

УДК 624.011.1

doi:10.31650/2707-3068-2025-29-148-156

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГИНІВ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕХРЕСНО-КЛЕСНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ПАНЕЛЕЙ З УРАХУВАННЯМ ПОВЗУЧОСТІ

Шехоркіна С.Є., д.т.н., професор,
svitlana.shekhorkina@pdaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4377-3746

Талаш А.В., аспірант,
talashandrii@gmail.com, ORCID: 0009-0008-1559-4629
Український державний університет науки і технологій

Анотація. У статті досліджено можливість застосування композиційних матеріалів із вторинної деревини у поперечних шарах перехресно-клеєних дерев'яних панелей (ПКД) шляхом оцінки впливу фізико-механічних характеристик на прогини комбінованих ПКД-панелей порівняно з традиційними із суцільної деревини. Методологія дослідження базувалася на чисельному моделюванні методом скінчених елементів у програмному комплексі RFEM 5. Розглянуто три- та п'ятишарові ПКД-панелі прольотом 3–5 м під дією рівномірного навантаження з урахуванням деформацій повзучості. Результати показали, що використання LVL і OSB в ненесучих шарах панелі суттєво не впливає розподіл напружень, але призводить до збільшення прогинів на 10–25% залежно від конфігурації. Встановлено, що деформації повзучості збільшують прогини всіх типів панелей на 47–63%. Дослідження підтверджує доцільність застосування вторинної деревини у ПКД-панелях, що сприяє ресурсоефективності та зменшення відходів у будівельній та деревообробній галузях.

Ключові слова: перехресно-клеєна деревина, деревина вторинного походження, композиційні деревинні матеріали, деформації повзучості, прогини

Введення. Сучасні вимоги щодо стійкого розвитку спричинили зростання інтересу до екологічних будівельних рішень. В останні роки будівельна галузь стала свідком помітного відродження інтересу до деревини як конструкційного матеріалу [1]. Це обумовлено появою сучасних інженерних розробок в галузі масивної деревини [2], серед яких, поряд із відомим багатошаровим клеєним брусом, можна виділити ламінований шпонований брус (LVL) та перехресно-клеєну деревину (CLT або ПКД). Ці передові розробки революціонізували світовий будівельний сектор, зробивши деревину, яка є поновлюваним та доступним природним ресурсом, реальним вибором для зведення будівель та споруд різного призначення. Подальшим напрямком наукових досліджень в аспектах переходу до циркулярної моделі економіки та декарбонізації будівель може стати використання сировини вторинного походження, низькосортної або неліквідної деревини в інженерних виробках з деревини для використання в несучих конструкціях.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Перехресно-клеєна деревина (ПКД) – це інженерний виріб, що складається із непарної кількості склеєних між собою шарів (від 3 до 9) дошок, що укладаються у взаємно перпендикулярних напрямках. ПКД була розроблена в 1990-х роках в Австрії і з того часу набула поширення в багатьох країнах як ефективний будівельний матеріал для будівель різного призначення, в тому числі багатоповерхових [3].

Важливим питанням у будівництві з деревини, як сировини природного походження, є ресурсоощадність. Досягти цього можливо за рахунок використання резервів тонкомірної, низькосортної і неліквідної деревини. За даними [4] в Україні заготовлюється близько 15 млн. м³ ліквідної деревини на рік. З цього обсягу до 3 млн. м³ складає низькотоварна та неліквідна деревина. Іншим джерелом сировини може бути деревина, не пов'язана безпосередньо із лісозаготівлею. Ця деревина класифікується за трьома основними типами:

- рециклінгова (від англ. *recycled*), що надходить з існуючих конструкцій, які були знесені або демонтовані, і піддається обробці таким чином, що кінцевий продукт

використовується за іншим призначенням (априклад, елементи балок перекриттів можуть слугувати сировиною для деревностружкових плит або паркетної дошки тощо);

- повторного використання (від англ. *reclaimed*), яка вже була заготовлена та використана для будівництва, але завдяки відповідному сортуванню може бути застосована повторно в структурних елементах чи для інших цілей без додаткової обробки. Цей вид може включати постіндустріальну деревину, що отримується з відходів деревообробки та виробництва пиломатеріалів та інших виробів, та постспоживчу деревину, що в основному вилучається зі старих будинків, мостів та інших споруд;

- «збережена» (від англ. *salvaged*) деревина, яка є побічним продуктом іншого процесу. Джерелом цього виду деревини можуть слугувати дерева, що видаляються при планових спилах на територіях міст, при підготовці земельних ділянок для будівництва, при планових вирубках у промисловому садівництві тощо. Як правило такі дерева перетворюються на тріску або спалюються як відходи, тоді як використання їх в якості сировини у деревообробній промисловості для виробництва в тому числі будівельної продукції може бути важливим кроком у переході до раціонального природокористування.

