

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. Дисертаційна робота Бітюкова Дмитра Олеговича присвячена актуальній науково-технічній проблемі дослідження роботи багат шарових балок з клеєної деревини при дії імпульсних навантажень. Актуальність обраної теми обумовлена сучасними тенденціями розвитку будівельної галузі, які характеризуються активним впровадженням інженерних дерев'яних матеріалів у несучі конструкції великопрольотних і багатопверхових будівель. Використання таких матеріалів відповідає принципам сталого розвитку, сприяє зменшенню вуглецевого сліду будівництва та розширює можливості застосування енерго- та екологічно ефективних конструктивних рішень.

Разом із тим збільшення сфер використання дерев'яних конструкцій потребує більш глибокого дослідження їхньої роботи за умов дії динамічних навантажень, серед яких особливе місце займають короткочасні імпульсні впливи, що набуває особливої важливості для оцінки роботи конструкцій за дії вибухових та інших короткочасних імпульсних навантажень, що можуть

виникати внаслідок терористичних загроз і воєнних дій. Специфічні фізико-механічні властивості деревини, її анізотропність, в'язкопружна поведінка та здатність до розсіювання енергії істотно впливають на напружено-деформований стан конструкцій і ускладнюють прогнозування їхньої роботи. Тому визначення динамічних характеристик, коефіцієнтів динамічності та демпфувальних властивостей дерев'яних балок є важливим науковим і практичним завданням.

Необхідність виконання даного дослідження також обумовлена тим, що питання роботи балок з клеєної та перехресно-клеєної деревини при дії зосереджених імпульсних навантажень на сьогодні залишаються недостатньо дослідженими. Відсутність достатньої кількості експериментальних даних і узагальнених розрахункових залежностей, а також недостатнє нормативне забезпечення щодо врахування динамічних характеристик дерев'яних конструкцій ускладнюють їх проєктування та чисельне моделювання.

Актуальність вибору теми дослідження підтверджується узгодженістю отриманих результатів з пріоритетними напрямками науково-технічної політики України відповідно до положень Постанови Кабінету Міністрів України від 30 квітня 2024 р. № 476 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні». Крім того, використання конструкцій з клеєної та перехресно-клеєної деревини є перспективним для спорудження швидкокомонтованих будівель і споруд, що має важливе значення для оперативного відновлення пошкодженої інфраструктури України.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій та достовірність отриманих теоретичних результатів базуються на комплексному поєднанні теоретичних, експериментальних і чисельних досліджень. Автором виконано серію статичних і динамічних випробувань

дерев'яних балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини, результати яких опрацьовано із застосуванням методів математичної статистики та порівняно з аналітичними й чисельними розрахунками з використанням класичних положень теорії коливань та сучасних програмних комплексів, та скінченно-елементних моделей. Отримані результати експериментальних та аналітичних досліджень мають чітке фізичне пояснення і високу збіжність.

Наукова новизна результатів полягає у наступному:

- вперше розроблено експериментальну установку для дослідження динамічних властивостей балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини. Розроблено методологічний підхід для проведення подібних досліджень;

- вперше встановлено закономірності динамічної роботи балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини при дії зосередженого імпульсного навантаження та виконано порівняльний аналіз їх динамічного відгуку;

- вперше експериментально визначено декременти затухання коливань і для досліджуваних типів дерев'яних балок;

- вперше визначено експериментальні значення декрементів згасання коливань та коефіцієнтів динамічності для досліджуваних балок;

- розвинено положення теорії коливань балок С.П. Тимошенка шляхом урахування деформації зсуву перерізу при визначенні частот власних коливань балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини;

- узагальнено методологічні підходи до дослідження фізико-механічних характеристик суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини;

- удосконалено методику розрахунку дерев'яних балок при дії

імпульсного навантаження шляхом уточнення коефіцієнтів динамічності, декрементів затухання та моделей прогнозування їх динамічного відгуку;

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці методики експериментальних досліджень динамічної роботи дерев'яних балок за дії зосередженого імпульсного навантаження, яка може бути використана для проведення подальших наукових досліджень та верифікації розрахункових моделей. Отримані в роботі експериментально підтверджені значення декрементів згасання коливань і коефіцієнтів динамічності для балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини можуть бути використані для уточнення інженерних розрахунків, підвищення достовірності чисельного моделювання, розрахунку дерев'яних конструкцій та розроблення рекомендацій щодо врахування імпульсних (ударних) навантажень для інженерних потреб у практиці проєктування будівель і споруд.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях. Наукові результати дисертації висвітлені у 7 роботах: 2 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 1 – у науковому фаховому виданні України категорії «А», яке індексується у науковометричній базі *Web of Science*; 1 – у науковому фаховому виданні України категорії «А», яке індексується у науковометричній базі *Scopus*; 3 роботи представлені, як тези наукових доповідей у національних та міжнародних науково-технічних конференціях.

