

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Бітюкова Дмитра Олеговича**

на тему: **«Робота багат шарових дерев'яних балок з клеєної деревини при дії імпульсних навантажень»**, представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 19 – Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Детальний аналіз дисертаційної роботи Бітюкова Дмитра Олеговича на тему «Робота багат шарових дерев'яних балок з клеєної деревини при дії імпульсних навантажень» та розгляд його наукових публікацій дозволяє сформулювати наступні висновки, а також надати загальну оцінку проведеного дослідження.

Актуальність теми дисертації. Забезпечення надійності та безпечної експлуатації будівельних конструкцій в умовах дії динамічних навантажень є одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасної будівельної науки. Особливої уваги потребують конструкції з інженерної деревини, сфера застосування яких останніми роками суттєво розширилася завдяки їх високій несучій здатності, малій власній вазі, екологічності та відповідності принципам сталого будівництва. Разом із перевагами використання таких конструкцій постає необхідність поглибленого вивчення особливостей їх роботи під час короткочасних інтенсивних навантажень.

Проблема визначення динамічних характеристик дерев'яних балок є недостатньо дослідженою як в експериментальному, так і в розрахунковому аспектах. Наявні наукові роботи переважно присвячені статичній роботі конструкцій, тоді як закономірності поведінки балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини при дії зосередженого імпульсного навантаження вивчені недостатньо. Це обмежує можливості достовірного чисельного моделювання, прогнозування напружено-деформованого стану конструкцій та вдосконалення методів їх інженерного розрахунку.

Особливої актуальності зазначена проблематика набуває в сучасних умовах, коли будівлі та споруди можуть зазнавати вибухових, аварійних і техногенних впливів, а також руйнувань, спричинених воєнними діями. За таких обставин зростає потреба у науково обґрунтованих методах оцінювання динамічної роботи конструкцій, визначенні коефіцієнтів динамічності, характеристик демпфування та інших параметрів, необхідних для забезпечення їх надійності й безпечної експлуатації. Водночас конструкції з клеєної та перехресно-клеєної деревини

розглядаються як перспективний матеріал для швидкокомпонованого будівництва, що є особливо важливим для оперативного відновлення пошкоджених будівель і об'єктів інфраструктури України.

Важливим є й те, що результати дисертаційної роботи мають не лише теоретичне, а й практичне значення. Запропоновані експериментальні та розрахункові підходи сприяють підвищенню достовірності чисельного моделювання, можуть бути використані при проєктуванні дерев'яних конструкцій, а також є підґрунтям для подальшого вдосконалення нормативного забезпечення у сфері розрахунку конструкцій при дії імпульсних навантажень.

Таким чином, дисертаційна робота Бітюкова Дмитра Олеговича присвячена актуальній науково-технічній проблемі, результати якої мають важливе значення для розвитку теорії та практики проєктування дерев'яних конструкцій, підвищення їх експлуатаційної надійності та розширення можливостей застосування інженерної деревини в сучасному будівництві.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій та достовірність отриманих результатів дисертації забезпечуються логічною послідовністю проведених досліджень відповідно до сформульованої мети та поставлених завдань, комплексним використанням теоретичних, експериментальних і числових методів дослідження, застосуванням положень будівельної механіки, опору матеріалів, теорії розрахунку дерев'яних конструкцій і теорії коливань пружних систем. Достовірність отриманих результатів підтверджується проведенням статичних і динамічних експериментальних випробувань натурних зразків балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини, використанням сучасних методів числового моделювання на основі методу скінченних елементів, порівнянням експериментальних і теоретичних результатів, а також застосуванням методів математичної статистики для оброблення та узагальнення отриманих даних. Це свідчить про достатній рівень обґрунтованості сформульованих у дисертації наукових положень, висновків і практичних рекомендацій базуються на комплексному поєднанні теоретичних, експериментальних і чисельних досліджень.

Наукова новизна результатів полягає у наступному:

Уперше:

- створено експериментальну установку для дослідження динамічної поведінки балкових елементів, виготовлених із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини;
- запропоновано методологічний підхід до експериментального дослідження динамічних характеристик балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної

деревини, який базується на аналізі їх роботи під дією імпульсного навантаження та дає змогу враховувати вплив деформацій зсуву на частоти власних коливань і динамічний відгук конструкцій;

- виявлено закономірності динамічної роботи балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини при дії зосередженого імпульсного навантаження та встановлено вплив фізико-механічних властивостей і узагальненої жорсткості перерізу з урахуванням деформацій зсуву на особливості їх динамічної поведінки;
- поширено положення теорії коливань балок Тимошенка на дерев'яні балкові елементи з урахуванням деформацій зсуву та запропоновано експериментально-теоретичний підхід до визначення їх частот власних коливань;
- експериментально визначено декременти затухання коливань балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини;
- встановлено порівняльні значення коефіцієнтів динамічності для балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини при дії зосередженого імпульсного навантаження.

