

ВІДГУК
офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента
Шмига Романа Андрійовича
на дисертаційну роботу Козака Романа Петровича
«Несуча здатність тонких багатошарових скляних балок»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»

Актуальність теми. На даний момент в Україні відсутні нормативні документи в галузі будівництва та архітектури, які б прописували чи регламентували чіткі правила для проектування несучих скляних конструкцій, оскільки в українському будівництві скляні конструкції здебільшого розглядаються як огорожуючі конструкції.

Тому, проведення наукових експериментально-теоретичних досліджень із вивченням роботи скляних балкових конструкцій під навантаженням, вивченням їх напружено-деформованого стану, дозволить в майбутньому розширити можливості використання таких конструкцій як несучих елементів у будівлях та спорудах.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна. Кваліфікаційна наукова праця присвячена вивченню питання несучої здатності тонких багатошарових скляних балок. Наукова робота виконана у Національному університеті «Львівська політехніка» та 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».

Наукова новизна кваліфікаційної наукової праці полягає в отриманні нових експериментально-теоретичних результатів дослідження фізико-механічних характеристик скла на розтяг при згині зразків із різною орієнтацією відносно прикладання навантаження та проведенні статистичного аналізу отриманих результатів, отриманні нових експериментальних даних несучої здатності скляних балок різної висоти та різної кількості шарів скла, що працюють на чотириточковий згин, вдосконаленні та апробації методики використання методу кореляції цифрових зображень із використанням користувацьких цифрових фотокамер із кольоровою матрицею, вдосконаленні методики теоретичного розрахунку скляних балок на згин із урахуванням втрати стійкості та виконанні розрахунку скляних балок об'ємними скінченими елементами.

Практичне значення кваліфікаційної наукової праці полягає у розробці методики дослідження несучої здатності скляних балок на чотирихотчковий згин та імплементації методу кореляції цифрових зображень для цифрових фотокамер широкого вжитку. Отримані автором результати досліджень та розроблені рекомендації із проектування скляних балок на згин можуть бути застосовані в будівництві та при проектуванні різноманітних скляних перекриттів і покриттів, а також у програмах навчальних курсів для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Практичне значення наукової роботи автором підкріплене патентом на корисну модель №153096 «Установка для випробування скляних балок на чотириточковий згин» (заява №u202205097 від 28.12.2022, опубліковано 17.05.2023).

Також автором отримано акти про впровадження результатів наукових досліджень при проектуванні скляної багат шарової стінки консольного басейну в СПА-зоні житлового комплексу готельного типу та скляного покриття для сучасного мультифункціонального мистецького простору шляхом нового будівництва (акти про впровадження результатів наукових досліджень наведені у додатку А кваліфікаційної наукової праці).

Об'єктом наукового дослідження є несуча здатність скляних балок, що працюють на чотириточковий згин.

Предметом наукового дослідження є скляні балки із різною висотою та кількістю шарів скла.

Метою кваліфікаційної наукової праці є встановити несучу здатність скляних плоских балок, що працюють на чотириточковий згин під дією статичного навантаження.

Задачами кваліфікаційної наукової праці є: виконати дослідження несучої здатності скляних зразків скла на розтяг при згині із різною орієнтацією зразків відносно ширини поперечного перерізу, виконати експериментальні дослідження скляних балок під дією статичного навантаження на чотириточковий згин із різною кількістю шарів та різною висотою, провести аналіз отриманих результатів випробувань, визначити фактори які впливають на міцність скляних балок, що працюють на чотириточковий згин, апробувати метод кореляції цифрових зображень з уточненням параметрів його використанням та використанням користувацьких цифрових фотокамер широкого вжитку для визначення деформацій бокових поверхонь скляних балок, виконати аналітичний розрахунок тонких багат шарових скляних балок та розробити рекомендації з їх проектування, впровадити результати наукових досліджень.

