



*Аспірант Ю.О. Козак<sup>1</sup> – НЛТУ України*

## ПОБУДОВА РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ ВПЛИВУ ЩІЛЬНОСТІ, ВО- ЛОГОСТІ ТА МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ

Досліджено та визначено закономірності впливу фізико-механічних властивостей основних конструкційних деревинних матеріалів на міцнісні характеристики дерев'яних конструкцій. Встановлено, що щільність ( $r=0,82$ ) та модуль пружності ( $r=0,88$ ) мають найвищу кореляцію з міцністю при стиску та статичному згині, тоді як вологість чинить сильний негативний вплив ( $r=-0,76$ ). Підвищення вологості з 10% до 20% знижує міцність при стиску вздовж волокон на 18-25%, причому найбільш чутливими виявилися CLT та масивна сосна, а найстійкішим – LVL. Розроблена багатофакторна регресійна модель для прогнозування міцності при статичному згині на основі щільності, модуля пружності та вологості ( $R^2=0,91$ ) демонструє високу точність та придатна для практичного застосування у проектуванні дерев'яних конструкцій. Визначено, що сучасні конструкційні матеріали (LVL, GLT) мають стабільніші міцнісні показники та меншу варіативність властивостей порівняно з суцільною деревиною, що робить їх ефективними для експлуатації у змінних кліматичних умовах. Надані рекомендації з вибору матеріалів сприятимуть підвищенню надійності та довговічності конструкцій. Обґрунтовано необхідність подальших досліджень з випробуванням повномасштабних елементів у реальних умовах і вивченням впливу комбінованих навантажень за змінної вологості та температури.

**Ключові слова:** деревина, міцність, вологість, щільність, модуль пружності, LVL, GLT, CLT, конструкційні матеріали, дерев'яні конструкції.

**Вступ. Актуальність.** Деревина та матеріали на її основі залишаються одним із ключових конструкційних матеріалів у будівництві завдяки поєднанню високих питомих міцнісних характеристик, екологічності та принципів циркулярної економіки [23, 54, 59, 62], відновлюваності та естетичної привабливості [2, 3, 22, 36, 56, 57, 63, 64, 65, 77, 78, 82]. У сучасних умовах зростає попит на енергоефективні, легкі та довговічні конструкції, що зумовлює активне використання як традиційної суцільної деревини, так і клеєних деревинних матеріалів (клеєна деревина, LVL, CLT, OSB тощо). Проте міцнісні характеристики дерев'яних конструкцій залежать від комплексу фізико-механічних властивостей матеріалу, які формуються під впливом породи деревини, умов її обробки, вологості, щільності та структури волокон [6, 7, 13, 16, 17, 22, 25, 27, 38, 40, 43, 47, 58, 60, 61, 66, 69, 73, 75], а також від термінів експлуатації виробів – вживаної деревини [6, 8, 10, 13, 22, 29, 34, 46]. Незважаючи на наявність нормативних документів (ДСТУ, EN, ISO, Eurocode 5), у проектній практиці досі спостерігається невідповідність між розрахунковими та реальними міцнісними показниками конструкцій, що часто пов'язано з недостатнім врахуванням впливу фізико-механічних властивостей деревини. Це особливо актуально для умов експлуатації [1, 22, 65] зі змінною вологістю, температурою та навантаженнями, де поведінка деревини відрізняється від ідеалізованих моделей.

<sup>1</sup> Козак Юрій Орестович – аспірант кафедри технологій меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103. м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-258-31-75, +38-067-680-44-57. E-mail: [kozak.iurii@ntu.lviv.ua](mailto:kozak.iurii@ntu.lviv.ua) ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4700-6989>

**Аналіз сучасних досліджень.** Дослідження взаємозв'язку між фізико-механічними властивостями деревини та міцністю конструкцій розглядалися у працях різних науковців [3, 4, 5, 7, 22, 41, 47, 52, 53, 68, 70, 74, 87, 88]. Відомо, що щільність деревини має сильну кореляцію з її міцністю при стиску та статичному згині, а вологість суттєво знижує ці показники. Модулі пружності ( $E$  та  $G$ ) визначають жорсткість елементів і впливають на розрахунки деформацій. Проте більшість робіт або присвячені окремим породам, або зосереджені на лабораторних випробуваннях без інтеграції результатів у комплексну аналітичну модель для прогнозування міцності конструкцій. Сучасні дослідження вказують на необхідність розробки методів, що поєднують експериментальні дані з розрахунковими моделями, враховуючи комплекс фізико-механічних характеристик [31, 67, 71, 91, 93]. Це дозволить підвищити точність розрахунків та забезпечити оптимальний вибір матеріалів [21, 30, 32, 39, 45, 49, 50, 51, 55, 89, 92] на етапі проєктування.

**Проблематика.** Попри накопичений обсяг досліджень, залишаються невирішеними такі питання: відсутність узагальнених кількісних залежностей між комплексом фізико-механічних характеристик та міцнісними показниками отриманих матеріалів: ДСП [11, 12, 33, 37], столярна плита [14, 17, 21, 22, 27, 42, 44], меблевий щит [18, 20, 35, 48, 58, 65, 72, 73, 80, 81, 83, 84, 90]; обмежене врахування впливу вологості та її змін у процесі перероблення, зокрема вживаної деревини [15, 22, 28, 41] та експлуатації готових виробів; недостатня адаптація експериментальних даних до умов реального використання; потреба в рекомендаціях для вибору оптимальних матеріалів залежно від призначення конструкцій [9, 18, 19, 26, 28, 42, 62, 76, 79, 85, 86] у готовому виробі.

**Об'єкт дослідження** – дерев'яні конструкції, що виготовлені з основних конструкційних деревинних матеріалів. **Предмет дослідження** – закономірності впливу фізико-механічних властивостей конструкційних деревинних матеріалів на міцнісні характеристики дерев'яних конструкцій.

**Мета дослідження** – встановити та обґрунтувати закономірності впливу фізико-механічних властивостей основних конструкційних деревинних матеріалів на міцнісні характеристики дерев'яних конструкцій з метою підвищення їх надійності, довговічності та ефективності проєктування. **Гіпотеза дослідження** – передбачається, що фізико-механічні властивості деревинних матеріалів (щільність, вологість, модулі пружності, міцність при стиску та статичному згині) мають визначальний вплив на несучу здатність та деформаційні характеристики дерев'яних конструкцій, і що встановлення кількісних залежностей між цими параметрами дозволить оптимізувати вибір матеріалів і технологій виготовлення конструкцій.

#### **Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати сучасні види конструкційних деревинних матеріалів та їх фізико-механічні характеристики.
2. Визначити основні міцнісні показники дерев'яних конструкцій та їх залежність від властивостей матеріалів.
3. Розробити методику оцінки впливу фізико-механічних параметрів деревини на несучу здатність конструкцій.
4. Провести дослідження зразків деревини різних порід та видів матеріалів.
5. Встановити кількісні та якісні закономірності впливу фізико-механічних властивостей на міцність конструкцій.
6. Сформулювати рекомендації для вибору матеріалів та проєктування дерев'яних конструкцій з оптимальними міцнісними характеристиками.

**Наукова новизна.** Уперше встановлено комплексні кількісні та якісні залежності між фізико-механічними властивостями основних конструкційних деревинних матеріалів і міцнісними показниками дерев'яних конструкцій. Розроблено удосконалену методику прогнозування міцності конструкцій на основі інтегральних параметрів матеріалу, що дозволяє враховувати вплив породи деревини, вологості, щільності та модулів пружності в єдиній аналітичній моделі.

