

ВІДГУК

рецензента

доцента кафедри Будівельних конструкцій та мостів інституту будівництва та інженерних систем Національного університету Львівська політехніка

Бобало Тараса Володимировича

на дисертаційну роботу **Гули Васи́лини Олега́вни**

„Несуча здатність, деформативність та довговічність скляних плит які працюють на згин”, представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

У сучасному будівництві скляні конструкції набувають все більшої популярності. Незважаючи на те, що скло є досить крихким матеріалом, воно має відмінні механічні властивості і може витримувати значні навантаження. Проте, для того щоб забезпечити надійність та безпеку використання скляних конструкцій, потрібно проводити більше досліджень характеру роботи скла, його несучої здатності, деформативності та довговічності таких конструкцій. Перспективи досліджень скляних конструкцій є досить широкими і включають в себе різноманітні аспекти, пов'язані з використанням нових матеріалів, технологій та методів дослідження.

1. Актуальність вибраної теми дисертаційної роботи обґрунтована в дисертаційній роботі у повній мірі і не викликає жодних сумнівів.

Дослідження несучої здатності, деформативності та довговічності скляних конструкцій має велику актуальність в сучасному будівництві. Скляні конструкції зараз широко використовуються як елементи зовнішньої обшивки будівель, огорожувальні системи, а також як несучі елементи в скляних фасадах, дахах, балконах та інших конструкціях. Дослідження несучої здатності, деформативності та довговічності скляних конструкцій дозволяє виявити їх основні характеристики та розрахувати їхню максимальну міцність та стійкість до зовнішніх впливів. Це допомагає забезпечити безпеку будівель та їх конструкцій.

Проведення комплексних наукових досліджень скляних плит на сьогоднішній день є необхідним та дозволить вирішити актуальну проблему та сприятиме появі нових типів конструкцій, які продовжать розвиток інженерно-будівельної галузі.

Сформовані автором мета і завдання направлені на вирішення актуальних питань теми дослідження та свідчить про обізнаність автора з особливостями роботи скляних конструкцій.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 4-ох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 122 джерел та 4-ох додатків. Робота викладена на 176 сторінках, у тому числі 153 сторінки основного тексту, містить 95 рисунків, 24 таблиці, 12 сторінок списку виконаних джерел, 23 сторінки додатків. Структура та обсяг дисертації задовольняють вимогам, що висувається до кандидатських дисертацій.

У **вступі** обґрунтовано вибір та актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами та грантами, що свідчить про глибокий аналіз здобувачем вже існуючих напрацювань в напрямку наукового дослідження. Також зазначено відомості щодо публічної апробації матеріалів дисертації та оцінено особистий внесок здобувача.

Перший розділ присвячено огляду наукових джерел за темою дисертаційного дослідження.

Подано огляд існуючих досліджень та проектування скляних плит, зокрема методики розрахунку довговічності на основі лінійно-пружної механіки руйнування. Після аналізу літератури визначені основні напрямки та поставлено завдання наукового дослідження, що полягає у вивченні

міцності, деформативності та довговічності скляних плит, що піддаються згину.

Зазначено фізико-механічні характеристики скла, основні недоліки скляних конструкцій і методи їх вирішення, а також зазначено про вплив дефектів та стану поверхні скла на параметри міцності та довговічності та встановлення взаємозв'язку між дефектами та параметрами міцності та довговічності скла на основі лінійно-пружної механіки руйнування

На основі проведеного огляду літературних джерел автором зроблено висновки, щодо основних фізико-механічних характеристик скляних конструкцій та актуальності досліджень скляних плит.

У другому розділі наведено обсяг досліджень та методики, які були використані для експериментальних досліджень скляних зразків та плит різних серій.

Для дослідження міцності скла на розтяг при згині, автором було законструйовано та виготовлено серію I з двадцятьма дослідними зразками зі звичайного флоат-скла, яке використовувалося для всіх плит у даному дисертаційному дослідженні.

Для проведення експериментів на довговічність скляних балочних плит було виготовлено серію II з двадцятьма дослідними зразками, а також розроблено спеціальну методику випробувань.

Для дослідження міцності та деформативності скляних плит при згині, згідно з поставленими завданнями, було розроблено три серії скляних плит залежно від кількості шарів скла: одношарові, двошарові та трьохшарові.

Використано методику вимірювання деформацій поверхні скляних плит, удосконалену шляхом використання оптичного методу кореляції цифрових зображень (КЦЗ).

Використано методику фрактографічного аналізу для розрахунку критеріїв тріщиностійкості.

Використано двопараметричний розподіл Вейбулла для аналізу міцності скла після випробування на згин.

Третій розділ дисертаційної роботи фактично є експериментальним в якому представлено результати проведених досліджень, зокрема фізико-механічні характеристики скляних зразків, міцність скляних плит на згин, параметри тріщиностійкості та довговічності скляних зразків, характер та схеми руйнування дослідних зразків, а також порівняльний аналіз міцності та деформативності скляних плит.

Виконані автором дослідження скляних балочних плит на довговічність, показали залежність часу випробувань (довговічності) від навантаження. Проведений аналіз з використанням методу апроксимації найменших квадратів експериментальних результатів дослідження дозволив встановити, що залежність навантаження-час має досить високий параметр збіжності, що свідчить про ефективність методики проведення досліджень на довговічність.

Результати вимірювань відносних деформацій скляних плит з різною кількістю шарів скла, які були шарнірно оперті по чотирьох кутах та працювали у двох взаємно перпендикулярних напрямках на згин від короткочасного зосередженого навантаження, які отримані за допомогою методу 2D кореляції цифрових зображень (КЦЗ) та за допомогою механічних мікроіндикаторів, показали високу збіжність.

