показників цільної деревини, особливо за умови, коли вставна рейка виготовлена з тієї ж породи (бук-бук).

## 2. Міцність при сколюванні вздовж волокон

При сколюванні головну роль відіграє опір клейового шару зсуву.

- У з'єднанні на фугу гладку шов працює переважно на зріз, що робить його вразливим до локальних дефектів обробки крайок; середнє значення міцності при сколюванні — 4,5–6,0 МПа.

- З'єднання паз-гребінь демонструє більш рівномірний розподіл напружень і підвищену стійкість до відриву гребеня; міцність при сколюванні зростає до 6,5–7,5 МПа.

- У випадку вставної рейки частина напружень сприймається не лише клеєм, а й вставкою, що забезпечує значно більшу стійкість — 7,5–8,0 МПа і більше.

Отже, із трьох розглянутих типів з'єднань найвищу міцність при сколюванні має з'єднання на вставну рейку, що забезпечує одночасну роботу клейового шва та дерев'яного елемента-вставки.

## 3. Жорсткість і пружність конструкцій

Показники жорсткості визначають деформацію щита під навантаженням і залежать від розподілу напружень між окремими рейками.

- Фуга гладка характеризується більшою гнучкістю і помітним прогином при згині, особливо на зразках із шириною ламелі понад 60 мм.

- Паз-гребінь завдяки механічному замиканню забезпечує підвищену жорсткість і зменшення прогину на 10–15 %.

- Вставна рейка створює ефект армування, який знижує пружні деформації до 0,8–0,85 від рівня звичайного щита, що підвищує стійкість конструкції до постійних навантажень.

## 4. Стабільність розмірів і деформації при вологості

Зміна вологості навколишнього середовища призводить до усихання чи розбухання деревини, що може спричинити появу щілин або викривлення щита.

- У з'єднаннях на фугу гладку спостерігається найбільше короблення, оскільки крайки ламелей не мають додаткової фіксації.

- Паз-гребінь компенсує частину розширення за рахунок механічного замикання, що утримує рейки у площині.

- Вставна рейка забезпечує найвищу стабільність, оскільки вставка діє як стабілізатор, який рівномірно розподіляє напруження при усиханні деревини.

Різниця у стабільності після 72-годинного циклу зволоження/сушіння може становити до 25–30 % на користь вставної рейки порівняно з фугою гладкою.

## 5. Енергетичні та технологічні аспекти

Тип з'єднання впливає на трудомісткість виготовлення, витрату клею та час пресування:

- На фугу гладку: мінімальні витрати клею (100–120 г/м<sup>2</sup>) і найпростіша обробка, але вищий тиск пресування.

- Паз-гребінь: середні витрати клею (150–180 г/м<sup>2</sup>) і потреба у точному фрезеруванні.

- Вставна рейка: найбільша витрата клею (180–200 г/м<sup>2</sup>) і трудомісткість, однак отримані вироби мають довший експлуатаційний ресурс і менші відходи під час калібрування.

#### 6. Порівняльна характеристика типів з'єднань

Показник	На фугу гладку	Паз-гребінь	На вставну рейку
Міцність при згині, % від цільної деревини	70–80	90–95	95–100
Міцність при сколюванні, МПа	4,5–6,0	6,5–7,5	7,5–8,0
Жорсткість конструкції	Середня	Висока	Дуже висока
Стабільність при зміні вологості	Низька	Середня	Висока
Витрата клею, г/м <sup>2</sup>	100–120	150–180	180–200
Трудомісткість виготовлення	Низька	Середня	Висока

#### 7. Висновки

Аналіз показує, що тип з'єднання за шириною є визначальним фактором у формуванні механічних властивостей меблевих щитів. З'єднання на вставну рейку забезпечує найвищі показники міцності, стабільності та жорсткості, що робить його оптимальним для виробів, які зазнають значних навантажень. З'єднання паз-гребінь є технологічно збалансованим рішенням для масового виробництва з високою точністю складання. З'єднання на фугу гладку доцільне для декоративних елементів або щитів, що не піддаються суттєвим механічним навантаженням, де головну роль відіграє економічність процесу.

### 1.10. Суть та мета зрівняльного аналізу клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною

Зрівняльний аналіз міцності клеєних дерев'яних щитових конструкцій є важливим інструментом наукового обґрунтування вибору оптимального типу з'єднання рейок за шириною. Його сутність полягає у кількісному порівнянні фізико-механічних показників (міцності при статичному згині, сколюванні, жорсткості та стабільності розмірів) щитів, виготовлених за різними технологічними схемами. Такий підхід дозволяє об'єктивно визначити конструкції, що забезпечують найкраще поєднання міцності, точності та економічної ефективності виробництва.

#### 1. Наукова суть зрівняльного аналізу

Основна ідея полягає у тому, що різні типи з'єднань змінюють схему розподілу напружень у клейовому шві.

- У з'єднаннях на фугу гладку навантаження передається переважно через клейовий шар, що працює на зчеплення;

- у з'єднаннях паз-гребінь частина навантаження сприймається дерев'яними елементами, які створюють механічне замикання;

- у вставній рейці клейовий шов і вставка працюють спільно, формуючи армований тип з'єднання, де клей виконує функцію не лише адгезійного, а й енергорозподільного шару.

Таким чином, зрівняльний аналіз дозволяє встановити закономірності взаємодії клеєвого шва і деревини при різних геометричних конфігураціях стику, визначити оптимальні параметри склеювання та співвідношення площі клейового контакту до площі перерізу щита.

## 2. Практична суть аналізу

У виробничих умовах вибір типу з'єднання найчастіше зумовлений технологічними або економічними факторами — наявністю обладнання, швидкістю фрезерування, витратою клею тощо. Проте без кількісної оцінки механічних характеристик та поведінки щита під навантаженням складно прогнозувати його довговічність і стабільність. Тому зрівняльний аналіз має практичну мету — визначити, який тип з'єднання забезпечує найкраще співвідношення між міцністю, трудомісткістю виготовлення та витратами матеріалу.

Отримані результати дозволяють:

- скоригувати параметри фрезерування (глибину пазу, товщину вставної рейки тощо);

- встановити оптимальні режими пресування для різних типів з'єднань;

- визначити допустимі межі коливань вологості деревини без втрати якості шва;

- сформувані рекомендації для стандартизації технологічних процесів виготовлення меблевих щитів.

## 3. Мета проведення зрівняльного аналізу

Метою проведення зрівняльного аналізу є встановлення впливу типу з'єднання за шириною на міцнісні характеристики клеєних меблевих щитів із деревини бука, а також визначення найбільш раціональної конструкції, що забезпечує максимальну міцність і стабільність при мінімальних витратах клею та енергоресурсів.

Зокрема, передбачається:

1. Виготовити серії зразків щитів трьох типів з'єднання — на фугу гладку, у паз-гребінь та на вставну рейку.

2. Провести стандартизовані випробування на статичний згин і сколювання згідно з вимогами ДСТУ та EN.

3. Виконати статистичну обробку результатів для визначення достовірності відмінностей між середніми значеннями міцності.

4. Здійснити порівняльну оцінку ефективності з'єднань з урахуванням показників міцності, технологічних витрат і стабільності розмірів.

5. Розробити практичні рекомендації щодо вибору типу з'єднання для різних типів меблевих виробів (несучих, декоративних, огорожувальних).

## 4. Очікуваний результат

Результатом зрівняльного аналізу стане визначення найбільш ефективного типу з'єднання рейок за шириною для меблевих щитів із деревини бука.

Очікується, що найкраще співвідношення міцності та стабільності продемонструє з'єднання на вставну рейку, тоді як паз-гребінь забезпечить найвищу технологічну ефективність для серійного виробництва. Отримані результати дозволять не лише уточнити фізико-механічні параметри клеєних конструкцій, але й закласти основу для вдосконалення технологічних нормативів та розроблення методичних рекомендацій для підприємств меблевої галузі.

### **1.11. Завдання при здійсненні зрівняльного аналізу клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною**

Для досягнення мети дослідження, визначеної у підрозділі 1.10, необхідно вирішити низку взаємопов'язаних завдань, які охоплюють теоретичне обґрунтування, експериментальну перевірку та аналітичну інтерпретацію результатів. Сукупність цих завдань формує методологічну основу зрівняльного аналізу міцності клеєних дерев'яних щитових конструкцій.

1. Аналітичний етап — дослідно-теоретичне обґрунтування

1.1. Провести систематизацію наукових та технічних джерел щодо впливу типу з'єднання на фізико-механічні властивості клеєних дерев'яних матеріалів.

1.2. Узагальнити існуючі підходи до класифікації меблевих щитів за матеріалом, способом склеювання, типом крайкового з'єднання та напрямом волокон.

1.3. Визначити закономірності розподілу напружень у клеєних стиках різних типів (на фугу гладку, у паз-гребінь, на вставну рейку) з урахуванням геометрії елементів та площі клейового контакту.

1.4. Проаналізувати чинні нормативні документи (ДСТУ, EN, ISO), що регламентують методи визначення міцності при згині та сколюванні клеєних дерев'яних конструкцій.

1.5. Розробити узагальнену структурну схему дослідження, яка поєднує технологічні, експлуатаційні та механічні аспекти порівняння.

2. Експериментальний етап — виготовлення та випробування зразків

2.1. Виготовити три серії меблевих щитів із деревини бука з різними типами з'єднань за шириною:

- серія А — на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м);
- серія В — у паз-гребінь (прямий профіль);
- серія С — на вставну рейку (бук).

2.2. Підготувати по п'ять зразків із кожного типу щита, дотримуючись однакових умов вологості, температури, товщини та режимів пресування.

2.3. Визначити межу міцності при статичному згині згідно з вимогами ДСТУ ISO 3349 або EN 310.

2.4. Визначити межу міцності при сколюванні вздовж волокон відповідно до ДСТУ ISO 3347 або EN 13354.

2.5. Здійснити контроль геометричних параметрів шва, товщини клейового шару, площі контакту, а також візуальну оцінку якості стиків.

2.6. Зібрати експериментальні дані для подальшого статистичного опрацювання.

3. Аналітико-узагальнюючий етап — обробка та інтерпретація результатів

3.1. Провести статистичну обробку результатів випробувань, визначивши середні значення, стандартні відхилення та довірчі інтервали для кожного типу з'єднання.

3.2. Побудувати графічні залежності між типом з'єднання та показниками міцності при згині та сколюванні.

3.3. Проаналізувати вплив геометричних параметрів з'єднання (глибини пазу, товщини вставки, ширини фуґи) на зміну міцності.

3.4. Виконати порівняльну оцінку ефективності типів з'єднань, враховуючи не лише механічні, а й технологічні та економічні аспекти (витрата клею, тривалість пресування, точність складання).

3.5. Сформулювати рекомендації щодо раціонального вибору типу з'єднання рейок за шириною при виробництві меблевих щитів із деревини бука.

3.6. Узагальнити отримані результати в контексті можливого вдосконалення технологічних процесів на деревообробних підприємствах.

4. Очікувані результати виконання завдань

Реалізація зазначених завдань дасть змогу:

- отримати кількісну оцінку впливу типу з'єднання на міцність і жорсткість меблевих щитів;
- встановити оптимальні технологічні параметри склеювання;
- розробити методичну базу для стандартизованого порівняння різних конструкцій клеєних матеріалів;
- забезпечити наукове підґрунтя для підвищення ефективності та якості виробництва меблевих щитів з деревини твердих порід.

## **1.12. Висновки до розділу №1**

У першому розділі проведено теоретичний аналіз особливостей формування та міцності клеєних дерев'яних щитових конструкцій, які відрізняються типами з'єднань за шириною. Розглянуто класифікаційні, конструкційні, технологічні та експлуатаційні аспекти, що визначають якість і надійність меблевих щитів із деревини бука.

1. Встановлено, що тип з'єднання ламелей за шириною є одним із головних факторів, які впливають на механічні характеристики меблевих щитів. Залежно від конфігурації шва змінюється площа клейового контакту, характер розподілу напружень і рівень стабільності конструкції при зміні вологості.

2. Проведена систематизація клеєних меблевих щитів дозволила виділити три основні групи:

- з'єднання на фуґу гладку — прості за технологією, але з нижчою міцністю та стійкістю;
- з'єднання паз-гребінь — конструкції з підвищеною жорсткістю та точністю складання;
- з'єднання на вставну рейку — найбільш міцні й стабільні, але технологічно складніші та матеріаломісткі.

3. Проаналізовано вплив геометрії вставних рейок та породи деревини вставки на якість клеєного шва. Оптимальною для деревини бука визначено вставну рейку з тієї ж породи, товщиною 5–6 мм і глибиною паза 1/3 товщини ламелі.

4. Визначено, що зрощування ламелей за довжиною (переважно мікрошипове) суттєво підвищує однорідність матеріалу, зменшує відходи сировини й забезпечує міцність до 90–95 % від показників цільної деревини.

5. Установлено основні технологічні особливості виготовлення щитів із різними типами з'єднань: підготовку рейок, фрезерування профілів, нанесення клею, пресування та контроль якості. Для деревини бука рекомендовано застосовувати клейові системи класу D3–D4 (EN 204) і тиск пресування 0,6–1,0 МПа.

6. Проведено порівняльний аналіз, який показав, що:

- міцність при згині зростає від 70–80 % (фуга гладка) до 95–100 % (вставна рейка);
- міцність при сколюванні — від 4,5–6,0 МПа (фуга гладка) до 7,5–8,0 МПа (вставна рейка);
- стабільність розмірів і жорсткість також найвищі у конструкціях із вставною рейкою.

7. Обґрунтовано необхідність проведення зрівняльного аналізу, який дозволяє кількісно оцінити вплив типу з'єднання на міцнісні властивості, встановити оптимальні параметри виготовлення та розробити практичні рекомендації для промислового застосування.

8. Сформульовано мету та завдання подальших досліджень — експериментальне визначення межі міцності при статичному згині та при сколюванні меблевих щитів із бука, виготовлених трьома різними способами з'єднання за шириною (на фугу гладку, у паз-гребінь, на вставну рейку).

Отже, теоретичний аналіз підтвердив, що найраціональнішими для деревини бука є з'єднання типів паз-гребінь та вставна рейка, які забезпечують оптимальне співвідношення міцності, стабільності та технологічної ефективності. Отримані висновки стали підґрунтям для розроблення експериментальної методики, поданої у розділі 2.

## 2. МЕТОДИКА ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ЗРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ КЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ТИПАМИ З'ЄДНАНЬ ЗА ШИРИНОЮ, ТОБТО НА ФУГУ ГЛАДКУ (ШИРИНА КРАЙКИ 0,021М), НА ГРЕБІНЬ-ПАЗ (ПРЯМИЙ), НА ВСТАВНУ-РЕЙКУ-(БУК)

### 2.1. Методика формування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)

Метою даної методики є виготовлення експериментальних зразків клеєних меблевих щитів із деревини бука трьох конструкційних типів з'єднань за шириною:

1. На фугу гладку (ширина крайки 0,021 м);
2. На гребінь-паз (прямий);
3. На вставну рейку (бук).

Отримані щити використовуються для подальших експериментальних випробувань на статичний згин і сколювання з метою проведення зрівняльного аналізу міцності клеєних з'єднань (рис. 2.1).

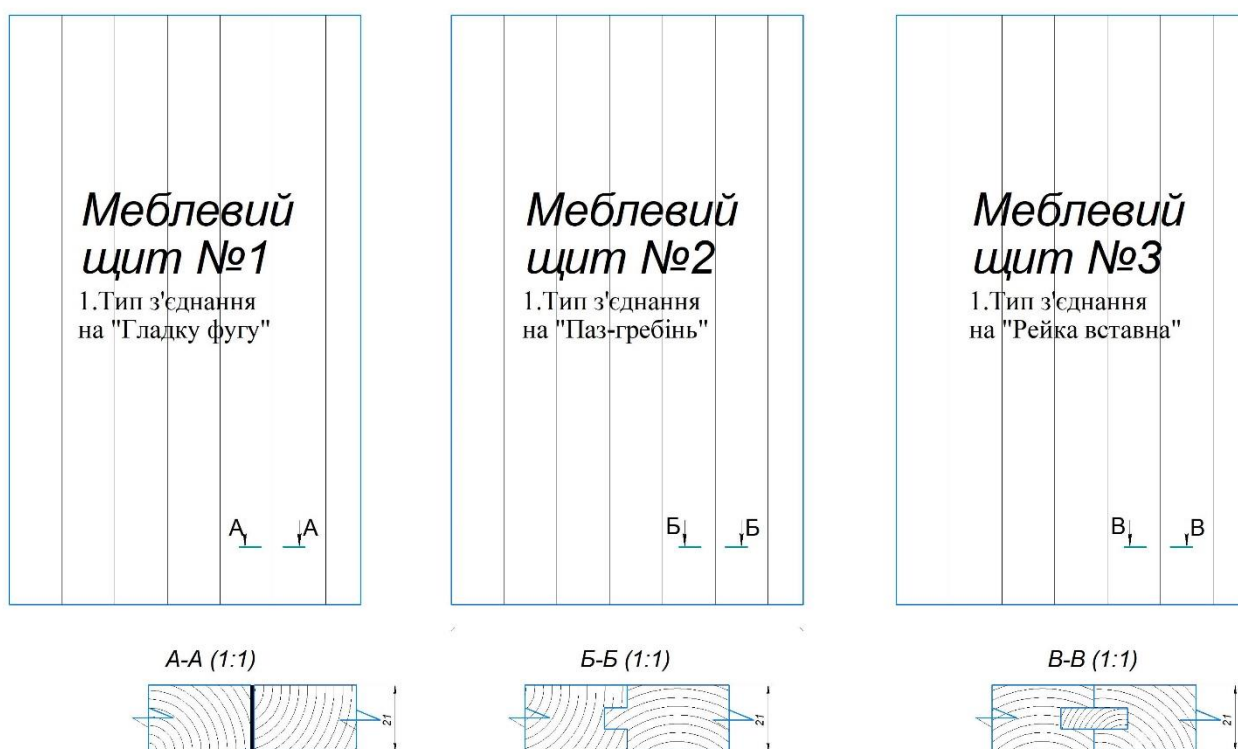


Рис. 2.1. Різновиди з'єднань ламелей у меблевих щитах

#### 1. Матеріали

Для виготовлення щитів застосовувались рейки з деревини бука звичайного (*Fagus sylvatica* L.), висушені до робочої вологості 8–10 %. Товщина рейок для всіх типів конструкцій становила 21 мм, ширина — 60 мм, довжина — від 400 до 600 мм. Використовувалась деревина без серцевини, сучків і тріщин, із

переважно радіальним або змішаним напрямком річних шарів, що забезпечує рівномірність усадки та стабільність готових щитів.

## 2. Основне технологічне обладнання

- Площинна вайма з пневмоциліндрами — для пресування щитів під час склеювання;

- Регулювальні меблеві струбцини — для попереднього збирання й локального підтиску;

- Шліфувальна ручна установка — для фінального шліфування поверхонь;

- Калібрувальний (рейсмусовий) верстат — для вирівнювання товщини рейок до  $21 \pm 0,1$  мм;

- Фугувальний верстат — для підготовки крайок під склеювання;

- Верстат для пиляння — для розкрою заготовок на довжину;

- Вимірвальний інструмент — штангенциркуль, рулетка, кутник.

## 3. Послідовність технологічних операцій

### 3.1. Торцювання та розкрій

Рейки товщиною 21 мм розкроювали на пилковому верстаті до заданої довжини (400–600 мм) з точністю  $\pm 1$  мм. Торці очищали від задирок, перевіряли перпендикулярність до поздовжньої осі.

### 3.2. Фугування та рейсмусування

Крайки рейок фугували до утворення чистої, рівної поверхні без викришувань.

Після цього проводили рейсмусування до однакової товщини  $21 \pm 0,1$  мм, забезпечуючи геометричну сумісність під час збирання щита.

### 3.3. Формування крайкового профілю

- Для з'єднання на фугу гладку — крайки простругували під кутом  $90^\circ$ , досягаючи щільного прилягання.

- Для з'єднання на гребінь-паз (прямий) — фрезерували паз шириною 4–5 мм і глибиною 4 мм, гребінь відповідної висоти (4 мм).

- Для з'єднання на вставну рейку (бук) — на обох крайках рейок фрезерували пази глибиною 4–5 мм під вставну рейку товщиною 5–6 мм, виготовлену з тієї ж породи (бук).