**Практичне значення.** Отримані результати дають змогу оптимізувати процес вибору конструкційних деревинних матеріалів на етапі проектування, підвищити надійність та довговічність дерев'яних конструкцій, а також зменшити матеріаломісткість за рахунок точнішого прогнозування їх несучої здатності. Рекомендації можуть бути використані у проектних організаціях, будівельних компаніях та при розробці нормативних документів щодо дерев'яних конструкцій.

**Методика дослідження.** Методика розроблена з метою визначення закономірностей впливу фізико-механічних властивостей конструкційних деревинних матеріалів на міцнісні характеристики дерев'яних конструкцій. Дослідження передбачає комплекс лабораторних випробувань зразків деревини та матеріалів на її основі, обробку експериментальних результатів статистичними методами та моделювання поведінки конструкцій у реальних умовах експлуатації.

**Вибір матеріалів та підготовка зразків.** До дослідження були залучені основні типи конструкційних деревинних матеріалів: суцільна деревина (сосна, дуб); клеєна ламінована деревина (GLT); шпонована конструкційна деревина (LVL); перехресно-клеєні панелі (CLT). Зразки готували згідно з вимогами ДСТУ EN 408 та ДСТУ ISO 13061. Розміри та форма зразків відповідали стандартам для випробувань на стиск, розтяг, вигин та визначення модулів пружності.

**Визначення фізико-механічних властивостей.**

**Щільність.** Визначення щільності проводилося методом зважування зразків та вимірювання їхніх геометричних розмірів у сухому стані (вологість до 12%).

$$\rho = m/V,$$

де:  $\rho$  – щільність,  $\text{кг/м}^3$ ;  $m$  – маса зразка,  $\text{кг}$ ;  $V$  – об'єм зразка,  $\text{м}^3$ .

**Вологість.** Вологість визначали сушильним методом згідно з ДСТУ ISO 13061-1:  $W = (m_v - m_c) / m_c \cdot 100\%$ ,

де  $m_v$  – маса зразка у вологому стані;  $m_c$  – маса зразка після висушування.

**Модулі пружності.** Модуль пружності при статичному згині ( $E$ ) визначали методом триточкового згину за формулою:  $E = l^3 \cdot F / (4 \cdot w \cdot h^3 \cdot f)$ ,

де:  $l$  – проліт між опорами;  $F$  – навантаження;  $w$ ,  $h$  – ширина та висота зразка;  $f$  – прогин у центрі.

**Модуль зсуву ( $G$ )** визначали методом випробування зразків на зсув згідно з ДСТУ EN 408. **Міцність при стиску вздовж волокон та міцність при статичному згині.** Випробування на міцність виконували на універсальній випробувальній машині IP-05 із реєстрацією навантаження та деформацій. Визначали:

- межу міцності при стиску вздовж волокон;
- межу міцності при статичному згині.

**Методична сітка експерименту** (табл. 1) відображає діапазони змінних факторів, що використовувалися під час планування експериментів: вологість деревини ( $W$ ), густина ( $\rho$ ) та модуль пружності ( $E$ ) та діапазони досліджень вихідних величин: міцність при стиску вздовж волокон ( $\sigma_{\text{стиск}}$ ) та міцність при статичному

згині ( $\sigma_{\text{згин}}$ ). Для визначення вихідних параметрів було створено експериментальну матрицю планування за змінними факторами для дослідження, де кожна точка на смузі діапазону відповідала конкретному досліді. Такий підхід дозволяє наочно представити зони відбору значень факторів та розташування дослідних комбінацій у межах робочого діапазону досліджень вихідних величин.

**Таблиця 1. Діапазони змінних факторів для дослідження впливу на міцність деревинних матеріалів у межах робочого діапазону досліджень вихідних величин**

| № | Змінні фактори                     | Позначення              | Одиниці виміру    | Нижнє значення | Середнє значення | Верхнє значення |
|---|------------------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|
| 1 | Вологість деревини                 | W                       | %                 | 8              | 14               | 20              |
| 2 | Густина                            | $\rho$                  | кг/м <sup>3</sup> | 450            | 575              | 700             |
| 3 | Модуль пружності                   | E                       | МПа               | 10500          | 11750            | 13000           |
|   | Вихідні величини                   |                         |                   |                |                  |                 |
| 1 | Міцність при стиску вздовж волокон | $\sigma_{\text{стиск}}$ | МПа               | 45             | 55               | 65              |
| 2 | Міцність при статичному згині      | $\sigma_{\text{згин}}$  | МПа               | 80             | 90               | 100             |

**Статистична обробка результатів.** Для обробки експериментальних даних застосовували: визначення середніх значень та стандартних відхилень; коефіцієнти варіації; кореляційний аналіз для виявлення зв'язків між фізико-механічними параметрами та міцнісними характеристиками; багатофакторний регресійний аналіз для побудови рівнянь прогнозування. Обробку виконували в Microsoft Excel.

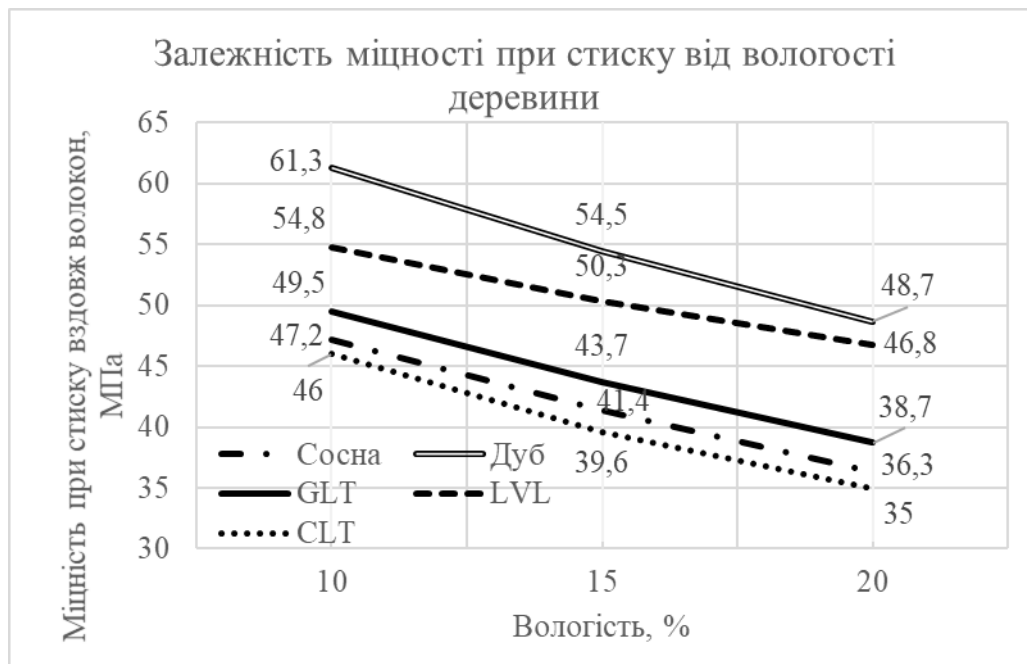
**Перевірка адекватності моделей.** Адекватність побудованих моделей перевіряли шляхом порівняння розрахункових і експериментальних результатів за критерієм Фішера та критерієм Стюдента.