Таким чином, наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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, переліку скорочень та позначень, вступу, чотирьох розділів і висновків до них, загальних висновків, списку використаної літератури і дев'яти додатків. Загальний обсяг дисертації складає 188 сторінок, в тому числі 141 сторінка основного тексту, список використаних джерел на 13 сторінках.

У **вступі** дисертації належним чином обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Зміст розділу є логічним, послідовним і відповідає вимогам до дисертаційних робіт. Також висвітлено особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів і представлено інформацію щодо публікацій за темою дисертації.

У **першому розділі «Сучасний стан досліджень роботи дерев'яних конструкцій при дії динамічного навантаження»** проведено ґрунтовний аналіз сучасного стану наукових досліджень у галузі дерев'яних конструкцій, що працюють в умовах динамічних навантажень. Автором розглянуто світовий досвід застосування конструкцій із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини, проаналізовано їх демпфувальні властивості, особливості визначення коефіцієнтів динамічності та сучасні підходи до чисельного моделювання із застосуванням програмних комплексів методу скінченних елементів. Аналіз виконано на основі широкого кола сучасних вітчизняних і закордонних наукових джерел.

За результатами проведеного огляду автором визначено основні тенденції розвитку досліджень, окреслено невирішені питання щодо динамічної роботи багатошарових дерев'яних балок при дії імпульсних навантажень та обґрунтовано необхідність виконання власних експериментальних і теоретичних досліджень. Висновки розділу є логічними, аргументованими та слугують належним підґрунтям для постановки завдань

дисертаційної роботи.

У другому розділі «Методика експериментальних досліджень» автором сформульовано основні положення методики проведення експериментальних досліджень суцільних балок прямокутного перерізу, які виготовлено трьох типів конструкційної деревини: суцільної, клеєної та перехресно-клеєної, за дії зосередженого імпульсного впливу. Автором детально обґрунтовано вибір дослідних зразків, наведено методику їх виготовлення, описано конструкцію експериментального стенда з маятниковим механізмом та прецизійними електронними датчиками. Описано використані засоби вимірювання та порядок проведення статичних і динамічних випробувань. Методика спрямована на визначення фізико-механічних характеристик випробуваних зразків під час роботи балки на згин.

Наведено методику дослідження динамічного відгуку балок під дією поодинокого зосередженого імпульсу, для якої запропоновано використовувати схему горизонтального удару. Це дозволило мінімізувати побічні ефекти й отримати більш «чисту» залежність амплітуди переміщень серединного перерізу балки від часу.

Висвітлено основні положення зі статистичної обробки результатів експерименту та оцінювання їхньої достовірності.

У третьому розділі «Результати експериментальних досліджень» наведено ґрунтовні результати експериментальних досліджень фізико-механічних характеристик балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини за статичних і імпульсних навантажень. Автором проведено комплексний аналіз отриманих експериментальних даних, а також виконано їх порівняння з теоретичними розрахунками.

Встановлено середні значення модулів деформації та модулів зсуву для вищезазначених балок. Отримані результати підтвердили зниження

жорсткісних характеристик для багатошарових матеріалів на основі деревини порівняно з суцільною деревиною.

Отримано осцилограми вільних згасаючих коливань балок за дії зосередженого імпульсного навантаження. Визначено максимальні динамічні переміщення білок для різних величин імпульсу, які зростають пропорційно висоті падіння ударного вантажу.

Визначено частоти власних коливань досліджуваних балок за допомогою спектрального аналізу експериментальних даних. Для суцільної деревини основні частоти коливань становлять 75 ГЦ. Клеєна деревина має основні частоти в районі 73 ГЦ. Для перехресно-клеєної частота власних коливань становить 67 ГЦ. Проведено теоретичні розрахунки та виконано порівняння з результатами експерименту, яке показало задовільну збіжність з відхиленням не більше 8%.

Встановлено закономірності згасання коливань дерев'яних балок різної конструктивної структури. Суцільна деревина показала найбільш інтенсивне згасання коливань (декремент $\beta = 0.186$), проте клеєна та перехресно-клеєна деревина показали повільніше зменшення амплітуди (декремент $\beta = 0.099$). Побудовано експоненційні огинаючі, які підтверджують експоненційний характер дисипації енергії та демонструють вплив структури деревини на поведінку балок при динамічному впливі.