Повнота викладу в опублікованих працях. Основні результати кваліфікаційної наукової праці автором доповідалися і обговорювалися на 8-му Міжнародному молодіжному науковому форумі «Litteris et

Artibus» (м. Львів, 22-24 листопада 2018 р., НУ ЛП), 9-му міжнародному молодіжному науковому форумі «Litteris et Artibus» (м. Львів, 21-23 листопада 2019 р., НУЛП), VII Міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології в будівництві» (м. Київ, 19 листопада 2020р., КНУБА), Міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали» (м. Херсон, 15 квітня 2021р., ХДАЕУ), XXII Міжнародній науково-практичній конференції «Interaction of society and science: prospects and problems» (м. Лондон, Великобританія, 20-23 квітня 2021р.), 11-тій Міжнародній науковій сесії прикладної механіки (м. Бидгощ, Польща, 18 листопада 2022 р.), наукових семінарах кафедри «Будівельні конструкції та мости» Національного університету «Львівська політехніка» (2019-2023).

Усі основні результати кваліфікаційної наукової праці та наукові розробки одержані автором самостійно.

Кваліфікаційна наукова праця складається із анотації, змісту, вступу, основної частини, яка складається із чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків. Кваліфікаційна наукова робота викладена на 189 сторінках машинописного тексту, містить 86 рисунків, 16 таблиць, 16 сторінок списку використаних джерел, 29 сторінок додатків.

В першому розділі кваліфікаційної наукової праці автор детально виконав огляд актуальних досліджень за тематикою дисертаційного дослідження, описав відомі приклади практичного застосування скляних конструкцій в інтер'єрі будівель (наприклад, використання скла як накриття, елементів конструкцій сходів, стінок басейнів та мостів тощо). Ретельно описав існуючі приклади дослідження скляних конструкцій, які працюють на згин, та сучасні підходи до розрахунку скляних балок за несучою здатністю та втратою стійкості. За результатами аналізу обраних джерел автор визначив та сформулював основні напрямки та завдання наукового дослідження несучої здатності скляних балок, які працюють на чотириточковий згин. Розділ добре проілюстрований та завершується висновками до розділу.

У другому розділі кваліфікаційної наукової праці автор ретельно зупинився на обсягах та методиках, які були застосовані для проведення експериментального досліджень скляних зразків для визначення міцності на розтяг при згині та балок різних серій, загальною кількістю 24 балки, дослідив фізико-механічні характеристики скла на згин, використав метод кореляції цифрових зображень для визначення деформацій в процесі дослідження скляних балок. Розділ добре проілюстрований та завершується висновками до розділу.

Третій розділ кваліфікаційної наукової праці присвячений представленню отриманих результатів проведених експериментальних досліджень міцності скла на розтяг при згині, опису встановлених

фізико-механічних характеристик скляних зразків, опису параметрів встановленої несучої здатності скляних балок на чотириточковий згин, та деформівних параметрів досліджуваних балок, аналізу характеру руйнування скляних балок. Розділ добре проілюстрований та завершується висновками до розділу.

Четвертий розділ кваліфікаційної наукової праці присвячений аналізу отриманих результатів дослідження скляних балок на чотириточковий згин, автором проведений ретельний аналітичний розрахунок балок на дію моменту із урахуванням втрати стійкості, проведене чисельно-аналітичне моделювання експерименту методом скінчених елементів, наведено рекомендації щодо проектування тонких скляних балок. Розділ добре проілюстрований та завершується висновками до розділу.

Як завершення, в кваліфікаційній науковій праці, сформульовано **загальні висновки**, які відбивають найважливіші з результатів, отриманих внаслідок проведених експериментально-теоретичних досліджень та контрольних розрахунків, є достатньо обґрунтовані і впливають з тексту, що їм передує.

Слід відмітити, що кваліфікаційна наукова праця добре проілюстрована, написана технічно грамотно, має цікавий експериментально-теоретичний матеріал. Кваліфікаційна наукова праця викладена автором державною мовою.

Список використаних джерел викладено на 15 сторінках, містить 143 найменувань.

В додатках кваліфікаційної наукової роботи містяться довідки про впровадження результатів дисертаційних досліджень наукової роботи (додаток А), протоколи досліджень скляних плоских балок з використанням методу кореляції цифрових зображень (додаток Б), протоколи дослідження скляних балок із ступінчастим приростом навантаження (додаток В), апробація результатів дисертаційного дослідження та список публікацій здобувача (додаток Г).