Всі вищенаведені типи вторинної деревини можуть бути використані для виготовлення деревинних композиційних матеріалах (OSB, ДСП і т.п.), а також у композиційних дошках, брусах та плитах конструкційного призначення (зокрема, LVL, OSL, LSL, PSL тощо) [5]. Ці вироби своєю чергою можуть слугувати складовими композитних або багатошарових дерев'яних конструкцій. Така можливість сьогодні отримала розвиток у сучасних розробках, спрямованих на максимально ефективне використання всіх видів деревини та мінімізацію деревинних відходів під захоронення або утилізацію.

Технологія виготовлення ПКД-панелей передбачає, що як в поздовжніх, так і в поперечних шарах, використовується відсортована деревина. При цьому несуча здатність при згині та стиску залежить від міцності деревини та площі поперечного перерізу дошок, навантажених вздовж волокон. Поперечні шари панелі практично не приймають участь у сприйнятті навантаження, але виконують роль структурних елементів, які відповідають за перерозподіл навантаження по довжині конструкції. З огляду на це, для підвищення ресурсоефективності та забезпечення можливості використання вторинної, низькотоварної та неліквідної деревини ряд авторів пропонує в поперечних шарах використовувати такі композиційні матеріали як орієнтовано-стружкові плитні вироби, брус з ламінованого шпону тощо [6, 7]. Це обумовлює необхідність виконання досліджень напружено-деформованого стану нових видів ПКД.

Метою роботи є теоретичне дослідження прогинів комбінованих перехресно-клеєних дерев'яних панелей з використанням композиційних виробів з деревини вторинного походження.

Матеріали та методи. Деревина є анізотропним матеріалом із трьома головними осями (подовжньою, тангенціальною, радіальною), але при моделюванні та практичних розрахунках її зазвичай розглядають як ортотропний матеріал. Визначення параметрів напружено-деформованого стану ПКД є більш складним, оскільки панель є багатошаровою конструкцією з ортотропних елементів з різними властивостями паралельно і перпендикулярно основному напрямку панелі. Фізико-механічні та геометричні характеристики кожного окремого шару використовуються як вхідні дані для опису ортотропного матеріалу та формування матриці жорсткості ПКД-панелі.

Сучасні методи розрахунку деформацій і напружень в ПКД-панелі ґрунтуються на фундаментальних положеннях теорії пластин Міндліна-Рейсснера, яка дозволяє врахувати зсувні напруження та деформації по товщині пластини при її згинанні [8].

Схематичне представлення сил та моментів, що діють на ПКД-панель, а також відповідних деформацій згідно з теорією пластин Міндліна-Рейсснера наводять автори роботи [9] (рис. 1).