### 3.4. Підбір рейок

Рейки групували за текстурою, кольором і напрямом волокон. Для зменшення короблення суміжні ламелі розташовували з чергуванням напрямку річних шарів.

### 3.5. Нанесення клею

Застосовувався клей на основі полівінілацетатної дисперсії (ПВА класу D3 за EN 204). Норма нанесення:

- на фугу гладку —  $120\text{--}140$  г/м<sup>2</sup>;

- на гребінь-паз —  $150\text{--}170$  г/м<sup>2</sup>;

- на вставну рейку —  $180\text{--}200$  г/м<sup>2</sup>.

Клей наносили рівномірно пензлем або валиковим аплікатором на одну або дві поверхні залежно від типу з'єднання.

### 3.6. Стискання (пресування)

Склеєні рейки стискали на пневматичній ваймі при тиску:

- 1,0 МПа — для фуги гладкої;

- 0,8 МПа — для гребеня-пазу;
- 0,6–0,7 МПа — для вставної рейки.

Тривалість пресування — 25–35 хв при температурі  $20 \pm 2$  °С. Після завершення пресування щити витримували 12 годин у спокої для остаточного затвердіння клею.

### 3.7. Технічна витримка та обгонка

Після зняття з вайми щити витримували 24 години у контрольованому середовищі ( $t = 20$  °С,  $\phi = 60$  %). Після цього виконували обгонку по периметру — видалення надлишку клею, вирівнювання країв і торців.

### 3.8. Калібрування та шліфування

Поверхні щитів калібрували на рейсмусовому або калібрувальному верстаті з точністю  $\pm 0,2$  мм, доводячи остаточну товщину до  $21 \pm 0,1$  мм. Шліфування здійснювали ручною шліфувальною установкою із зернистістю абразиву Р120–Р150.

### 3.9. Складування та маркування

Готові щити маркували:

- А — фуга гладка,
- В — паз-гребінь,
- С — вставна рейка.

Щити зберігали горизонтально на підкладках у сухому приміщенні до моменту відбору зразків для випробувань.

## 4. Контрольні параметри технологічного процесу

Показник	Нормативне значення	Метод контролю
Вологість рейок	8–10 %	Вологомір, зважування
Товщина рейки	$21 \pm 0,1$ мм	Штангенциркуль
Глибина паза / висота гребеня	$4 \pm 0,1$ мм	Штангенциркуль
Товщина вставної рейки	5–6 мм	Штангенциркуль
Тиск пресування	0,6–1,0 МПа	Манометр пресу
Тривалість пресування	25–35 хв	Хронометраж
Температура навколишнього повітря	$20 \pm 2$ °С	Термометр

## 5. Очікуваний результат

У результаті виконання зазначених операцій отримують три типи меблевих щитів із деревини бука товщиною 21 мм, які відрізняються типом з'єднання рейок за шириною, але мають однакові умови виготовлення та вологості. Таке стандартизоване виготовлення забезпечує достовірність порівняння показників міцності у подальших експериментальних випробуваннях.

## **2.2. Методика формування зразків для випробування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)**

Метою цього етапу є виготовлення стандартизованих зразків із трьох типів меблевих щитів із деревини бука для подальшого визначення межі міцності при

статичному згині та сколюванні вздовж волокон. Формування зразків виконувалось відповідно до вимог чинних стандартів ДСТУ ISO 3349, ДСТУ ISO 3347 та EN 408:2012.

#### 1. Загальні положення

Зразки виготовляли із щитів, сформованих за методикою, наведеною у підрозділі 2.1. Для забезпечення достовірності результатів усі зразки мали однакову товщину (21 мм), були виготовлені з однієї партії матеріалу й склеєні за однакових умов температури, тиску та вологості.

Для кожного типу з'єднання (фуга гладка, паз-гребінь, вставна рейка) було виготовлено по п'ять зразків — окремо для випробування на згин і окремо для випробування на сколювання.

#### 2. Вимоги до відбору матеріалу

- Зразки вирізали перпендикулярно до лінії стику ламелей, щоб клейові шви повністю входили у робочу зону випробування.
- Вибрані ділянки не повинні містити сучків, тріщин, забарвлень або інших дефектів деревини.
- Напрямок волокон деревини у ламелях мав бути паралельним поздовжній осі зразка, що виключає перекис напружень під час згину.

Перед випробуванням зразки кондиціонували при температурі  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  і відносній вологості  $(65 \pm 5) \%$  протягом 72 годин до досягнення рівноважного стану.

#### 3. Геометричні параметри зразків

##### 3.1. Для випробування на статичний згин

Відповідно до вимог EN 408 і ДСТУ ISO 3349, розміри зразків для визначення межі міцності при статичному згині становили:

- довжина: 300 мм;
- ширина: 50 мм;
- товщина: 21 мм (повна товщина щита).

Випробування здійснюється на трьохточковій схемі згину (рис. 2.1), при якій навантаження прикладається в центрі прольоту. Довжина прольоту між опорами — 240 мм, що відповідає співвідношенню 11–12:1 між довжиною прольоту та товщиною зразка.

##### 3.2. Для випробування на сколювання вздовж волокон

Для визначення міцності при сколюванні вздовж волокон за ДСТУ ISO 3347 розміри зразків становили:

- довжина: 100 мм;
- ширина: 50 мм;
- товщина: 21 мм.

У центрі зразка розташовували клейовий шов (фугу, паз-гребінь або вставну рейку). Навантаження прикладалося паралельно волокнам до руйнування клеєного шва.

#### 4. Кількість та маркування зразків

Загальна кількість виготовлених і підготовлених зразків — 30 одиниць.

#### 5. Обробка і підготовка зразків

- Зразки вирізали стрічковою пилкою вздовж напрямку волокон, з мінімальними втратами матеріалу (ширина пропилу не більше 2 мм).

- Торці зачищали дрібнозернистим наждаковим папером.
- Поверхні шва перевіряли на відсутність відшарувань і пустот.
- Товщина зразків контролювалася штангенциркулем із точністю  $\pm 0,05$  мм.
- Перед випробуванням кожен зразок зважували для визначення вологості методом порівняння маси до й після висушування (еталонна температура  $103 \pm 2$  °C).

Тип з'єднання	Позначення серії	Кількість зразків для згину	Кількість зразків для сколювання	Загальна кількість
На фугу гладку (ширина крайки 0,021 м)	A	5	5	10
На гребінь-паз (прямий)	B	5	5	10
На вставну рейку (бук)	C	5	5	10
Разом	—	15	15	30

#### 6. Схема орієнтації зразків

Для кожного типу щита напрям клейового шва орієнтували в площині дії згинального моменту, щоб забезпечити рівномірне навантаження на лінію з'єднання.

- При випробуванні на згин: шов розташований у середній зоні зразка, перпендикулярно прикладеній силі.
- При випробуванні на сколювання: шов розташований уздовж площини зсуву, де напруження діють паралельно волокнам.

#### 7. Документування результатів

Кожен зразок отримував індивідуальне маркування (наприклад, В3 — третій зразок серії з'єднання паз-гребінь). Перед проведенням випробувань фіксувались такі параметри: тип з'єднання; вологість деревини (%); фактичні розміри зразка (мм); маса до кондиціонування (г); стан поверхні клеєного шва.

Після завершення випробувань занотовувались руйнівне навантаження, характер руйнування та візуальні спостереження.

#### 8. Очікувані характеристики зразків

Завдяки стандартизованим умовам виготовлення, рівномірній товщині (21 мм), ідентичному клею та стабільній вологості зразки забезпечують достовірну порівняльність результатів. Отримані дані стануть основою для побудови графіків і таблиць у розділі 3 — «Результати проведеного зрівняльного аналізу клеєних дерев'яних щитових конструкцій».

### **2.3. Вимоги до експериментальних зразків для випробування клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)**

Загальні вимоги до взірців із щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною, зокрема на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-

паз (прямий), на рейку-вставну для проведення порівняльних досліджень для характеристики міцності при статичному згині :

- Експериментальна довжина зразків для клеєних меблевих щитів (порода бук) для всіх трьох варіантів формування за шириною, тобто на фугу гладку, на гребінь-паз, на вставну-рейку-(бук) при здійсненні порівняльних випробувань на згин статичний склала 0,350м.

- Експериментальна ширина зразків для клеєних меблевих щитів (порода бук) для всіх трьох варіантів формування за шириною, тобто на фугу гладку, на гребінь-паз, на вставну-рейку-(бук) при здійсненні порівняльних випробувань на згин статичний склала 0,060м.

- Експериментальна товщина зразків для клеєних меблевих щитів (порода бук) для всіх трьох варіантів формування за шириною, тобто на фугу гладку, на гребінь-паз, на вставну-рейку-(бук) при здійсненні порівняльних випробувань на згин статичний склала ширина крайки 0,021м.

Загальні вимоги до взірців із щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною, зокрема на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на рейку-вставну для проведення порівняльних досліджень для характеристики міцності при сколюванні :

- Експериментальна довжина зразків для клеєних меблевих щитів (порода бук) для всіх трьох варіантів формування за шириною, тобто на фугу гладку, на гребінь-паз, на вставну-рейку-(бук) при здійсненні порівняльних випробувань на сколювання склала 0,085м.

- Експериментальна ширина зразків для клеєних меблевих щитів (порода бук) для всіх трьох варіантів формування за шириною, тобто на фугу гладку, на гребінь-паз, на вставну-рейку-(бук) при здійсненні порівняльних випробувань на сколювання склала 0,055м.

- Експериментальна товщина зразків для клеєних меблевих щитів (порода бук) для всіх трьох варіантів формування за шириною, тобто на фугу гладку, на гребінь-паз, на вставну-рейку-(бук) при здійсненні порівняльних випробувань на сколювання склала ширина крайки 0,021м.

Для забезпечення достовірності та відтворюваності результатів зрівняльного аналізу міцності зразки повинні відповідати єдиним технічним вимогам, що регламентують їх геометрію, стан поверхні, вологість, якість клейового шва та умови кондиціонування. Ці вимоги сформовані на основі положень стандартів ДСТУ ISO 3349, ДСТУ ISO 3347, EN 408:2012, EN 13354:2013 та ДСТУ 2156:2009.

#### 1. Загальні вимоги

1.1. Усі зразки повинні бути виготовлені з деревини однієї партії, одного сорту та однієї породи — бук звичайний (*Fagus sylvatica* L.).

1.2. Зразки мають бути вільними від вад деревини (сучків, тріщин, гнилі, забарвлень, серцевини) і дефектів обробки (задирок, сколів, викришувань).

1.3. Напрямок волокон деревини повинен бути паралельним до поздовжньої осі зразка з допустимим відхиленням не більше 5°.

1.4. Вологість деревини під час випробування —  $(8 \pm 2)$  %. Різниця вологості між окремими зразками не повинна перевищувати 1 %.

1.5. Клейовий шов повинен бути рівномірним по всій довжині та ширині, без пустот, непроклеїв, відшарувань або надлишків клею.

1.6. Кондиціонування зразків здійснюється в середовищі з температурою  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  і відносною вологістю  $(65 \pm 5) \%$  протягом не менше 72 годин.

## 2. Геометричні параметри та допуски

Розміри зразків повинні відповідати зазначеним у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Геометричні параметри експериментальних зразків

Показник	Для випробування на згин	Для випробування на сколювання	Допуск
Довжина, мм	300	100	$\pm 1,0$
Ширина, мм	50	50	$\pm 0,5$
Товщина, мм	21	21	$\pm 0,1$
Відхилення площинності поверхонь	—	—	$\leq 0,2$ мм на 100 мм довжини
Кут між площинами (перпендикулярність)	—	—	$\leq 0,5^\circ$

Поверхня зразків має бути гладкою, без опалів, нерівностей чи хвилястості. Шорсткість поверхні після шліфування — не більше  $Ra = 12,5$  мкм.

## 3. Вимоги до клейового шва

3.1. Товщина клейового шару повинна становити:

- для фуги гладкої — 0,08–0,15 мм;
- для паз-гребеня — 0,10–0,18 мм;
- для вставної рейки — 0,12–0,20 мм.

3.2. Зовнішній вигляд шва: без просвітів, пустот, перепресування, з рівномірним витисненням тонкої лінії клею по краях.

3.3. При руйнуванні під час контрольного випробування зразки повинні демонструвати адгезійно-когезійний тип відриву (змішаний), а не суто відрив по межі деревини, що свідчить про якісне зчеплення.

3.4. Середня густина деревини в зоні шва — 680–730 кг/м<sup>3</sup>, відхилення між зразками не більше  $\pm 30$  кг/м<sup>3</sup>.

## 4. Допустимі відхилення та похибки

Параметр	Допустиме відхилення	Примітка
Вологість деревини	$\pm 2 \%$	Вимірюється електровологоміром або ваговим методом
Товщина клейового шару	$\pm 0,03$ мм	Контролюється мікрометрично
Прямолінійність крайок	0,2 мм/300 мм	Контроль шаблоном або рейкою
Наявність пустот у шві	Не допускається	Перевірка ультразвуком або візуально після шліфування
Зміщення рейок по товщині	$\leq 0,1$ мм	Контроль штангенциркулем
Відхилення напрямку волокон	$\leq 5^\circ$	Візуальний контроль по текстурі

## 5. Критерії відбраковки зразків

До випробувань не допускаються зразки, що мають:

- видимі відшарування або порожнини у клейовому шві;

- тріщини довжиною понад 10 мм у зоні шва;
- відхилення вологості понад  $\pm 2\%$ ;
- механічні пошкодження (удари, забоїни, зминання);
- значну різницю в ширині ламелей ( $> 1$  мм); неоднорідність кольору, що свідчить про перегрів під час шліфування або сушіння.

Кількість відбракованих зразків не повинна перевищувати 10 % від загальної кількості у серії. У разі перевищення цього показника партія виготовляється повторно.

#### 6. Вимоги до умов проведення випробувань

Під час механічних випробувань зразки повинні мати температуру  $(20 \pm 2)$  °С, а зміна вологості під час випробувань не повинна перевищувати 0,5 %. Зразки розміщують у лабораторії за 2 години до тестування для термостабілізації.

#### 7. Очікуваний результат

Дотримання зазначених вимог гарантує, що експериментальні дані щодо межі міцності при згині та сколюванні будуть порівнюваними, достовірними та відтворюваними. Такі стандартизовані зразки забезпечують можливість коректного визначення впливу типу з'єднання за шириною на механічну поведінку клеєних меблевих щитів із деревини бука.

### **2.4. Суть методики випробування зразків із отриманих клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)**

Метою даного етапу є визначення межі міцності при статичному згині та міцності при сколюванні вздовж волокон для трьох типів меблевих щитів із деревини бука, отриманих різними способами з'єднання рейок за шириною. Випробування проводили відповідно до вимог ДСТУ ISO 3349, ДСТУ ISO 3347, EN 408:2012, EN 13354:2013, які регламентують методи визначення механічних характеристик клеєних дерев'яних конструкцій.

#### 1. Суть і мета випробувань

Порівняльні випробування виконувались для того, щоб установити, який тип з'єднання за шириною — на фугу гладку, на гребінь-паз чи на вставну рейку — забезпечує найвищу міцність при згині й опір сколюванню, а також найстабільнішу поведінку при навантаженні. Для кожного типу з'єднання випробування проводились на окремих серіях зразків, виготовлених за єдиними параметрами (товщина 21 мм, ширина 50 мм, довжина 300 мм).

#### 2. Випробування на статичний згин

##### 2.1. Методика проведення

Випробування на статичний згин проводили за схемою трьохточкового навантаження (рис. 2.1): два опори та одне центральне навантаження, прикладене посередині прольоту. Довжина прольоту між опорами — 240 мм. Зразок встановлювали так, щоб клейовий шов розташовувався у зоні найбільших згинальних напружень (середина висоти перерізу).

##### 2.2. Порядок виконання

1. Зразок укладають на опори випробувальної машини з опорним прольотом 240 мм.
2. Вісь навантаження суміщують із серединою прольоту.
3. Навантаження прикладають рівномірно зі швидкістю 2 мм/хв до моменту руйнування.
4. Фіксують максимальне навантаження  $P_{max}$  (у Н), при якому відбулося руйнування, а також характер руйнування (по деревині, по клею або змішаний).
5. Для кожного типу з'єднання проводять не менше п'яти вимірювань.

### 2.3. Розрахунок межі міцності при згині

Межу міцності при статичному згині ( $\sigma$ ) визначали за формулою:

$$\sigma_u = \frac{3P_{max}l}{2bh^2},$$

де  $P_{max}$  – руйнуюче навантаження, Н;  $l$  – проміжок між опорами, мм;  $b$  – ширина мм;  $h$  – товщина мм.

Результати подають у мегапаскалях (МПа) з точністю до 0,01 МПа. Для кожної серії визначають середнє значення та середньоквадратичне відхилення.

### 2.4. Фіксація результатів

Після руйнування зразка записують: тип з'єднання; руйнівне навантаження (Н); розраховану міцність (МПа); характер руйнування (по деревині, по клею, змішаний); вологість зразка.

## 3. Випробування на сколювання вздовж волокон

### 3.1. Методика проведення

Випробування виконували на прес-машині за стандартом ДСТУ ISO 3347. Суть методу полягає у прикладанні зусилля, спрямованого паралельно волокнам деревини, до зразка із клейовим швом у центрі.

### 3.2. Схема та умови

Зразок розміщували між двома сталевими опорами так, щоб площина сколювання проходила через клейовий шов. Швидкість прикладання навантаження — 1,5 мм/хв, до появи зсуву або руйнування шва. Фіксується максимальне навантаження  $P_{max}$  (у Н), при якому відбулося сколювання.

### 3.3. Розрахунок межі міцності при сколюванні

Межу міцності при сколюванні вздовж волокон визначали за формулою:

$$\tau = P_{max}/(b \cdot l)$$

де:  $P_{max}$  — максимальне навантаження, Н;  $b$  — ширина зразка, мм;  $l$  — довжина площини сколювання (довжина контакту шва), мм.

Результат виражають у МПа, з точністю  $\pm 0,01$  МПа.

### 3.4. Характер руйнування

Після випробування оцінюють тип руйнування:

- деревинне (W) — руйнування по деревині, > 75 % площі;
- клейове (A) — руйнування по межі клею, < 25 % площі;
- змішане (M) — часткове відривання деревини разом із шаром клею.

Наявність переважно деревинного або змішаного руйнування свідчить про високу якість клейового з'єднання.

## 4. Обробка експериментальних даних

Для кожного типу з'єднання (А – фуга гладка, В – паз-гребінь, С – вставна рейка):

1. Обчислюють середнє значення міцності  $\sigma^-$  та  $\tau^-$ .
2. Визначають стандартне відхилення  $S$  і коефіцієнт варіації  $V=S/X^- \times 100\%$
3. Результати подають у вигляді таблиць і графіків залежності міцності від типу з'єднання.
4. Порівняння здійснюють за середніми значеннями, визначаючи відсоткову різницю між серіями.
5. Технічні умови випробувань

Параметр	Значення	Примітка
Температура в лабораторії	20 ± 2 °С	Згідно EN 408
Відносна вологість повітря	65 ± 5 %	Кондиціонування
Швидкість навантаження при згині	2 мм/хв	Статичний режим
Швидкість навантаження при сколюванні	1,5 мм/хв	До руйнування
Кількість зразків у серії	5	Для кожного типу з'єднання
Критерій достовірності	довірчий інтервал 95 %	За Student t

#### 6. Очікувані результати та їх інтерпретація

Після обробки результатів отримують:

- середні значення міцності при згині ( $\sigma$ ) і при сколюванні ( $\tau$ );
- коефіцієнт варіації для оцінки рівномірності матеріалу;
- характер руйнування (клеювий, деревинний, змішаний).

Очікується, що:

- зразки на вставну рейку покажуть найвищі показники як при згині, так і при сколюванні;
- паз-гребінь продемонструє стабільну міцність та жорсткість;
- фуга гладка матиме найнижчі значення через меншу площу клейового контакту.

Отримані дані стануть основою для побудови графіків, діаграм і статистичного порівняння у розділі 3.

