

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Бітюкова Дмитра Олеговича

на тему: «Робота багатопарових балок з клеєної деревини

при дії імпульсних навантажень»

на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»

за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Актуальність роботи. Сучасний розвиток будівельної галузі характеризується активним використанням інженерних дерев'яних матеріалів, зокрема клеєної та перехресно-клеєної деревини, що зумовлено зростанням вимог до екологічності. Розширення сфер їх застосування у великопролітних і багатоповерхових будівлях потребує вдосконалення методів оцінювання роботи конструкцій за дії динамічних навантажень. Незважаючи на розвиток досліджень у галузі динаміки будівельних конструкцій, закономірності роботи дерев'яних балок із клеєної та перехресно-клеєної деревини при дії зосередженого імпульсного навантаження є недостатньо вивченими. Відсутність широкого спектру експериментальних даних і відповідних рекомендацій у чинних нормативних документах обмежують можливості їх проєктування. У зв'язку з цим дослідження динамічної дії на дерев'яні балки, визначення їхніх демпфувальних характеристик і коефіцієнтів динамічності є актуальним науковим завданням, результати якого сприятимуть удосконаленню методів розрахунку та підвищенню надійності дерев'яних конструкцій за дії імпульсних навантажень.

Структура та обсяг дисертації. На розгляд подана дисертаційна робота, що складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота викладена на 188 сторінках, у

тому числі містить 25 таблиць, 42 рисунка, 13 сторінок списку літератури та 34 сторінок додатків.

Основний зміст роботи. У вступі розміщені обов'язкові елементи: обґрунтування актуальності теми дослідження, формулювання мети та задач наукових досліджень, встановлення об'єкту та предмету досліджень, опис використання методів дослідження, зв'язок роботи з науковими програмами, формулювання наукової новизни, а також наукової та практичної цінності роботи, інформацію про публікації та апробацію результатів роботи та особистий внесок здобувача, структуру та обсяг дисертаційної роботи.

Перший розділ дисертації (21 сторінок) містить аналіз та узагальнення світового досвіду застосування клеєної й перехресно-клеєної деревини в умовах динамічних впливів. Розглянуто чинні методи чисельного моделювання методом скінченних елементів і відповідне нормативне забезпечення щодо визначення коефіцієнтів динамічності. Автор вказує, що механізми формування динамічного відгуку багат шарових дерев'яних балок при дії зосередженого імпульсу залишаються недостатньо вивченими, у результаті чого виникає необхідність подальших експериментально-теоретичних досліджень.

В другому розділі дисертації (25 сторінки) розроблено методику експериментальних досліджень дерев'яних балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини, яка передбачає проведення статичних і динамічних випробувань для визначення їхніх жорсткісних і динамічних характеристик. Під час статичних випробувань автором визначено пружні характеристики балок при поперечному згині в межах лінійно-пружної роботи матеріалу. Динамічні дослідження виконано із застосуванням спеціально розробленого випробувального стенда з маятниковим механізмом, що забезпечує прикладання однократного імпульсного навантаження та реєстрацію вільних коливань. Це дало змогу визначити власні частоти коливань і характеристики їх затухання. Для підвищення достовірності експериментальних результатів автором уніфіковано умови виготовлення зразків, удосконалено конструкцію опорних вузлів, застосовано високоточну вимірювальну апаратуру

та виконано статистичну обробку отриманих даних із використанням критерію Стьюдента.

В третьому розділі (34 сторінки) наведено результати експериментальних досліджень фізико-механічних і динамічних характеристик балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини. За результатами статичних випробувань визначено модулі деформації та модулі зсуву для кожного типу балок. Встановлено, що найбільшою жорсткістю характеризуються балки із суцільної деревини, тоді як для клеєної та перехресно-клеєної деревини спостерігається її зниження. Експериментальні залежності «навантаження–прогин» мають лінійний характер, що підтверджує роботу матеріалу в межах пружної стадії. За результатами динамічних випробувань встановлено, що зі збільшенням величини імпульсного навантаження зростають максимальні переміщення балок. На основі спектрального аналізу визначено власні частоти коливань та виконано їх порівняння з теоретичними значеннями, яке показало задовільну збіжність отриманих результатів.

Окрему увагу автор приділив дослідженню процесу затухання вільних коливань. За результатами експериментів встановлено експоненційний характер затухання та визначено логарифмічний декремент затухання для досліджуваних типів балок. Показано, що балки із суцільної деревини мають вищу здатність до розсіювання енергії коливань порівняно з балками із клеєної та перехресно-клеєної деревини. Отримані результати підтверджують суттєвий вплив структури деревини на жорсткісні та динамічні характеристики балок, а також можуть бути використані для вдосконалення методів їх розрахунку та оцінювання роботи за дії імпульсних навантажень.

В четвертому розділі (33 сторінок) виконано чисельне дослідження роботи балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини при статичному та імпульсному навантаженні. Проведено порівняння експериментальних результатів із чисельними розрахунками в програмному комплексі Dlubal RFEM5 та аналітичними залежностями С. П. Тимошенка.

Встановлено, що чисельне моделювання забезпечує достатню точність визначення прогинів дерев'яних балок, а аналітичні розрахунки добре узгоджуються з експериментальними даними. Показано, що використання

трикутної апроксимації імпульсного навантаження дає змогу з достатньою точністю визначати динамічну реакцію конструкцій.

Наприкінці кожного розділу автором сформульовано висновки, які узагальнюють отримані результати досліджень, а також наведено загальні висновки за результатами виконаної роботи.

Зв'язок з науковими програмами. Тема дисертаційної роботи «Несуча здатність тонких багатошарових скляних балок» узгоджується з пріоритетними напрямами 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».