**Результати. Фізико-механічні характеристики досліджених матеріалів.** Експериментальні випробування охопили п'ять груп конструкційних деревинних матеріалів: масив сосни, масив дуба, клеєна ламінована деревина (GLT), шпонована конструкційна деревина (LVL) та перехресно-клеєні панелі (CLT). Середні значення основних фізико-механічних показників наведено у табл. 2.

**Таблиця 2. Фізико-механічні властивості досліджених матеріалів**

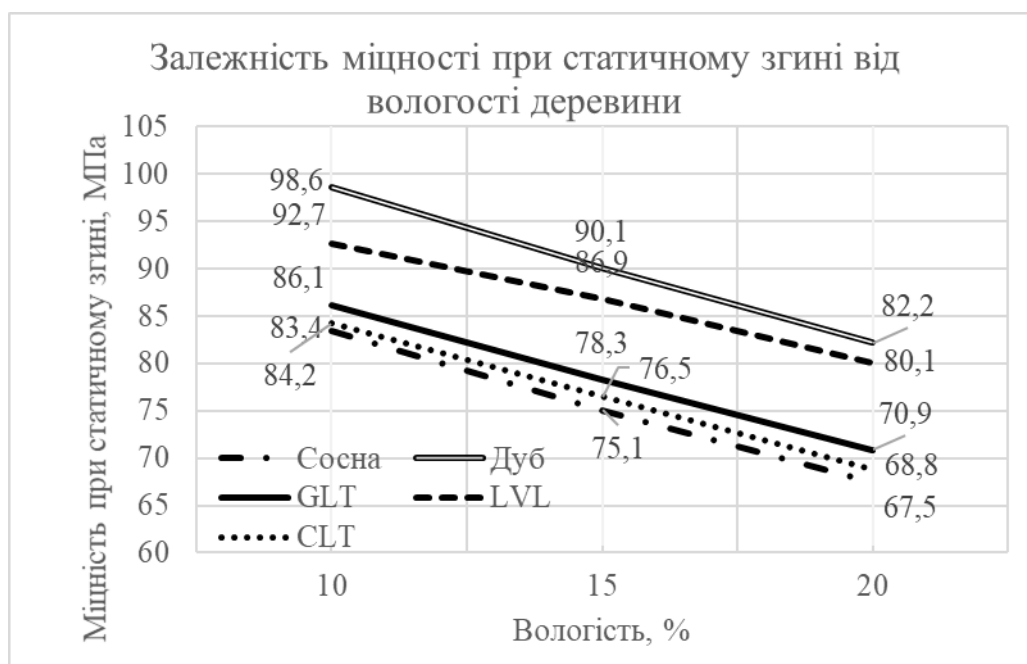
| Матеріал | Щільність, кг/м <sup>3</sup> | Вологість, % | Модуль пружності E, МПа | Модуль зсуву G, МПа | Міцність при стиску вздовж волокон, МПа | Міцність при статичному згині, МПа |
|----------|------------------------------|--------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
| Сосна    | 520                          | 11,5         | 10500                   | 680                 | 47,2                                    | 83,4                               |
| Дуб      | 690                          | 10,8         | 12900                   | 880                 | 61,3                                    | 98,6                               |
| GLT      | 490                          | 11,2         | 11600                   | 750                 | 49,5                                    | 86,1                               |
| LVL      | 540                          | 10,9         | 12500                   | 810                 | 54,8                                    | 92,7                               |
| CLT      | 470                          | 11,4         | 11200                   | 720                 | 46,0                                    | 84,2                               |

**Вплив вологості на міцнісні показники.** Встановлено, що підвищення вологості з 10% до 20% призводить до зниження міцності при стиску вздовж волокон у середньому на 18-25% залежно від матеріалу (рис. 1). Найчутливішими до змін вологості виявилися зразки CLT та суцільної сосни, найменш – LVL.



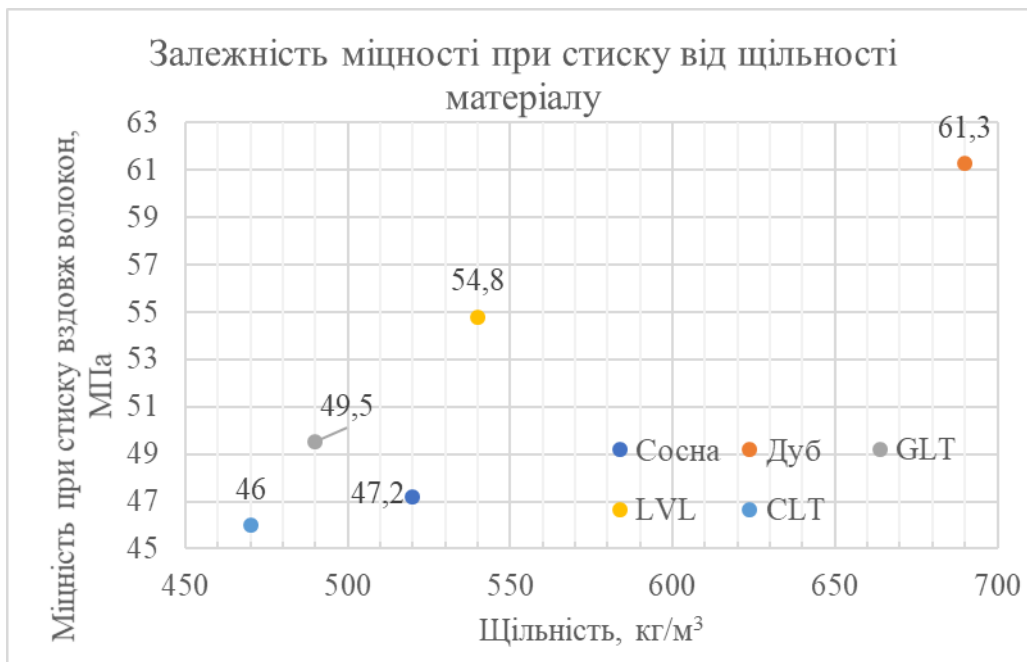
**Рис. 1. Залежність міцності при стиску від вологості деревини**

Графік демонструє стабільне зниження міцності при стиску вздовж волокон із підвищенням вологості на 5% та на 10% для всіх досліджених матеріалів відповідно, зокрема: для сосни на 12, 29 МПа та 23,09 МПа; для дуба на 11,09 МПа та 20,55 МПа; для GLT на 11,72 МПа та 21,82 МПа; для LVL на 8,21 МПа та 14,60 МПа; для CLT на 13,91 МПа та 23,91 МПа. Таким чином, найбільше падіння спостерігається у CLT та сосни (понад 23%), найменше – у LVL (близько 15%), що свідчить про вищу вологостійкість матеріалів. Залежність щодо міцності при статичному згині має аналогічний характер до стиску: зі збільшенням вологості міцність при статичному згині також зменшується (рис. 2). Найбільш стійким до впливу вологи (при зміні від 10 до 20%) залишається LVL (13,59%), тоді як CLT (18,29%) та сосна (19,06 %) демонструють найшвидше зниження. У середньому падіння становить 13-19% при зволоженні до 20%.