## 2.5. Висновки до методичного розділу

У другому розділі викладено комплексну методику проведення експериментальних досліджень із визначення міцності меблевих щитів із деревини бука, отриманих різними способами з'єднання рейок за шириною — на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м), на гребінь-паз (прямий) та на вставну рейку (бук). Наведені технологічні, організаційні та метрологічні умови забезпечують порівнянність, точність і відтворюваність результатів випробувань.

1. Визначено, що для забезпечення достовірності результатів усі типи щитів виготовлялися з однакової деревини (бук звичайний) з вологістю 8–10 %, товщиною рейок 21 мм і стандартними параметрами пресування та клеєного з'єднання (клей ПВА D3, тиск 0,6–1,0 МПа, час пресування 25–35 хв).

2. Розроблено технологічну послідовність формування щитів, яка включає розкрій, фугування, рейсмусування, профілювання крайок, нанесення клею, стискання, технічну витримку, калібрування та шліфування. Ця послідовність забезпечує рівномірність товщини, точність геометрії та високу якість клеєного шва.

3. Для порівняльного дослідження виготовлено три серії по 10 зразків (по 5 для випробувань на згин і по 5 для сколювання), що дозволяє статистично оцінити міцність кожного типу з'єднання.

4. Визначено вимоги до експериментальних зразків — геометричні допуски, допустиму вологість, якість клейового шва, умови кондиціонування та критерії відбраковки, що відповідають положенням ДСТУ ISO 3349, ДСТУ ISO 3347, EN 408:2012 та EN 13354:2013.

5. Розроблено схеми випробувань:

- трьохточковий статичний згин — для визначення межі міцності при згинанні;

- випробування на сколювання вздовж волокон — для визначення опору зсуву в зоні клейового шва. Для обох випадків подано формули розрахунку напружень ( $\sigma=$  та  $\tau=$ ) і методику фіксації результатів.

6. Передбачено статистичну обробку результатів із визначенням середнього значення, стандартного відхилення, коефіцієнта варіації та довірчого інтервалу (рівень достовірності 95 %), що дозволяє оцінити надійність отриманих даних.

7. Методика забезпечує можливість чітко порівняти вплив типу з'єднання за шириною на механічну поведінку клеєних меблевих щитів із бука, встановити найраціональнішу конструкцію та отримати рекомендації для промислового виробництва.

Таким чином, другий розділ сформував експериментальну базу дослідження, яка гарантує об'єктивність і наукову обґрунтованість результатів, що подаються у наступному розділі — «Результати проведеного зрівняльного аналізу клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною».

### **3. РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНОГО ЗРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ КЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЩО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ТИПАМИ З'ЄДНАНЬ ЗА ШИРИНОЮ, ТОБТО НА ФУГУ ГЛАДКУ (ШИРИНА КРАЙКИ 0,021М), НА ГРЕБІНЬ-ПАЗ (ПРЯМИЙ), НА ВСТАВНУ-РЕЙКУ-(БУК)**

#### **3.1. Результати проведеного зрівняльного аналізу показника міцності при згині зразків із клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)**

У результаті експерименту були визначені значення параметра величини межі міцності для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м для всіх трьох типів з'єднань. Експеримент був проведений для трьох щитових конструкцій:

- конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60x21 мм методом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**
- конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60x21 мм методом **на гребінь-паз (прямий)**
- конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60x21 мм методом **на вставну-рейку-(бук).**

За результат значення Параметри встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом було взято середнє значення вибірки.

#### **3.1.1. Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

Одержані результати були наведені за групами у таблицю 3.1.

Т-ця - 3:1. Параметри встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

№	Навантаження в експерименті, кг-сили	Межа міцності при згині, МПа
1	1226,215	16,444
2	1241,859	16,653
3	1255,268	16,833
4	1258,248	16,873
5	1267,188	16,993
6	1271,169	17,046
7	1277,617	17,133
8	1282,832	17,203
9	1286,557	17,253
10	1288,047	17,273
11	1289,537	17,293

12	1291,772	17,323
13	1292,517	17,333
14	1299,966	17,433
15	1314,121	17,622
16	1331,586	17,857
	20474,500	274,563
Серед	1364,967	17,160

Комп'ютерний аналіз отриманих даних щодо значення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м та режимним пресуванням у ваймі сформованого пакета рейок. (Т-ця - 3:2.)

Т-ця - 3:2. Статобробка та комп'ютерний аналіз отриманих даних щодо значення Параметри встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

Число зразків	$N=$	16				
Величина максимальна	$y_{max}=$	17,857	МПа			
Величина мінімальна	$y_{min}=$	16,444	МПа			
Число проміжків	$k=$	4,853		Приймаємо $k$ рівне:	$k=$	8
Інтервальний крок	$\Delta y=$	0,177	МПа			

Т-ця - 3:3. Зведені проміжні розрахунки одержаних даних зі встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

№ інт.	Границі		Середина в інтервалі, $y_i$	Частота інтер- валу, $m_i$	$y_i \cdot m_i$	$(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^3$	$m_i(y_i - y_c)^4$
	$y_{in}$	$y_{iv}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	16,44354	16,620	16,532	1	16,53185	0,39594	0,39594	-0,24914	0,15677
2	16,620	16,797	16,708	1	16,70848	0,20486	0,20486	-0,09272	0,04197
3	16,797	16,973	16,885	2	33,77022	0,07617	0,15233	-0,04204	0,01160
4	16,973	17,150	17,062	3	51,18522	0,00987	0,02961	-0,00294	0,00029
5	17,150	17,327	17,238	5	86,19183	0,00597	0,02986	0,00231	0,00018
6	17,327	17,503	17,415	2	34,82999	0,06447	0,12893	0,03274	0,00831
7	17,503	17,680	17,592	1	17,59162	0,18536	0,18536	0,07980	0,03436
8	17,680	17,857	17,768	1	17,76825	0,36864	0,36864	0,22382	0,13590
$\Sigma=$				16	274,57747		1,49553	-0,04817	0,38937

Формування діаграми та полігону розподілу даних зі становлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м

здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м) (Р-ок - 3:1.)



Рис. 3.1. Гістограма з частотою розподілу кількісних даних величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)

Т-ця - 3:4. Статистичні величини при застосуванні необхідного критерію Стюдента

Для вибірки Середнє значення	$y_c =$	17,161092		
Дисперсія визначена	$S^2 =$	0,0997021		
відхилення Середньоквадратичне	$S =$	0,3157563		
інтервал розсіювання за величиною:	$\Delta =$	1,8945381		
Інтервал розсіювання		16,213823	$\leq y_c \leq$	18,1084
Отриманий Коефіцієнт варіації	$V =$	1,8399549	%	
Усереднена похибка с.з.	$S_y =$	0,0789391		
Досуду точність	$P =$	0,4599887	0,459988718	%
Довірчий інтервал		16,992837	$< m_y <$	17,32934672
Стюдента Критерій	$t =$	2,1314495		
	$f =$	15		
	$q =$	0,05		
Дубльоване число випробувань	$n \geq$	0,6152115	Приймаємо $n =$	3
	$P =$	5		

Асиметрія та ексцес при статистичних розрахунках

Т-ця - 3:5. Визначення показників асиметрії та ексцесу при статистичних розрахунках при величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м методом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

Показник асиметрії A=	-0,0956
Показник ексцесу E=	-0,5518
Середньоквадратичне відхилення для A=	0,5279
Середньоквадратичне відхилення для E=	0,8823
A/σ <sub>A</sub> =	0,1812
E/σ <sub>E</sub> =	0,6255

<3. Гіпотеза (q =0,05) приймається.

Перевірка нормальності розподілу за критерієм Пірсона

Т-ця - 3:6. Визначення критерію Пірсона для величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

№ інт.	Границі		Частотність, m <sub>i</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Φ(Z <sub>1</sub> )	Φ(Z <sub>2</sub> )	P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> N	(m <sub>i</sub> -P <sub>i</sub> ·N) <sup>2</sup>	$\frac{P_i \cdot N}{(m_i - P_i \cdot N)^2}$
	Y <sub>ін</sub>	Y <sub>ів</sub>									
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	16,444	16,620	1	-2,272	-1,713	-0,453	-0,391	0,062	0,989	0,000	0,000
2	16,620	16,797	1	-1,713	-1,154	-0,391	-0,282	0,108	1,734	0,539	0,311
3	16,797	16,973	2	-1,154	-0,594	-0,282	-0,133	0,149	2,387	0,150	0,063
4	16,973	17,150	3	-0,594	-0,035	-0,133	0,040	0,173	2,766	0,055	0,020
5	17,150	17,327	5	-0,035	0,524	0,040	0,209	0,169	2,704	5,272	1,950
6	17,327	17,503	2	0,524	1,084	0,209	0,339	0,130	2,082	0,007	0,003
7	17,503	17,680	1	1,084	1,643	0,339	0,424	0,085	1,355	0,126	0,093
8	17,680	17,857	1	1,643	2,203	0,424	0,470	0,046	0,741	0,067	0,091
										χ <sup>2</sup> <sub>роз</sub> =	2,530

Пірсона критерій згідно табличних даних

f=	5
q=	0,05
χ <sup>2</sup> <sub>таб.</sub> =	11,0705

Факт підтвердження гіпотези нормального розподілу.

Побудова кривої нормального розподілу за отриманими експериментальними значеннями для величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)** (рис. 3.2)

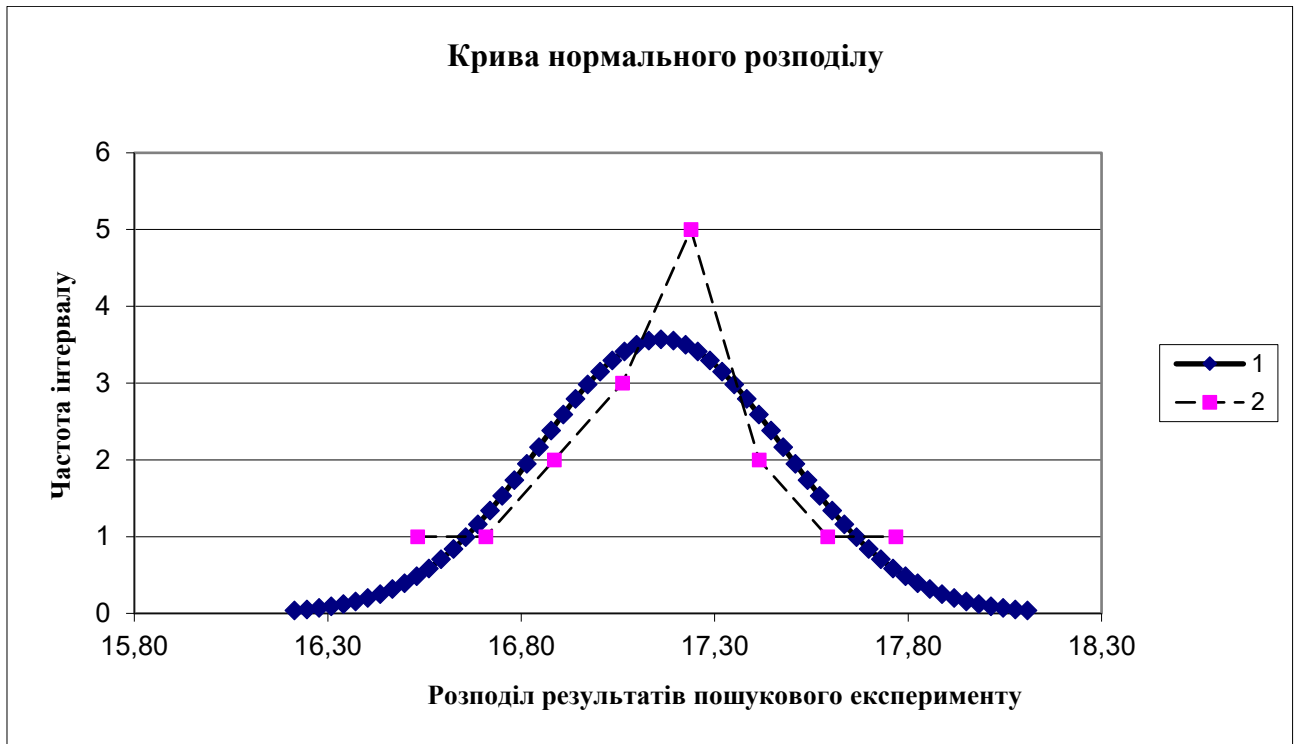


Рис. 3.2. Графічне зображення кривої нормального розподілу та частотність в інтервалах за отриманими даними при встановленні величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)

### 3.1.2. Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на гребінь-паз (прямий)

Одержані результати були наведені за групами у таблицю 3.7.

Т-ця - 3:7. Параметри встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на гребінь-паз (прямий)

№	Навантаження в експерименті, кг-сили	Межа міцності при згині, МПа
1	1395,441	18,713
2	1409,380	18,900
3	1421,180	19,058
4	1434,456	19,236
5	1437,406	19,276
6	1440,356	19,315
7	1446,256	19,394
8	1447,731	19,414
9	1449,943	19,444
10	1450,681	19,454
11	1461,006	19,592
12	1462,481	19,612

13	1463,218	19,622
14	1472,069	19,740
15	1473,544	19,760
16	1486,081	19,928
	23151,229	310,458
Серед	1543,415	19,404

Комп'ютерний аналіз зафіксованих даних щодо значення Параметри встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на гребінь-паз (прямий) та режимним пресуванням у ваймі сфоормованого пакета рейок. (Т-ця - 3:8.)

Т-ця - 3:8. Статобробка та комп'ютерний аналіз отриманих даних щодо значення Параметри встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)**

Число зразків	$N=$	16					
Величина максимальна	$y_{max}=$	19,928	МПа				
Величина мінімальна	$y_{min}=$	18,713	МПа				
Число проміжків	$k=$	4,853		Приймаємо $k$ рівне:		$k=$	8
Інтервальний крок	$\Delta y=$	0,152	МПа				

Т-ця - 3:9. Зведені проміжні розрахунки одержаних даних зі встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)**

№ інт.	Границі		Середина в інтервалі, $y_i$	Частота інтервалу, $m_i$	$y_i \cdot m_i$	$(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^3$	$m_i(y_i - y_c)^4$
	$y_{in}$	$y_{iv}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18,713	18,865	18,789	1	18,7888	0,3466	0,3466	-0,2041	0,1201
2	18,865	19,017	18,941	1	18,9408	0,1908	0,1908	-0,0833	0,0364
3	19,017	19,169	19,093	1	19,0927	0,0812	0,0812	-0,0231	0,0066
4	19,169	19,321	19,245	3	57,7339	0,0177	0,0530	-0,0070	0,0009
5	19,321	19,473	19,397	4	77,5863	0,0004	0,0014	0,0000	0,0000
6	19,473	19,624	19,549	3	58,6455	0,0292	0,0876	0,0150	0,0026
7	19,624	19,776	19,700	2	39,4009	0,1042	0,2085	0,0673	0,0217
8	19,776	19,928	19,852	1	19,8524	0,2254	0,2254	0,1070	0,0508
$\Sigma=$				16	310,0414		1,1946	-0,1282	0,2392

Формування діаграми та полігону розподілу даних зі встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м

здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)** (Р-ок - 3:3.)

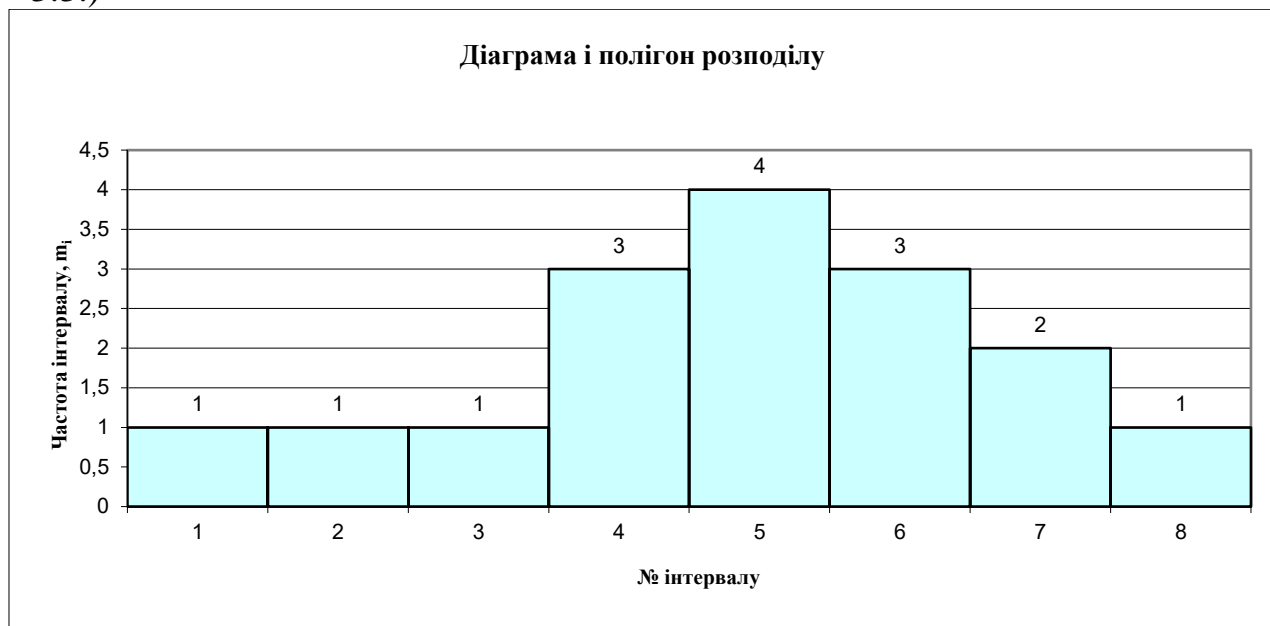


Рис. 3.3. Гістограма з частотою розподілу кількісних даних величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)**

Т-ця - 3:10. Статистичні величини при застосуванні необхідного критерію Стюдента

Для вибірки Середнє значення	$y_c =$	19,377585		
Дисперсія визначена	$S^2 =$	0,0796408		
відхилення Середньоквадратичне	$S =$	0,282207		
інтервал розсіювання за величиною:	$\Delta =$	1,6932418		
Інтервал розсіювання		18,530964	$\leq y_c \leq$	20,2242
Отриманий Коефіцієнт варіації	$V =$	1,4563578	%	
Усереднена похибка с.з.	$S_y =$	0,0705517		
Досуду точність	$P =$	0,3640894	0,364089445	%
Довірчий інтервал		19,227208	$< m_y <$	19,52796265
Стюдента Критерій	$t =$	2,1314495		
	$f =$	15		
	$q =$	0,05		
Дубльоване число випробувань	$n \geq$	0,3854307	Приймаємо $n =$	3
	$P =$	5		

А та Е як характеристики асиметрії для перевірки розподілу нормального Т-ця - 3:11. Визначення показників асиметрії та ексцесу при статистичних розрахунках при величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м методом **на гребінь-паз (прямий)**

Показник асиметрії А=	-0,356605
Показник ексцесу Е=	-0,643020
Середньоквадратичне відхилення для А=	0,527862

Середньоквадратичне відхилення для E=	0,882315
A/σ <sub>A</sub> =	0,675565
E/σ <sub>E</sub> =	0,728787

<3. Гіпотеза про нормальний розподіл з прийнятим рівнем значимості (q =0,05) приймається. Перевірка нормальності розподілу за критерієм Пірсона

T-ця - 3:12. Визначення критерію Пірсона для величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)**

№ інт.	Границі		Частотність, m <sub>i</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Φ(Z <sub>1</sub> )	Φ(Z <sub>2</sub> )	P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> N	(m <sub>i</sub> -P <sub>i</sub> N) <sup>2</sup>	$(m_i - P_i \cdot N)^2$
	у <sub>ш</sub>	у <sub>в</sub>									$P_i \cdot N$
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	18,713	18,865	1	-2,355	-1,817	-0,453	-0,391	0,062	0,989	0,000	0,000
2	18,865	19,017	1	-1,817	-1,279	-0,391	-0,282	0,108	1,734	0,539	0,311
3	19,017	19,169	1	-1,279	-0,740	-0,282	-0,133	0,149	2,387	1,924	0,806
4	19,169	19,321	3	-0,740	-0,202	-0,133	0,040	0,173	2,766	0,055	0,020
5	19,321	19,473	4	-0,202	0,336	0,040	0,209	0,169	2,704	1,680	0,621
6	19,473	19,624	3	0,336	0,875	0,209	0,339	0,130	2,082	0,843	0,405
7	19,624	19,776	2	0,875	1,413	0,339	0,424	0,085	1,355	0,416	0,307
8	19,776	19,928	1	1,413	1,952	0,424	0,470	0,046	0,741	0,067	0,091
										χ <sup>2</sup> <sub>роз.</sub> =	2,561

Пірсона критерій згідно табличних даних

<b>f</b> =	5
<b>q</b> =	0,05
<b>χ<sup>2</sup><sub>таб.</sub></b> =	11,0705

Факт підтвердження гіпотези нормального розподілу.

