

ВІДГУК

рецензента

доцента кафедри Будівельних конструкцій та мостів Інституту будівництва та інженерних систем Національного університету «Львівська політехніка»

Вашкевича Ростислава Віталійовича

на дисертаційну роботу **Козака Романа Петровича**

«Несуча здатність тонких багатошарових скляних балок», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192

«Будівництво та цивільна інженерія»

Актуальність вибраної теми дисертаційної роботи

На даний час у всьому світі скло все активніше застосовують як несучий матеріал у будівництві будівель та споруд різного призначення. При проектуванні скляних конструкцій фахівці стикаються із великою кількістю інженерно-технічних підходів та нормативних документів, які впливають на визначення міцнісних характеристик скла, як матеріалу, так і при проектуванні скляних несучих конструкцій. Ще більшою проблемою для України є повна відсутність таких нормативних документів, які дозволили б українським інженерам повністю розкрити потенціал використання такого матеріалу як скло для будівельних конструкцій. Виходячи із даної проблематики, дисертаційна робота здобувача Козака Романа «Несуча здатність тонких багатошарових скляних балок» є актуальною для вивчення характеру роботи та несучої здатності тонких багатошарових скляних балок, які все частіше використовуються як несучі конструкції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота Козака Романа «Несуча здатність тонких багатошарових скляних балок» відповідає науковому напрямку кафедри будівельних конструкцій та мостів: «Теоретичні та експериментальні дослідження звичайних та попередньо напружених залізобетонних, металевих, дерев'яних та інших конструкцій будівель, споруд, мостів і фундаментів та методів їх підсилення з врахуванням різних видів армування, бетонування,

способів та інтенсивності навантаження, дії агресивного середовища, підвищених температур», дата затвердження на Вченій раді Інституту будівництва та інженерії докiлля – 08.10.2019, протокол №3; дата уточнення теми дисертації на Вченій раді Інституту будівництва та інженерних систем – 13.06.2023, протокол №10.

Мета і завдання дослідження

Метою дисертаційної роботи було встановити несучу здатність скляних плоских балок, що працюють на чотириточковий згин при дії статичного навантаження.

Для вирішення мети дослідження було поставлено та виконано наступні завдання:

- проведено дослідження фізико-механічних характеристик скляних зразків на розтяг при згині;
- виконано експериментальні дослідження скляних балок при дії статичного навантаження на чотириточковий згин із різною кількістю шарів скла в зразках та різною висотою експериментальних зразків;
- проаналізовано отримані результати експериментальних досліджень, визначено фактори, які впливають на несучу здатність скляних балок, що працюють на чотириточковий згин;
- використано метод кореляції цифрових зображень із уточненням параметрів його використання для користувацьких цифрових фотокамер широкого вжитку при визначенні деформацій скляних балок, які працюють на чотириточковий згин;
- проведено теоретичний розрахунок та моделювання роботи тонких багат шарових скляних балок; розроблено рекомендації щодо їх проектування і впроваджено результати експериментально-теоретичних досліджень у виробництво.

Методи дослідження

- експериментальні дослідження фізико-механічних характеристик скла на розтяг при згині та несучої здатності скляних балок із використанням механічних приладів та методу кореляції цифрових зображень;

- статистично-ймовірнісний аналіз даних експериментальних досліджень із визначенням характеристичної міцності скла на розтяг при згині за допомогою статистичного розподілу Вейбулла;
- аналіз отриманих експериментальних даних із випробувань скляних балок різної висоти та різною кількістю шарів скла;
- чисельний метод скінчених елементів (МСЕ) для теоретичного аналізу несучої здатності скляних балок, які працюють на чотириточковий згин.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримано нові результати дослідження фізико-механічних характеристик скла на розтяг при згині зразків із різною орієнтацією відносно прикладання навантаження та проведено статистичний аналіз отриманих результатів;
- отримано нові експериментальні дані несучої здатності скляних балок різної висоти та різною кількістю шарів скла, що працюють на чотириточковий згин;
- вдосконалено та апробовано методику використання кореляції цифрових зображень із використанням користувацьких цифрових фотокамер із кольоровою матрицею;
- удосконалено методику теоретичного розрахунку скляних балок на згин із урахуванням втрати стійкості та виконано розрахунок скляних балок об'ємними скінченими елементами.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробленні методики дослідження несучої здатності скляних балок на чотириточковий згин та імплементації методу кореляції цифрових зображень для цифрових фотокамер широкого вжитку. Отримані експериментально-теоретичні результати досліджень та розроблені рекомендації із проектування скляних балок, які можуть використовуватись у будівництві при проектуванні скляних перекриттів і покриттів, а також у програмах навчальних курсів для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Отримано Висновки Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності» (Укрпатент) про видачу патенту на корисну модель №153096 «Установка для випробування скляних балок на чотириточковий згин», заява № u202205097 від

28.12.2022, опубліковано 17.05.2023. Отримано акти про впровадження результатів досліджень (Додаток А) при проектуванні: скляної багатошарової стінки консольного басейну в СПА-зоні житлового комплексу готельного типу в ур. Вишні, с. Поляниця Яремчанського району, Івано-Франківської області від ТзОВ «ПЕЛЕ-ІНЖИНГІНГ»; скляного покриття для сучасного мультифункціонального мистецького простору шляхом нового будівництва на вул. Стефаника, 3, у м. Львові від ФОП «Семенченко Наталія Олександрівна».