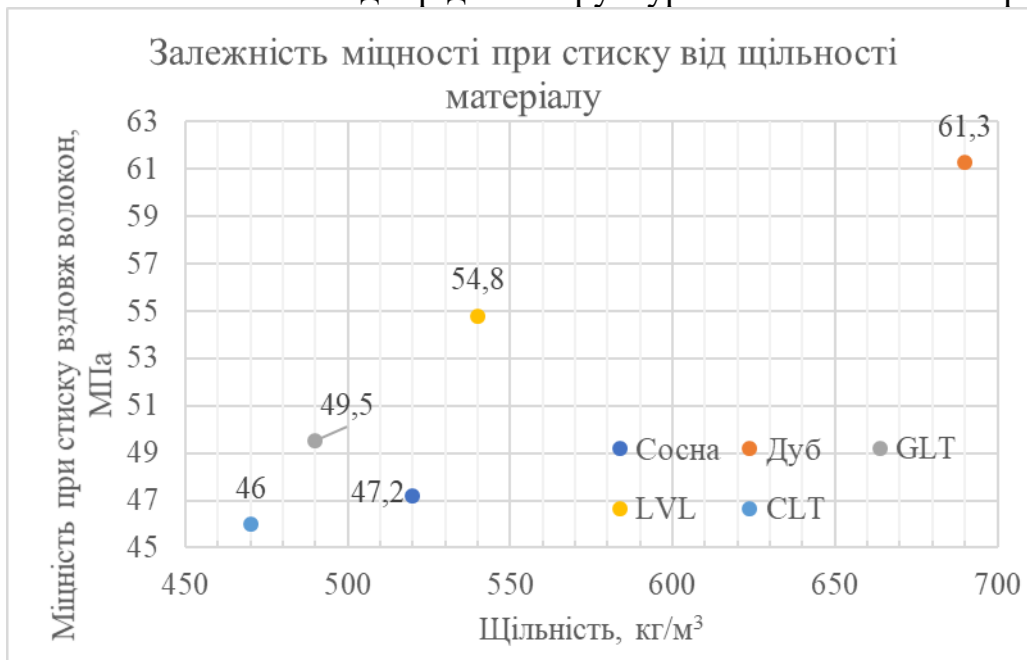
**Рис. 2. Залежність міцності при статичному згині від вологості деревини**

Встановлено чіткий прямий зв'язок між щільністю матеріалу та його міцністю при стиску (рис. 3). Дуб, що має найбільшу щільність ( $690 \text{ кг/м}^3$ ), демонструє і найвищу міцність ( $61,3 \text{ МПа}$ ). У матеріалів з меншою щільністю (CLT, GLT) значення міцності при стиску нижчі, що узгоджується з теоретичними уявленнями про вплив щільності на механічні властивості.



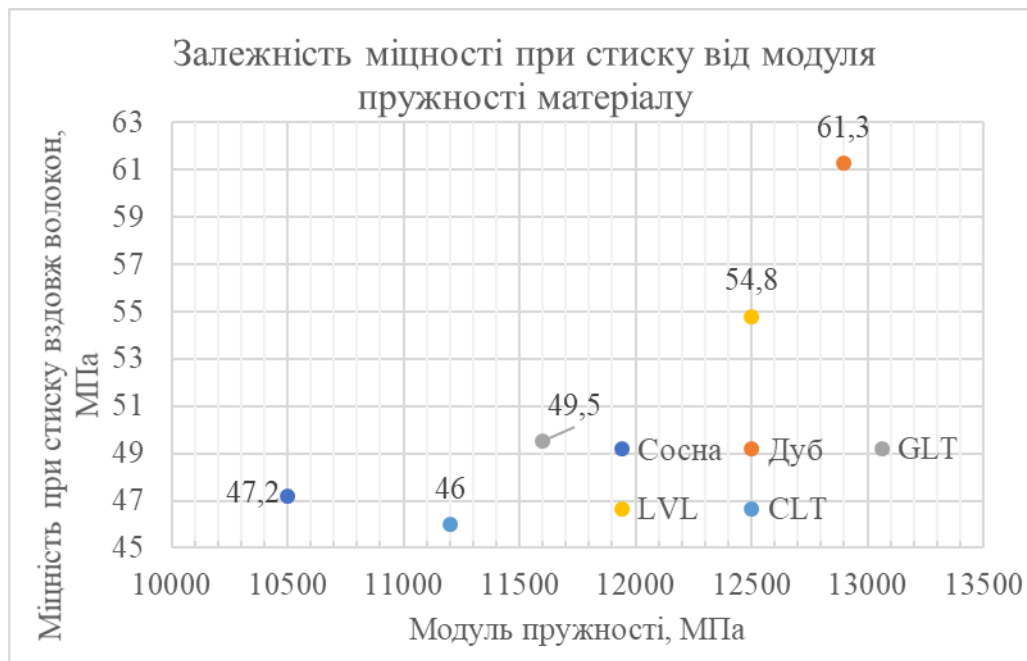
**Рис. 3. Залежність міцності при стиску від щільності деревини**

Подібно до стиску, міцність при статичному згині прямо пропорційна щільності (рис. 4). Найвищі показники знову продемонстрував дуб ( $98,6 \text{ МПа}$ ), а найнижчі – CLT ( $84,2 \text{ МПа}$ ). Проте LVL, маючи щільність середнього рівня ( $540 \text{ кг/м}^3$ ), демонструє вищу міцність ( $92,7 \text{ МПа}$ ), ніж GLT ( $86,1 \text{ МПа}$ ) та сосна ( $83,4 \text{ МПа}$ ), що пояснюється більш однорідною структурою і технологією виробництва.



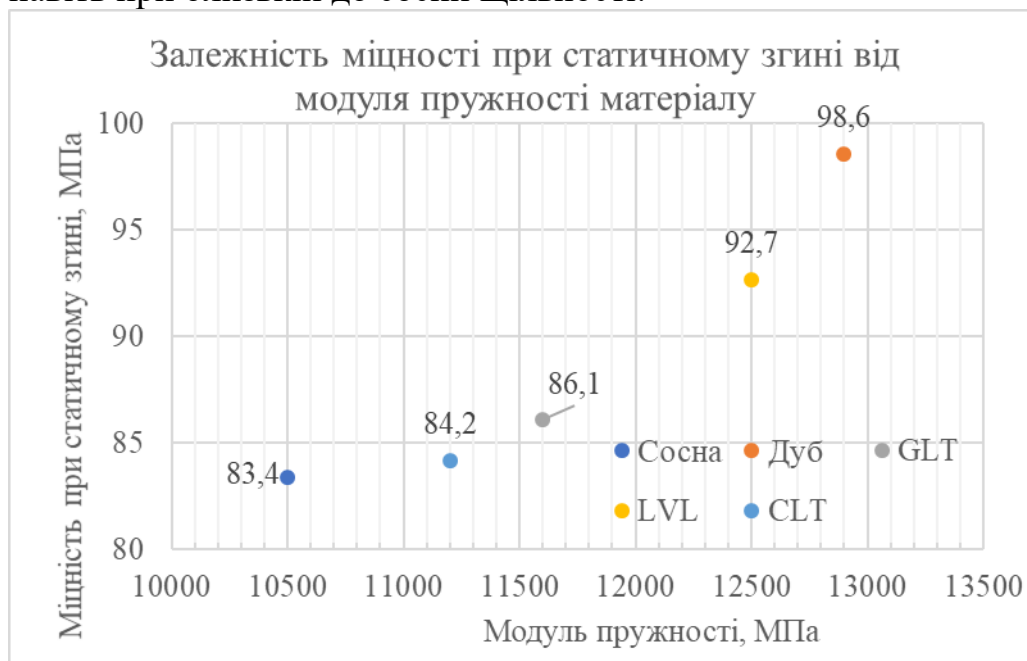
**Рис. 4. Залежність міцності при статичному згині від щільності деревини**

Міцність при стиску має тенденцію до зростання зі збільшенням модуля пружності (E) (рис. 5). Найвищі значення обох параметрів спостерігаються у дуба, тоді як CLT та сосна демонструють нижчі показники. Це підтверджує, що жорсткість матеріалу є одним із ключових факторів його здатності витримувати стискаючі навантаження.



