

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

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

*Актуальність теми.* В сучасній світовій будівельній практиці все більш широке застосування знаходять конструкції або їх елементи зі скла, в тому числі багатошарового. Перевагами таких елементів є значне розширення можливостей архітектурного проектування конструкцій, зокрема конструкцій оглядових майданчиків, прогонових будівель пішохідних мостів, несучих і огорожуючих елементів фасадного скління будівель та споруд, тощо.

Разом з тим, більш широкому застосуванню конструкцій з багатошарового скла заважає відсутність цілеспрямованих експериментально-теоретичних досліджень опору таких конструкцій при різних силових впливах, зокрема міцності і деформативності при стиску. Як наслідок, в теперішній час відсутні обґрунтуванні методи розрахунку конструкцій і елементів з багатошарового скла, що стримує їх більш широке застосування.

В світлі вищенаведеного, тему дисертаційної роботи Ткача Романа Олександровича, яка присвячена експериментально-теоретичним дослідженням несучої здатності і деформативності скляних багатошарових колон при дії центрального стиску, слід визнати актуальною, як з наукової, так і практичної точки зору.

*Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.*

Тема дисертації «Несуча здатність та деформативність скляних багатошарових колон» виконувалась у Національному університеті «Львівська політехніка» в рамках теми наукового 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» (номер держреєстрації 0117U007366).

*Оцінка змісту дисертаційної роботи.* Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів основної частини, загальних висновків, списку використаних джерел із 149 найменувань та трьох додатків. Робота викладена на 212 аркушах машинного тексту, у тому числі містить 126-ь сторінок основного тексту, 14 сторінок списку використаних джерел, 20 таблиць, 78 рисунків та 57-м сторінок додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, показано її зв'язок із науковими програмами, сформовано мету, об'єкт, предмет та задачі дослідження, наукову

новизну і практичне значення отриманих результатів, а також наведено дані про їх впровадження та рівень апробації.

У *першому розділі* на 22 аркушах, сформовано основні завдання дисертаційної роботи, вибрано основні напрямки та стан наукового дослідження несучої здатності та деформативності скляних багатошарових колон. Проведено огляд наукової літератури. Представлено сучасний стан дослідження несучої здатності скляних стиснутих елементів. Наведено приклади застосування скляних колон на реальних об'єктах та зроблено огляд існуючих методів їх розрахунку.

За результатами огляду наукової літератури, досліджень скляних колон різного поперечного перерізу встановлено, що скло має велику міцність на стиск, тому ці скляні стиснуті колони, як правило, виходять з ладу через втрату стійкості. Отже, необхідно перевіряти їхню несучу здатність за цим граничним станом.

На основі проведеного огляду нормативної та наукової літератури, встановлено, що наукові дослідження, які б вивчали та пояснювали роботу скляних колон, досі в Україні не проводились. Відсутні норми та рекомендації щодо проектування таких конструкцій. Існуючі наукові дослідження багатошарових колон мали не системний характер.

У *другому розділі* на 31 аркуші, наведено конструкцію запроектованих та виготовлених дослідних зразків у виробничих умовах для проведення експериментальних досліджень. Також наведено комплексну програму та розроблену методику проведення експериментальних досліджень.

Програмою передбачено експериментальні дослідження 21-ї скляної колони з різними геометричними розмірами за дії статичного навантаження. Для визначення фізико-механічних характеристик скла, з яких були виготовлені колони, програмою передбачено експериментальні дослідження, 20-и кубів та 20-и призм на стиск під дією статичного навантаження, 30-и пластин на трьохточковий згин та 12-ть розроблених та запатентованих зразків на дослідження роботи зчеплення шарів скла, з'єднаних між собою різними методами. Розроблена методика випробування скляних колон полягала в проведенні досліджень скляних багатошарових колон на центральний стиск під дією статичного навантаження, яка було отримано патент.

Розроблені методики експериментальних досліджень дозволили отримати експериментальні дані про дійсний напружено-деформований стан стиснутих елементів та реальні значення фізико-механічних характеристик скла, з яких були виготовлені колони.

У *третьому розділі* на 45 аркушах, наведено аналіз та результати проведених експериментальних досліджень. Для оцінки поведінки скляних колон під час досліджень наведено графіки залежності відносних деформацій від напружень для кожної з серій дослідних зразків. Наведено характер вичерпання несучої здатності колон, виготовлених із звичайного, термозміцненого та гартованого скла. За результатами аналізу досліджень зроблено справедливий

висновки, що всі колони зруйнувались за першим граничним станом від втрати стійкості форми.

У *четвертому розділі* на 17 аркушах, наведено два результати розрахунку несучої здатності скляних стиснутих елементів, а саме, аналітичний та метод кінцевих елементів. Аналітичний метод розрахунку полягав на основі концепції ефективної товщини, формулювання якого сформовано за результатами оригінальної роботи Вольфеля-Беннісона. Також для визначення проектної стійкості скляних багатошарових колон використана оригінальна теорія Айртона – Перрі. Розрахунок методом кінцевих елементів виконаних в програмі RFEM.

Наведено порівняльний аналіз різних методів розрахунку з отриманими експериментальними значеннями. Подано розроблені рекомендації щодо проектування скляних багатошарових колон.