Аналіз змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота здобувача Козака Р.П. складається з анотації, вступу, 4-ох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 143 джерел та 4-ох додатків. Робота викладена на 189 сторінках, у тому числі 122 сторінки основного тексту, містить 86 рисунків, 16 таблиці, 16 сторінок списку виконаних джерел, 29 сторінок додатків.

У **вступі** визначені об'єкт та предмет дослідження, сформульовано мету та завдання досліджень, описані наукова новизна та практичне значення отриманих результатів експериментально-теоретичних досліджень.

У **першому розділі** наведено короткий історичний опис скла як будівельного матеріалу, наведено основні фізико-механічні характеристики скла та методи їх визначення. Виконано аналіз останніх досліджень тонких багатошарових скляних балок.

У **другому розділі** дисертаційної роботи подано обсяг дослідження, описано дослідні зразки та методи їх дослідження. За програмою дослідження було виготовлено та досліджено 16 зразків скла для визначення фізико-механічних характеристик матеріалу та 24 тонкі багатошарові балки, що були досліджені на чотириточковий згин. Балки було поділені на 3 серії за висотою перерізу зразків.

Третій розділ представляє результати дослідження скляних зразків та балок. За результатами дослідження скляних зразків у роботі визначено міцність та модуль пружності скла. З цього ж скла було виготовлено балки. Результати експериментального дослідження скляних балок подано у вигляді таблиць та графіків залежності прогинів, бокових деформацій вигину та

відносних деформацій у стиснутій та розтягнутій зонах від прикладеного статичного навантаження. За результатами експериментального дослідження виконано порівняння отриманих результатів.

У четвертому розділі представлено три методики розрахунку тонких багат шарових скляних балок на чотириточковий згин. За результатами теоретичного розрахунку, було запропоновано алгоритм розрахунку скляних балок із урахуванням втрати стійкості. Дві інші методики базувались на методі скінчених елементів. У одній із них, було виконано моделювання за допомогою об'ємних скінчених елементів, у іншій – моделювання плоскими елементами із використання додаткових модулів для проектування скляних конструкцій.

Висновки щодо роботи отримано із результатів експериментально-теоретичних досліджень проведених автором дисертаційної роботи. Результати досліджень апробовані через публікації у фахових виданнях, виступи на конференціях та отримали практичну реалізацію.

Відповідність змісту анотації основним положенням дисертаційної роботи.

Зміст анотації в повній мірі відображає основні положення, що представлені в дисертаційній роботі, відповідає її змісту, містить основні результати проведених досліджень і дає можливість в достатній мірі оцінити наукову новизну та практичну цінність. Стиль викладення матеріалу у дисертації та анотації відповідає загальноприйнятим нормам та є достатнім для однозначного сприйняття наведених положень.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій

Представлені в дисертаційній роботі результати повною мірою висвітлені в опублікованих працях у наукових та фахових виданнях і достатньо апробовані на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.

Публікації за тематикою дисертаційного дослідження

За результатами дисертаційної роботи «Несуча здатність тонких багат шарових скляних балок» опубліковано 4 наукові праці. Серед них 2 публікації у наукових фахових виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз, 2 публікації у наукових періодичних

виданнях інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз, 6 публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації, та які додатково відображають наукові результати дисертації.

Дискусійні положення, зауваження та пропозиції.

1. Не зрозуміло чому при визначенні фізико-механічних характеристик скла використовувався триточковий, а не чотириточковий згин?

2. Не зовсім зрозуміло чому при визначенні фізико-механічних характеристик розташування зразків було горизонтальним та вертикальним?

3. З п. 2.1.2 не пояснено маркування балок від польського виробника і далі за текстом дисертації про них нічого не згадується.

4. Не зовсім коректно визначені вигини з площини, оскільки прогиноміри П4 та П-5 знаходились по середині балки, а індикатори Аі-1 та Аі-2 зверху та низу балки відповідно. (формула 2.6).

5. Для порівняння зі значеннями отриманими при моделюванні роботи балок відносних деформацій доцільно варто було б передбачити ще декілька індикаторів за висотою перетину зразків або використати цифрову кореляцію зображення для отримання цих даних.

6. У роботі (с. 74) використано значення коефіцієнта надійності за матеріалом $\gamma_{m,A}=1.6$ відповідно до EN, проте автором проведено власні експериментальні дослідження, базуючись на яких було можливим та доцільно аргументовано визначити власний коефіцієнт надійності.

7. Не проаналізовано у роботі наявність горизонтальних ділянок на графіках відносних деформацій (рис. 3.11, 3.17, 3.21, 3.27)).

8. Чому теоретичний розрахунок одразу враховує бокову втрату стійкості (п.4.1, формула 4.1). А якщо на балку опирається перекриття і вона не втрачає бокову стійкість, то як в цьому випадку теоретично визначити несучу здатність?

9. Розділ 4 табл. 4.1 не «максимальний експериментальний момент M_u », а «граничний момент M_{cr} ».

10. Не зовсім зрозуміло чому саме такі моделі обрано для моделювання роботи скляних балок (п. 4.2, ст. 135).

Висновок

Дисертаційна робота Козака Романа Петровича «Несуча здатність тонких багат шарових скляних балок» є завершеною науковою працею і відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації (зі змінами внесеними від 12.07.2019 р.)», Порядку присудження доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022р. №44 зі змінами внесеними від 22.03.2022р).

Рецензент –

кандидат технічних наук,
доцент кафедри «Будівельні
конструкції та мости»
Національного університету
«Львівська політехніка»

Ростислав ВАШКЕВИЧ

Підпис доцента Вашкевича Р.В.
засвідчую



Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»
к.т.н., доцент Роман БРИЛИНСЬКИЙ