**Рис. 5. Залежність міцності при стиску від модуля пружності матеріалу**

Міцність при статичному згині тісно корелює з модулем пружності (рис. 6). LVL і дуб, маючи високий E, показують і найвищі значення міцності при статичному згині. Матеріали з меншим модулем пружності (GLT, CLT) мають нижчі показники, навіть при близькій до сосни щільності.



**Рис. 6. Залежність міцності при статичному згині від модуля пружності матеріалу**

Проведений кореляційний аналіз показав:

- коефіцієнт кореляції між щільністю і міцністю при стиску  $r=0,82$ ;

- коефіцієнт кореляції між модулем пружності і міцністю при статичному згині  $r=0,88$ ;
- сильний негативний зв'язок між вологістю та міцністю ( $r=-0,76$ ).

Це підтверджує, що щільність та модулі пружності є визначальними факторами для прогнозування міцності конструкцій, тоді як вологість виступає ключовим дестабілізуючим чинником.

На основі експериментальних даних розроблено багатофакторну регресійну модель прогнозування міцності при статичному згині ( $\sigma_{\text{згину}}$ ) у залежності від щільності ( $\rho$ ), модуля пружності ( $E$ ) та вологості ( $W$ ).

$$\sigma_{\text{згину}} = 0,052 \cdot \rho + 0,0041 \cdot E - 0,73 \cdot W + 12,6.$$

Коефіцієнт детермінації  $R^2=0,91$  свідчить про високу точність моделі.

**Порівняння матеріалів за ефективністю.** За співвідношенням «міцність/щільність» найвищі результати показав LVL ( $0,170 \text{ МПа} \cdot // \text{ м}^3/\text{кг}$ ), що робить його найбільш раціональним вибором для конструкцій, де важлива комбінація малої ваги та високої несучої здатності.

**Обговорення результатів. Аналіз отриманих залежностей.** Результати досліджень підтвердили тісний взаємозв'язок між фізико-механічними властивостями деревинних матеріалів та міцнісними характеристиками дерев'яних конструкцій. Найсильніший прямий зв'язок встановлено між щільністю та міцністю при стиску вздовж волокон ( $r=0,82$ ), що узгоджується з даними науковців, де також підкреслюється важливість щільності як інтегрального показника якості деревини. Високе значення коефіцієнта кореляції між модулем пружності та міцністю при статичному згині ( $r=0,88$ ) свідчить про те, що жорсткість матеріалу визначає його здатність протидіяти деформаціям при згинальних навантаженнях. Це особливо важливо при проектуванні елементів балкового типу, де саме модуль пружності впливає на величину прогинів і вібрацій.

Отримані результати підтвердили, що збільшення вологості понад 15-20% призводить до суттєвого зниження міцнісних характеристик деревини (на 18-25%). Це пояснюється зменшенням зчеплення між клітинними стінками деревини та розм'якшенням лігніну й геміцелюлози, що знижує опір зсуву волокон. Подібні тенденції описані у дослідженнях інших вчених, проте у цій роботі отримані кількісні рівняння для прогнозування цього впливу. Порівняльний аналіз показав, що інженерні деревинні матеріали (LVL, GLT) демонструють меншу варіативність властивостей і кращу стабільність міцності при зміні вологості порівняно з суцільною деревиною. Це пов'язано з технологією виробництва, яка забезпечує рівномірність структури та усуває дефекти (сучки, перекося волокон), притаманні натуральній деревині. Найвищий показник «міцність/щільність» ( $0,170 \text{ МПа} \cdot \text{м}^3/\text{кг}$ ) у LVL підтверджує його ефективність для конструкцій, де критично важлива комбінація малої маси та високої несучої здатності.

Отримані залежності загалом збігаються з результатами, наведеними у працях дослідників, однак відрізняються вищою точністю моделі прогнозування за рахунок урахування одразу трьох факторів – щільності, модуля пружності та вологості. Раніше більшість моделей будувалася лише на основі одного або двох параметрів, що знижувало точність розрахунків. Отримані дані можуть бути безпосередньо використані при проектуванні дерев'яних конструкцій: для швидкої оцінки міцності матеріалів у польових умовах достатньо визначити щільність і воло-

гість, після чого скористатися побудованою регресійною моделлю; при виборі матеріалів для умов з високою або змінною вологістю перевагу слід надавати LVL та GLT; розроблені залежності можуть бути інтегровані у проектні програми (SCAD, LIRA-SAPR) для підвищення точності розрахунків. Дослідження проводилося на зразках стандартних розмірів, що не повністю відображає реальні умови роботи великих конструкційних елементів. У подальшому планується розширити експеримент на повномасштабні елементи, а також дослідити вплив циклічних та ударних навантажень у поєднанні зі зміною вологості.

**Практичні рекомендації.** На основі проведеного дослідження сформульовано такі рекомендації для проєктувальників, будівельних організацій та виробників деревинних конструкційних матеріалів.

**Вибір матеріалів залежно від умов експлуатації:**

- Сухі внутрішні приміщення (вологість < 12%) – допустимо застосовувати як суцільну деревину (сосна, ялина, дуб), так і інженерні деревинні матеріали (GLT, LVL, CLT).
- Змінна або підвищена вологість (12-20%) – перевагу слід надавати LVL та GLT завдяки їх стабільності та меншій чутливості до змін вологості.
- Вологе середовище (> 20%) – необхідне попереднє антисептування та використання матеріалів з гідрофобними просоченнями, а також конструктивний захист (захисні облицювання, вентиляція).

**Критерії оцінки придатності матеріалу.** При прийнятті рішення про використання деревинного матеріалу в конструкції рекомендовано оцінювати:

1. Щільність – як інтегральний показник потенційної міцності;
2. Вологість – для оцінки поточної здатності матеріалу витримувати навантаження;
3. Модулі пружності (E, G) – для прогнозування деформацій;
4. Міцність при стиску та статичному згині – як головний показник несучої здатності.

**Використання регресійної моделі.** Для швидкої оцінки міцності при статичному згині ( $\sigma_{згину}$ ) у польових умовах можна застосувати отриману в дослідженні модель:

$$\sigma_{згину}=0,052 \cdot \rho + 0,0041 \cdot E - 0,73 \cdot W + 12,6 ,$$

де:  $\rho$  – щільність (кг/м<sup>3</sup>), E – модуль пружності (МПа), W – вологість (%).

Ця модель забезпечує точність прогнозу на рівні  $R^2=0,91$ .

**Конструктивні заходи для підвищення міцності:**

- Мінімізувати вплив змін вологості шляхом використання вентиляційних зазорів та захисних покриттів.
- Виключати елементи з дефектами (сучки, тріщини, перекіс волокон) у найбільш навантажених зонах.
- При проєктуванні балок і ферм застосовувати матеріали з найвищим відношенням «міцність/щільність» (LVL, дуб).

**Для виробників дерев'яних конструкцій:**

- Проводити обов'язковий контроль щільності та вологості партій матеріалів.
- Маркувати матеріали з вказанням основних фізико-механічних характеристик для спрощення їх вибору проєктувальниками.
- Впроваджувати технології глибокої гідрофобізації для підвищення довговічності конструкцій у вологих умовах.