У четвертому розділі «Аналіз результатів досліджень та розв'язки задачі розрахунку балок під дією зосередженого імпульсного навантаження (удару)» висвітлено результати проведених теоретичних, експериментальних і чисельних досліджень. Автором виконано всебічний аналіз результатів статичних випробувань дерев'яних балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини, проведено їх верифікацію шляхом моделювання у програмному комплексі Dlubal RFEM 5 із використанням стрижневих і просторових кінцевих елементів. Порівняння

експериментальних і розрахункових даних показало достатню збіжність отриманих результатів та обґрунтованість прийнятих моделей.

Реалізація автором алгоритму розрахунку динамічної роботи балок за методикою С.П. Тимошенка дала змогу автоматизувати процес обчислень та отримати часові залежності контактного зусилля і переміщень. Важливим є також виконання чисельного моделювання ударного навантаження у програмному комплексі Dlubal RFEM 5, результати якого добре узгоджуються з експериментальними дослідженнями.

На основі проведених досліджень автором визначено коефіцієнти динамічності для балок з суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини, що становлять 0.0632, 0.0559 та 0.0545 відповідно. Також на базі залежностей контактного зусилля від часу апроксимованих до імпульсів трикутної форми визначені теоретичні значення коефіцієнтів динамічності, що склали 0.0571 для суцільної деревини, 0.0543 для клеєної та 0.0476 для перехресно-клеєної деревини.

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

Додатки містять протоколи проведення статичних та динамічних випробувань, приклад розрахунку на основі даних отриманих в дисертації та довідку про апробацію наукової праці.

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

1. У вступі, на сторінці 19 некоректне формулювання в реченні: «питання динамічної роботи дерев'яних балок ... залишаються недостатньо розробленими». Замість «розробленими» краще було б використати «вивченими», «дослідженими» або «висвітленими».

2. У вступі на сторінці 21 в переліку пунктів наукової новизни текст «розповсюджено теорію коливань пружних балок Тимошенко С.П. з урахуванням деформації зсуву перерізу на роботу балкових елементів з суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини» віднесено до підрозділу «Уперше», що викликає сумніви. Також викликає сумніви термін «розповсюджено».

3. У науковій новизні на сторінці 22 потребує уточнення вжитий термін «порівняльні коефіцієнти динамічності».

4. У розділі 2 на сторінці 48 з інженерної точки зору, можливо, варто було зазначити, що досліджувана деревина відповідає 1-му класу умов експлуатації, а також вказати її клас міцності або сортність.

5. У розділі 2 доцільно було б надати пояснення щодо можливого впливу електромагніту на сталеву кульку, зокрема оцінити ймовірність виникнення ефекту залишкового магнітного притягання під час удару.

6. У розділі 3 повторюються однакові висновки щодо лінійного характеру залежностей, пружної роботи матеріалу та причин відмінностей у жорсткості різних типів деревини.

7. У розділі 4 доцільно було б більш детально обґрунтувати вибір значень модулів пружності, модулів зсуву та коефіцієнтів Пуассона.

8. У розділі 4 на рисунку 4.3 наявна орфографічна помилка у написанні слова «поздовжній».

9. У розділі 4 блок-схема алгоритму (рисунок 4.6) могла б бути оформлена відповідно до загальноприйнятих вимог побудови блок-схем для алгоритмів, що покращило б її наочність і сприйняття.

Зазначені зауваження не знижують позитивної оцінки дисертації та можуть розглядатись як рекомендації для подальшої роботи в обраному напрямі досліджень. Вважаю, що ці зауваження не є визначальними, не

применшують наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного дослідження.

Оцінка відповідності освітньо-науковій програмі підготовки. Під час виконання дисертаційної роботи Бітюков 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 напрямку 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 багатошарових дерев'яних балок з клеєної деревини при дії імпульсних навантажень» відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 5 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертаційна робота Бітюкова Дмитра Олеговича є результатом самостійних досліджень здобувача; вона не містить ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації чи компіляції. Усі використані ідеї, результати та тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні першоджерела.

Загальний висновок про дисертаційну роботу

За підсумками викладеного вище можна констатувати про високий рівень виконання здобувачем поставленого наукового завдання та ґрунтовне опанування методологічних засад науково-дослідної роботи.

Вважаю, що кваліфікаційна наукова праця «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 і самостійно виконаною науковою працею, містить нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати, та відповідає вимогам пп. 5 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Бітюков Дмитро Олегович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Рецензент:

Доцент кафедри металевих і дерев'яних
конструкцій Київського національного
університету будівництва і архітектури
кандидат технічних наук, доцент



Віталій ТОНКАЧЕСВ

«Підпис В.Г. Тонкачєєва засвідчую».

Начальник відділу кадрів



Лариса КУЧАЙ