

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Ткача Романа Олександровича
на тему «Несуча здатність та деформативність скляних
багатошарових колон»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія
(галузі знань 19 – Архітектура та будівництво)

Актуальність теми дисертації. Одним з інноваційних матеріалів, який використовують у будівельній сфері як матеріал для виготовлення несучих конструкцій є скло. Враховуючи попит сучасної архітектури на розширення внутрішнього простору будівель за рахунок прозорих чи напівпрозорих конструктивних елементів – скло, яке володіє природньою прозорістю, може задовольнити цей попит і вже сьогодні є матеріалом для виготовлення балок, плит, мостів та колон. Крім прозорості, іншими корисними властивостями скла є його міцність, мале водопоглинання та незмінні розміри при високих і низьких температурах. Разом з тим, не зважаючи на міцність скла, воно схильне до пошкоджень поверхні, що призводить до втрати міцності, а отже до складності у визначенні фіксованого значення міцності скла як будівельного матеріалу. Також необхідно згадати про низькі міцнісні характеристики скла при розтягуючих зусиллях. А така особливість скла як крихкість, що призводить до миттєвого руйнування конструкцій зі скла, робить такі конструкції непербачуваними при недотриманні експлуатаційних вимог.

Незважаючи на перераховані недоліки вченим вдалось, доклавши певних зусиль та розробивши конструктивно-технологічні вимоги для проектування, використати скло як безпечний матеріал для виготовлення несучих конструкцій. Переважно це плитні конструкції. Будівельні об'єкти з використанням скляних конструктивних елементів зреалізовані в основному за кордоном. Використання скла для виготовлення вертикальних несучих конструкцій кістяків будівель, що дозволяли б розширити внутрішній простір будівлі за рахунок прозорості, на сьогодні перебувають на початковій стадії досліджень.

Наукові дослідження, які б вивчали та пояснювали роботу скляних вертикальних несучих конструкцій (колон) досі в Україні не проводились. Відсутні також норми та рекомендації для проектування. Тому, проведення комплексного дослідження скляних колон є актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у Національному університеті «Львівська політехніка» на кафедрі будівельних конструкцій та мостів, відповідає науковому напряму кафедри (номер державної реєстрації 0117U007366) і була складовою частиною наукових досліджень у лабораторії НДА-23 НУ «Львівська політехніка» у 2018-2020 роках при виконанні госпдоговірної теми № 849 від 26.02.2018 р. (замовник – ТОВ «Глас Трьош Львів», м. Львів).

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в отриманні нових експериментальних даних несучої здатності та деформативності скляних багатошарових колон за різного закріплення опор, запропонованій методиці для визначення фізико-механічних властивостей скла, удосконаленні методики розрахунку несучої здатності скляних багатошарових колон та запропонованих рекомендаціях щодо проектування таких конструктивних елементів.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у застосуванні отриманих результатів досліджень при проектуванні скляних несучих конструкцій, виконанні рекомендацій з практичного застосування скляних багатошарових колон у реальному будівництві. Основні положення експериментально-теоретичних досліджень можуть бути використані в навчальних курсах для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Результати дисертаційної роботи були використані при варіантному проектуванні ряду будівельних об'єктів, на що отримано акти про впровадження.

Мета дисертаційної роботи – встановлення несучої здатності та деформативності скляних багатошарових колон різних геометричних розмірів за центрального стиску.

Задачами дисертації є експериментальні дослідження скляних багатошарових колон на дію статичного центрального стискаючого навантаження, виконання аналізу отриманих експериментальних даних та порівняння їх з теоретичними, апробація методики двовимірної кореляції цифрових зображень для визначення деформативних параметрів скляних багатошарових колон, проведення експериментальних досліджень для визначення реальних значень фізико-механічних характеристик різного типу скла та розробка рекомендацій з проектування скляних багатошарових колон, що працюють на центральний стиск.

Об'єктом дослідження є несуча здатність та деформативність скляних багатошарових колон, що працюють на центральний стиск під дією статичного навантаження, а **предметом дослідження** – скляні багатошарові колони різного поперечного перерізу, різної висоти та виготовлені з різного типу скла за допомогою триплексації.

Достовірність та обґрунтованість представлених результатів, запропонованих основних висновків забезпечена використанням методів математичного планування, методу прямого експерименту, методу прямого заміру переміщень прогиномірами та індикаторами для визначення деформацій та прогинів, статистичного аналізу даних експериментальних досліджень та порівняльного аналізу збіжності теоретичних даних і даних, отриманих експериментальним шляхом.