Побудова кривої нормального розподілу за отриманими експериментальними значеннями для величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)** (рис. 3.4)

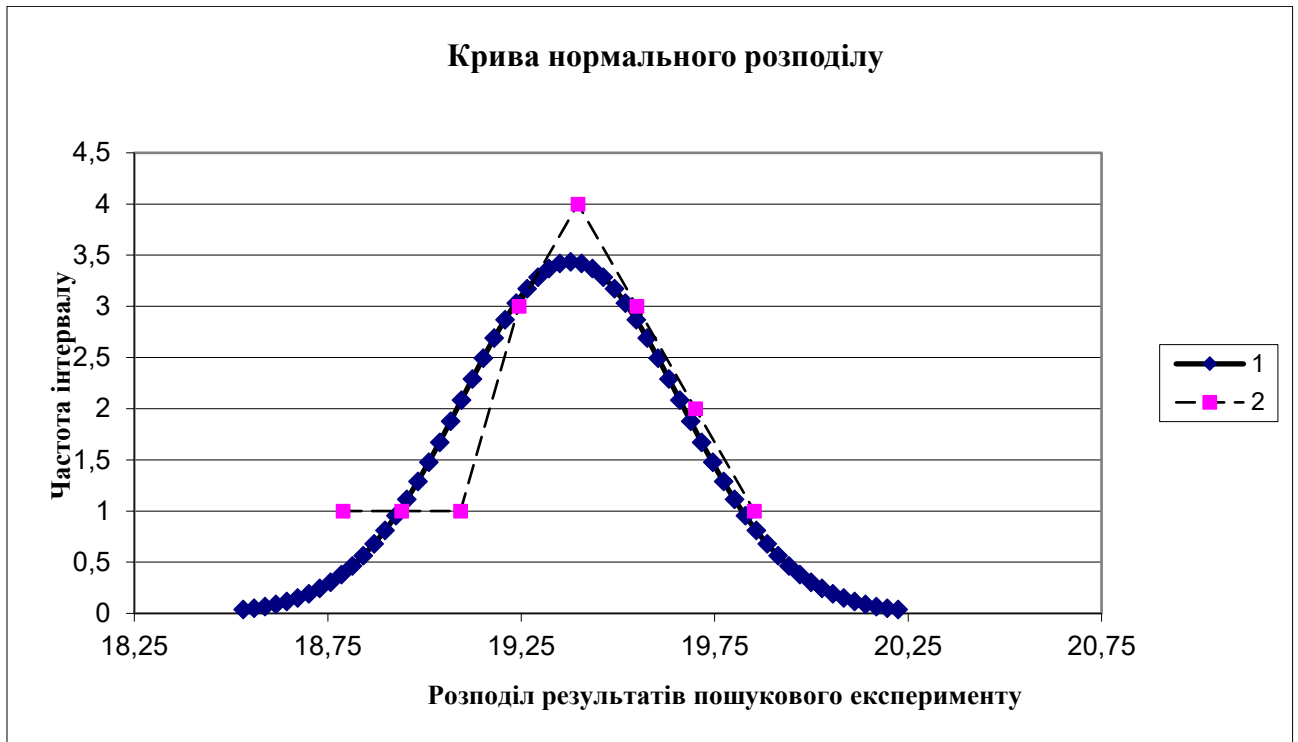


Рис. 3.4. Графічне зображення кривої нормального розподілу та частотність в інтервалах за отриманими даними при встановленні величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на гребінь-паз (прямий)

### 3.1.3. Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на вставну-рейку-(бук)

Одержані результати були наведені за групами у таблицю 3.13.

Т-ця - 3:13. Показники визначеного параметра міцності при статичному згинанні щитів із деревини бук при товщині 0,021м з використанням рейок шириною, 0,060м, отриманих способом склеювання на вставну-рейку-(бук)

№	Навантаження в експерименті, кг-сили	Межа міцності при згині, МПа
1	1457,774	19,549
2	1470,134	19,715
3	1471,708	19,736
4	1482,494	19,880
5	1486,130	19,929
6	1491,946	20,007
7	1495,582	20,056
8	1499,217	20,105
9	1504,306	20,173
10	1507,942	20,222
11	1511,577	20,270
12	1515,213	20,319
13	1520,302	20,387
14	1524,664	20,446

15	1534,843	20,582
16	1552,293	20,816
	24026,127	322,190
Серед	1601,742	20,137

Комп'ютерний аналіз зафіксованих даних щодо значення показника визначеного параметра міцності при статичному згинанні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом на вставну-рейку-(бук) та режимним пресуванням у ваймі сфоормованого пакета рейок. (Т-ця - 3:14.)

Т-ця - 3:14. Статобробка та комп'ютерний аналіз отриманих даних щодо значення Параметри встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань **ТИПОМ на вставну-рейку-(бук)**

Число зразків	$N=$	16				
Величина максимальна	$y_{max}=$	20,816	МПа			
Величина мінімальна	$y_{min}=$	19,549	МПа			
Число проміжків	$k=$	4,853		Приймаємо $k$ рівне:		$k=$ 8
Інтервальний крок	$\Delta y=$	0,158	МПа			

Т-ця - 3:15. Зведені проміжні розрахунки одержаних даних зі встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань **ТИПОМ на вставну-рейку-(бук)**

№ інт.	Границі		Середина в інтервалі, $y_i$	Частота інтервалу, $m_i$	$y_i \cdot m_i$	$(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^3$	$m_i(y_i - y_c)^4$
	$y_{in}$	$y_{iv}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	19,54875	19,707	19,628	1	19,6280	0,2651	0,2651	-0,1365	0,0703
2	19,707	19,866	19,786	2	39,5728	0,1271	0,2542	-0,0906	0,0323
3	19,866	20,024	19,945	3	59,8345	0,0392	0,1177	-0,0233	0,0046
4	20,024	20,183	20,103	3	60,3098	0,0016	0,0047	-0,0002	0,0000
5	20,183	20,341	20,262	3	60,7852	0,0141	0,0424	0,0050	0,0006
6	20,341	20,499	20,420	2	40,8403	0,0769	0,1538	0,0426	0,0118
7	20,499	20,658	20,579	1	20,5786	0,1898	0,1898	0,0827	0,0360
8	20,658	20,816	20,737	1	20,7370	0,3530	0,3530	0,2097	0,1246
$\Sigma=$				16	322,2863		1,3806	0,0895	0,2803

ЗФормування діаграми та полігону розподілу даних зі встановлення величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань **ТИПОМ на вставну-рейку-(бук)** (Р-ок - 3:5.)

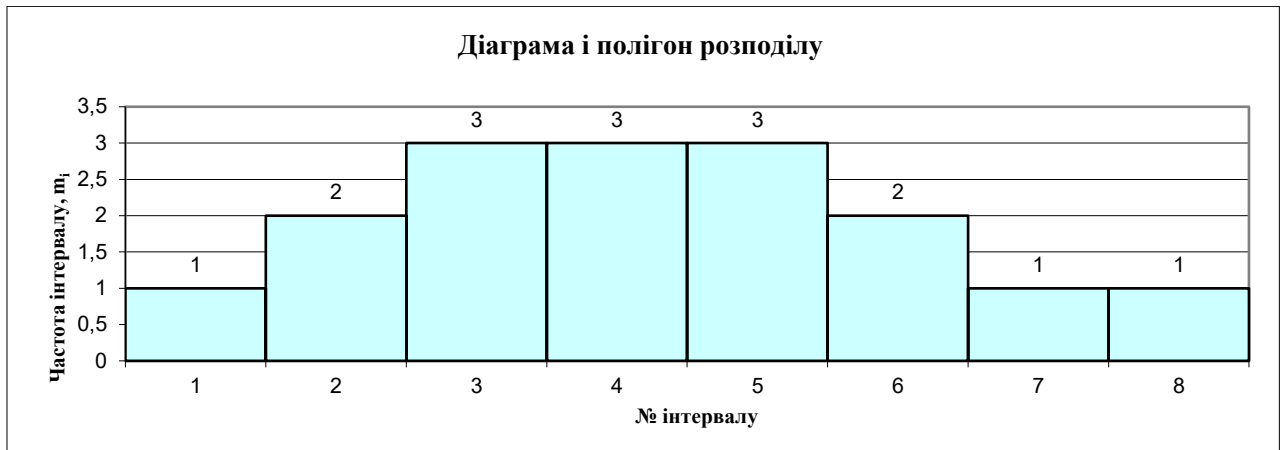


Рис. 3.5. Гістограма з частотою розподілу кількісних даних величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на вставну-рейку-(бук)** Т-ця - 3:16. Статистичні величини при застосуванні необхідного критерію

**Стьюдента**

Для вибірки Середнє значення	$y_c =$	20,142891		
Дисперсія визначена	$S^2 =$	0,0920423		
відхилення Середньоквадратичне	$S =$	0,3033847		
інтервал розсіювання за величиною:	$\Delta =$	1,8203083		
Інтервал розсіювання		19,232736	$\leq y_c \leq$	21,0530
Отриманий Коефіцієнт варіації	$V =$	1,5061627	%	
Усереднена похибка с.з.	$S_y =$	0,0758462		
Досуду точність	$P =$	0,3765407	0,376540687	%
Довірчий інтервал		19,981228	$< m_y <$	20,30455293
Стюдента Критерій	$t =$	2,1314495		
	$f =$	15		
	$q =$	0,05		
Дубльоване число випробувань	$n \geq$	0,4122436	Приймаємо $n =$	3
	$P =$	5		

А та Е як характеристики асиметрії для перевірки розподілу нормального

Т-ця - 3:17. Визначення показників асиметрії та ексцесу при статистичних розрахунках при величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м методом **на вставну-рейку-(бук)**

Показник асиметрії $A =$	0,2002882
Показник ексцесу $E =$	-0,9321733
Середньоквадратичне відхилення для $A =$	0,5278615
Середньоквадратичне відхилення для $E =$	0,8823149
$A/\sigma_A =$	0,3794333
$E/\sigma_E =$	1,0565087

<3. Гіпотеза про нормальний розподіл з прийнятим рівнем значимості ( $q = 0,05$ ) приймається. Перевірка нормальності розподілу за критерієм Пірсона

Т-ця - 3:18. Визначення критерію Пірсона для величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на вставну-рейку-(бук)**

№ інт.	Границі		Частотність, $m_i$	$Z_1$	$Z_2$	$\Phi(Z_1)$	$\Phi(Z_2)$	$P_i$	$P_i N$	$(m_i - P_i \cdot N)^2$	$(m_i - P_i \cdot N)^2$
	$y_{ін}$	$y_{ів}$									$P_i \cdot N$
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	19,549	19,707	1	-1,9584	-1,4361	-0,4525	-0,3907	0,0618	0,9888	0,0001	0,0001
2	19,707	19,866	2	-1,4361	-0,9139	-0,3907	-0,2823	0,1084	1,7344	0,0705	0,0407
3	19,866	20,024	3	-0,9139	-0,3917	-0,2823	-0,1331	0,1492	2,3872	0,3755	0,1573
4	20,024	20,183	3	-0,3917	0,1306	-0,1331	0,0398	0,1729	2,7664	0,0546	0,0197
5	20,183	20,341	3	0,1306	0,6528	0,0398	0,2088	0,1690	2,7040	0,0876	0,0324
6	20,341	20,499	2	0,6528	1,1750	0,2088	0,3389	0,1301	2,0816	0,0067	0,0032
7	20,499	20,658	1	1,1750	1,6973	0,3389	0,4236	0,0847	1,3552	0,1262	0,0931
8	20,658	20,816	1	1,6973	2,2195	0,4236	0,4699	0,0463	0,7408	0,0672	0,0907
										$\chi^2_{роз.} =$	0,4372

Пірсона критерій згідно табличних даних

$f =$	5
$q =$	0,05
$\chi^2_{таб.} =$	11,0705

Факт підтвердження гіпотези нормального розподілу.

Побудова кривої нормального розподілу за отриманими експериментальними значеннями для величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на вставну-рейку-(бук)** (рис. 3.6)

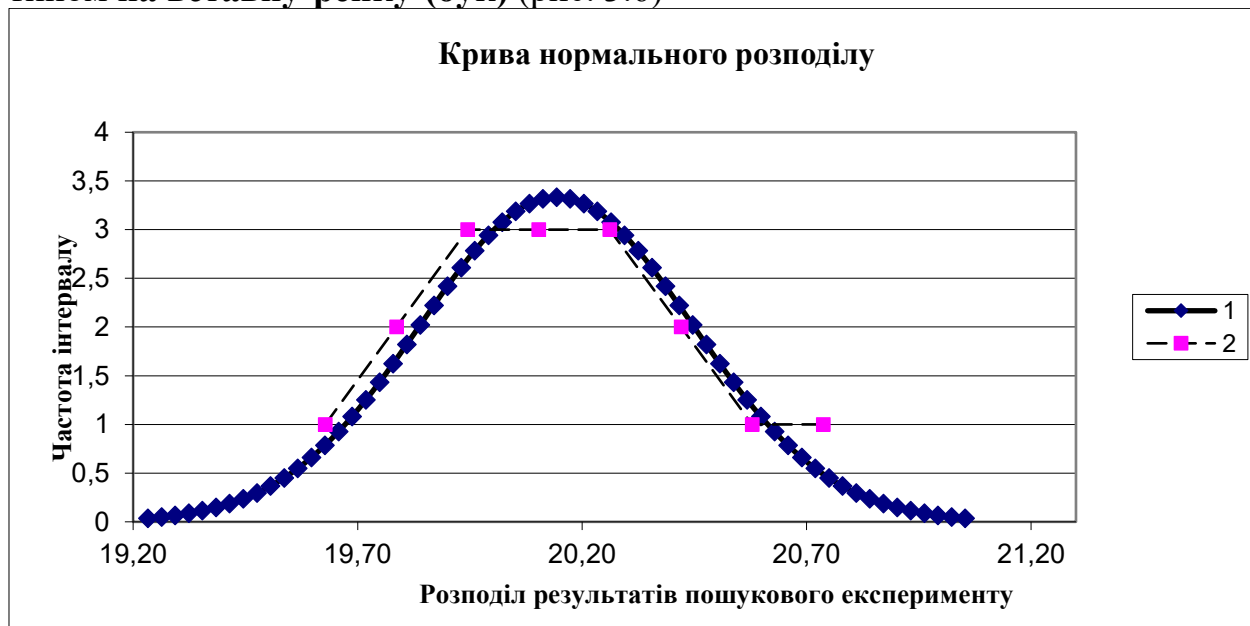


Рис. 3.6. Графічне зображення кривої нормального розподілу та частотність в інтервалах за отриманими даними при встановленні величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на вставну-рейку-(бук)**

### 3.1.4. Аналіз показників міцності при згині зразків із клесних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)

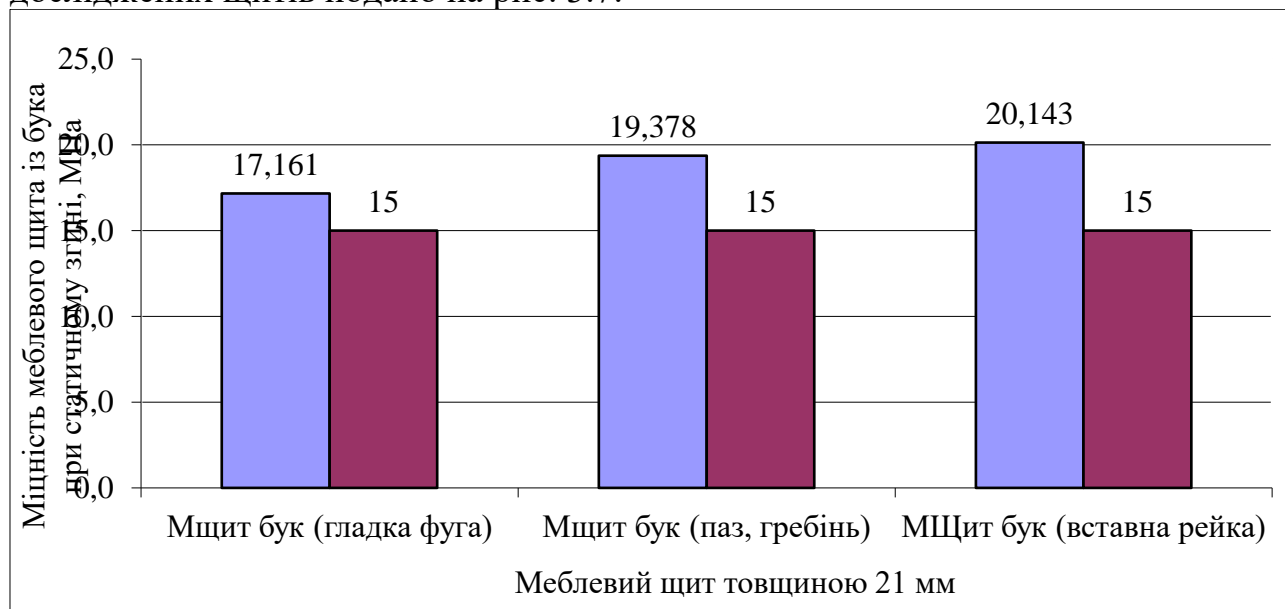
Аналіз параметрів міцності при статичному згині щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною для таких досліджених щитів подано у Т-ця - 3:19:

- значення усереднені для конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60х21 мм методом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**
- значення усереднені для конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60х21 мм методом **на гребінь-паз (прямий)**
- значення усереднені для конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60х21 мм методом **на вставну-рейку-(бук).**

Т-ця - 3:19. Зведені усереднені значення параметрів міцності при статичному згині щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною у порівнянні з нормативним значенням, що становить 15 МПа

Щитові конструкції	Визначене знач.	Норм. Знач.	% норми
Мщит бук (гладка фуга)	17,161	15	114,41
Мщит бук (паз, гребінь)	19,378	15	129,18
МЩит бук (вставна рейка)	20,143	15	134,29

Графічне порівняння параметрів міцності при статичному згині щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною для таких досліджених щитів подано на рис. 3.7:



Р-ок - 3:7. Гістограма параметрів міцності при статичному згині щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною для таких досліджених щитів

Результати випробувань меблевих щитів із деревини бука при статичному згині наведено у таблиці 3.19 та проілюстровано на рис. 3.7. Аналіз показників

свідчить, що характер розподілу міцності суттєво залежить від типу з'єднання рейок за шириною.

Згідно з результатами дослідження:

- Для щита **на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м)** середнє значення межі міцності становило **17,161 МПа**, що перевищує нормативне значення (15 МПа) на **14,41 %**. Це свідчить про достатній рівень адгезійної міцності клеєного шва, однак через обмежену площу контакту між рейками такі з'єднання мають менший запас міцності порівняно з іншими видами.

- Для щита **на гребінь-паз (прямий)** середнє значення межі міцності становило **19,378 МПа**, що становить **129,18 % від норми**. Збільшення показника міцності на 2,22 МПа (порівняно з фугою) пояснюється більшим об'ємом клейового шва та ефектом механічного зачеплення, яке частково сприймає згинальні напруження.

- Найвищий показник отримано для щита **на вставну рейку (бук)** — **20,143 МПа**, що відповідає **134,29 % від нормативного значення**. Підвищення міцності відбувається за рахунок збільшеної площі контакту клею, наявності вставного елемента, який працює як внутрішнє ребро жорсткості, та кращого розподілу напружень по товщині щита.