## Висновки:

1. Встановлено, що фізико-механічні властивості деревинних матеріалів мають визначальний вплив на міцнісні характеристики дерев'яних конструкцій. Найбільшу кореляцію з міцністю при стиску та статичному згині виявлено для щільності ( $r=0,82$ ) та модуля пружності ( $r=0,88$ ), тоді як вологість має сильний негативний вплив ( $r=-0,76$ ).
2. Визначено, що підвищення вологості деревини з 10% до 20% знижує міцність при стиску вздовж волокон на 18-25% залежно від типу матеріалу, причому найбільш чутливими виявилися CLT та суцільна сосна, а найстійкішим – LVL.
3. Побудовано багатофакторну регресійну модель прогнозування міцності при статичному згині ( $\sigma_{\text{згину}}$ ) на основі щільності, модуля пружності та вологості забезпечує високу точність прогнозу ( $R^2=0,91$ ) та може застосовуватися у практичному проектуванні.
4. З'ясовано, що сучасні конструкційні деревинні матеріали (LVL, GLT) демонструють вищу стабільність міцнісних характеристик і меншу варіативність властивостей у порівнянні з суцільною деревиною, що робить їх пріоритетними для конструкцій у змінних кліматичних умовах.
5. Надано рекомендації щодо вибору матеріалів і конструктивних рішень, сформульовані за результатами дослідження, дозволяють підвищити надійність і довговічність дерев'яних конструкцій, а також оптимізувати процес проектування.
6. Обґрунтовано доцільність подальших досліджень, які необхідно спрямувати на випробування повномасштабних елементів у реальних умовах експлуатації та на вивчення впливу комбінованих навантажень у поєднанні зі зміною вологості та температури.

## References

1. **Ferents O.B.** (2006). To develop science-based norms of wood consumption in the manufacture of joinery-building products / Report on research work. – Lviv: UNFU, 2006. – 144 p. (in Ukrainian).
2. **Gayda S.V.** (2000) Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Materials for the Production of wood Productss. – Lviv: BMC. – 160 p., (in Ukrainian).
3. **Gayda S.V.** (2000). Визначення стійкості та міцності вертикальних стінок корпусних меблевих виробів [Determination of stability and strength of vertical walls of case furniture products]. Scientific Bulletin of UNFU 10.3:127-129. (in Ukrainian).
4. **Gayda S.V.** (2000). Особливості розрахунку корпусних виробів на міцність [Peculiarities of strength calculation of hull products]. Scientific Bulletin of UNFU 10.2:150-154. (in Ukrainian).
5. **Gayda S.V.** (2001). Раціональне конструювання виробів з деревини / Rational constructing of wood Productss. Lviv: BMC. – 93 p. (in Ukr.).
6. **Gayda S.V.** (2010) A comparative analysis of physical and mechanical parameters of variously designed glued boards made of post-consumer recovered wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 36, 81-91. <https://doi.org/10.36930/42103612>
7. **Gayda S.V.** (2011) Comparative analysis of bending particularities for various post-consumer wood species and age categories. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 37.1, 84-88, (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/421137121>
8. **Gayda S.V.** (2013) Resource-saving technologies of recycling of post-consumer wood. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine: Technology and Energy* 185(2), 271-280, (in Ukrainian).
9. **Gayda S.V.** (2013). The technological solutions for recycling of post-consumer wood. Proceedings of I International Conference (Ukraine, 14-16 March 2013) UNFU: Lviv, 5-11.
10. **Gayda S.V.** (2013). The technologies and recommendations for the use of post-consumer wood in wood processing. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 39(1).48-67, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42133909>

11. **Gayda S.V.** (2014) Techniques for recycled of post-consumer wood in the production of quality particleboard. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 40, 41-51.
12. **Gayda S.V.** (2014) *Teoreticheskoye obosnovaniye podkhoda po prognozirovaniyu prochnosti drevesnostruzhechnykh plit iz vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny* [The theoretical rationale for the approach on the prediction the strength of particleboard from recycled wood]. *Actual problems* 38:212-216.
13. **Gayda S.V.** (2015) *Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny* [Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 43, 175-179,.
14. **Gayda S.V.** (2015) *Tekhnologii i fiziko-mekhanichni vlastivosti stolyarnykh plit iz vzhivanoi derevini* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood]. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems* 3(1), 145-152 (in Ukrainian).
15. **Gayda S.V.** (2016). Ecological and technological aspects of recycling post-consumer wood for production compacted materials]. *Lesnoy vestnik / Bulletin of MSFU* 20(3).15-22.
16. **Gayda S.V.** (2016). A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood // *ProLigno: Scientific Journal. «TRANSILVANIA» din Brasov.* 12(1).22-31.
17. **Gayda S.V.** (2016). Research on physical and mechanical characteristics of front blockboards made from post-consumer wood // *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry.* 42:33-50. doi: <https://doi.org/10.36930/42164206>
18. **Gayda S.V.** (2017). A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). *Actual problems of forest complex* 48:34-38.
19. **Gayda S.V.** (2017). Using fuzzy expert systems for decision support in the process of post-consumer wood sorting. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 43:5-20 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42174301>
20. **Gayda S.V.** (2018). A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 44:15-25 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184402>.
21. **Gayda S.V.** (2018). Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW). *Bulletin of KhNTUA* 197:3-9, (in Ukrainian).
22. **Gayda S.V.** (2019). Scientific and technical basis of the use of used wood in woodworking: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23. – Lviv: UNFU. – 465 (in Ukrainian).
23. **Gayda S.V.** (2023). Determination of the circularity indicator in the forest sector according to the principles of the circular economy . *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 49: 99-114, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234908>
24. **Gayda S.V.** (2023). State and analysis of the dynamics indicators of the production volume of the woodworking and furniture industry. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 49: 4-19 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234901>
25. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018). Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 17:185-192 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.15421/412135>
26. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 [1 [107]], 89-97. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484>.
27. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. *Poznan : Drewno*, 63 [206], 77-102. doi: <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10>.
28. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2021). Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 23:152-162, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.15421/412135>
29. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2023). Study of Physical and Mechanical Properties of Post-Consumer Wood of Different Age. *Drewno. Prace naukowe. Doniesienia. Komunikaty* 66 (212). 00010. <https://doi.org/10.53502/wood-177453>.

