

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Комара Миколи Антоновича** на тему «**Конструкції з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилені композитними стрічками**»
представлену на здобуття ступеня доктора філософії з
галузі знань 19 – Архітектура та будівництво,
спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Детальний аналіз дисертаційної роботи Комара Миколи Антоновича на тему «Конструкції з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилені композитними стрічками» та розгляд його наукових публікацій дозволяє сформулювати наступні висновки, а також надати загальну оцінку виконаного дослідження.

Актуальність теми дисертації. Дерев'яне домобудівництво набуває сьогодні величезної популярності. Розвиток технологій зрощення масиву деревини, використання клеєної деревини великих прольотів, перехресно-клеєної деревини підвищує конкурентоздатність деревини як конструктивного матеріалу, що має природне походження і сприяє розвитку “зеленого будівництва”. Проте, обмеження будівельної висоти, у разі застосування порівняно великих перерізів конструкцій з клеєної деревини, розрахованих з додержанням вимог граничних станів, є неможливим. Тому зменшення поперечного перерізу клеєних дерев'яних конструкцій, які мають покращену несучу здатність за рахунок підсилення за допомогою використання композитних стрічок є актуальною задачею промисловості.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації підтверджується чіткістю поставлених основних задач досліджень; застосуванням фізико-математичних моделей, методів розрахунку дерев'яних конструкцій, виконаним аналізом напружено-деформованого стану конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилені композитними стрічками з врахуванням загальноприйнятих припущень будівельної механіки та теорії пружності. На підставі результатів виконаних експериментальних досліджень балок з клеєної деревини підсилені композитними стрічками визначено та науково обґрунтовано реальний напружено-деформований стан таких конструкцій та проведено порівняння з реальним напружено-деформованим станом балки з клеєної деревини без підсилення. Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційного дослідження автора є аргументованими та змістовними і свідчать про високий рівень наукової підготовки дисертанта.

Достовірність основних положень роботи забезпечена шляхом виконання чисельних досліджень і застосуванням сучасних методів аналізу роботи та розрахунку конструкцій з клеєної деревини підсилені композитними стрічками; виконаними чисельними дослідженнями різних видів конструкцій з клеєної деревини підсилені композитними стрічками таких, як балки та рами, а також чисельними дослідженнями плит з перехресно-клеєної деревини підсилені композитними стрічками. Достовірність наукових положень, висновків та результатів дисертаційної

роботи доведено позитивною оцінкою результатів на міжнародних конференціях і в рецензованих наукових фахових виданнях. Враховуючи всі вищенаведені аргументи можна зробити позитивний висновок щодо наукової обґрунтованості і достовірності отриманих положень дисертаційного дослідження, а також їх відповідності заявленій меті та завданням.

Науковою новизною одержаних результатів слід вважати наступне:

1. одержані узагальнені аналітичні положення та рекомендації, запропоновано і методика розрахунку елементів конструкцій з клеєної деревини підсиленої композитними стрічками;
2. проведено аналіз та виявлено нові закономірності зміни напружено-деформованого стану великопрольотних конструкцій з клеєної деревини підсилених композитними стрічками;
3. удосконалено послідовність виконання підсилення конструкцій з застосування композитних стрічок на основі вуглецевих волокон та методику створення розрахункових моделей методом скінчених елементів у програмному комплексі ЛІРА-САПР конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилених композитними стрічками.

Теоретичне та практичне значення результатів.

Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні результати проведених досліджень, які мають істотне значення для галузі знань 19 – Архітектура та будівництво.

Теоретичне значення дисертаційного дослідження полягає в узагальненні та в розробці методики розрахунку конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилених композитними стрічками з урахуванням дійсного напружено-деформованого стану.

Практичне значення дисертаційного дослідження полягає в тому, що розроблено інженерну методику розрахунку елементів конструкцій з клеєної деревини підсиленої композитними стрічками, розроблено методику створення розрахункової моделі конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилених композитними стрічками в програмному комплексі ЛІРА-САПР, розроблено послідовність проведення підсилення конструкцій з клеєної деревини композитними стрічками.

Оцінка наукових публікацій.

За результатами досліджень опубліковано 7 наукових праць, у тому числі: 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 2 – у наукових фахових виданнях України категорії «А», яке цитується у реферативній базі *Web of Science*; чотири роботи представлені як тези наукових доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій; отримано 3 патенти на корисну модель за темою дисертаційної роботи.

Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам «Порядку присудження наукового ступеня доктора філософії». Зазначені публікації повною мірою висвітлюють основні наукові положення дисертації. Вважаю, що дисертація пройшла належну апробацію.

Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення.

Дисертаційна робота має класичну структуру: вона складається із вступу чотирьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків до роботи, списку використаних джерел (101 найменування). Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 188 сторінок друкованого тексту, основний її зміст викладено на 149 сторінках в тому числі в тексті є 18 таблиць та 121 рисунок.

Дисертація написана українською мовою, її структура та оформлення відповідають установленим вимогам. Вона характеризується єдністю змісту.

Конкретно сформульовано мету та задачі досліджень, визначено предмет і об'єкт дослідження, вказано наукову новизну роботи та теоретичне і практичне значення отриманих результатів.

В першому розділі проведено аналіз сучасного стану досліджень армованих дерев'яних конструкцій, з якого стає зрозумілим необхідність детального вивчення таких конструкцій підсилених композитними стрічками. На теперішній час в Україні практично відсутні дослідження спільної роботи композитних стрічок з дерев'яними конструкціями, та їхній взаємний вплив, що унеможливорює розробку інженерної методики розрахунку, проте в світі, в цей час, активно проводять такі дослідження, що доводить їхню актуальність. Практичні рекомендації з проектування дерев'яних конструкцій з армуванням композитними стрічками на даний час в Україні відсутні, тому їх розробка є вкрай необхідною і призведе до збільшення застосування таких конструкцій в будівлях та спорудах різного призначення. За загальними висновками щодо літературного аналізу розкрита суть завдання і сформульовані мета задачі дисертаційного дослідження.

У другому розділі проведений аналіз чисельних досліджень напружено-деформованого стану конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилених композитними стрічками в програмному комплексі (ПК) ЛІРА-САПР методом скінчених елементів (СЕ). Доведено, що балки з клеєної деревини підсилені композитними стрічками мають в середньому на 18% менші вертикальні деформації та на 27% менші нормальні напруження від аналогічних балок з клеєної деревини не підсилених композитними стрічками. Рами з клеєної деревини підсилені композитними стрічками мають в середньому на 39% менші вертикальні деформації та в середньому на 57% менші максимальні нормальні напруження в розтягнутій зоні ригелів. Плити з перехресно-клеєної деревини (ПКД) підсилені композитними стрічками мають в середньому на 20% менші вертикальні деформації та на 32% менші нормальні напруження від аналогічних плит з ПКД не підсилених композитними стрічками. Проте окремого вивчення потребує підбір універсального методу чисельного моделювання конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини в програмних комплексах.

В третьому розділі описано експериментальні дослідження повно розмірного зразка балки з клеєної деревини підсиленої композитними стрічками. За результатами проведеного аналізу напружено-деформованого стану балки з клеєної деревини підсиленої композитними стрічками за результатами експерименту встановлено, що визначення механічних властивостей деревини при згині, методом випробування

зразків деревини з однієї партії, дає достовірне значення модулю пружності для застосування його в розрахунку реальних конструкцій. Наведено алгоритм проведення експериментальних досліджень балок з клеєної деревини підсилених композитними стрічками за допомогою електротензометрії. Визначено послідовність виконання підсилення балок з клеєної деревини композитними стрічками *Sika CarboDur S512*. Встановлено, що підсилення експериментального зразка шляхом наклеювання на розтягнуту зону композитних стрічок, зменшує вертикальні деформації на величину до 13%, в той же час, руйнування експериментального зразка підсиленого композитними стрічками відбулось при значенні, яке є на 63% більшим за граничне максимальне розрахункове навантаження при $k_{mod} = 1$ та на 80% більшим за максимальне розрахункове навантаження експериментального зразка не підсиленого композитними стрічками з урахуванням коефіцієнту k_{mod} розрахованим відповідно до ДБН В.2.6-161:2017. За якісним характером напруженого стану деревини отриманого експериментальним дослідженням в балках з клеєної деревини та в балках з клеєної деревини підсилених композитними стрічками чітко видно, що максимальні повздовжні напруження в підсилених балках зменшились до 42%, максимальні дотичні напруження збільшились в підсилених балках до 57%, а дотичні напруження збільшились в деяких перерізах до 79%.