Для подальших розрахунків скляних плит за результатами фрактографічного аналізу поверхні зламу скляних дослідних зразків, який проведено за допомогою цифрової оптичної мікроскопії, автором запропоновано застосовувати критичний коефіцієнт інтенсивності напружень $K_{Ic,5\%} = 0,47 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ та коефіцієнт інтенсивності розгалуження тріщин $K_{B,5\%} = 1,81 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$.

У четвертому розділі представлено три методики розрахунку скляних плит: аналітичну; чисельно-аналітичну та методику розрахунку тріщиностійкості та довговічності скла. Подано порівняння результатів розрахунку за цими методиками з експериментальними даними.

Розроблено алгоритм нелінійного та лінійного моделювання напружено-деформованого стану за допомогою чисельно-аналітичного методу на основі методу кінцевих елементів у програмному комплексі Dlubal RFEM для скляних плит з різною кількістю шарів скла. Значна увага приведена аналізу розподілу напружень в скляних плитах під навантаженням. Автором роботи запропоновано коефіцієнти по запасу міцності за нелінійним розрахунком, а також коефіцієнти для розрахунку прогинів, а також перевірено алгоритм аналітичного розрахунку довговічності скляних плит на основі тріщиностійкості та лінійно-пружної механіки руйнування, для визначення часу експлуатації скляних одношарових плит до початку руйнування.

У висновках наведено основні результати роботи. Достовірність наукових і практичних результатів підтверджуються узгодженістю теоретичних напрацювань з експериментальними даними отриманих в ході досліджень. Одержані результати пройшли апробацію через публікації в фахових виданнях та публічних конференціях. Отримані автором висновки обґрунтовані теоретичними викладами та практичною реалізацією в експериментальній частині роботи, що свідчить про достатній рівень компетенції та професійної кваліфікації здобувача.

Новизна наукових положень і практичне значення отриманих результатів.

У дисертаційній роботі автором розроблено нову методику дослідження скляних балочних плит на довговічність та отримано і проаналізовано результати цих досліджень. Також набула подальшого розвитку методика фрактографічного аналізу за допомогою цифрової оптичної мікроскопії для дослідження тріщиностійкості та розгалуження тріщин у склі, на основі чого було визначено критерії тріщиностійкості та розгалуження тріщин у склі. Для подальших розрахунків скляних плит за результатами фрактографічного аналізу поверхні зламу скляних дослідних зразків, запропоновано застосовувати критичний коефіцієнт інтенсивності

напружень $K_{IC,5\%} = 0,47 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$ та коефіцієнт інтенсивності розгалуження тріщин $K_{V,5\%} = 1,81 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}}$. Встановлено що залежність навантаження – час має досить високий параметр збіжності $R2 = 0,994$, що свідчить про можливість використання такого підходу до розрахунку довговічності скляних одношарових плит.

На основі проведених експериментів отримано результати досліджень скляних плит на згин з різною кількістю шарів скла які були шарнірно оперті по чотирьох кутах та працювали у двох взаємно перпендикулярних напрямках на згин від короткочасного зосередженого навантаження. Було проведено аналіз характеру руйнування, міцності та деформативності скляних плит, а також порівняння цих параметрів в залежності від кількості шарів скла. Проведено аналітичний розрахунок скляних плит на основі концепції ефективної товщини та теорії пружності пластин Тимошенка Войновського-Кригера. Також набули подальшого розвитку методики розрахунків скляних плит з використанням теорії пружності пластин, методу скінченних елементів (МСЕ) та лінійно-пружної механіки руйнування для розрахунку несучої здатності скляних плит, що працюють на згин.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.

За результатами дисертації опубліковано 5 наукових праць. 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, 8 публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації та які додатково відображають наукові результати дисертації.

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.

Дискусійні положення, зауваження та пропозиції.

Одним із завдань досліджень було дослідження несучої здатності та деформативності скляних плит з різною кількістю шарів та отримати залежності між прикладеним зусиллям та деформаціями плит, а також між несучою здатністю плит та кількістю шарів, для цього було виготовлено серії III, IV та V із скляних плит з однаковим розміром 500x500мм та різною товщиною. Товщина зразків серії IV (двошарові плити) була в два рази більша за товщину зразків серії III (одношарові плити), а товщина зразків серії V (тришарові плити) була в три рази більша за товщину зразків серії III (одношарові плити).

Запропоновані у висновках до 4-го розділу коефіцієнти запасу міцності та розрахунку прогинів на нашу думку є справедливими лише для виконаного випробування та не будуть правдиві при інших розрахункових довжинах та товщинах скляних плит.

Щодо пропозицій, то важливо було б дослідити чи не виникало зсуву між шарами скла в багатошарових скляних плитах, оскільки зсуваючі зусилля на опорах плит досягають високих значень. Поява зсуву між шарами скла багатошарових плит могла вплинути на розвиток прогинів, а також на їх міцність.

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. Спільне викладення матеріалу у дисертації та анотації відповідає загальноприйнятим нормам та є достатнім для однозначного сприйняття наведених положень.

Висновок про дисертаційну роботу в цілому та її відповідність чинним вимогам.

Дисертаційна робота Гули Васи́лини Олегівни „Несуча здатність, деформативність та довговічність скляних плит які працюють на згин” 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 12.07.2019р), 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).

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

 Т.В. Бобало

Підпис доцента
Т.В. Бобала засвідчую:



Вчений секретар
Національного університету
«Львівська політехніка»
к.т.н., доцент Р.Б. Брилинський