Порівняльні дані свідчать, що перехід від гладкої фуги до гребеневого або рейкового з'єднання забезпечує **зростання міцності при згині на 12–17 %**, а відносно норми — на **до 34 %**. Таким чином, тип з'єднання має істотний вплив на опір згинальним напруженням:

$$\sigma_{\text{фуга}} < \sigma_{\text{паз-гребінь}} < \sigma_{\text{вставна рейка}}$$

Аналіз характеру руйнування показав, що для всіх типів щитів спостерігалось **змішане руйнування** — частково по деревині та частково по клею, що свідчить про якісний клейовий контакт і рівномірний розподіл напружень у зоні шва.

Узагальнюючи результати, можна зробити висновок, що:

- найекономічнішим за витратою матеріалу є з'єднання **на фугу гладку**, проте воно має нижчу міцність;

- **паз-гребінь** забезпечує підвищену жорсткість при незначному збільшенні трудомісткості виготовлення;

- **вставна рейка (бук)** є найбільш доцільною конструкцією для виробів, що зазнають тривалих згинальних навантажень або експлуатуються у вологих умовах, оскільки має найкраще співвідношення міцності, стабільності та надійності.

Графічне зіставлення параметрів (рис. 3.7) підтверджує тенденцію поступового зростання міцності при переході від гладкої фуги до вставної рейки, що корелює зі збільшенням площі клейового контакту та складністю з'єднання.

**3.2. Результати проведеного зрівняльного аналізу показника міцності при сколюванні зразків із клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)**

**3.2.1. Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

Одержані результати були наведені за групами у таблицю 3.20.

Т-ця - 3:20. Результати величини параметра міцності при сколюванні щитів із деревини бук при товщині 0,021м з використанням рейок шириною, 0,060м, отриманих способом склеювання **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

№	Навантаження в експерименті, кг-сили	Межа міцності при сколюванні, МПа
1	1113,103	1,229
2	1142,844	1,261
3	1154,990	1,275
4	1156,156	1,276
5	1175,888	1,298
6	1184,858	1,308
7	1190,239	1,314
8	1192,930	1,317
9	1195,621	1,320
10	1201,900	1,327
11	1197,415	1,322
12	1227,014	1,354
13	1235,086	1,363
14	1252,128	1,382
15	1245,850	1,375
16	1274,552	1,407
	19140,573	21,126
Серед	1276,038	1,320

Комп'ютерний аналіз зафіксованих даних щодо значення показника визначеного параметра міцності при сколюванні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м) та режимним пресуванням у ваймі сфоормованого пакета рейок. (Т-ця - 3:21.)

Т-ця - 3:21. Статобробка та комп'ютерний аналіз отриманих даних щодо значення Параметри встановлення величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань **типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

Число зразків	$N=$	16				
Величина максимальна	$y_{max}=$	1,407	МПа			

Величина мінімальна	$y_{min} =$	1,229	МПа				
Число проміжків	$k =$	4,853		Приймаємо $k$ рівне:		$k =$	8
Інтервальний крок	$\Delta y =$	0,022	МПа				

Т-ця - 3:22. Зведені проміжні розрахунки одержаних даних зі встановлення величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

№ інт.	Границі		Середина в інтервалі, $y_i$	Частота інтервалу, $m_i$	$y_i \cdot m_i$	$(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^3$	$m_i(y_i - y_c)^4$
	$y_{in}$	$y_{iv}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,229	1,251	1,240	1	1,239728	0,006747	0,006747	-0,000554	0,000046
2	1,251	1,273	1,262	1	1,262003	0,003584	0,003584	-0,000215	0,000013
3	1,273	1,295	1,284	2	2,568555	0,001413	0,002826	-0,000106	0,000004
4	1,295	1,318	1,307	4	5,226210	0,000235	0,000938	-0,000014	0,000000
5	1,318	1,340	1,329	3	3,986483	0,000048	0,000145	0,000001	0,000000
6	1,340	1,362	1,351	1	1,351103	0,000855	0,000855	0,000025	0,000001
7	1,362	1,385	1,373	3	4,120133	0,002653	0,007960	0,000410	0,000021
8	1,385	1,407	1,396	1	1,395653	0,005444	0,005444	0,000402	0,000030
$\Sigma =$				16	21,149865		0,028499	-0,000052	0,000114

Подання номограми, тобто полігону розподілу отриманих даних щодо значення показника визначеного параметра міцності при сколюванні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)** (Р-ок - 3:8.)

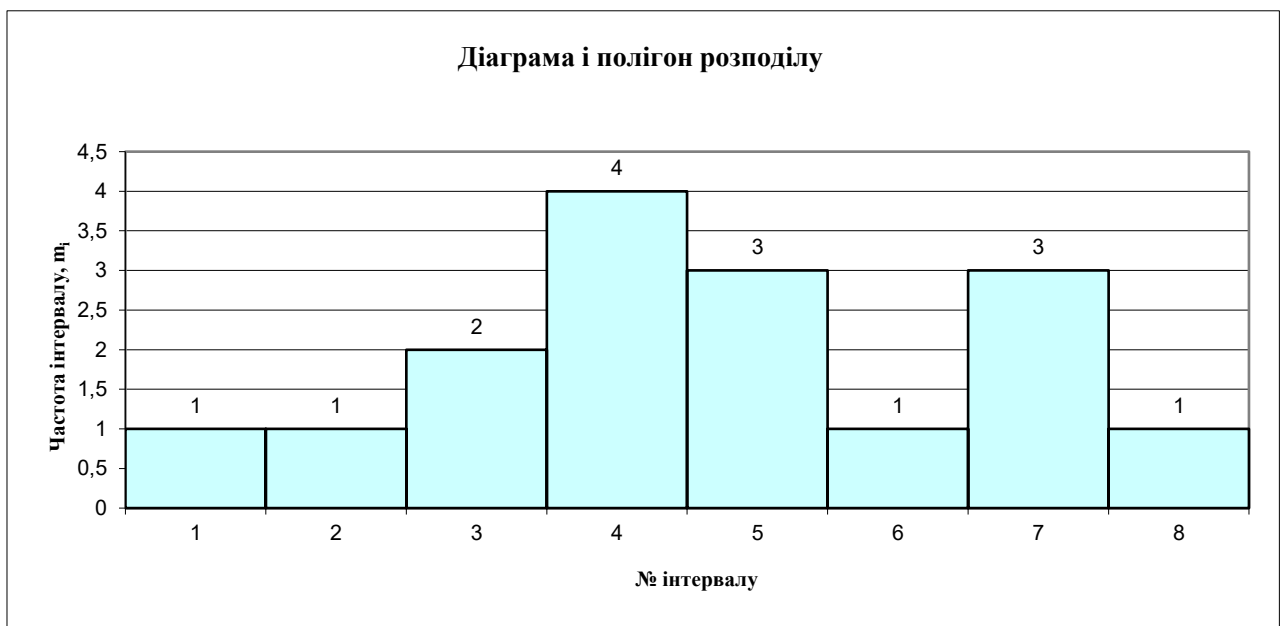


Рис. 3.8. Гістограма з частотою розподілу кількісних даних величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

Т-ця - 3:23. Статистичні величини при застосуванні необхідного критерію  
Стьюдента

Для вибірки Середнє значення	$y_c =$	1,3218666		
Дисперсія визначена	$S^2 =$	0,0018999		
відхилення Середньоквадратичне	$S =$	0,0435883		
інтервал розсіювання за величиною:	$\Delta =$	0,2615297		
Інтервал розсіювання		1,1911017	$\leq y_c \leq$	1,4526
Отриманий Коефіцієнт варіації	$V =$	3,2974805	%	
Усереднена похибка с.з.	$S_y =$	0,0108971		
Досуду точність	$P =$	0,8243701	0,824370115	%
Довірчий інтервал		1,29864	$< m_y <$	1,345093124
Стюдента Критерій	$t =$	2,1314495		
	$f =$	15		
	$q =$	0,05		
Дубльоване число випробувань	$n \geq$	1,9759437	Приймаємо $n =$	3
	$P =$	5		

А та Е як характеристики асиметрії для перевірки розподілу нормального

Т-ця - 3:24. Визначення критерію Пірсона для величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

Показник асиметрії $A =$	-0,0389034
Показник ексцесу $E =$	-1,0248849
Середньоквадратичне відхилення для $A =$	0,5278615
Середньоквадратичне відхилення для $E =$	0,8823149
$A/\sigma_A =$	0,0737001
$E/\sigma_E =$	1,1615863

<3. Гіпотеза про нормальний розподіл з прийнятим рівнем значимості ( $q = 0,05$ )  
приймається

Перевірка нормальності розподілу за критерієм Пірсона

Т-ця - 3:25. Розрахунок критерію Пірсона за отриманими даними щодо значення показника визначеного параметра міцності при сколюванні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом **на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**

№ інт.	Границі		Час тога інтер валу, $m_i$	$Z_1$	$Z_2$	$\Phi(Z_1)$	$\Phi(Z_2)$	$P_i$	$P_i N$	$(m_i - P_i N)^2$	$\frac{(m_i - P_i \cdot N)^2}{P_i \cdot N}$
	$U_{in}$	$U_{iv}$									
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,22859	1,250865	1	-2,1399	-1,6289	-0,4525	-0,3907	0,0618	0,9888	0,0001	0,0001
2	1,250865	1,27314	1	-1,6289	-1,1179	-0,3907	-0,2823	0,1084	1,7344	0,5393	0,3110

3	1,27314	1,295415	2	-1,1179	-0,6069	-0,2823	-0,1331	0,1492	2,3872	0,1499	0,0628
4	1,295415	1,31769	4	-0,6069	-0,0958	-0,1331	0,0398	0,1729	2,7664	1,5218	0,5501
5	1,31769	1,339965	3	-0,0958	0,4152	0,0398	0,2088	0,1690	2,7040	0,0876	0,0324
6	1,339965	1,36224	1	0,4152	0,9262	0,2088	0,3389	0,1301	2,0816	1,1699	0,5620
7	1,36224	1,384515	3	0,9262	1,4373	0,3389	0,4236	0,0847	1,3552	2,7054	1,9963
8	1,384515	1,40679	1	1,4373	1,9483	0,4236	0,4699	0,0463	0,7408	0,0672	0,0907
										$\chi^2_{\text{роз.}}$	3,6054

Пірсона критерій згідно табличних даних

$f=$	5
$q=$	0,05
$\chi^2_{\text{таб.}}$	11,0705

Факт підтвердження гіпотези нормального розподілу.

Побудова кривої нормального розподілу за отриманими експериментальними значеннями для величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м) (рис. 3.9)

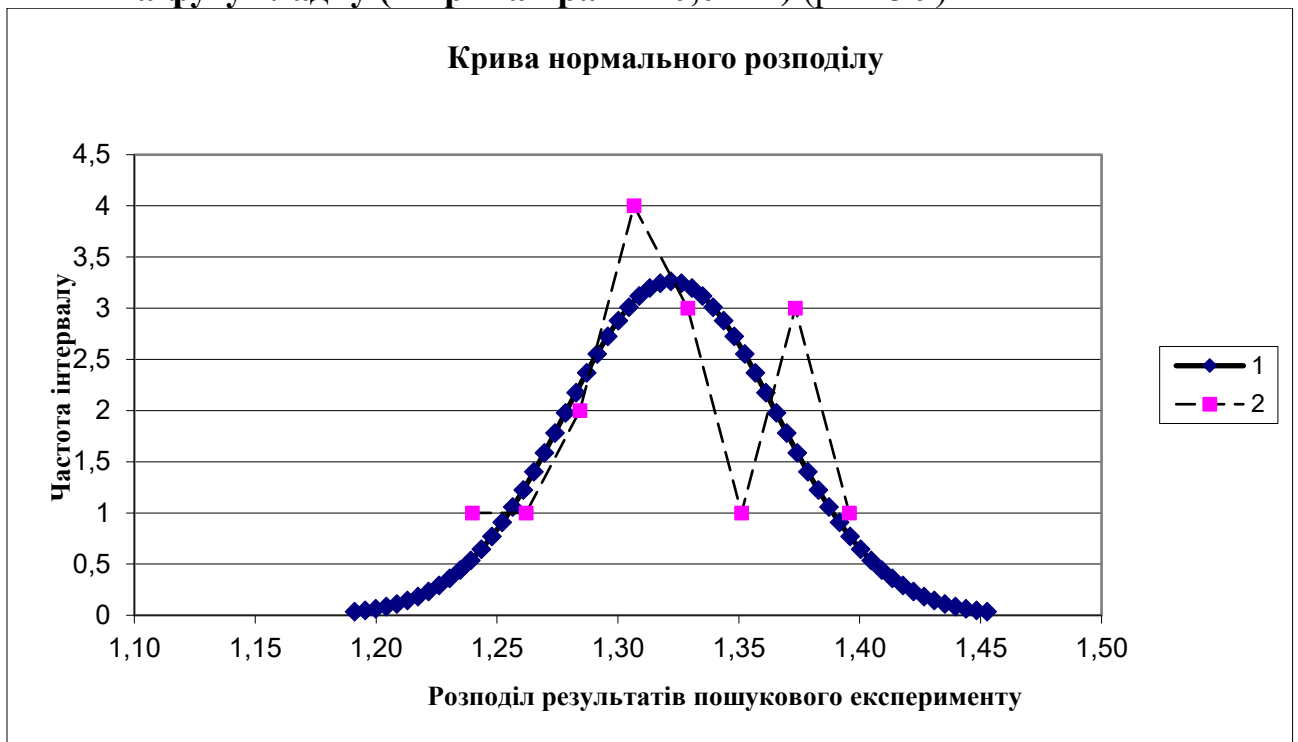


Рис. 3.9. Графічне зображення кривої нормального розподілу та частотність в інтервалах за отриманими даними при встановленні величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на фугу гладку (ширина крайки 0,021м)

**3.2.2. Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на гребінь-паз (прямий)**

Одержані результати були наведені за групами у таблицю 3.26.  
Т-ця - 3:26. Результати величини параметра міцності при сколюванні щитів із деревини бук при товщині 0,021м з використанням рейок шириною, 0,060м, отриманих способом склеювання **на гребінь-паз (прямий)**

№	Навантаження в експерименті, кг-сили	Межа міцності при сколюванні, МПа
1	1154,684	1,273
2	1179,892	1,301
3	1181,956	1,303
4	1196,408	1,319
5	1206,731	1,330
6	1209,828	1,334
7	1212,925	1,337
8	1226,344	1,352
9	1234,091	1,361
10	1236,894	1,364
11	1238,762	1,366
12	1249,973	1,378
13	1253,710	1,382
14	1265,855	1,396
15	1272,394	1,403
16	1291,078	1,423
	19611,525	21,622
Серед	1307,435	1,351

Комп'ютерний аналіз зафіксованих даних щодо значення показника визначеного параметра міцності при сколюванні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом на гребінь-паз (прямий) та режимним пресуванням у ваймі сфоормованого пакета рейок. (Т-ця - 3:27.)

Т-ця - 3:27. Статобробка та комп'ютерний аналіз отриманих даних щодо значення Параметри встановлення величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань **типом на гребінь-паз (прямий)**

Число зразків	$N=$	16				
Величина максимальна	$y_{max}=$	1,423	МПа			
Величина мінімальна	$y_{min}=$	1,273	МПа			
Число проміжків	$k=$	4,853		Приймаємо $k$ рівне:	$k=$	8
Інтервальний крок	$\Delta y=$	0,019	МПа			

Т-ця - 3:28. Зведені проміжні розрахунки одержаних даних зі встановлення величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)**

№ інт.	Границі		Середина в інтервалі, $y_i$	Частота інтер- валу, $m_i$	$y_i \cdot m_i$	$(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^3$	$m_i(y_i - y_c)^4$
	$y_{ін}$	$y_{ів}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,273	1,292	1,282	1	1,28248	0,00464	0,00464	-0,00032	0,00002
2	1,292	1,311	1,301	2	2,60255	0,00243	0,00487	-0,00024	0,00001
3	1,311	1,329	1,320	1	1,32007	0,00093	0,00093	-0,00003	0,00000
4	1,329	1,348	1,339	3	4,01661	0,00014	0,00041	0,00000	0,00000
5	1,348	1,367	1,358	4	5,43068	0,00005	0,00020	0,00000	0,00000
6	1,367	1,386	1,376	2	2,75293	0,00067	0,00134	0,00003	0,00000
7	1,386	1,405	1,395	2	2,79053	0,00199	0,00399	0,00018	0,00001
8	1,405	1,423	1,414	1	1,41406	0,00402	0,00402	0,00026	0,00002
$\Sigma =$				16	21,60992		0,02041	-0,00012	0,00006

Подання номограми, тобто полігону розподілу отриманих даних щодо значення показника визначеного параметра міцності при сколюванні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом **на гребінь-паз (прямий)** (Р-ок - 3:10.)



Рис. 3.10. Гістограма з частотою розподілу кількісних даних величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)**

Т-ця - 3:29. Статистичні величини при застосуванні необхідного критерію Стьюдента

Для вибірки Середнє значення	$y_c =$	1,3506197		
Дисперсія визначена	$S^2 =$	0,0013604		
відхилення Середньоквадратичне	$S =$	0,0368834		
інтервал розсіювання за величиною:	$\Delta =$	0,2213002		

Інтервал розсіювання		1,2399696	$\leq y_c \leq$	1,4613
Отриманий Коефіцієнт варіації	V=	2,7308471	%	
Усереднена похибка с.з.	S <sub>y</sub> =	0,0092208		
Досуду точність	P=	0,6827118	0,682711771	%
Довірчий інтервал		1,3309659	<m <sub>y</sub> <	1,370273442
Стюдента Критерій	t=	2,1314495		
	f=	15		
	q=	0,05		
Дубльоване число випробувань	n≥	1,3552046	Приймаємо n=	3
	P=	5		

А та Е як характеристики асиметрії для перевірки розподілу нормального Т-ця - 3:30. Визначення критерію Пірсона для величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)**

Показник асиметрії А=	-0,1504742
Показник ексцесу Е=	-0,9942833
Середньоквадратичне відхилення для А=	0,5278615
Середньоквадратичне відхилення для Е=	0,8823149
A/σ <sub>А</sub> =	0,2850637
E/σ <sub>Е</sub> =	1,1269030

<3. Гіпотеза про нормальний розподіл з прийнятим рівнем значимості (q =0,05) приймається. Перевірка нормальності розподілу за критерієм Пірсона Т-ця - 3:31. Розрахунок критерію Пірсона за отриманими даними щодо значення показника визначеного параметра міцності при сколюванні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом **на гребінь-паз (прямий)**

№ інт .	Границі		Частотність, m <sub>i</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Φ(Z <sub>1</sub> )	Φ(Z <sub>2</sub> )	P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> N	(m <sub>i</sub> -P <sub>i</sub> N) <sup>2</sup>	(m <sub>i</sub> -P <sub>i</sub> N) <sup>2</sup> P <sub>i</sub> N
	Y <sub>ін</sub>	Y <sub>ів</sub>									
1	1,27308	1,291877 5	1	- 2,1023	- 1,5926	- 0,4525	- 0,3907	0,0618	0,9888	0,0001	0,0001
2	1,291877 5	1,310675	2	- 1,5926	- 1,0830	- 0,3907	- 0,2823	0,1084	1,7344	0,0705	0,0407
3	1,310675	1,329472 5	1	- 1,0830	- 0,5734	- 0,2823	- 0,1331	0,1492	2,3872	1,9243	0,8061
4	1,329472 5	1,34827	3	- 0,5734	- 0,0637	- 0,1331	- 0,0398	0,1729	2,7664	0,0546	0,0197
5	1,34827	1,367067 5	4	- 0,0637	- 0,4459	- 0,0398	- 0,2088	0,1690	2,7040	1,6796	0,6212
6	1,367067 5	1,385865	2	0,4459	0,9556	0,2088	0,3389	0,1301	2,0816	0,0067	0,0032
7	1,385865	1,404662 5	2	0,9556	1,4652	0,3389	0,4236	0,0847	1,3552	0,4158	0,3068
8	1,404662 5	1,42346	1	1,4652	1,9749	0,4236	0,4699	0,0463	0,7408	0,0672	0,0907
										χ <sup>2</sup> <sub>роз</sub> =	1,8885

Пірсона критерій згідно табличних даних

f=	5
q=	0,05
χ <sup>2</sup> <sub>таб.</sub> =	11,0705

Факт підтвердження гіпотези нормального розподілу.