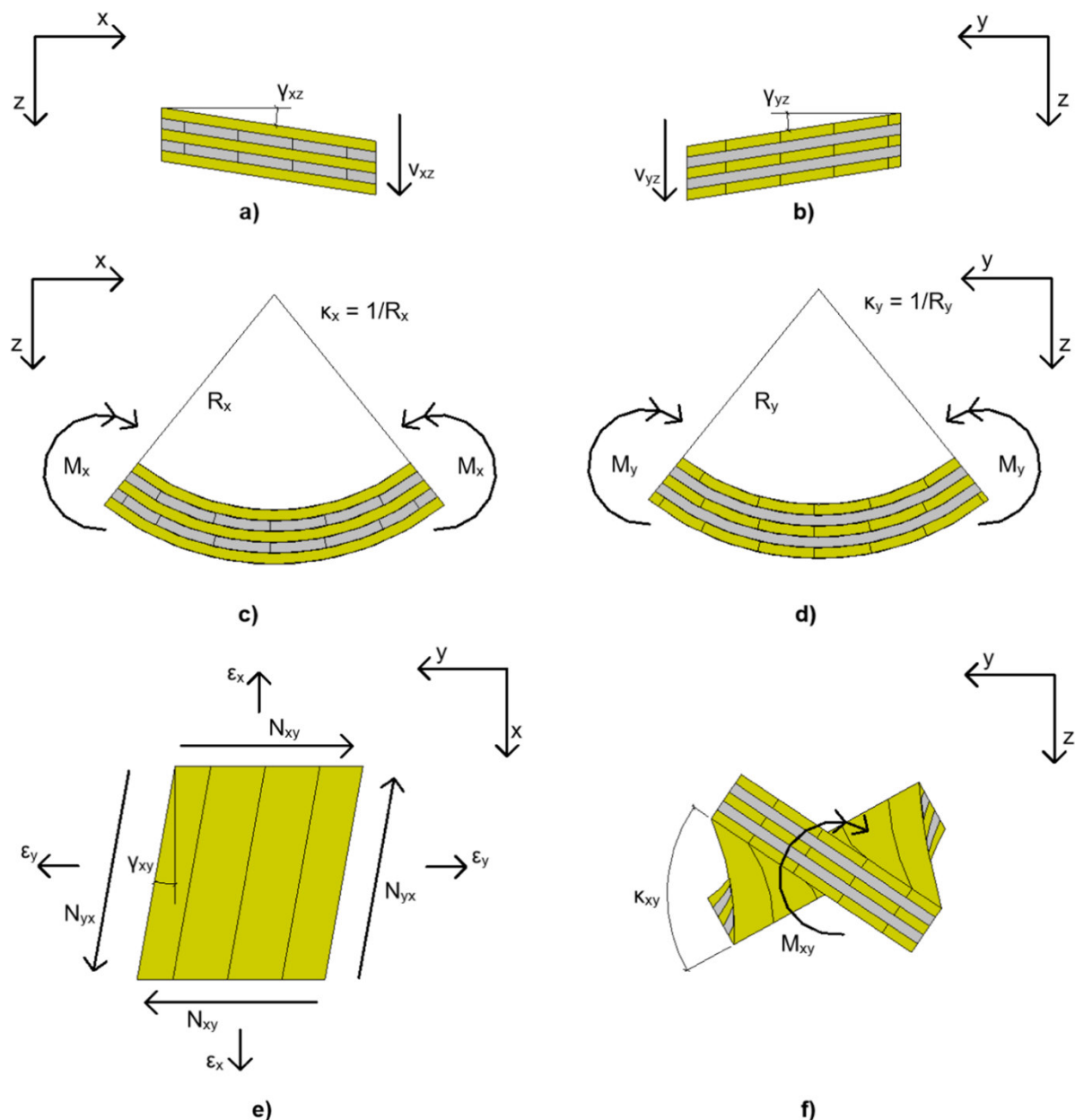


Рис. 1. Схематичне представлення сил та моментів, що діють на ПКД-панель, та відповідних деформацій [9]: M_x , M_y - згинальні моменти; M_{xy} - крутний момент; V_{xz} , V_{yz} - поперечні (зсувні) сили; N_x , N_y - поздовжні сили; N_{xy} - зсувна сила в площині; γ_{xz} , γ_{yz} , γ_{xy} - зсувні деформації; κ_x , κ_y , κ_{xy} - кривизна; ϵ_x , ϵ_y - деформації в площині; R_x , R_y - радіус кривизни

В загальному випадку співвідношення напруження-деформації для ортотропного матеріалу у матричній формі виглядає наступним чином [8, 9]:

$$\begin{Bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_{xy} \\ V_{xz} \\ V_{yz} \\ N_x \\ N_y \\ N_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & D_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & k_{33}D_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & D_{44} & D_{45} & 0 & 0 & 0 \\ & & & & D_{55} & 0 & 0 & 0 \\ & & sym & & & D_{66} & D_{67} & 0 \\ & & & & & & D_{77} & 0 \\ & & & & & & & k_{88}D_{88} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \kappa_x \\ \kappa_y \\ \kappa_{xy} \\ \gamma_{xz} \\ \gamma_{yz} \\ \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

В рівнянні (1) змінні D_{ij} в сукупності формують матрицю жорсткості елемента:

$D_{11}, \dots, D_{33}$ визначають згинальну жорсткість;

$D_{44}, \dots, D_{55}$ визначають зсувну жорсткість;

$D_{66}, \dots, D_{88}$ визначають осьову жорсткість.