**Загальні висновки** по роботі в цілому відображають наукову значущість і практичну реалізацію.

**Достовірність та обґрунтованість результатів** забезпечується використанням сучасного обладнання та приладів для досліджень будівельних конструкцій, запропонованою методикою розрахунку варіацією методом кінцевих елементів, задовільною збіжністю теоретичних та експериментальних результатів, а також застосуванням математичної статистики, ймовірнісно-статистичного методу на основі закону двопараметричного розподілу Вейбулла, методів теорії надійності.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому, що *вперше*:

- було запропоновано розміри дослідних зразків скла для визначення кубової та призмової міцності скла на стиск та методику їх випробування;
- для скляних багатошарових колон виготовлених із різного скла (звичайного, термозміцненого, гартованого) отримано нові експериментальні дані несучої здатності та деформативності при різному закріпленні на опорах;

**Набули подальшого розвитку та вдосконалення:**

- методика визначення деформативних характеристик скляних багатошарових колон за допомогою метода кореляції цифрових зображень, а саме у підборі налаштування апаратного та програмного забезпечення;
- методика розрахунку несучої здатності скляних багатошарових колон.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в можливості їх використання у проектуванні скляних стиснутих елементів і при цьому оцінювання дійсного напружено-деформованого стану скляних несучих конструкцій, що працюють на стиск.

Результати виконаних експериментально-теоретичних досліджень за участю автора та ТОВ «Склоресурс» застосовані при варіантному проектуванні вертикальних несучих скляних багатошарових колон фасадного огородження вхідної групи у торгово-розважальному центрі «Форум» у Львові на вул. Під Дубом, 7Б та фасадної системи автосалону «Land Rover, Jaguar» у Києві, який розташовується за адресою: кільцева дорога, 1-А, 03134. В обох об'єктах були

запроектовані скляні багатошарові колони, на противагу традиційним профільним системам, на які повинні були монтуватися вертикальні склопакети фасаду. Також результати роботи застосовані в ПП «Ямпільтеплобудсервіс» під час розробки проекту вхідної групи в аптеку №1 «Пігулка+» на вул. Сонячна, 4, м. Ямпіль Вінницької області де запроектовано дві скляні багатошарові колони висотою 2.81м.

Окремі матеріали дисертаційних досліджень можуть бути використані у навчальному процесі при підготовці бакалаврів та магістрів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**Повнота висвітлення результатів у публікаціях.** Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень опубліковано у 12 друкованих працях, з них 2 статті у наукових фахових виданнях України, 2 – у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних (Scopus), 2 – у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних (Index Copernicus), 3 публікації у матеріалах міжнародних конференцій і 3 патенти на корисну модель.

Публікації Ткача Романа Олександровича повноцінно відповідають сутності досліджень та наукової новизни. Наведені в дисертації наукові положення, висновки та рекомендації пройшли апробацію на наукових конференціях різного рівня.

**Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.** Аналіз тексту представленого дисертаційного дослідження, публікацій здобувача та використаних автором джерел, на наш погляд, свідчать про відсутність порушення академічної доброчесності автором дисертаційного дослідження. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне літературне джерело.

**Ідентичність змісту анотації та основних положень дисертації.**

Зміст анотацій українською та англійською мовами відображає зміст дисертації та висвітлює її основні наукові результати. Оформлення дисертації відповідає вимогам, що пред'являються до кваліфікаційних робіт даного рівня.

За змістом дисертації слід внести **наступні зауваження**:

1. Розглядаючи метод кореляції цифрових зображень при випробуваннях конструкцій варто було б згадати метод фотограмметрії, використаний д.т.н. Єрмоленком Д.А. для визначення деформованого стану зразків при випробуваннях.
2. Варто було б уточнити потребу зберігання температури в межах 1°C для запобігання розвитку теплових напружень (стор. 70).
3. В другому розділі (формула 2.13) наведено формулу визначення коефіцієнту варіації, але не ясно, де вона використана в подальшому.
4. Судячи з вигляду дослідних зразків (фото 3.8 та ін.) випробування могло супроводжуватися розльотом скляних уламків. Які заходи з техніки безпеки застосовувалися при випробуваннях?

5. Варто було б визначити мінливість (коефіцієнт варіації) при випробуванні серій зразків (табл. 3.3, 3.6 та ін.).

6. В формулі 4.8 для характеристики міцності скла варто було б згадати для яких коефіцієнтів (5 шт.) мають значення результати проведених експериментів.

7. Думка автора (стор. 127), що результати серій I, XI, IX не слід розраховувати, «оскільки під час проведення дослідження в них був широкий розкид несучої здатності з різних причин» є по меншій мірі спірною, тим більше, що значення розкиду (коефіцієнт варіації) не наведено, і, можливо, для скла, як і для кераміки, він може бути цілком придатним, не дивлячись на високі (понад 20%) значення.

8. У висновках варто було б згадати про причини відбраковки половини серій експерименту для запобігання їх при подальших дослідженнях.

Проте, вищенаведені зауваження не зменшують наукову та практичну цінність дисертації. Дисертаційна робота Ткача Романа Олександровича «Несуча здатність та деформативність скляних багатошарових колон» є завершеною науковою працею, що пройшла достатню апробацію. Дисертація містить нові науково обґрунтовані теоретично-експериментальні результати та вирішує важливе науково-прикладне завдання дослідження встановлення дійсного значення несучої здатності та деформативності скляних багатошарових колон, за дії статичного навантаження.

Представлена робота повністю відповідає пп. 9-12 Постанови Кабінету Міністрів №167 від 6.03.2019р. «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Ткач Роман Олександрович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 19 – Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 – будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент, доктор технічних наук,  
професор, лауреат Державної премії України,  
завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії  
Національного університету «Полтавська  
політехніка імені Юрія Кондратюка»

  
Олександр СЕМКО

Проректор з наукової та міжнародної роботи  
Національного університету «Полтавська  
політехніка імені Юрія Кондратюка»  
кандидат економічних наук

  
Світлана СІВІЦЬКА