Побудова кривої нормального розподілу за отриманими експериментальними значеннями для величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)** (рис. 3.11)

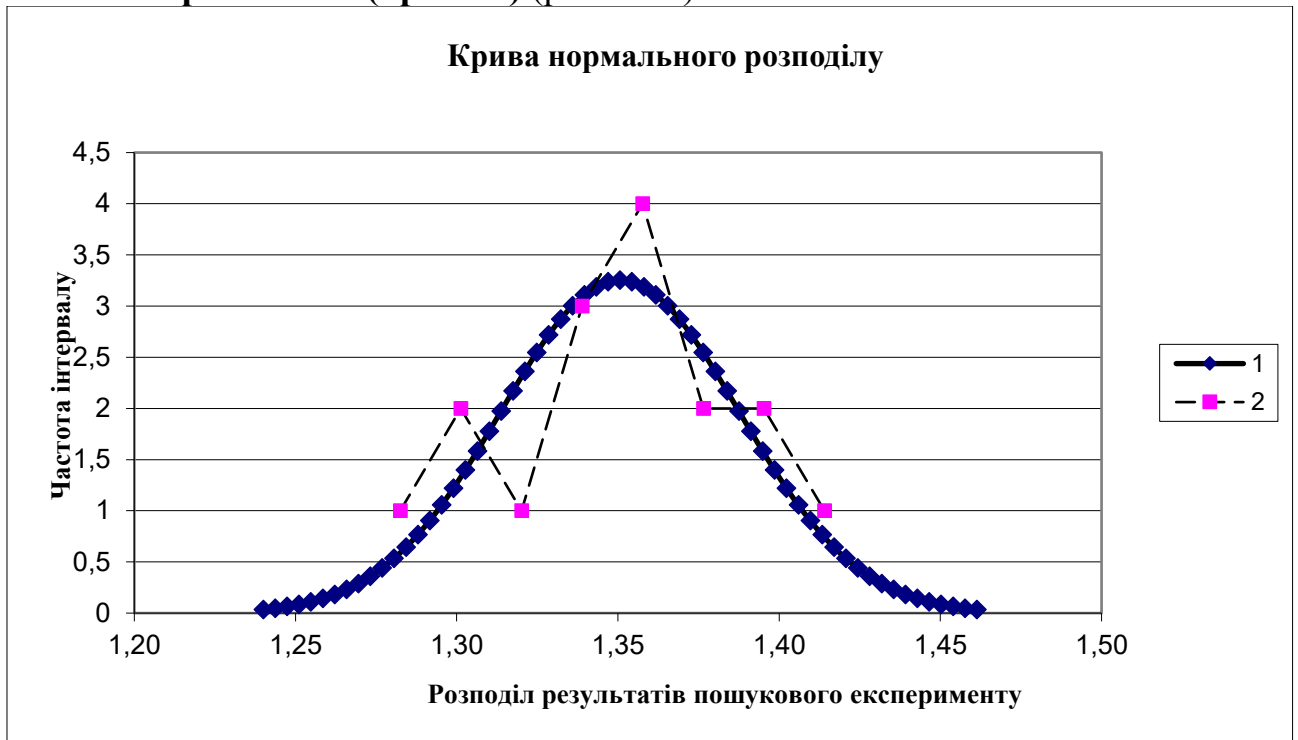


Рис. 3.11. Графічне зображення кривої нормального розподілу та частотність в інтервалах за отриманими даними при встановленні величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на гребінь-паз (прямий)**

### 3.2.3. Результати статистичної обробки даних щодо величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на вставну-рейку-(бук)**

Одержані результати були наведені за групами у таблицю 3.32.

Т-ця - 3:32. Результати величини параметра міцності при сколюванні щитів із деревини бук при товщині 0,021м з використанням рейок шириною, 0,060м, отриманих способом склеювання **на вставну-рейку-(бук)**

№	Навантаження в експерименті, кг-сили	Межа міцності при сколюванні, МПа
1	1139,350	1,253
2	1156,976	1,273
3	1162,302	1,279
4	1159,000	1,275
5	1169,122	1,286
6	1173,171	1,291
7	1183,294	1,302
8	1186,330	1,305

9	1186,330	1,305
10	1187,342	1,306
11	1192,404	1,312
12	1200,501	1,321
13	1202,526	1,323
14	1223,814	1,346
15	1240,340	1,365
16	1258,198	1,384
	19021,000	20,925
Серед	1268,067	1,308

Комп'ютерний аналіз зафіксованих даних щодо значення показника визначеного параметра міцності при сколюванні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом на вставну-рейку-(бук) та режимним пресуванням у ваймі сфоормованого пакета рейок. (Т-ця - 3:33.)

Т-ця - 3:33. Статобробка та комп'ютерний аналіз отриманих даних щодо значення Параметри встановлення величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на вставну-рейку-(бук)

Число зразків	$N=$	16				
Величина максимальна	$y_{max}=$	1,384	МПа			
Величина мінімальна	$y_{min}=$	1,253	МПа			
Число проміжків	$k=$	4,853		Приймаємо $k$ рівне:	$k=$	8
Інтервальний крок	$\Delta y=$	0,016	МПа			

Т-ця - 3:34. Зведені проміжні розрахунки одержаних даних зі встановлення величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на вставну-рейку-(бук)

№ інт.	Границі		Середина в інтервалі, $y_i$	Частота інтервалу, $m_i$	$y_i \cdot m_i$	$(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^2$	$m_i(y_i - y_c)^3$	$m_i(y_i - y_c)^4$
	$y_{ін}$	$y_{ів}$							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,25341	1,270	1,262	1	1,26158	0,00221	0,00221	-0,00010	0,00000
2	1,270	1,286	1,278	4	5,11170	0,00094	0,00376	-0,00012	0,00000
3	1,286	1,302	1,294	2	2,58854	0,00020	0,00041	-0,00001	0,00000
4	1,302	1,319	1,311	4	5,24245	0,00000	0,00002	0,00000	0,00000
5	1,319	1,335	1,327	2	2,65391	0,00034	0,00068	0,00001	0,00000
6	1,335	1,351	1,343	1	1,34330	0,00121	0,00121	0,00004	0,00000
7	1,351	1,368	1,360	1	1,35964	0,00261	0,00261	0,00013	0,00001
8	1,368	1,384	1,376	1	1,37598	0,00454	0,00454	0,00031	0,00002
$\Sigma=$				16	20,93710		0,01543	0,00027	0,00004

Подання номограми, тобто полігону розподілу отриманих даних щодо значення показника визначеного параметра міцності при сколюванні щита меблевого товщиною 18 мм, отриманого склеюванням рейок шириною 38 мм способом на вставну-рейку-(бук) (Р-ок - 3:12.)



Рис. 3.12. Гістограма з частотою розподілу кількісних даних величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на вставну-рейку-(бук)

Т-ця - 3:35. Статистичні величини при застосуванні необхідного критерію Стьюдента

Для вибірки Середнє значення	$y_c =$	1,3085687		
Дисперсія визначена	$S^2 =$	0,0010284		
відхилення Середньоквадратичне	$S =$	0,0320679		
інтервал розсіювання за величиною:	$\Delta =$	0,1924075		
Інтервал розсіювання		1,212365	$\leq y_c \leq$	1,4048
Отриманий Коефіцієнт варіації	$V =$	2,4506095	%	
Усереднена похибка с.з.	$S_y =$	0,008017		
Досуду точність	$P =$	0,6126524	0,612652385	%
Довірчий інтервал		1,2914809	$< m_y <$	1,325656488
Стюдента Критерій	$t =$	2,1314495		
	$f =$	15		
	$q =$	0,05		
Дубльоване число випробувань	$n \geq$	1,0913357	Приймаємо $n =$	3
	$P =$	5		

А та Е як характеристики асиметрії для перевірки розподілу нормального

Т-ця - 3:36. Визначення показників асиметрії та ексцесу при статистичних розрахунках при величини межі міцності на згин статичний для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м методом **на вставну-рейку-(бук)**

Показник асиметрії A=	0,5103711
Показник ексцесу E=	-0,7760761
Середньоквадратичне відхилення для A=	0,5278615
Середньоквадратичне відхилення для E=	0,8823149
A/σ <sub>A</sub> =	0,9668656
E/σ <sub>E</sub> =	0,8795909

<3. Гіпотеза про нормальний розподіл з прийнятим рівнем значимості (q =0,05) **приймається**

Перевірка нормальності розподілу за критерієм Пірсона

Т-ця - 3:37. Визначення критерію Пірсона для величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для **порівняльних випробувань типом на вставну-рейку-(бук)**

№ інт.	Границі		Час тота інтер валу, m <sub>i</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Φ(Z <sub>1</sub> )	Φ(Z <sub>2</sub> )	P <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> N	(m <sub>i</sub> -P <sub>i</sub> N) <sup>2</sup>	$\frac{(m_i - P_i \cdot N)^2}{P_i \cdot N}$
	У <sub>ін</sub>	У <sub>ів</sub>									
1	1,253	1,270	1	-1,7201	-1,2104	-0,4525	-0,3907	0,0618	0,9888	0,0001	0,0001
2	1,270	1,286	4	-1,2104	-0,7008	-0,3907	-0,2823	0,1084	1,7344	5,1329	2,9595
3	1,286	1,302	2	-0,7008	-0,1911	-0,2823	-0,1331	0,1492	2,3872	0,1499	0,0628
4	1,302	1,319	4	-0,1911	0,3185	-0,1331	0,0398	0,1729	2,7664	1,5218	0,5501
5	1,319	1,335	2	0,3185	0,8282	0,0398	0,2088	0,1690	2,7040	0,4956	0,1833
6	1,335	1,351	1	0,8282	1,3378	0,2088	0,3389	0,1301	2,0816	1,1699	0,5620
7	1,351	1,368	1	1,3378	1,8475	0,3389	0,4236	0,0847	1,3552	0,1262	0,0931
8	1,368	1,384	1	1,8475	2,3571	0,4236	0,4699	0,0463	0,7408	0,0672	0,0907
										χ <sup>2</sup> <sub>роз.</sub> =	4,5016

Пірсона критерій згідно табличних даних

<b>f</b> =	5
<b>q</b> =	0,05
<b>χ<sup>2</sup><sub>таб.</sub></b> =	11,0705

Факт підтвердження гіпотези нормального розподілу.

Побудова кривої нормального розподілу за отриманими експериментальними значеннями для величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом **на вставну-рейку-(бук)** (рис. 3.13)

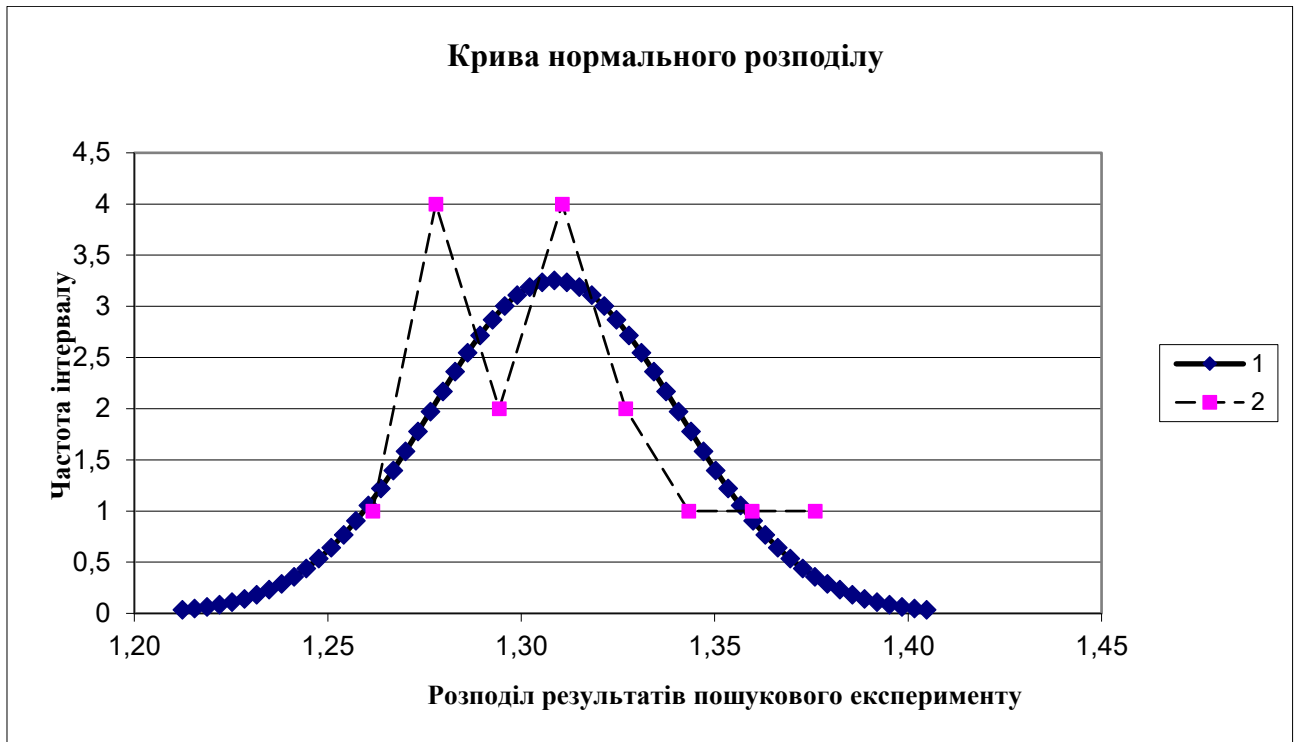


Рис. 3.13. Графічне зображення кривої нормального розподілу та частотність в інтервалах за отриманими даними при встановленні величини межі міцності на сколювання для клеєних меблевих щитів (порода бук) за товщини ширина крайки 0,021м при застосування рейок шириною 0,060м здійснено для порівняльних випробувань типом на вставну-рейку-(бук)

### 3.2.4. Аналіз показників міцності при сколюванні зразків із клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку-(бук)

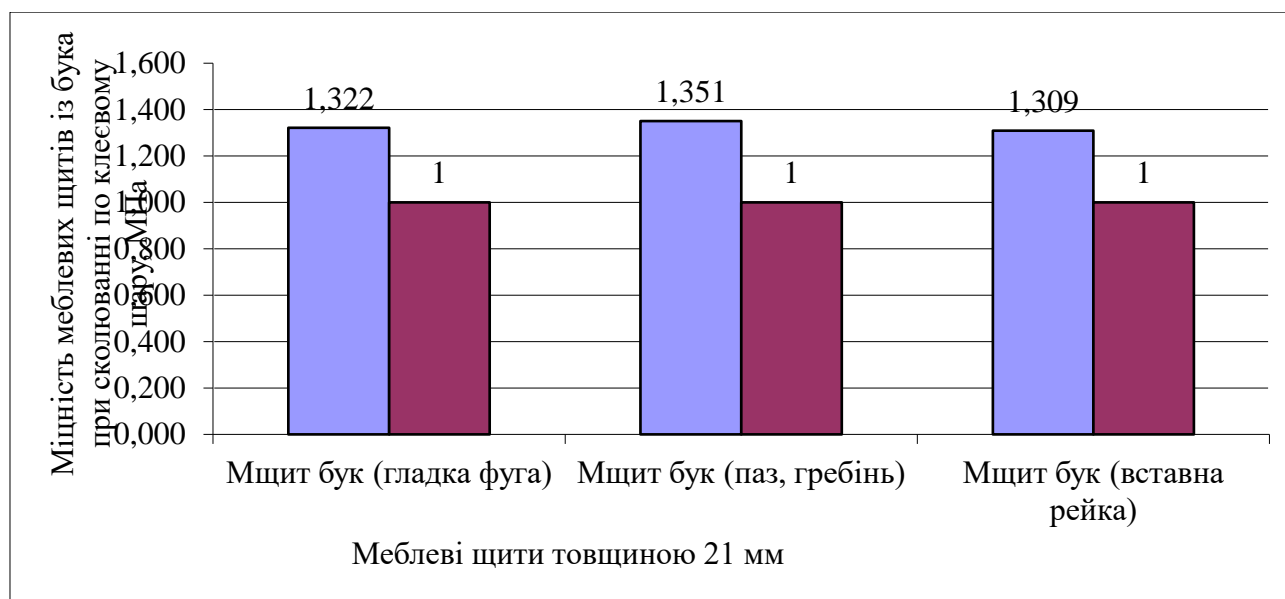
Аналіз параметрів міцності при сколюванні щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною для таких досліджених щитів подано у Т-ця - 3:38:

- значення усереднені для конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60x21 мм методом на **фугу гладку (ширина крайки 0,021м)**
- значення усереднені для конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60x21 мм методом на **гребінь-паз (прямий)**
- значення усереднені для конструкції щита меблевого із рейок породи бук з поперечним перерізом 60x21 мм методом на **вставну-рейку-(бук)**.

Т-ця - 3:38. Зведені усереднені значення параметрів міцності при сколюванні щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною

Щитові конструкції	Розрахунок	Норма	% норми
Мщит бук (гладка фуга)	1,322	1	132,19
Мщит бук (паз, гребінь)	1,351	1	135,06
Мщит бук (вставна рейка)	1,309	1	130,86

Графічне порівняння параметрів міцності при сколюванні щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною для таких досліджених щитів подано на рис. 3.14:



Р-ок - 3:14. Гістограма параметрів міцності при сколюванні щитів меблевих за різних способів склеювання рейок за шириною для таких досліджених щитів

Результати випробувань меблевих щитів із деревини бука на міцність при сколюванні вздовж волокон наведено в таблиці 3.38 та подано графічно на рис. 3.14. Аналіз цих даних дозволяє оцінити вплив типу з'єднання рейок за шириною на опір клеєного шва зсувним напруженням.

Загальна характеристика результатів

Випробування проводилися на зразках товщиною 21 мм із трьома типами з'єднань:

- на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м);
- на гребінь-паз (прямий);
- на вставну рейку (бук).

Отримані усереднені значення міцності при сколюванні показали незначні, але характерні відмінності між конструкціями (табл. 3.38).

Усі досліджені варіанти перевищують нормативне значення 1 МПа, що підтверджує належну якість з'єднань і правильність вибраних режимів склеювання.

Порівняння типів з'єднань

• Для щита на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м) межа міцності при сколюванні становить 1,322 МПа, що дорівнює 132,19 % від нормативного значення. Отримане перевищення норми на понад 30 % свідчить про задовільну міцність, але з урахуванням того, що клейовий контакт у цьому типі з'єднання є найменшим, значення розглядається як мінімальне серед досліджених.

• Для щита на гребінь-паз (прямий) визначено середню міцність 1,351 МПа, тобто 135,06 % норми. Це найвищий результат серед трьох варіантів. Підвищення міцності на 0,029 МПа порівняно з фугою пояснюється більшим

об'ємом клейового шва та наявністю механічного зачеплення, що знижує концентрацію напружень у зоні контакту.

- Для щита на вставну рейку (бук) значення міцності становить 1,309 МПа, або 130,86 % від нормативного показника. Незважаючи на дещо менше значення, ніж у пазово-гребеневого з'єднання, такий тип забезпечує рівномірний розподіл напружень по площині шва та стабільність результатів, що є важливим у виробках великої площі.

Аналіз та інтерпретація результатів

Порівняльний аналіз показує, що всі три типи з'єднань забезпечують міцність при сколюванні, вищу за нормативне значення на 30–35 %, тобто мають достатній запас міцності для використання у меблевих конструкціях. Різниця між найвищим та найнижчим показниками становить лише 0,042 МПа ( $\approx 3,2$  %), що свідчить про незначний вплив типу з'єднання на опір зсуву, проте вплив спостерігається в межах статистичної достовірності.

Найвищий опір сколюванню продемонстрували зразки на гребінь-паз, де поєднується як клейова, так і механічна фіксація елементів. З'єднання на вставну рейку показало подібний результат, що підтверджує ефективність введення додаткового елемента (вставки), який підвищує жорсткість конструкції. Найпростіше з'єднання на фугу гладку має меншу площу контакту, тому показники трохи нижчі, однак залишаються в межах високої якості клеєного з'єднання.

Характер руйнування під час випробувань — переважно змішаний (адгезійно-когезійний), що вказує на достатню адгезію клею ПВА D3 до деревини бука і рівномірне розподілення напружень по площині шва. У жодному випадку не зафіксовано повного відриву по межі клейового шару, що свідчить про надійну якість технологічного процесу склеювання.