Коефіцієнти k_{33} та k_{88} використовуються для коригування значень елементів жорсткості в матриці відповідно до наявності склеювання по коротким краям дошок, що складають ПКД-панель.

Оскільки шари ПКД, як правило, не склеюються по коротким сторонам дошок, то напруження зсуву через них не передаються. Для врахування впливу цього фактору на зниження жорсткості панелі коефіцієнти k_{33} та k_{88} визначаються за формулами [10]:

$$k_{33} = \frac{1}{1 + 6p_D \left(\frac{t_i}{a} \right)^{q_D}}, \quad (2)$$

$$k_{88} = \frac{1}{1 + 6p_S \left(\frac{t_i}{a} \right)^{q_S}}, \quad (3)$$

де p_D, p_S, q_D та q_S – емпіричні коефіцієнти, значення яких наведено в табл. 1; a – ширина дошки; t_i – усереднене значення товщини шару ПКД ($t_i = h_{\text{panel}}/n$); h_{panel} – товщина панелі; n – кількість шарів.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів p_D, p_S, q_D та q_S [10]

Коефіцієнт	Кількість шарів		
	3	5	7
p_D	0,89	0,67	0,55
q_D	1,33	1,26	1,23
p_S	0,53	0,43	0,43
q_S	1,21	1,21	1,21

Дослідження впливу на прогини ПКД-панелей заміни в поперечних шарах звичайних пиломатеріалів на композиційні матеріали з деревини виконувалось методом скінченних елементів з використанням модуля RF-LAMINATE програмного комплексу Dlubal RFEM 5, в якому реалізовано вищенаведені теоретичні положення.

Розглядалися декілька варіантів панелей перекриття шириною 1,0 м. Прольоти становили 3, 4 та 5 м. Тип обпирання – шарнірне з двох сторін. За конфігурацією панель складалася з трьох та п'яти шарів (табл. 2, 3). В якості поздовжніх шарів розглядалися дошки з деревини сосни класу міцності C24 товщиною 20 мм та 30 мм, шириною 100 мм. В якості поперечних шарів були прийняті орієнтовано-стружкові плити типу OSB-3 товщиною 18 мм, а також брус з ламінованого шпону типу LVL 36 С товщиною 24 мм. Ширина елементів з OSB та LVL приймалася аналогічно поздовжнім шарам.

Таблиця 2 - Конфігурація 3-шарових комбінованих ПКД-панелей

Тип панелі	Номер та напрямок шару/товщина шару, мм			Сумарна товщина, мм
	1	2	3	
	0	90	0	
CLT	30	30	30	90
CLS-OSB	30	18	30	78
CLT-LVL	30	24	30	84

Таблиця 3 – Конфігурація 5-шарових комбінованих ПКД-панелей

Тип панелі	Номер та напрямок шару/товщина шару, мм					Сумарна товщина, мм
	1	2	3	4	5	
	0	90	0	90	0	
CLT	20	20	20	20	20	100
CLS-OSB	20	18	20	18	20	96
CLT-LVL	20	24	20	24	20	108

Панелі задавалися в тривимірній ознаці моделі за допомогою скінченних елементів типу 2D Surface (Поверхня). До моделей прикладалося рівномірно розподілене навантаження по всій площині інтенсивністю 100 кг/м^2 . Загальний вигляд розрахункової моделі приведено на рис. 2.