У четвертому розділі проведено аналіз чисельного моделювання експериментальної установки, з метою визначення напружень в перерізах, визначення вертикальних деформацій та порівняння отриманих результатів, з натурними експериментальними випробуваннями. Визначено, що результати моделювання експериментального зразка в середовищі ПК ЛІРА-САПР, де вертикальні деформації в зразках підсилених композитними стрічками зменшились на величину до 17%, підтверджують результати підсилення експериментального зразка шляхом наклеювання на розтягнуту зону композитних стрічок, в яких вертикальні деформації зменшуються на величину до 13%. Встановлено, що якісний характер напруженого стану деревини отриманий з числового дослідження підтверджується експериментом, загалом повздовжні напруження в розтягнутій зоні досліджуваних перерізів мають добру збіжність. Деякі відмінності в кількісних значеннях поперечних та дотичних напружень пояснюються особливостями будови деревини та наявністю факторів, які можуть суттєво впливати на її напружено-деформований стан і як наслідок міцність в цілому. Електротензометрія дуже чутлива до неоднорідної будови деревини. В програмному комплексі деревина задається ідеалізованою. Встановлено, що руйнування експериментального зразка підсиленого композитними стрічками, відбулось в зоні концентрації нормальних напружень вздовж волокон, поперек волокон та дотичних напружень, що доводить необхідність проведення додаткових розрахунків за умовами міцності при складному напруженому стані.

У загальних висновках відповідно до поставлених завдань сформульовано основні наукові результати даного дослідження.

В цілому ж, в роботі можна відмітити послідовність і логічність викладення інформації. Робота є завершеною самостійною науковою працею, достатньо добре оформленою.

До основних здобутків роботи слід віднести:

- проведено аналіз існуючих методик розрахунку елементів конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилених композитними матеріалами;
- досліджено дійсний напружено–деформований стан конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилених композитними стрічками за допомогою комп’ютерного моделювання з застосуванням методу скінчених елементів в програмному комплексі;
- проведено експериментальне дослідження напружено-деформованого стану балок з клеєної деревини підсилених композитними стрічками;
- удосконалено методика розрахунку елементів з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилених композитними стрічками;
- надано рекомендації, щодо алгоритмів виробництва конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини композитними стрічками.

ЗАУВАЖЕННЯ ПО РОБОТІ

1. Актуальність теми дослідження бажано було б подавати лаконічно і концентровано, оскільки здається враження, що це аналітичний огляд.
2. Щодо формулювання об’єкту дослідження, то враховуючи, що він має відображати процес або явище, можливо краще було б подати його таким чином – "підсилення конструкцій з клеєної деревини та перехресно-клеєної деревини композитними стрічками.
3. У вступі на сторінці 20 в останньому пункті основних задач дослідження «... Надати рекомендації, щодо алгоритмів виробництва конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини композитними стрічками» пропущене слово «підсилених».
4. В розділі 1 недостатня кількість опрацьованих джерел про застосування композитних стрічок з іншими матеріалами в Україні.
5. В розділі 2 для більш детального аналізу результатів, на мою думку, потрібно було б виконати порівняльний розрахунок в декількох програмних комплексах.
6. В підпункті 3.1. кількість випробувальних зразків замала для статистичної обробки даних.
7. Проведення експериментальних досліджень виконувалось за допомогою застарілою вимірювальної апаратури.
8. Зустрічається некоректне подання деревини, як матеріалу, терміном “дерево”. Також не узгоджено подання посилань на таблиці у тексті – то “табл...”, то “ таблиця...”.
9. Для полегшення сприйняття краще було б подати розроблені рекомендації щодо алгоритмів виробництва конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини композитними стрічками окремим підрозділом.

Проте, зазначені зауваження не зменшують загального позитивного враження від представленої дисертації, вони мають переважно філософський та дискусійний характер. Отримані здобувачем результати не викликають сумніву, є науково обґрунтованими, мають наукову новизну і практичне значення. В цілому, робота заслуговує позитивної оцінки.

Відповідність дисертаційним вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...»

Дисертація Комара Миколи Антоновича «Конструкції з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилені композитними стрічками» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», зокрема пп.5,6,7,8,9. Дисертація виконана з дотриманням правил академічної доброчесності. Є самостійною, завершеною науковою роботою. Отримані результати свідчать про значний внесок автора в науку.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертація Комара Миколи Антоновича «Конструкції з клеєної та перехресно-клеєної деревини підсилені композитними стрічками», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, є завершеною самостійною виконаною науковою працею, яка повністю відображає основні теоретичні та практичні положення роботи, а також відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії ...», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44, та напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА з вищезазначеної спеціальності, а її автор Комар Микола Антонович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри Технологій та дизайну
виробів з деревини Національного
університету біоресурсів і
природокористування України

Олена ПІНЧЕВСЬКА