Висновки за результатами випробувань

1. Усі типи з'єднань (фуга гладка, паз-гребінь, вставна рейка) забезпечують показники міцності при сколюванні, які перевищують нормативне значення в 1,3 раза, що підтверджує технологічну надійність методів склеювання.

2. Найвищу міцність (1,351 МПа) отримано для з'єднання на гребінь-паз, де поєднання адгезійного та механічного зачеплення створює оптимальний опір зсувним силам.

3. Конструкція на вставну рейку (бук) має близький показник (1,309 МПа) і відзначається стабільністю при повторних навантаженнях, тому є придатною для великогабаритних меблевих деталей.

4. З'єднання на фугу гладку забезпечує найменшу міцність, але завдяки простоті виготовлення може бути економічно доцільним для виробів невеликої площі або декоративних елементів.

5. Графічне порівняння (рис. 3.14) підтверджує мінімальні, але стійкі переваги гребеневого типу з'єднання, що є найбільш ефективним з точки зору поєднання міцності та технологічності.

Таким чином, усі досліджені клеєні щити з деревини бука відповідають вимогам до конструкційних матеріалів меблевого призначення за показником міцності при сколюванні, а вибір конкретного типу з'єднання має базуватися на балансі між міцністю, трудомісткістю та економічністю виробництва.

### 3.3. Висновки до розділу

У третьому розділі подано результати експериментальних випробувань та здійснено порівняльний аналіз міцнісних характеристик меблевих щитів із деревини бука, виготовлених за трьома різними способами з'єднання рейок за шириною — на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м), на гребінь-паз (прямий) та на вставну рейку (бук). Отримані результати дозволили кількісно оцінити вплив типу з'єднання на показники міцності при статичному згині та сколюванні вздовж волокон, а також визначити найраціональніший тип з'єднання для виробництва меблевих щитів.

На основі аналізу експериментальних даних встановлено:

1. Для показників міцності при статичному згині:
  - середні значення межі міцності становили відповідно 17,161 МПа для з'єднання на фугу гладку, 19,378 МПа — для з'єднання на гребінь-паз і 20,143 МПа — для з'єднання на вставну рейку;
  - усі три типи з'єднань перевищують нормативне значення 15 МПа, забезпечуючи від 114,4 % до 134,3 % від норми;
  - підвищення міцності при переході від гладкої фуги до вставної рейки становить у середньому 17,4 %, що пояснюється збільшенням площі клейового контакту та механічним зачепленням елементів;
  - найбільшу жорсткість і опір згинальним напруженням показав щит на вставну рейку, який можна рекомендувати для деталей, що зазнають значних навантажень.
2. Для показників міцності при сколюванні вздовж волокон:
  - усереднені значення межі міцності становили 1,322 МПа (фуга гладка), 1,351 МПа (паз-гребінь) і 1,309 МПа (вставна рейка);
  - усі конструкції перевищують нормативне значення (1 МПа) на 30–35 %, що підтверджує високу якість клеєних з'єднань;
  - найвищу міцність (1,351 МПа) продемонструвало з'єднання на гребінь-паз, що має оптимальне співвідношення між адгезійною площею та геометричним зачепленням;
  - тип руйнування для всіх зразків — переважно змішаний (адгезійно-когезійний), без розривів по межі клею, що свідчить про якісний технологічний процес склеювання.
3. Порівняльний аналіз міцності щитів різних конструкцій показав, що тип з'єднання впливає на розподіл напружень у зоні шва. З'єднання з додатковим механічним елементом (паз-гребінь або вставна рейка) ефективніше сприймають згинальні та зсувні зусилля порівняно з фугою гладкою.
4. Усі досліджені щити за своїми показниками перевищують мінімальні нормативні вимоги, що підтверджує можливість їх використання як конструкційного матеріалу для меблевого виробництва без зниження надійності та експлуатаційної стійкості.
5. Найоптимальнішою конструкцією для практичного використання є щит на вставну рейку (бук), оскільки він поєднує високу міцність при згині (20,143

МПа), стабільність при сколюванні (1,309 МПа), технологічну надійність і помірну трудомісткість виготовлення.

6. Для виробів із меншими навантаженнями або декоративних елементів доцільно застосовувати з'єднання на фугу гладку, що є найпростішим і найекономічнішим варіантом при достатній міцності (17,161 МПа).

7. Отримані результати можуть бути використані для:

- оптимізації технологічних режимів виготовлення меблевих щитів із деревини бука;

- вибору типу з'єднання рейок за шириною при проектуванні конструкцій залежно від функціонального навантаження;

- подальших розрахунків міцності та довговічності клеєних елементів меблів.

Загальний висновок розділу: Проведений експериментальний зрівняльний аналіз показав, що всі досліджені способи з'єднання рейок за шириною забезпечують високий рівень міцності меблевих щитів із деревини бука, а варіації в межах 10–17 % дозволяють гнучко обирати конструкцію залежно від призначення виробу. Найефективнішими за комплексом показників є з'єднання на вставну рейку та на гребінь-паз, які забезпечують підвищену міцність і стабільність форми щитів при збереженні економічної доцільності виробництва.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Аналіз показників та стану стосовно безпеки виробництва та охорони праці для підприємства з випуску клеєних конструкцій з деревини

Сучасні деревообробні підприємства, зокрема ті, що спеціалізуються на виготовленні меблевих щитів із деревини бука різних конструкційних типів з'єднання рейок за шириною (на фугу гладку, на гребінь-паз, на вставну рейку), належать до категорії виробництв із підвищеною небезпекою. Висока концентрація пилу, шуму, обертових елементів машин, робота з пресами, клеями на основі синтетичних смол і нагрівальними пристроями створюють потенційні ризики для життя і здоров'я працівників. Тому питання охорони праці, безпечної експлуатації обладнання та профілактики професійних ризиків є ключовими у функціонуванні таких цехів.

#### 1. Загальні характеристики умов праці

У деревообробному виробництві при виготовленні щитів меблевих із рейок товщиною 21 мм і шириною 60 мм, що склеюються різними способами, одночасно діють такі небезпечні та шкідливі фактори:

- рухомі частини верстатів (фугувальних, рейсмусових, форматно-розкрійних, калібрувальних);
- підвищений рівень шуму (до 95–105 дБ) від електродвигунів і пневмосистем;
- підвищене запилення робочої зони (концентрація деревного пилу може перевищувати 2 мг/м<sup>3</sup>);
- небезпека займання та вибуху деревного пилу при недосконалій аспірації;
- можливість ураження електричним струмом;
- виділення летких органічних сполук із клеїв, лаків і розчинників;
- статичне навантаження та монотонність праці операторів верстатів;
- можливі травми рук і очей під час подавання та знімання заготовок.

#### 2. Виявлені проблемні ситуації та недопустимі умови роботи

Аналіз стану охорони праці на типових деревообробних дільницях з виробництва клеєних меблевих щитів показав наявність низки системних порушень та недоліків, які безпосередньо впливають на безпечність виробничого процесу:

1. Недостатній контроль із боку інженера з охорони праці. На більшості дільниць відсутня щоденна фіксація стану робочих місць, не ведеться журнал перевірки технічного стану обладнання, не проводиться інструктаж перед змінами.

2. Неповне забезпечення засобами пожежогасіння. Відсутня достатня кількість вогнегасників, пожежних щитів і мотопомп, що унеможлиблює оперативне реагування у випадку займання деревного пилу, лаків чи клеїв. У ряді приміщень засоби пожежогасіння розміщено без урахування норм ДБН В.1.1-7-2016.

3. Недостатнє природне та штучне освітлення. У цехах відсутнє рівномірне освітлення робочих зон; освітленість на деяких ділянках становить менше 200 лк

при нормі 300–400 лк для деревообробних робіт, що спричиняє перевтому зору та підвищує ризик травматизму.

4. Недостатня ефективність аспіраційних систем. Частина верстатів під'єднана до спільного колектора без фільтрації тонких фракцій пилю; періодичність очищення пилозбірників не витримується. Це підвищує ризик пилових вибухів і погіршує санітарний стан повітряного середовища.

5. Відсутність шумопоглинальних екранів і кожухів. На фугувальних і рейсмусових верстатах рівень шуму перевищує допустимі норми (80 дБ), а засоби індивідуального захисту (беруші, навушники) не надаються систематично.

6. Недостатня механізація допоміжних процесів. Обробка, переміщення й складування заготовок здійснюється вручну без використання підйомних або роликівих транспортерів, що збільшує фізичне навантаження на працівників.

7. Неналежна вентиляція та відсутність локальних витяжних пристроїв. У місцях нанесення клею концентрація летких речовин (формальдегіду, оцтової кислоти, спиртів) може перевищувати гранично допустимі норми у 1,5–2 рази, що створює ризик хронічного подразнення слизових оболонок.

8. Недостатнє забезпечення працівників інструкціями з охорони праці. Часто інструкції застарілі, не враховують специфіку нових машин та обладнання; відсутня періодична перевірка знань працівників.

9. Нерегулярне видалення відходів. М'які (стружка, пил) і тверді (обрізки, рейки) відходи видаляються не за графіком, складуються поруч із робочими місцями, що створює пожежну небезпеку та зменшує площу евакуаційних проходів.

10. Недостатнє забезпечення засобами індивідуального захисту. Робітникам не завжди вчасно видають спецодяг, респіратори, захисні окуляри та рукавиці. Не ведеться журнал обліку видачі засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

11. Недотримання санітарно-гігієнічних і екологічних вимог. Відсутня система моніторингу рівня пилю, шуму та концентрації шкідливих речовин у повітрі. Не здійснюється сортування відходів, що суперечить нормам екологічної безпеки (ДСТУ ISO 14001).

### 3. Наслідки виявлених порушень

Недостатня увага до питань охорони праці призводить до:

- підвищення рівня виробничого травматизму (порізи, удари, опіки, потрапляння стружки в очі);
- збільшення кількості професійних захворювань (бронхіти, алергії, втрати слуху, ураження опорно-рухового апарату);
- зниження продуктивності праці через погані мікрокліматичні умови;
- зростання ризику пожеж та вибухів через накопичення пилю й відсутність належного пожежного обладнання;
- екологічні порушення, пов'язані з неконтрольованими викидами пилю та летких органічних сполук.

### 4. Необхідність удосконалення системи безпеки праці

Для забезпечення безпечних і комфортних умов роботи у виробничих цехах з виготовлення клеєних меблевих щитів необхідно:

- організувати регулярний інженерний контроль стану робочих місць;

- забезпечити кожен дільницю нормативною кількістю вогнегасників, пожежних щитів і сигналізацій;
- модернізувати системи аспірації та вентиляції, установивши фільтри дрібнодисперсного пилю;
- поліпшити світлотехнічні характеристики приміщень (світлодіодне освітлення не нижче 300 лк);
- провести шумоізоляцію обладнання й забезпечити працівників засобами індивідуального захисту слуху;
- запровадити чіткий графік видалення відходів і їх утилізації відповідно до екологічних вимог;
- розробити та затвердити оновлені інструкції з охорони праці для всіх професій і технологічних процесів;
- забезпечити працівників спецодягом, респіраторами, окулярами, рукавицями згідно з галузевими нормами;
- встановити систему контролю параметрів мікроклімату (температури, вологості, запиленості) з періодичною звітністю.

#### 5. Узагальнення результатів аналізу

Проведений аналіз показав, що рівень забезпеченості заходами охорони праці на деревообробних підприємствах, де здійснюється виготовлення меблевих щитів із деревини бука, потребує системного удосконалення. Основні проблеми — недостатня аспірація, слабкий пожежний захист, неефективне освітлення, відсутність оновлених інструкцій і ЗІЗ. Вирішення цих питань дозволить значно зменшити ризик травматизму, покращити умови праці, забезпечити відповідність вимогам Закону України “Про охорону праці”, ДНАОП 0.00-1.21-98 та ДБН В.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”.

### **4.2. Заходи з поліпшення показників та стану стосовно безпеки виробництва та охорони праці для підприємств з випуску клеєних конструкцій з деревини**

З метою підвищення рівня безпеки праці, зниження виробничого травматизму, поліпшення санітарно-гігієнічних умов і забезпечення стабільного функціонування деревообробного підприємства, що спеціалізується на виготовленні меблевих щитів із деревини бука товщиною 21 мм із рейок шириною 60 мм, розроблено комплекс організаційних, технічних і санітарно-профілактичних заходів.

#### 1. Організаційно-управлінські заходи

1. Впровадження системи управління охороною праці (СУОП) відповідно до вимог ДСТУ ISO 45001:2019. Передбачає створення окремого підрозділу або призначення відповідального інженера, ведення журналів перевірки стану робочих місць, оновлення інструкцій, планування профілактичних робіт.

2. Регулярне навчання та перевірка знань працівників з охорони праці не рідше ніж раз на рік (відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05). Доцільно проводити інструктажі за видами робіт: токарні, фугувальні, пресові, клейові, складальні тощо.

3. Актуалізація інструкцій з охорони праці. Кожне робоче місце має бути забезпечене чинною інструкцією з урахуванням специфіки обладнання (фугувальний, рейсмусовий, калібрувальний, форматно-розкрійний верстат, вайми тощо).

4. Посилення контролю за видачею засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Вести журнал обліку, контролювати строки використання та заміни спецодягу, рукавиць, захисних окулярів, респіраторів, навушників, протипилових масок.

2. Технічні заходи безпеки виробництва

1. Модернізація аспіраційної системи.

- Установити локальні пиловловлювачі на фугувальних, рейсмусових і форматних верстатах.

- Застосувати циклонно-фільтраційні агрегати з рівнем очищення не менше 99 %.

- Проводити очищення колекторів не рідше ніж раз на 5 днів. Очікуваний ефект — зниження запиленості повітря з 2,5 мг/м<sup>3</sup> до 0,8 мг/м<sup>3</sup> (у 2–3 рази).

2. Встановлення шумопоглинальних екранів і кожухів на найбільш гучних машинах (фугувальні, рейсмусові, форматно-розкрійні верстат). Це дозволить зменшити рівень шуму з 95–100 дБ до 75–80 дБ, що відповідає гігієнічним нормам ДСН 3.3.6.037-99.

3. Поліпшення освітлення виробничих приміщень.

- Замінити лампи розжарювання на світлодіодні світильники 4000–5000 К, з рівнем освітленості не менше 300 лк.

- Для ділянок точного різання — локальне освітлення  $\geq 500$  лк.

- Передбачити миття світлопрозорих поверхонь двічі на рік.

4. Забезпечення електробезпеки.

- Провести ревізію заземлення та перевірку опору ізоляції не рідше одного разу на рік.

- Встановити диференційні автомати (ПЗВ) у щитових для захисту від ураження струмом.

5. Пожежна безпека.

- Оснастити кожну дільницю необхідною кількістю вогнегасників ВП-5 або ВВК-2 із розрахунку один на 20 м<sup>2</sup> площі.

- Установити пожежні щити з комплектом інвентарю (лопата, сокира, багор, відро).

- Розробити схему евакуації та провести навчальні тренування не менше двічі на рік.

- Організувати постійне вологе прибирання пилу та щоденне видалення відходів деревини.

6. Покращення мікроклімату.

- Установити систему припливно-витяжної вентиляції з кратністю повітрообміну не менше 5 на годину.

- Оптимальна температура повітря — 18–22 °С, вологість — 40–60 %.

3. Санітарно-гігієнічні та екологічні заходи

1. Зниження концентрації шкідливих речовин у зоні нанесення клеїв.

- Використовувати клеї ПВА D3 або безформальдегідні композиції.

- Забезпечити локальні витяжки над клейовими столами.
- 2. Організація контролю повітряного середовища.
  - Встановити портативні датчики запиленості та концентрації летких органічних сполук (VOC).
  - Проводити лабораторні аналізи не рідше ніж двічі на рік.
- 3. Роздільне збирання відходів деревини.
  - М'які відходи (тирса, пил) — для брикетування чи спалювання в котлах.
  - Тверді відходи (обрізки, рейки) — для повторного використання або подрібнення.
  - Зберігання відходів — у металевих контейнерах на відстані не менше 25 м від будівель.
- 4. Поліпшення санітарно-побутових умов.
  - Обладнання гардеробів, душових, сушильних шаф для одягу.
  - Наявність аптечок і пункту першої медичної допомоги в кожному цеху.
- 4. Очікуваний соціально-економічний ефект  
 Реалізація запропонованого комплексу заходів дозволить:
  - знизити виробничий травматизм на 20–25 %;
  - скоротити рівень запиленості та шуму до нормативних значень;
  - зменшити втрати робочого часу через хвороби на 10–12 %;
  - підвищити продуктивність праці на 5–7 %;
  - забезпечити повну відповідність вимогам Закону України «Про охорону праці», Кодексу цивільного захисту України, ДБН В.2.5-28-2006, ДСН 3.3.6.037-99 та ISO 45001:2019.

#### 5. Узагальнення

Таким чином, впровадження організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і пожежно-профілактичних заходів забезпечить комплексне підвищення рівня безпеки праці, зниження ризику нещасних випадків і стабільність виробничого процесу на підприємстві з виготовлення клеєних дерев'яних щитів. Підвищення культури безпеки, створення комфортного мікроклімату, регулярне навчання персоналу та модернізація технічного обладнання сприятимуть формуванню системи “нульового травматизму” (Zero Injury) і сталому розвитку підприємства.

### 4.3. Висновки до розділу 4

Проведений аналіз умов праці у виробничих дільницях підприємства з виготовлення клеєних дерев'яних щитів із деревини бука різних типів з'єднання рейок за шириною (на фугу гладку, на гребінь-паз, на вставну рейку) показав, що рівень організації безпеки праці потребує суттєвого вдосконалення. Основні виявлені недоліки — недостатня ефективність аспіраційних і вентиляційних систем, нестача протипожежного обладнання, застаріле освітлення, порушення режимів видалення відходів, відсутність актуальних інструкцій з охорони праці та неповне забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

Для усунення зазначених недоліків запропоновано комплекс організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та пожежно-профілактичних заходів, які включають:

- впровадження системи управління охороною праці відповідно до ISO 45001:2019;

- модернізацію аспіраційних установок і шумопоглинальних систем;

- оновлення освітлення до нормативного рівня 300–500 лк;

- забезпечення електробезпеки та пожежного захисту згідно з вимогами ДБН В.1.1-7-2016;

- регулярне видалення та утилізацію відходів деревини;

- підвищення санітарно-побутових умов і контроль мікроклімату;

- систематичну видачу та облік засобів індивідуального захисту працівників.

Очікуваний результат реалізації комплексу заходів:

- зменшення травматизму на 20–25 %,

- зниження запиленості й шуму до нормативних рівнів,

- покращення умов праці та підвищення продуктивності на 5–7 %,

- підвищення загального рівня промислової безпеки підприємства.

Завдяки впровадженню запропонованих рішень підприємство зможе забезпечити сталу, безпечну та екологічно збалансовану роботу виробництва клеєних дерев'яних щитів, підвищити культуру безпеки персоналу та відповідність чинним нормативним актам України в галузі охорони праці.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1. Необхідні показники для визначення кошторису витрат під час створення клеєних дерев'яних щитових конструкцій, що відрізняються типами з'єднань за шириною, тобто на фугу гладку (ширина крайки 0,021м), на гребінь-паз (прямий), на вставну-рейку- (бук)

Економічне обґрунтування виготовлення клеєних дерев'яних щитів із деревини бука різних конструкцій має важливе значення для оцінки доцільності впровадження того чи іншого типу з'єднання рейок за шириною у серійне виробництво.

Для аналізу прийнято три варіанти щитів:

- на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м);
- на гребінь-паз (прямий);
- на вставну рейку (бук).

Початкові параметри розрахунків:

- річна програма виробництва – 35 000 м<sup>2</sup> щитів;
- середня заробітна плата працівника деревообробної галузі – 22 850 грн/міс;
- фонд річної зарплати робітників залежно від конструкції становить від 6 580,8 до 8 774,4 тис. грн;

• прямі матеріальні витрати – 35 000–51 800 тис. грн залежно від типу з'єднання;

- відрахування на соціальне страхування – 22 %;
- амортизаційні відрахування – 21,33 %;
- витрати електроенергії – 10,5 % від загальної собівартості;
- оренда приміщень і допоміжні витрати враховано за постійною ставкою.