Достовірність та обґрунтованість представлених результатів, запропонованих основних висновків забезпечена використанням механічних приладів та методу кореляції цифрових зображень, статистично-ймовірнісного аналізу даних експериментальних досліджень із визначенням характеристичної міцності скла на розтяг при згині за допомогою статистичного розподілу Вейбулла, чисельний метод скінчених елементів (МСЕ) для теоретичного аналізу несучої здатності скляних балок, які працюють на чотириточковий згин.

Разом з тим, щодо кваліфікаційної наукової праці є такі зауваження:

1. У кваліфікаційній науковій роботі автор наводить багато формул та числових залежностей, частина з яких є без пояснення числових змінних, тому для зручності їх читання доцільно було б, на початку роботи подати список опису числових змінних, які

використовуються, із їх коротким текстовим поясненням та їх одиницями вимірювання. Для зручності читання формул за текстом, доцільно було б всі пояснення подавати зі своїми одиницями виміру.

2. У першому розділі кваліфікаційної наукової роботи доцільно було б скласти та навести у вигляді графічної схеми класифікацію відомих на сьогоднішній день скляних конструкцій, наприклад – за геометричною схемою поперечного перерізу, за характером роботи, за відомими запропонованими методиками розрахунку, за характером руйнування, за науковими школами, за практичним застосуванням тощо.

3. У третьому розділі кваліфікаційної наукової роботи автор зазначає про явище бокового вигину, що спричиняє втрату стійкості скляної балкової конструкції із площини, та робить певні припущення та висновки стосовно його виникнення та запобігання. Варто було б ретельніше автору зупинитися на цьому явищі та запропонувати шляхи посилення (наприклад, влаштування додаткових шарів скла) верхньої стиснутої та нижньої розтягнутої зон скляних балок, наприклад, розглянувши перехід від прямокутного перерізу балки до таврового чи двотаврового.

4. У четвертому розділі кваліфікаційної наукової роботи автором наведено рисунок 4.1 – алгоритм розрахунку скляних балок із урахуванням втрати стійкості, де нижні графічні елементи умови не містять продовження чи завершення, а тому не зрозуміло, що повинно виконуватися, коли умови виконуються, а коли умови не виконуються.

5. У четвертому розділі кваліфікаційної наукової роботи автором наведено рисунок 4.4 – моделювання шарів балки у досить незручному масштабі, його важко читати у роботі.

6. З тексту кваліфікаційної наукової праці не чітко зрозуміло, як теоретично описували діаграми “ σ - ϵ ” скла, як враховували утворення та розвиток тріщин у склі, і як це впливало на фізико-механічні властивості скла, наприклад на величину модуля пружності скла.

7. Доцільно було б в окремому підрозділі описати, які основні чинники і як вони впливають на несучу здатність дослідної скляної конструкції в цілому?

Загальний висновок. Необхідно зазначити, що автор опрацював велику кількість наукової зарубіжної літератури, виконав значну експериментально-теоретичну роботу, яка заслуговує схвалення, кваліфікаційна наукова праця виконана на високому науково-технічному рівні та оформлена згідно вимог МОН України, а вказані вище зауваження не мають характеру принципового заперечення, а спрямовані лише на покращення змісту формулювань та сприйняття тексту.

В цілому, кваліфікаційна наукова праця Козака Романа Петровича «Несуча здатність тонких багат шарових скляних балок», висунута на здобуття вченого ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», галузі знань 19 «Архітектура та будівництво», актуальна, має наукове та практичне значення, містить науково обґрунтовані розробки, є завершеною

науково-дослідною роботою, відповідає рівню кваліфікаційної наукової праці, вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації (зі змінами внесеними від 12.07.2019р), 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) і заслуговує позитивної оцінки, а її автор присвоєння наукового ступеня доктора філософії.

Офіційний опонент, кандидат технічних наук,
доцент кафедри будівельних конструкцій
Львівського національного
університету природокористування

 Роман ШМИГ

Підпис к.т.н., доцента Р.А. Шмига засвідчую.

Головний вчений секретар АНУП,
к.е.н., доцент





Наталія СТОЙКО