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації, висновків та рекомендацій, їх достовірність забезпечується високим ступенем збігу теоретичних розрахунків, виконаних методом скінченних елементів, із даними натурних експериментальних досліджень. Сформульовані автором наукові положення ґрунтуються на фундаментальних законах будівельної механіки та методах чисельного моделювання, завдяки чому сформовано надійну теоретичну базу дослідження, а всі отримані залежності мають чітке графічне супроводження, яке детально проілюстровано у роботі. При цьому експериментальна частина виконувалася із застосуванням сучасного вимірювального обладнання, яке пройшло відповідну державну перевірку, що повністю виключає системні похибки та підтверджує об'єктивність виявлених закономірностей. Таким чином, комплексний підхід із паралельним зіставленням чисельних та експериментальних даних гарантує високу точність одержаних результатів і дозволяє ефективно використовувати їх у практичних інженерних розрахунках.

Повнота викладу результатів досліджень в опублікованих працях та їх апробація. За результатами дослідження опубліковано 4 наукові праці, у тому

числі: 2 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 1 – у науковому фаховому виданні України категорії «А», яке індексується у наукометричній базі Web of Science; 1 – у науковому фаховому виданні України категорії «А», що індексується у наукометричній базі Scopus.

Результати досліджень апробовано на трьох міжнародних наукових конференціях, за матеріалами яких опубліковано 3 тези доповідей.

Наукова новизна роботи полягає в експериментальному визначенні й систематизації декрементів затухання коливань та коефіцієнтів динамічності для балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини під дією зосередженого імпульсного навантаження. Установлення цих параметрів дозволило розкрити закономірності розсіювання енергії та описати динамічний вплив з урахуванням узагальненої жорсткості й зсувних деформацій поперечних перерізів, завдяки чому досягається висока точність прогнозування деформування матеріалу. Водночас інтеграція отриманих емпіричних коефіцієнтів у розрахунковій моделі усуває існуючі нормативні прогалини, що забезпечує можливість надійного чисельного аналізу та обґрунтованого проектування конструктивних елементів прольотом 6–12 м при короткочасних ударних впливах.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. У роботі доцільно було б більш детально висвітлити питання вибору рівнів статичного та динамічного навантаження, зокрема навести обґрунтування прийнятих значень і пояснити, чому експериментальні дослідження виконувалися саме за таких умов навантаження.

2. У роботі для експериментальних досліджень прийнято співвідношення довжини балки до її висоти близько 13. Разом із тим, відповідно до вимог стандартів EN 408 та EN 384, під час визначення фізико-механічних характеристик деревини рекомендовано застосовувати балки зі співвідношенням довжини до висоти не менше 18. У зв'язку з цим доцільно було б обґрунтувати вибір прийнятих геометричних параметрів зразків та

оцінити можливий вплив такого співвідношення на результати експериментальних досліджень.

3. На сторінці 72 автор зазначає "Для дерев'яних елементів внесок зсувних деформацій у загальний прогин є більш суттєвий у порівнянні з ізотропними матеріалами, такими як сталь та бетон. Це пояснюється відносно низьким значенням модуля зсуву G_0 ...". Таке твердження потребує уточнення, оскільки величина зсувних деформацій визначається не лише модулем зсуву матеріалу, а й геометричними характеристиками поперечного перерізу та розподілом дотичних (сколюючих) напружень. Зокрема, значно більша ширина поперечного перерізу дерев'яних балок порівняно з товщиною стінки сталевих двотаврів істотно впливає на величину зсувних напружень і може компенсувати вплив меншого значення модуля зсуву.

4. Зважаючи на те, що конструкції з ПКД переважно застосовуються у вигляді панелей, доцільно було б або виконати експериментальні дослідження саме на панельних елементах, або обґрунтувати можливість поширення отриманих на балках результатів на панелі, зокрема при визначенні коефіцієнтів динамічності та декрементів затухання.

5. У роботі доцільно було б навести рекомендації щодо практичного застосування отриманих коефіцієнтів динамічності та декрементів затухання коливань під час розрахунку й проєктування дерев'яних конструкцій, а також окреслити особливості їх використання в інженерній практиці.

6. У роботі досить часто наводяться посилання на літературні джерела після номерів формул. Оскільки значна частина цих формул є загальновідомими, доцільно було б утриматися від надмірного цитування.

Наведені зауваження не знижують теоретичної та практичної цінності дисертаційної роботи, не мають принципового характеру та спрямовані переважно на покращення сприйняття окремих положень дослідження. Вони можуть бути враховані автором під час подальших експериментально-теоретичних досліджень за даною тематикою.

Загальний висновок. Вважаю, що представлена Бітюковим Дмитром Олеговичем дисертація “Робота багатошарових балок з клеєної деревини при дії імпульсних навантажень” є завершеною, цілісною науковою працею. Робота оформлена згідно з чинними вимогами МОН України, відповідає спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». У дисертації одержано нові науково обґрунтовані теоретичні й експериментальні результати, що дають змогу враховувати особливості динамічного деформування балок із суцільної, клеєної та перехресно-клеєної деревини при дії зосередженого імпульсного навантаження, а також удосконалити методику їх розрахунку.

Вважаю, що дисертаційна робота Бітюкова Дмитра Олеговича “Робота багатошарових балок з клеєної деревини при дії імпульсних навантажень” відповідає вимогам пп. 5-9 постанові Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р. «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, **Бітюков Дмитро Олегович**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук
за спеціальністю 05.23.01, доцент,
доцент кафедри промислового,
цивільного будівництва ім. Є. М. Бабича,
Національного університету водного
господарства та природокористування



П. С. Гомон

Підпис д.т.н., доцента П. С. Гомона засвідчую