Повнота викладу в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи автором доповідалися і обговорювалися на 8-му та 9-му міжнародних молодіжних наукових форумах «Litteris et Artibus» (22-24 листопада 2018 р. та 21-23 листопада 2019 р., м. Львів, НУЛП), XVII міжнародній науковій конференції «Актуальні проблеми цивільної та

екологічної інженерії» (11-13 вересня 2019 р., м. Львів, НУЛП), VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Science and practice: implementation to modern society» (26-28 грудня 2020 р., м. Манчестер, Великобританія), наукових семінарах кафедри будівельних конструкцій та мостів НУ «Львівська політехніка» у 2017-2020 роках.

Основний зміст дисертаційної роботи викладений у 6 наукових публікаціях, серед них: 2 статті у спеціалізованих фахових виданнях, внесених до переліку ВАК України, 4 статті у наукових періодичних виданнях України та інших держав, що входять до міжнародних наукометричних баз, 2 з яких – до наукометричної бази Scopus, 2 до наукометричної бази Index Copernicus. За темою дисертаційної роботи отримано 3 патенти України на корисну модель та оформлено 3 тези доповідей на міжнародних конференціях.

Всі основні результати дисертаційної роботи автором отримані самостійно. Участь автора у спільних публікаціях відображена в переліку опублікованих робіт. Зміст дисертаційної роботи достатньо повно відображений в анотації.

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Дисертаційна робота викладена на 212 сторінках.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна. Дисертаційна робота присвячена вивченню несучої здатності та деформативності скляних багатошарових колон.

Наведені в дисертаційній роботі теоретичні обґрунтування та експериментальні дослідження виконані коректно на високому науковому рівні. Всі наукові положення обґрунтовані і графічно проілюстровані. Вірогідність експериментальних результатів підтверджується порівнянням отриманих експериментальних та теоретичних результатів досліджень. Рівень новизни результатів дисертаційної роботи полягає у подальшому розвитку підходу до оцінки несучої здатності та розрахунку скляних багатошарових колон, що працюють за умови центрального стиску.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків дисертанта доцільно розглянути за кожним розділом дисертації окремо.

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовану мету, задачі та методи дослідження, представлено об'єкт та предмет дослідження, вказано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, зазначений особистий внесок здобувача та висвітлена апробація результатів досліджень.

В першому розділі дисертації автор детально подає огляд наукової літератури за напрямом досліджень та сучасний стан досліджень несучої здатності скляних стиснутих елементів, наводить приклади застосування скляних колон на будівельних, переважно закордонних, об'єктах та робить огляд існуючих методів розрахунку таких конструкцій. Перераховано

науковців, які займались подібними дослідженнями у різних країнах світу. Розділ завершується висновками до розділу.

У другому розділі автором висвітлено обсяг та методики експериментальних досліджень. Розділ вміщує опис дослідних зразків скляних багатошарових колон. Детально висвітлено процес проведення експериментальних досліджень: подана схема випробувань та схема розміщення вимірювальних приладів, описано конструкцію стенду для випробування дослідних зразків. Окремо подано опис процесу визначення фізико-механічних властивостей скла. Розділ завершується висновками до розділу.

Третій розділ дисертаційної роботи вміщує результати та детальний аналіз експериментальних досліджень несучої здатності та деформативності стиснених скляних багатошарових колон. Детально описано процес тріщиноутворення в дослідних зразках кожної серії. За результатами випробувань скляних кубів та призм, окремих скляних пластин з різного типу скла та за допомогою статистично-ймовірнісного аналізу даних (двопараметричного розподілу Вейбулла) встановлені міцнісні характеристики різних типів скла, а також проаналізована міцність різних типів склеювання скла між собою. Розділ добре проілюстрований, результати досліджень представлені у вигляді значної кількості таблиць та графіків. Розділ завершується висновками до розділу

У четвертому розділі подані дані щодо розрахунку несучої здатності скляних стиснутих елементів за аналітичним методом та методом скінчених елементів. В основі аналітичного методу лежала концепція ефективної товщини, формулювання якої сформовано за результатами роботи Вольфеля-Беннісона, а для визначення проектної стійкості скляних багатошарових колон використана теорія Айртона-Перрі. Розрахунок критичної сили методом кінцевих елементів виконаний у програмі RFEM з використанням концепції ефективної товщини Вольфеля-Беннісона. Розділ містить також і порівняння результатів проведених теоретичних розрахунків з експериментальними даними дослідження скляних багатошарових колон. У цьому ж розділі приведені рекомендації з проектування скляних багатошарових колон. В кінці розділу подані висновки до розділу.

Як завершення, в дисертаційній роботі, сформульовано **загальні висновки**, які відображають найважливіші з результатів, отриманих внаслідок проведених експериментально-теоретичних досліджень та контрольних розрахунків, є достатньо обґрунтовані і випливають з тексту, що їм передують.