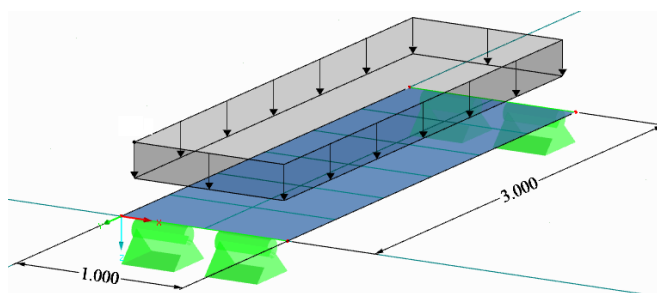


Рис. 2. Загальний вигляд розрахункової моделі в Dlubal RFEM 5

Оскільки технології виробництва інженерних виробів з деревини (в тому числі, вторинного походження) дають можливість забезпечити контрольовані значення фізико-механічних характеристик, то властивості орієнтовано-стружкових виробів та клеєного шпону приймалися відповідно до рекомендацій [11, 12]. При цьому оскільки LVL в поперечних шарах ПКД панелей орієнтовані перпендикулярно волокнам шпону, то для обчислень приймався модуль пружності перпендикулярно волокну при плоскому згинанні $E_{m,90,mean}$. Для суцільної деревини приймався модуль пружності вздовж волокон $E_{m,0,mean}$, а для орієнтовано-стружкових плит модуль пружності E_{mean} .

Для врахування впливу деформацій повзучості до початкового середнього модуля пружності матеріалу застосовувався коефіцієнт деформацій k_{def} згідно із чинними нормами та рекомендаціями з проєктування [11, 12]:

$$E_{mean,fin,i} = E_{mean,i} / (1 + k_{def}), \quad (4)$$

де $E_{mean,i}$ – початковий середній модуль пружності; $E_{mean,fin,i}$ – повний модуль пружності; k_{def} – коефіцієнт деформацій для врахування впливу повзучості.

Відповідні значення модулів пружності початкових та повних з урахуванням повзучості, а також коефіцієнтів деформацій приведені в табл. 4.

Значення коефіцієнтів k_{33} та k_{88} для прийнятих конфігурацій ПКД-панелей з комбінованої сировини, обчислені з використанням формул (2), (3) приведені в табл. 5.

Таблиця 4 - Модулі пружності та коефіцієнти деформацій k_{def} для моделювання напружено-деформованого стану ПКД-панелей

Найменування матеріалу	Початковий модуль пружності $E_{mean,i}$, МПа	Коефіцієнт деформацій k_{def}	Повний модуль пружності $E_{mean,fin,i}$, МПа
Суцільна деревина C24	12000	0.6	7500
OSB-3	4930	1.5	1972
LVL 36 C	2000	0.6	1200

Таблиця 5 – Величини коефіцієнтів k_{33} та k_{88} для прийнятих конфігурацій ПКД-панелей

Кількість шарів	Тип панелі	Сумарна товщина, мм	Коефіцієнтів до елементів матриці жорсткості	
			k_{33}	k_{88}
3	CLT	90	0,482	0,574
	CLT-OSB	78	0,529	0,616
	CLT-LVL	84	0,504	0,595
5	CLT	100	0,654	0,731
	CLT-OSB	96	0,666	0,741
	CLT-LVL	104	0,632	0,712

Результати. В результаті статичного розрахунку прийнятих варіантів ПКД-панелей було встановлено, що використання в ненесучих шарах композиційних матеріалів з деревини вторинного походження (на прикладі LVL та OSB) істотно не впливає на величину розрахункових внутрішніх напружень в поперечному перерізі, порівняно зі звичайними панелями. Вирішальну роль при однаковій довжині прольоту та навантаженні має загальна товщина конструкції. Проте суттєвим є вплив характеристик повзучості деревини та виробів на її основі на загальні розрахункові прогини панелей перекриття. Отримані дані щодо величини миттєвого (без врахування повзучості) та повного (з урахуванням повзучості) прогину при навантаженні 100 кг/м², що приведені в табл. 6 та на рис. 3, 4.

Таблиця 6 – Прогини звичайних та комбінованих ПКД-панелей

Кількість шарів	Тип панелі	Прогин, мм								
		L=3 м			L=4 м			L=5 м		
		w_{inst}	w_{fin}	%	w_{inst}	w_{fin}	%	w_{inst}	w_{fin}	%
3 шари	CLT	1,7	2,5	47,1	5,0	7,9	58,0	12,0	18,9	57,5
	CLT-OSB	2,4	3,6	50,0	7,3	11,6	58,9	17,7	28,1	58,8
	CLT-LVL	1,8	2,9	61,1	5,8	9,2	58,6	14,1	22,5	59,6
5 шарів	CLT	1,5	2,2	46,7	4,4	6,8	54,5	10,6	16,5	55,7
	CLT-OSB	1,6	2,5	56,3	4,9	7,6	55,1	11,7	18,5	58,1
	CLT-LVL	1,1	1,8	63,6	3,5	5,6	60,0	8,6	13,6	58,1

Примітка. w_{inst} – миттєвий прогин; w_{fin} – повний прогин з урахуванням повзучості; % – різниця між миттєвим та повним прогином (у відсотках).