30. **Gayda S.V., Kiyko O.A., Guz M.M.** (2022). Research of the structure of stump and rootwood for effective use in the production of wood products. *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 2022, Vol. 64 (3), 131-142, doi: <https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0011>
31. **Gayda S.V., Lesiv L.E.** (2023). Mathematical model of forecasting volumes of post-consumer wood production. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 49:33-47, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234903>
32. **Gayda S.V., Maksymiv V.M.** (2007) Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood // *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 33:63-73. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/42073313>
33. **Gayda S.V., Maksymiv V.M.** (2010) From recycled post-consumer wood towards prime quality particleboard. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 36, 57-77.
34. **Gayda S.V., Voronovich V.V.** (2011) Investigation of the features of bending of post-consumer wood. *Proceedings of the Conference, Mari State University*, 190-192.
35. **Gayda S.V., Voytovych I.G.** (2017). Durability and stability of elements for beam furniture products made from post-consumer wood are investigated. *Bulletin of KhNTUA* 189:62-70.
36. **Gayda S.V., Voytovych I.G., Orikhovskyy R.Ya.** (2020). Research of technological processes of production of legs of tables of various designs. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 46:36-49, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42204604>
37. **Gayda, S.** (2011) Recycled of post-consumer wood is for the production of particleboard in Ukraine. *Proceedings of the XXI International symposium Adhesives in Woodworking Industry (Slovakia, Zvolen June 29 – July 01. 2012). TU Zvolen*, 108-121.
38. **Gayda, S.** (2011). The investigation of physical and mechanical properties of wood particleboards made from post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 37.2, 95-110. <https://doi.org/10.36930/421137221>
39. **Gayda, S.V.** (2007). Проблема деревної сировини у Європі та Україні / *Problema derevnoyi syrovyny u Yevropi ta Ukrayini* [A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 33:55-63 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/42073312>
40. **Gayda S.V.** (2016). Технологічні підходи до поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом [Technological approaches to cleaning of surface of post-consumer wood of needle-milling tools]. *Bulletin of KhNTUA* 178:3-11(in Ukrainian).
41. **Grytsak S.A., Gayda S.V.** (2020). Comparative analysis of physical and mechanical characteristics of bent elements from different tree species. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 46:16-27 (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42204602>
42. **Grytsak S.A., Gayda S.V., Kushpit A.S., Salapak L.V.** (2023). Analysis of the efficiency of structural and technological solutions in the production of component units of lattice furniture products. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 49: 61-72, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234905>
43. **Koryachko V.A., Kushpit A.S., Kushpit O.M., Andrashek Yo.V.** (2016). The study of the blockboard shape stability depending on the design. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 28-33.
44. **Kryvyk O.O., Mayevskyy V.O.** (2011) Dynamics of shape stability change for glued panels with a combination of different wood species. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 37(1), 30-33.
45. **Lesiv L.E.** (2022). Study of the characteristics of combined of blockboards made of post-consumer wood. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*. 48:69-86, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42214806>
46. **Medvid L.M.** (2021). Post-consumer wood – an additional reserve of raw materials for construction materials. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 47:34-46, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42214706>
47. **Medvid L.V.** (2018). Systematization of wood waste – the basis of their effective use // *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 44: 91-104, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42184412>

48. **Medvid L.V., Gayda S.V.** (2023). Determination of the strength indicators of normal blockboard made of post-consumer wood . *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 49: 85-98, (in Ukrainian). doi: <https://doi.org/10.36930/42234907>
49. **Podibka, T.I., & Kiyko, O.A.** (2019). A study of the influence of the transverse dimensions of beech of strips on the form of stability of furniture board. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 45, 155-171. <https://doi.org/10.36930/42194521> (in Ukrainian).
50. **Гайда С.В.** Аналіз динаміки показників основних конструкційних матеріалів в контексті циркулярної економіки. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть. – 2024, вип. 50. – С. 29-40. doi: <https://doi.org/10.36930/42245003>
51. **Гайда С.В.** Аналіз тенденції основних показників деревозаготовчої галузі в контексті циркулярної економіки. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть. – 2024, вип. 50. – С. 4-15. doi: <https://doi.org/10.36930/42245001>
52. **Гайда С.В.** Аналіз тенденцій обсягів виробництва конструкційних матеріалів в Україні та Європі. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть. – 2025, вип. 51. – С. 33-48. doi: <https://doi.org/10.36930/42255103>
53. **Гайда С.В.** Визначення стійкості та міцності вертикальних стінок корпусних меблевих виробів. *Науковий вісник: зб. наук.-техн. праць.* – Львів: УкрДЛТУ – 2000, 10.3 – С. 127-129.
54. **Гайда С.В.** Визначення характеристик столярних плит із вживаної деревини: матеріали тез доповідей МНПК (05-06.06.2025 р.). – Харків : ДБТУ, 2025. – С. 118-120. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17079555>
55. **Гайда С.В.** Встановлення показника циркулярності в лісовому секторі: матеріали тез доповідей XIV Міжнародної НПК (23-24.05.2024). – Чернігів : НУ «ЧП», 2024. – Т.2. – С. 192-194.
56. **Гайда С.В.** Динаміка показників деревозаготовчої галузі в контексті циркулярної економіки. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть. – 2025, вип. 51. – С. 4-16. doi: <https://doi.org/10.36930/42255101>
57. **Гайда С.В.** Ергономічні основи конструювання виробів з деревини (функціональні розміри на елементи виробів) // Конспект лекцій. – Львів: НЛТУ України, 2025. – 59 с.
58. **Гайда С.В.** З'єднання елементів у виробах з деревини // Конспект лекцій з практичними рекомендаціями. – Львів: НЛТУ України, 2025. – 71 с.
59. **Гайда С.В.** Практичні задачі з курсу «Конструювання виробів з деревини» (для практичних занять студентів спеціальності 187 «Деревообробні та меблеві технології») / Методичні вказівки. – Львів: НЛТУ України, 2025. – 25 с.
60. **Гайда С.В.** Реалізація принципів циркулярної економіки в лісовому секторі: матеріали тез доповідей НПК (м. Харків, 24-25.04.2025 р.). – Харків : ДБТУ, 2025. – С. 110-112. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15849808>
61. **Гайда С.В.** Розрахунок жорсткості горизонтальних стінок корпусних меблевих виробів. *Науковий вісник: зб. наук.-техн. праць.* – Львів: УкрДЛТУ. – 2001, вип. 11.2 – С. 35-37
62. **Гайда С.В.** Розрахунок міцності та деформативності щитових елементів виробів з деревини / Методичні вказівки для лабораторних робіт з курсу технології виробів з деревини. – Львів: УкрДЛТУ, 2002. – 34 с.
63. **Гайда С.В.** Технології вживаної деревини як дієві механізми для реалізації принципів циркулярної економіки: матеріали НПК (05-06.06. 2025). – Харків : ДБТУ, 2025. – С. 137-139. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17079555>
64. **Гайда С.В.** Шорсткість поверхні деревини. Конспект лекцій. - Львів, 2025. – 52 с.
65. **Гайда С.В., Кушніт А.С.** Система «Допуски та посадки» у деревообробленні (курс «Конструюванні виробів з деревини») // Методичні вказ. – Львів: НЛТУ України, 2025. – 38 с.
66. **Гайда С.В., Кшивецький Б.Я., Войтович І.Г. Прокопович Б.В.** Тлумачний словник з деревооброблення. – 2002. – 280 р.
67. **Гайда С.В., Лесів Л.Е.** Міцність комбінованих столярних плит із вживаної деревини ялиці: матеріали тез доповідей НПК (24-25.04.2025 р.). – Харків : ДБТУ, 2025. – С. 128-130. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15849808>
68. **Гайда С.В., Лесів Л.Е.** Побудова моделі міцності зрощених заготовок із вживаної деревини ялиці: матеріали тез НПК (м. Харків, 7-8 жовтня 2024 р.). – Харків : ДБТУ, 2024. – С. 187-189. <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2024/12/conf-07-08-10-24-mater.pdf>