Усі показники зведено в таблицю 5.1, яка стала основою для визначення питомої собівартості 1 м<sup>2</sup> продукції.

### 5.2. Підсумкова форма з даними визначення кошторису витрат

Таблиця 5.1. Порівняльний кошторис виробничої собівартості щитів із деревини бука

Стаття витрат	Коеф.	МЩит бук (гладка фуга)	МЩит бук (паз, гребінь)	МЩит бук (вставна рейка)
Матеріальні витрати, тис. грн	—	35 000,00	44 100,00	51 800,00
Витрати на оплату праці, тис. грн	12/14/16	6 580,80	7 677,60	8 774,40
Соціальне страхування (22 %), тис. грн	22	1 447,78	1 689,07	1 930,37
Амортизація обладнання (21,33 %), тис. грн	21,33	283,00	314,13	314,13
Амортизація інструменту (0,35 %), тис. грн	0,35	1,42	1,42	1,42
Витрати електроенергії, тис. грн	10,5	626,74	731,20	835,66
Інші прямі витрати (оренда), тис. грн	—	215,60	215,60	215,60
Загальна собівартість, грн/м <sup>2</sup>	—	1 261,58	1 563,69	1 824,90
Зміна собівартості, %	—	100,00	123,95	144,65
Показник здорожчення, %	—	—	+23,95	+44,65

Таким чином, розрахункова собівартість 1 м<sup>2</sup> щита становить:

- МЩит бук (гладка фуга) – 1 261,58 грн;
- МЩит бук (паз, гребінь) – 1 563,69 грн;
- МЩит бук (вставна рейка) – 1 824,90 грн.

При цьому витрати на виготовлення щита з'єднаного на гребінь-паз зростають на 23,95 %, а для вставної рейки — на 44,65 % порівняно з базовим варіантом (гладка фуга = 100 %).

Графічне подання результатів

На рисунку 5.1 подано порівняльну діаграму собівартості одного квадратного метра щитів із деревини бука різних типів з'єднання рейок за шириною.

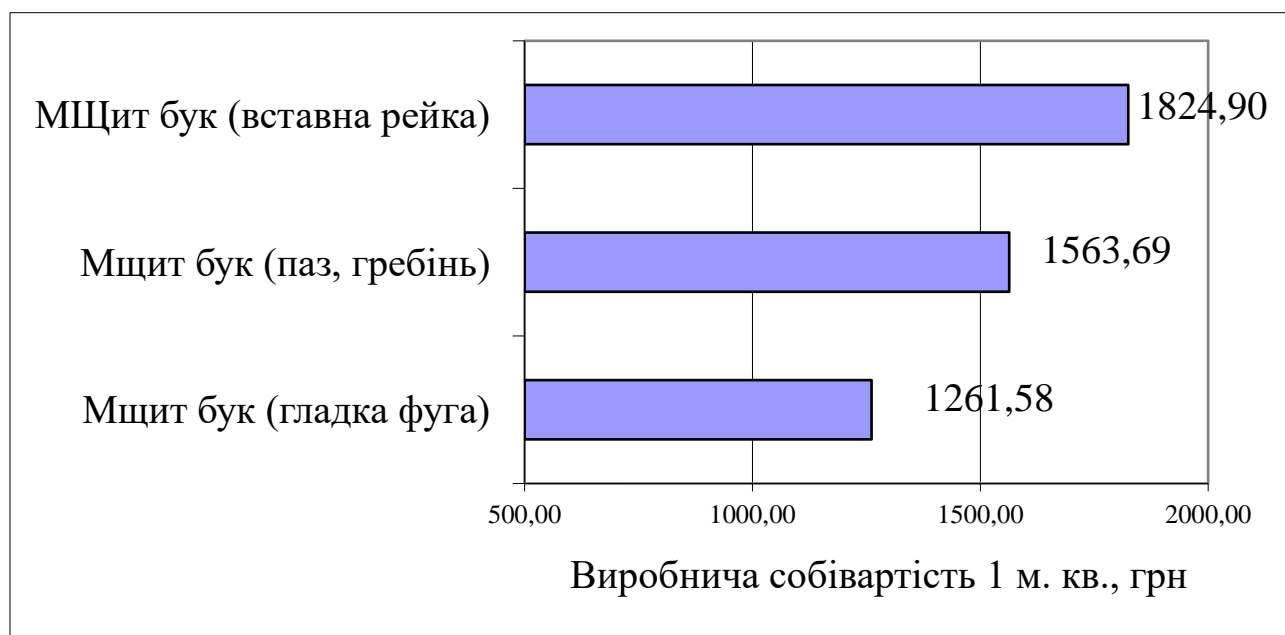


Рис. 5.1. Номограма порівняльної собівартості виготовлення щитів із деревини бука при товщині 0,021 м та ширині рейки 0,060 м, отриманих способами: на фугу гладку, на гребінь-паз (прямий) і на вставну рейку

Аналітичний висновок до економічної частини

Порівняльний аналіз економічних показників показав, що збільшення складності конструкції щита призводить до пропорційного зростання матеріальних і трудових витрат. Найменшу собівартість має щит на фугу гладку, однак він поступається за міцністю.

З'єднання на гребінь-паз забезпечує оптимальний баланс між витратами (на 23,95 % дорожче) і підвищенням міцності (на  $\approx 13$  %). Конструкція на вставну рейку демонструє найвищу міцність (+17 %), але потребує на 44,65 % більших витрат на одиницю площі, що обмежує її використання у масовому виробництві.

Отже, з економічної точки зору доцільно впроваджувати технологію виготовлення меблевих щитів на з'єднанні "гребінь-паз", яка забезпечує оптимальне співвідношення "міцність / собівартість" і відповідає сучасним вимогам конкурентоспроможності на ринку меблевих матеріалів.

### 5.3. Висновки до розділу

Проведений економічний аналіз собівартості виготовлення клеєних меблевих щитів із деревини бука різних конструкцій з'єднання рейок за шириною показав, що структура витрат суттєво залежить від складності технологічного процесу та обсягу матеріальних витрат.

Найнижчу собівартість — 1 261,58 грн/м<sup>2</sup> — має щит, виготовлений на фугу гладку, однак за міцнісними показниками він поступається іншим варіантам.

Щит на гребінь-паз (прямий) характеризується оптимальним співвідношенням міцності та собівартості, при збільшенні вартості лише на 23,95 % від базового варіанта.

Конструкція на вставну рейку є найдорожчою (1 824,90 грн/м<sup>2</sup>), проте забезпечує найвищі показники міцності, що робить її доцільною для виробів підвищеної відповідальності.

Отже, з економічної точки зору найбільш ефективним є виготовлення меблевих щитів із використанням з'єднання “гребінь-паз”, оскільки воно забезпечує раціональне використання матеріалів, стабільну якість, високу продуктивність праці та зменшення загальної собівартості продукції при належному рівні механічної міцності.

Отримані результати можуть бути використані при розробці технологічних карт, плануванні виробничих витрат і формуванні економічно обґрунтованої ціни на меблеві щити.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано комплексне дослідження процесу виготовлення клеєних меблевих щитів із деревини бука, які відрізняються типами з'єднання рейок за шириною — на фугу гладку (ширина крайки 0,021 м), на гребінь-паз (прямий) та на вставну рейку (бук).

Робота спрямована на визначення, порівняння та оцінку впливу конструкційних рішень на міцнісні показники, технологічну ефективність та економічну доцільність виробництва меблевих щитів.

Основні результати дослідження зводяться до такого:

1. Науково обґрунтовано необхідність проведення порівняльного аналізу міцності клеєних дерев'яних щитів, отриманих різними типами з'єднань за шириною, з огляду на те, що форма з'єднання визначає не лише площу клейового контакту, а й розподіл напружень при експлуатаційних навантаженнях.

2. Систематизовано типи конструкцій меблевих щитів із деревини бука за способом з'єднання рейок: фуга гладка, гребінь-паз (прямий), вставна рейка. Розроблено технологічну послідовність виготовлення зразків із рейок перерізом 60×21 мм, із дотриманням режимів фугування, нанесення клею, пресування та технічної витримки.

3. Розроблено та апробовано методику експериментальних досліджень, що включає підготовку зразків, випробування на статичний згин і сколювання вздовж волокон, а також статистичну обробку отриманих результатів.

4. Експериментально встановлено, що всі три типи з'єднань забезпечують показники міцності, які перевищують нормативні значення.

при статичному згині:

- — фуга гладка – 17,161 МПа;
- — гребінь-паз – 19,378 МПа;
- — вставна рейка – 20,143 МПа;

при сколюванні вздовж волокон:

- — фуга гладка – 1,322 МПа;
- — гребінь-паз – 1,351 МПа;
- — вставна рейка – 1,309 МПа.

5. Найвищу міцність при згині показав щит на вставну рейку, а найвищу міцність при сколюванні — щит на гребінь-паз. Отже, для деталей, що зазнають значних вигинальних навантажень, доцільно застосовувати з'єднання “вставна рейка”, а для з'єднань під кутовими або розтягувальними навантаженнями — “гребінь-паз”.

6. Проведено економічне обґрунтування технологічних варіантів. Визначено, що собівартість 1 м<sup>2</sup> меблевого щита становить:

- фуга гладка — 1 261,58 грн,
- гребінь-паз — 1 563,69 грн (+23,95 %),
- вставна рейка — 1 824,90 грн (+44,65 %). Найоптимальнішим за співвідношенням “міцність/собівартість” є варіант на гребінь-паз (прямий).

7. Розроблено заходи з підвищення рівня безпеки праці у деревообробному виробництві, що включають модернізацію систем аспірації, поліпшення

вентиляції, освітлення, електробезпеки, а також удосконалення організаційної системи охорони праці відповідно до вимог ISO 45001:2019.

8. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання:

- для оптимізації технологічних процесів виготовлення меблевих щитів із деревини твердих порід;
- при проектуванні технологічного обладнання та розрахунку економічних показників виробництва;
- для формування технічних рекомендацій і нормативних карт у меблевій промисловості.

9. Отримані результати можуть бути впроваджені у виробничу практику деревообробних підприємств, що спеціалізуються на виготовленні щитових матеріалів, і використані у навчальному процесі для підготовки фахівців спеціальності 187 «Деревообробні та меблеві технології».

Узагальнюючий висновок:

Проведене дослідження підтвердило, що конструкційне рішення типу з'єднання рейок за шириною істотно впливає на міцність, надійність і собівартість меблевих щитів із деревини бука. Найефективнішим варіантом є з'єднання “гребінь-паз (прямий)”, яке забезпечує підвищену міцність при помірних витратах, технологічну стабільність і екологічну доцільність виробництва. Результати роботи мають практичну, науково-прикладну та економічну цінність для подальшого розвитку технологій клеєних конструкцій з деревини в Україні.

#### **Загальні висновки (для презентації):**

У результаті дослідження встановлено, що тип з'єднання рейок за шириною суттєво впливає на міцність і собівартість меблевих щитів із деревини бука.

Усі випробувані конструкції перевищують нормативні показники міцності: при згині — на 14–34 %, при сколюванні — на 30–35 %.

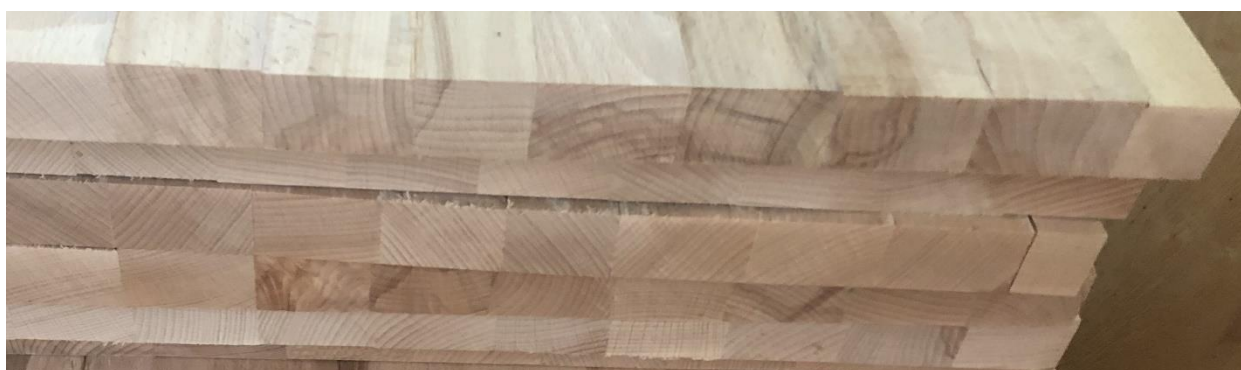
Найвищу міцність показав щит на вставну рейку, а найоптимальніше співвідношення “міцність/собівартість” має з'єднання на гребінь-паз, що на 23,9 % дорожче базового варіанта, але забезпечує надійність і стабільність форми.

Запропоновано технологічні та організаційні рішення для підвищення ефективності виробництва, безпеки праці та економічної доцільності.

Результати можуть бути впроваджені у виробництво меблевих щитів і використані для оптимізації технологій у галузі деревооброблення.

## Наукова новизна

1. Вперше проведено порівняльний аналіз міцності меблевих щитів із деревини бука, виготовлених за трьома типами з'єднання рейок за шириною — *на фугу гладку, на гребінь-паз (прямий) та на вставну рейку*.
2. Визначено закономірності впливу геометрії з'єднання на межу міцності при згині та сколюванні, що дозволяє прогнозувати поведінку щитів під навантаженням.
3. Отримано кількісні співвідношення між типом з'єднання, міцнісними показниками та собівартістю, що дає змогу обґрунтовано вибирати технологію виготовлення щитів.
4. Удосконалено методику експериментального визначення міцності щитів за рахунок використання контрольних серій зразків із різними профілями крайок і уніфікованими параметрами рейок (60×21 мм).



## Практична значимість

1. Результати можуть бути використані підприємствами деревообробної промисловості для оптимізації технологій виготовлення меблевих щитів із деревини твердих порід.
2. Розроблені рекомендації дозволяють знизити витрати виробництва до 20–25 %, вибираючи оптимальне з'єднання “гребінь-паз”, яке забезпечує найкраще співвідношення “міцність/вартість”.
3. Матеріали дослідження можуть бути впроваджені у навчальний процес при підготовці магістрів спеціальності 187 «Деревообробні та меблеві технології».
4. Запропонована методика може застосовуватись при сертифікаційних випробуваннях клеєних конструкцій та розробленні нормативів для виробів меблевого призначення.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 13353:2018. Панелі дерев'яні клеєні для внутрішнього використання. Вимоги. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 24 с.
2. ДСТУ EN 14080:2017. Конструкції дерев'яні клеєні. Вимоги. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 62 с.
3. ДСТУ EN 408:2016. Деревина конструкційна. Визначення деформацій і міцності при згині та сколюванні. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 38 с.
4. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 35 с.
5. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 44 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-161:2010. Конструкції будинків і споруд. Конструкції дерев'яні клеєні. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 48 с.
7. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 72 с.
8. ДБН В.2.5-28:2006. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 42 с.
9. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації деревообробного обладнання. – К.: Держнаглядохоронпраці, 1998. – 56 с.
10. Єврокод 5. EN 1995-1-1:2004. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-1: Загальні правила та правила для будівель. – Brussels: CEN, 2004. – 107 р.
11. Kollmann, F. F. P., & Côté, W. A. *Principles of Wood Science and Technology. Vol. I: Solid Wood*. – Berlin: Springer-Verlag, 1984. – 592 p.
12. Dinwoodie, J. M. *Timber: Its Nature and Behaviour*. – London: E & FN Spon, 2000. – 283 p.
13. Wagenführ, A. *Holz atlas*. – Leipzig: Fachbuchverlag, 2018. – 816 S.
14. Forest Products Laboratory. *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. – Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, 2010. – 508 p.
15. Hoadley, R. B. *Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology*. – Newtown, CT: Taunton Press, 2000. – 280 p.
16. Brischke, C., & Meyer-Veltrup, L. *Performance of Glued Timber under Variable Moisture Conditions*. – *Holzforchung*, 2020, 74(7), 589–600.
17. Frihart, C. R., & Hunt, C. G. *Adhesives with Wood Materials: Bond Formation and Performance*. – Forest Products Laboratory, 2010. – 175 p.
18. Dunky, M., Niemz, P. *Holzwerkstoffe und Leime: Technologie und Einflussfaktoren*. – Berlin: Springer Vieweg, 2002. – 880 S.
19. EN 204:2016. *Classification of Thermoplastic Wood Adhesives for Non-Structural Applications*. – Brussels: CEN, 2016. – 18 p.
20. Karlinasari, L., Hadi, Y. S., & Massijaya, M. Y. *Effect of Adhesive Type on the Strength of Laminated Boards from Rubberwood*. – *Journal of Tropical Forest Science*, 2015, 27(4), 475–482.
21. Bucar, V., & Merhar, M. *Shear Strength of Finger-Jointed Beech Wood*. – *Wood Research*, 2018, 63(1), 1–10.
22. Лубенець, В. І. *Технологія деревини та деревних матеріалів*. – Львів: НЛТУ України, 2019. – 328 с.
23. Черняк, Л. П. *Клеєні дерев'яні конструкції: технологія, міцність, надійність*. – К.: КНУБА, 2018. – 256 с.
24. Ситник, В. І., Гуменюк, Г. П. *Основи економіки деревообробного виробництва*. – Львів: НЛТУ України, 2017. – 212 с.
25. Писаренко, Г. С., Яковлев, А. П., Матвеев, В. В. *Сопротивление материалов*. – К.: Артемчук В.В., Заєць І.М. Методичні вказівки з курсового та дипломного проектування. Проектування технологічного процесу. Львів, 1990. – 47 с.

26. Артемчук В.В., Заєць І.М. методичний посібник з курсового та дипломного проектування. Вказівки з розрахунку норм витрат матеріалів у виробництві виробів з деревини. Львів. 1990. -120 с.
27. Бехта П.А., Онисько В., Матеяк М., К'юне Г., Добровольська Є., Шварц У. Можливості повторного використання деревини стан та перспективи. Науковий вісник. Проблеми деревообробки на рубежі ХХІ століття: наука, освіта, технологія. – Вип. 9.5. – Львів: УкрДЛТУ, 1999. – 34-44с.
28. Бехта П.А.. Технологія деревинних плит і пластиків: Підручник.-К.: Основа, 2004. – 780 с.: табл.27. Іл.241. Бібліогр.:35
29. Бондар Н. М. Економіка підприємства: Навч. Посіб. – 2-ге вид., доп. – К.: А. С. К., 2005. – 400 с.: іл.. – (Унів. Б-ка.).
30. Гайда С.В. Проблема деревної сировини у Європі та Україні // Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть: Міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 55-63.
31. Гайда С.В., Максимів В.М. Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та ВЖД // Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть: Міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2007, вип. 33. – С. 63-73.
32. Гайда С.В., Максимів В.М., Туниця Т.Ю. Розроблення класифікатора ВЖД // Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть: Міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2008, вип. 34. – С. 55-68.
33. Гайда С.В. Хімічний склад та ступінь забруднення – основа систематизації ВЖД // Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть: Міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2008, вип. 34. – С. 68-80.
34. Дудюк Д. Л. та ін. Основи методології наукових досліджень та планування експерименту. Метод. вк. – Львів: УкрДЛТУ, 1995. – 200 с.
35. Кійко І.О. Вплив розмірів структурних елементів клеєних щитів на їх формостійкість. Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук. праць. – Львів : Вид-во НЛТУ України – 2014. – Вип. 24.5. – С. 169-175.
36. Кривик О.О. Динаміка зміни формостійкості щитів клеєних з поєднанням різних порід деревини / О.О. Кривик, В.О. Маєвський // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2011. – Вип. 37.1. – С. 30-33.
37. Пилипчук М.І., Григор'єв А.С., Шостак В. В. Основи наукових досліджень: Підручник. – К.: Знання, 2007. – 270 с.
38. Максимів В. М., О. А. Кійко, В. І. Криштапович.; В. Я. Мацишин. Про можливе повторне використання щитових деталей старих корпусних меблів. Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук. праць. – Львів : Вид-во НЛТУ України – 2007. – Вип. 17.5. – С. 109-115.
39. ДСТУ 9624:1993
40. ДСТУ 9625:1992
41. ДСТУ 13715:1993
42. ДСТУ 28840:1994.