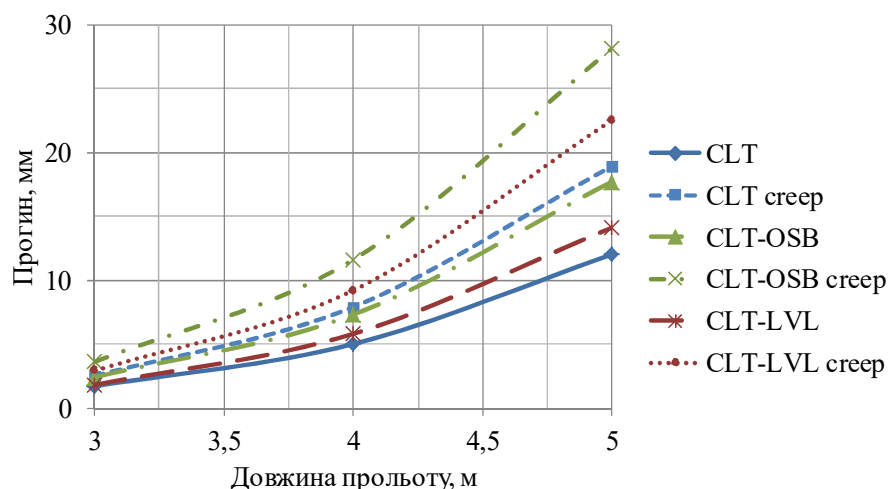


Рис. 3. Графік зміни миттєвих та повних прогинів тришарових ПКД-панелей

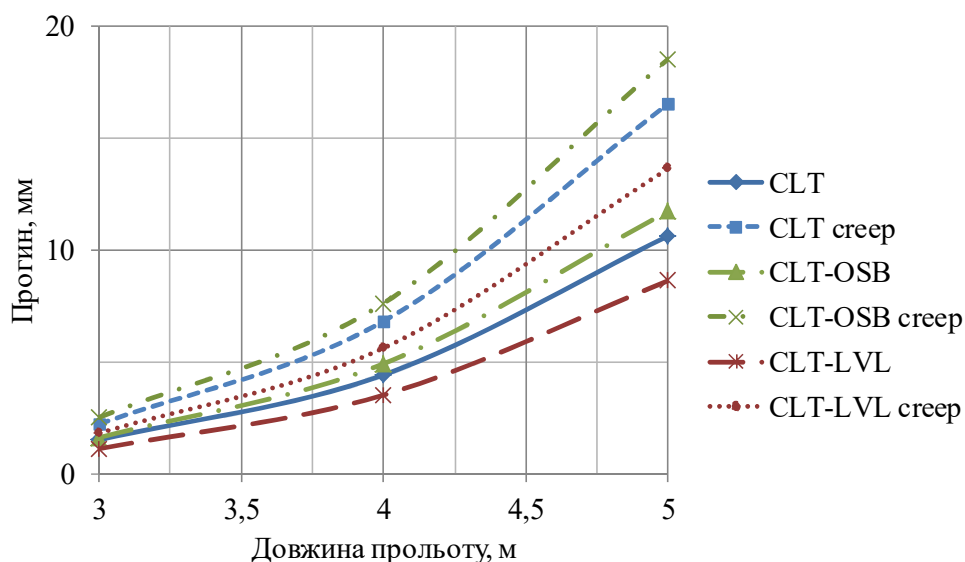


Рис. 4. Графік зміни миттєвих та повних прогинів п'ятишарових ПКД-панелей

Як видно з табл. 6 та графіків на рис. 3, 4, прогини з урахуванням повзучості збільшуються на 47-63% (1,5-1,6 разів) для всіх розглянутих типів ПКД, як з традиційної суцільної деревини, так і з використанням LVL та OSB в несучих шарах. необхідність врахування цього ефекту при розрахунках.