69. **Гайда С.В., Лесів Л.Е.** Порівняльний аналіз комбінованих столярних плит із вживаної деревини: матеріали тез доповідей XIV Міжнародної НПК (м. Чернігів, 23-24 травня 2024 р.). – Чернігів : НУ «ЧП», 2024. – Т.1. – С. 215-217.
70. **Гайда С.В., Медвідь Л.В.** Дослідження міцності при статичному згині столярних плит із вживаної деревини: матеріали тез доповідей НПК (7-8.10 .024 р.). – Харків : ДБТУ, 2024. – С. 193-195. <https://biotechuniv.edu.ua/wp-content/uploads/2024/12/conf-07-08-10-24-mater.pdf>
71. **Гайда С.В., Медвідь Л.В.** Міцність звичайних столярних плит із вживаної деревини: матеріали тез доповідей XIV Міжнародної НПК (м. Чернігів, 23-24 травня 2024 р.). – Чернігів : НУ «ЧП», 2024. – Т.1. – С. 213-214.
72. **Гайда С.В., Медвідь Л.В.** Побудова математичної моделі міцності столярних плит різних конструкцій із вживаної деревини. Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – 2024, вип. 27. – С. 180-189. <https://doi.org/10.15421/412426>
73. **Гайда С.В., Подібка Т.І.** Вплив товщини рейок на формостійкість меблевих щитів: Матеріали тез XV МНПК (22-23.05.2025 р.). – Чернігів : НУ «ЧП», 2025. – Т.1. – С. 184-186. <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/kzyatps-2025/>
74. **Гайда С.В., Подібка Т.І.** Забезпечення площинності меблевих щитів із бука європейського: матеріали тез всеукраїнської НПК (24-25.04.2025 р.). – Харків : ДБТУ, 2025. – С. 137-139. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15849808>
75. **Гайда С.В., Подібка Т.І.** Формостійкість меблевих щитів із сосни звичайної: матеріали тез доповідей XIV МНПК (23-24.05.24). – Чернігів : НУ «ЧП», 2024. – Т.1. – С. 211-212.
76. **Гайда С.В., Удовиський О.М., Салабай Р.Г.** Міцність столярно-будівельного погонажу із зрощених MDF-заготовок: Матеріали тез XV МН-ПК (22-23.05.2025 р.). – Чернігів : НУ «ЧП», 2025. – Т.2. – С. 150-151. <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/kzyatps-2025/>
77. **Гайда С.В., Ференц О.Б.** Порівняльний аналіз альтернативних технологій дерев'яного будинкобудування. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть. – 2025, вип. 51. – С. 49-63. doi: <https://doi.org/10.36930/422255104>
78. **Гайда, С.В.** Вимоги до меблевих виробів та правила їх конструювання. Обладнання та інструмент для професіоналів. – Харків: Graf-X. – 2005. – Вип. 1. – С. 46-56.
79. **Гайда, С.В.** Класифікація та застосування «Нового дерева» – плит МДФ. Woodbusiness. – Київ: КНФ. – 2003. – Вип. 4. – С. 24-32.
80. **Гайда, С.В.** Первинне механічне оброблення деревинних заготовок. Обладнання та інструмент для професіоналів. – Харків: Graf-X. – 2004. – Вип. 6 – С. 51-60.
81. **Гайда, С.В.** Перспективні технології повздовжнього зрощування. Woodbusiness. – Київ: КНФ. – 2004. – Вип. 2. – С. 34-45.
82. **Гайда, С.В.** Поперечне зрощування деревини. Обладнання та інструмент для професіоналів. – Харків: Graf-X. – 2005. – Вип. 3. – С. 46-51.
83. **Гайда, С.В.** Прогресивні плитні матеріали MDF та OSB. Обладнання та інструмент для професіоналів. – Харків: Graf-X. – 2004. – Вип. 1 – С. 30-32.
84. **Гайда, С.В.** Прогресивні технології поздовжнього зрощування деревини. Обладнання та інструмент для професіоналів. – Харків: Graf-X. – 2004. – Вип. 5 – С. 10-19.
85. **Гайда, С.В.** Сучасні технології та обладнання для зрощування. Woodbusiness. – Київ: КНФ. – 2005. – Вип. 2. – С. 32-41.
86. **Гайда, С.В.** Сучасні технології дерев'яного будинкобудування. Woodbusiness. – Київ: КНФ. – 2003. – Вип. 4. – С. 33-44.
87. **Гайда, С.В.** Що нам важко стілець зробити? Обладнання та інструмент для професіоналів. – Харків: Graf-X. – 2004. – Вип. 3 – С. 44-52.
88. **Гайда С.В.** Матеріали для виготовлення виробів з деревини: Навч. пос. – Л.: ВМС, 2000. – 160 с.
89. **Гайда, С.В., Бринзей Л.М.** Особливості визначення деформатичності полиць для кухонних тумб. Матеріали 54-ої Н-ПК НЛТУ України (11-13 квітня 2002 р.). – Львів : НЛТУ України, 2002. – С. 44-48.
90. **Гайда, С.В., Гучко Р.І.** Визначення міцності столярних стільців. Матеріали 54-ої Н-ПК НЛТУ України (11-13 квітня 2002 р.). – Львів : НЛТУ України, 2002. – С. 36-39.

91. Киянка В.В., Гайда С.В. Визначення динаміки утворення деревинних залишків та відходів виробничої діяльності на ТЗОВ «Фортуна-меблі». Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть. – 2024, вип. 50. – С. 103-116. doi: <https://doi.org/10.36930/42245009>
92. Лесів Л.Е., Гайда С.В. Залежність міцності зрощених заготовок від характеристик зубчастого з'єднання: Матеріали тез XV МН-ПК (22-23.05.2025 р.). – Чернігів : НУ «ЧП», 2025. – Т.1. – С. 192-194. <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/kzyatps-2025/>
93. Лесів Л.Е., Гайда С.В., Салапак Л.В. Розроблення математичної моделі міцності зрощених заготовок із вживаної деревини ялиці. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть. – 2024, вип. 50. – С. 16-28. doi: <https://doi.org/10.36930/42245002>
94. Максимів В.М., Гайда С.В. Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та вживаної деревини. Ліс. госп-во, ліс., папер. та деревооб. пром-сть. – 2007, вип. 33. – С. 63-73. <https://doi.org/10.36930/42073313>
95. Медвідь Л.В., Гайда С.В. Математична модель формостійкості звичайних столярних плит із вживаної деревини: Матеріали тез XV МН-ПК (22-23.05.2025 р.). – Чернігів : НУ «ЧП», 2025. – Т.1. – С. 188-190. <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/kzyatps-2025/>

UDC 674.8

*Post-graduate student Yu.O. Kozak – UNFU*

### **Building a regression model for predicting the strength of wooden structures based on the influence of density, moisture content and elastic modulus**

The article examines the regularities of the influence of physical and mechanical properties of main structural wood materials on the strength characteristics of timber structures. It was found that density ( $r=0.82$ ) and modulus of elasticity ( $r=0.88$ ) have the highest correlation with compressive and bending strength, while moisture content has a strong negative effect ( $r=-0.76$ ). Increasing moisture from 10% to 20% reduces compressive strength along the grain by 18-25%, with CLT and solid pine being the most sensitive, and LVL the most resistant. A multiple regression model for predicting bending strength based on density, modulus of elasticity, and moisture content ( $R^2=0.91$ ) demonstrates high accuracy and is suitable for practical design use. Modern engineered wood products (LVL, GLT) exhibit more stable strength parameters and lower variability compared to solid wood, making them effective for use under variable climatic conditions. Recommendations for material selection will enhance the reliability and durability of timber structures. The need for further research on full-scale elements under real operating conditions and the influence of combined loads with changing moisture and temperature is substantiated.

**Keywords:** wood, strength, moisture content, density, modulus of elasticity, LVL, GLT, CLT, structural materials, wooden structures.

---