Слід відмітити, що дисертаційна робота добре проілюстрована, написана технічно грамотно, має цікавий і досить місткий експериментально-теоретичний матеріал. Дисертаційна робота викладена автором державною мовою.

Список використаних джерел викладено на 14 сторінках, містить 149 найменувань.

В трьох додатках представлені: акти про впровадження результатів дисертаційних наукових досліджень; протоколи випробувань скляних багатошарових колон методом двовимірної кореляції цифрових зображень марки КС-6.2.1; список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

Разом з тим, щодо дисертаційної роботи є такі зауваження:

1. Згідно перерахованих типів скляних колон, стор. 31, рис. 1.4, вказано, що для багатошарових колон можливе вертикальне або горизонтальне розміщення шарів. Чому у дослідних зразках віддана перевага саме вертикальному розміщенню шарів, що було визначальним у прийнятті саме такого рішення?

2. На основі яких міркувань в прошарках між шарами скла використана лише одинарна плівка, а не подвійна чи інша кількість шарів?

3. В програмі експериментальних досліджень (табл. 2.1, стор. 48-50) є зміна кількості шарів скла, а товщина шарів залишена однаковою. Чому товщина скла в дослідних зразках приймалась саме 10 мм? Чи досліджувалась залежність загальної несучої здатності скляних колон від товщини шарів скла з якого складений переріз багатошарової скляної колони?

4. На стор. 43 вказано, що «...в колоні присутні напруження зсуву між шарами які мають бути ретельно враховані». В процесі експерименту, для заміру вигину та поздовжніх деформацій колони було використано ряд вимірювальних приладів (стор. 59, 60, рис. 2.7), але не зрозуміло чи вимірювались зсуви між окремими шарами скла, зважаючи на важливість такого фактору в багатошарових конструкціях. Яким чином виконувалось кріплення вимірювальних приладів на поверхні скла?

5. Які чинники вплинули та згідно яких рекомендацій були підібрані розміри дослідних зразків для визначення зчеплення скляних пластин між собою (стор. 56, рис. 2.4, стор. 57, табл. 2.4)?

6. З опису процесу ходу експерименту не цілком зрозуміло як забезпечувалась вертикальність дослідних зразків, що має суттєвий вплив на достовірність отриманих результатів.

7. Важливим для достовірної оцінки деформацій методом КЦЗ є отримання якісної однорідної спека-поверхні. Яким чином створювалась така поверхня на дослідних зразках?

8. Як видно з тексту дисертаційної роботи значний вплив на несучу здатність скляних багатошарових колон має цілісність окремих пластин скла. Тільки надщерблення країв призвело до значного зменшення несучої здатності колон (колона КС-1.1.1, стор. 80, колона КС-6.1.1, стор. 93). Тому в рекомендація щодо проектування таких колон треба було запропонувати заходи щодо забезпечення цілісності багатошарових скляних колон в процесі транспортування, встановлення та експлуатації.

9. Виходячи із значного обсягу експериментального матеріалу та теоретичного обґрунтування, в рекомендаціях щодо проектування скляних

багатошарових колон (стор. 138) не вказані оптимальні та максимальні габаритні розміри таких колон, що було б доцільним.

Вказані вище зауваження не знижують як теоретичного, так і практичного значення дисертаційної роботи, не мають характеру принципового заперечення, а спрямовані лише на покращення змісту формулювань та сприйняття тексту і можуть бути враховані при проведенні подальших експериментально-теоретичних досліджень за даною тематикою.

Висновок щодо відповідності дисертаційної роботи вимогам МОН України.

Дисертація Ткача Р.О. є цілісною, завершеною науковою працею, в якій вирішено науково-прикладне завдання дослідження несучої здатності та деформативності скляних багатошарових колон. Дослідження проведено на високому науковому рівні, дисертацію та анотацію оформлено згідно з існуючими вимогами «Порядку присудження наукових ступенів».

Оцінюючи роботу в цілому, вважаю, що за актуальністю і новизною, обсягом проведених досліджень та їх науковим рівнем, теоретичною і прикладною значущістю отриманих результатів, повнотою їх опублікування у фахових виданнях дисертація «Несуча здатність та деформативність скляних багатошарових колон» відповідає всім вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор, **Ткач Роман Олександрович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.**

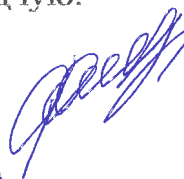
Офіційний опонент, кандидат технічних наук,
доцент, завідувач кафедри технології та
організації будівництва Львівського
національного аграрного університету



Ю.Є. Фамуляк

Підпис к.т.н., доцента Фамуляка Ю.Є. засвідчую:

Головний вчений секретар ЛНАУ, к.с.н.



І.М. Федів