Отримані дані підтверджують можливість використання деревини вторинного походження для виготовлення ПКД-панелей, проте на сьогодні необхідні подальші теоретичні та експериментальні дослідження міцності та деформативності таких виробів.

Висновки. Проведено чисельне моделювання напружено-деформованого стану ПКД-панелей методом скінчених елементів у програмному середовищі Dlubal RFEM 5 з урахуванням характеристик повзучості деревини та деревинних композиційних виробів вторинного походження. Результати розрахунків показали, що застосування композитних матеріалів (LVL та OSB) у несучих шарах ПКД-конструкцій не викликає суттєвих змін у розподілі внутрішніх напружень порівняно з традиційними панелями із суцільної деревини, але призводить до збільшення прогинів на 10–25% залежно від конфігурації. Ключовим фактором, що визначає несучу здатність при фіксованих прольоті та навантаженні, є загальна товщина панелі. Деформації повзучості істотно впливають на прогини ПКД-панелей, збільшуючи їх на 47–63%.

Отримані дані показали, що використання композиційних матеріалів із вторинної деревини у поперечних шарах ПКД-панелей є перспективним напрямком удосконалення цього інженерного виробу з точки зору ресурсоефективності та зменшення відходів у будівельній та деревообробній галузях, проте потребує подальших теоретичних та експериментальних досліджень несучої здатності та прогинів комбінованих ПКД-панелей.

Література

1. Švajlenka, J.; Pošiváková, T. Innovation potential of wood constructions in the context of sustainability and efficiency of the construction industry. *J. Clean. Prod.* 2023, 411, 137209.
2. Schubert, M.; Panzarasa, G.; Burgert, I. Sustainability in wood products: A new perspective for handling natural diversity. *Chem. Rev.* 2022, 123, 1889–1924.
3. Yusoh A. S., Anwar U.M.K., Lee Sh., Ong C., Asniza M., Paridah M. (2025). The properties of Cross Laminated Timber (CLT): A review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2025. Vol. 138, p. 103924. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2024.103924>.

4. Заготівля деревини за видами лісової продукції по регіонах. *Державна служба статистики*.
URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/sg/lis/lis_reg/arh_zdvp_reg_u.htm
5. Medvid L. V. Systematization of wood waste - the basis of their effective use. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*. 2018. Т. 44. С. 91–104.
URL: <https://doi.org/10.36930/42184412>.
6. Mechanical properties of hybrid cross-laminated timber with wood-based materials / S. Yang et al. *Industrial Crops and Products*. 2023. Т. 206. С. 117629.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117629>.
7. The Dimensional Stability and Bonding Performance of Hybrid CLT Fabricated with Lumber and COSB / Z. Liang et al. *Buildings*. 2022. Vol. 12, no. 10. P. 1669. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12101669>.
8. Reddy J. N. *Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells*. CRC Press, 2003.
URL: <https://doi.org/10.1201/b12409>.
9. Turesson J., Berg S., Ekevad M. Impact of board width on in-plane shear stiffness of cross-laminated timber. *Engineering Structures*. 2019. Т. 196. С. 109249.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.05.090> (дата звернення: 14.05.2025).
10. Numerische Studien zur Drill- und Schubsteifigkeit von Brettspertholz (BSP). *Repository*. URL: <https://repository.tugraz.at/publications/nqew3-j9975> (дата звернення: 13.03.2025).
11. EN 1995-1-1:2004. Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildinds [Valid from 2004-12-15]. BSI, 2004. 124 p.
12. European LVL handbook. *Metsä Group – Growth, with a future*.
URL: <https://www.metsagroup.com/metsawood/products-and-services/technical-information/european-lvl-handbook/>.