Узагальнено:

- методичні підходи до дослідження фізико-механічних і динамічних характеристик конструкцій із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини.

Удосконалено:

- підходи до розрахунку дерев'яних балок при дії зосередженого імпульсного навантаження шляхом уточнення значень коефіцієнтів динамічності для різних типів дерев'яних балок;
- аналітичні моделі прогнозування динамічного відгуку дерев'яних балок на основі уточнених значень декрементів затухання коливань;
- комплексну методику визначення фізико-механічних і динамічних характеристик балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини, яка ґрунтується на поєднанні експериментальних і теоретичних досліджень та враховує визначені декременти затухання і коефіцієнти динамічності;

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що:

- розроблено експериментальний стенд для дослідження динамічної роботи дерев'яних балок при дії імпульсного навантаження;
- створено програмне забезпечення для розрахунку шарнірно закріплених дерев'яних балок при ударному навантаженні;
- отримано експериментально обґрунтовані значення декрементів затухання та коефіцієнтів динамічності для балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини;

– результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення розрахунків, числового моделювання та проектування дерев'яних конструкцій з урахуванням імпульсних навантажень.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях. Наукові результати дисертації висвітлені у 7 наукових працях, у тому числі у наукових фахових виданнях України категорії «Б» і категорії «А», які індексується у наукометричних базах *Web of Science* та *Scopus*.

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.

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

Представлена на рецензію дисертаційна робота написана українською мовою та оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Дисертація складається з анотації, списку публікацій здобувача за темою дисертації, вступу, чотирьох розділів і висновків до них, загальних висновків, списку використаної літератури і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 188 сторінок, в тому числі 141 сторінка основного тексту, список використаних джерел на 13 сторінках.

У **вступі** автором розкрито актуальність теми дисертаційної роботи, окреслено мету та основні завдання дослідження, визначено його об'єкт, предмет і методичну основу. Також наведено положення, що характеризують наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, висвітлено апробацію результатів, публікаційну активність автора та його особистий внесок у виконання дослідження.

У **першому розділі** «Сучасний стан досліджень роботи дерев'яних конструкцій при дії динамічного навантаження» виконано системний аналіз наукових праць, присвячених дослідженню динамічної поведінки конструкцій із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини. Узагальнено відомості щодо особливостей роботи дерев'яних елементів за дії імпульсних навантажень, демпфувальних властивостей матеріалу, методів визначення коефіцієнтів динамічності та сучасних підходів до числового моделювання. На підставі проведеного аналізу виявлено недостатньо досліджені питання, сформульовано передумови та обґрунтовано напрями подальших експериментальних і теоретичних досліджень.

У **другому розділі** «Методика експериментальних досліджень»

викладено методичні засади проведення експериментальних досліджень дерев'яних балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини при дії зосередженого імпульсного навантаження. Автором обґрунтовано вибір дослідних зразків, наведено їх основні характеристики, описано конструкцію експериментального стенда, вимірювальне обладнання та методику проведення статичних і динамічних випробувань. Також представлено порядок обробки й аналізу отриманих експериментальних даних.

Представлена методика досліджень є достатньо повною та методично обґрунтованою, забезпечує достовірність і відтворюваність отриманих результатів. Матеріал розділу викладено логічно та послідовно, із належним використанням ілюстративного матеріалу, що створює надійну основу для подальшого аналізу експериментальних і теоретичних результатів, наведених у наступних розділах дисертації.

У **третьому розділі** «Результати експериментальних досліджень» наведено результати експериментальних досліджень статичної та динамічної роботи балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини. На основі проведених випробувань визначено фізико-механічні характеристики досліджуваних матеріалів, встановлено закономірності зміни їх жорсткісних параметрів, а також проаналізовано вплив конструктивної будови деревини на характер деформування та коливального процесу.

Особливу увагу заслуговує виконаний автором аналіз динамічної поведінки балок під дією зосередженого імпульсного навантаження. Визначено власні частоти коливань, параметри затухання, проведено спектральний аналіз експериментальних сигналів та здійснено зіставлення експериментальних результатів із теоретичними розрахунками. Це дозволило підтвердити адекватність прийнятих розрахункових моделей і виявити особливості роботи балок різних конструктивних типів.

Матеріал розділу викладено послідовно та аргументовано. Отримані результати мають наукову цінність, є достатньо обґрунтованими і становлять надійну експериментальну основу для подальших теоретичних досліджень та практичного застосування результатів дисертаційної роботи.

У **четвертому розділі** «Аналіз результатів досліджень та розв'язки задачі розрахунку балок під дією зосередженого імпульсного навантаження (удару)» наведено комплексний аналіз результатів експериментальних, аналітичних та чисельних досліджень роботи дерев'яних балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини під дією зосередженого імпульсного навантаження. Виконано верифікацію експериментально визначених фізико-механічних характеристик шляхом моделювання у програмному комплексі метода скінчених

елементів із використанням стрижневих і просторових кінцевих елементів. Показано, що для балок із суцільної та клеєної деревини результати чисельного моделювання добре узгоджуються з експериментальними даними, а для балок із перехресно-клеєної деревини встановлено суттєвий вплив способу моделювання матеріалу та орієнтації ламелей на точність отриманих результатів.