References

- [1] Švajlenka, J.; Pošiváková, T. Innovation potential of wood constructions in the context of sustainability and efficiency of the construction industry. *J. Clean. Prod.* 2023, 411, 137209.
- [2] Schubert, M.; Panzarasa, G.; Burgert, I. Sustainability in wood products: A new perspective for handling natural diversity. *Chem. Rev.* 2022, 123, 1889–1924.
- [3] Yusoh A. S., Anwar U.M.K., Lee Sh., Ong C., Asniza M., Paridah M. (2025). The properties of Cross Laminated Timber (CLT): A review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2025. Vol. 138, p. 103924. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2024.103924>.
- [4] Заготівля деревини за видами лісової продукції по регіонах. *Державна служба статистики*.
URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2020/sg/lis/lis_reg/arh_zdvp_reg_u.htm
- [5] Medvid L. V. Systematization of wood waste - the basis of their effective use. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*. 2018. Т. 44. С. 91–104.
URL: <https://doi.org/10.36930/42184412>.
- [6] Mechanical properties of hybrid cross-laminated timber with wood-based materials / S. Yang et al. *Industrial Crops and Products*. 2023. Т. 206. С. 117629.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117629>.
- [7] The Dimensional Stability and Bonding Performance of Hybrid CLT Fabricated with Lumber and COSB / Z. Liang et al. *Buildings*. 2022. Vol. 12, no. 10. P. 1669. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12101669>.
- [8] Reddy J. N. *Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells*. CRC Press, 2003.
URL: <https://doi.org/10.1201/b12409>.
- [9] Turesson J., Berg S., Ekevad M. Impact of board width on in-plane shear stiffness of cross-laminated timber. *Engineering Structures*. 2019. Т. 196. С. 109249.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.05.090> (дата звернення: 14.05.2025).
- [10] Numerische Studien zur Drill- und Schubsteifigkeit von Brettspertholz (BSP). *Repository*.

URL: <https://repository.tugraz.at/publications/nqew3-j9975> (дата звернення: 13.03.2025).

- [11] EN 1995-1-1:2004. Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings [Valid from 2004-12-15]. BSI, 2004. 124 p.
- [12] European LVL handbook. *Metsä Group – Growth, with a future.*
URL: <https://www.metsagroup.com/metsawood/products-and-services/technical-information/european-lvl-handbook/>.

THEORETICAL STUDY OF DEFLECTIONS OF COMBINED CROSS-LAMINATED TIMBER PANELS CONSIDERING CREEP

Shekhorkina S.Y., Dr. Sc. (Tech.), Professor,

svitlana.shekhorkina@pdaba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4377-3746

Talash A.V., PhD Student,

talashandrii@gmail.com, ORCID: 0009-0008-1559-4629

Ukrainian State University of Science and Technologies

Abstract. This study investigates the structural behavior of cross-laminated timber (CLT) panels incorporating secondary-origin wood-based composite materials (LVL and OSB) in their transverse layers. The research aims to evaluate how such modifications affect the panels' stress distribution and deformation characteristics compared to conventional solid-wood CLT panels. The methodology relies on Mindlin-Reissner plate theory, accounting for shear deformation effects in layered orthotropic materials through numerical finite element method modeling using RFEM 5 software.

Three-layer and five-layer CLT panel configurations with spans of 3m, 4m, and 5m were analyzed under uniform loading conditions (100 kg/m²). The experimental models compared traditional all-solid-wood panels with innovative designs featuring OSB-3 (18mm) and LVL 36C (24mm) in non-load-bearing layers. Material properties were adjusted to consider long-term creep effects using deformation coefficients according to Eurocode standards for Service Class 1 conditions.

Key findings reveal that engineered wood products in transverse layers cause no significant changes in internal stress distribution patterns while panel thickness remains the dominant factor affecting load-bearing capacity at equal spans. Creep deformation increases total deflection by 47-63% across all panel types, with the most pronounced effect (up to 61.1%) observed in LVL-modified panels. Three-layer composite panels show 10-25% higher deflections than conventional CLT, while five-layer configurations demonstrate better performance stability.

The study confirms the technical feasibility of using secondary-origin wood composites in CLT production, potentially contributing to circular economy principles in construction, improved resource efficiency through utilization of low-grade timber and reduced environmental impact of building materials. However, the significant creep effects (1.5-1.6 deflection increase) necessitate careful consideration in design practices. The results provide a foundation for future research on hybrid CLT optimization and standardization of calculation methods for sustainable timber construction.

Keywords: cross-laminated timber, secondary timber, composite wood materials, creep deformations, deflections.