Важливим результатом розділу є реалізація алгоритму розрахунку ударної взаємодії за методикою С.П. Тимошенка, що дозволило автоматизувати ітераційні обчислення, визначити часові залежності контактного зусилля та переміщень, а також виконати їх подальше чисельне моделювання. Порівняння аналітичних, чисельних та експериментальних результатів підтвердило достатню точність запропонованих підходів, а отримані розрахункові значення характеризуються консервативним запасом відносно експериментальних даних.

Практичну цінність розділу становить визначення коефіцієнтів динамічності для досліджуваних типів дерев'яних балок та обґрунтування можливості апроксимації імпульсного навантаження трикутною часовою діаграмою. Отримані результати можуть бути використані під час інженерного розрахунку та проектування дерев'яних конструкцій, що працюють в умовах короткочасних імпульсних впливів, а також для подальшого розвитку методик їх чисельного моделювання.

У **загальних висновках** узагальнено результати проведеного дослідження та сформульовано основні наукові положення і висновки відповідно до поставлених мети та завдань дисертаційної роботи.

У **додатках** наведено протоколи статичних і динамічних випробувань, приклад інженерного розрахунку, виконаного на основі результатів дисертаційного дослідження, а також довідку про апробацію результатів наукової роботи.

Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі. У процесі аналізу змісту й структури дисертації виникли такі зауваження змістовного характеру:

Редакційні:

1. Розділ 2. Зустрічаються повторення окремих положень щодо забезпечення точності експерименту та мінімізації похибок вимірювань, які могли б бути викладені більш лаконічно.

Дискусійні:

2. У роботі доцільно було б чіткіше визначити межі практичного застосування отриманих результатів, зокрема щодо діапазону прольотів, геометричних параметрів поперечних перерізів та умов роботи дерев'яних балок.

3. Розділ 2. Відсутнє обґрунтування вибору частоти дискретизації (кроку

запису $1,27 \cdot 10^{-4}$ с), варто було оцінити її вплив на достовірність реєстрації динамічних процесів.

4. Розділ 2. Було б добре, щоб методика досліджень мала повний опис похибок вимірювального обладнання, оцінку їх впливу на результати експериментальних даних.

5. Розділ 2. Із тексту роботи незрозумілий вибір досліджуваних рівнів енергії ударного навантаження, корисно було навести коротке обґрунтування.

6. Розділ 3. Чим пояснюється поява другої частоти на спектрограмі рисунок 3.7.

7. Розділ 3. Незрозуміло, яка методика визначення логарифмічного декременту затухання коливань.

8. Розділ 4. Результати чисельного моделювання наведені для пружної стадії роботи конструкцій. Доцільно було б обґрунтувати можливість застосування запропонованих моделей при більших рівнях імпульсних навантажень, що можуть супроводжуватися розвитком локальних пошкоджень або нелінійною роботою матеріалу.

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.

Оцінка відповідності освітньо-науковій програмі підготовки. Під час виконання дисертаційної роботи Бітоков Дмитро Олегович провів самостійне наукове дослідження та опублікував його основні результати. Аналіз змісту роботи та підсумків апробації отриманих даних засвідчив, що наукова праця здобувача Бітюкова Дмитра Олеговича повністю відповідає науковому напряму освітньо-наукової програми КНУБА для підготовки фахівців третього (освітньо-наукового) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії...». Дисертація Бітюкова Дмитра Олеговича «Робота багат шарових дерев'яних балок з клеєної деревини при дії імпульсних навантажень» відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», зокрема пп. 5–9. Дисертаційна робота є завершеною, самостійною науковою працею, а отримані результати свідчать про важливий внесок в розвиток напрямку досліджень вібраційної техніки та технології.

Загальний висновок про дисертаційну роботу

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що здобувачем успішно виконано поставлене наукове завдання та продемонстровано високий рівень володіння сучасними методами експериментальних, аналітичних і чисельних досліджень будівельних конструкцій.

Наукова значущість отриманих теоретичних та експериментальних досліджень дозволяє визначити представлену роботу як таку, що вирішує важливу наукову проблему дослідження та прогнозування динамічної поведінки багатошарових дерев'яних балок при дії імпульсних навантажень і створює наукове підґрунтя для підвищення достовірності їх інженерного розрахунку та проєктування.

Вважаю, що дисертація «Робота багатошарових дерев'яних балок з клеєної деревини при дії імпульсних навантажень», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, є завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 5–9. «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України №341 від 21 березня 2023р., напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА з вищезазначеної спеціальності, а її автор, Бітюков Дмитро Олегович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Рецензент:

Професор кафедри машин і
обладнання технологічних процесів
Київського національного університету
будівництва і архітектури,
доктор технічних наук, професор



Олег ДЄДОВ

