

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Коренєва Романа Валерійовича на тему

«Аналіз можливості виникнення прогресуючого обвалення металевих оболонок спеціального виду»,

подану до спеціалізованої вченої ради Д64.820.02

при Українському державному університеті залізничного транспорту
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності
05.23.01 – будівельні конструкції будівлі та споруди

1. Актуальність теми дисертації.

В останні роки спостерігається глобальна тенденція прискорення темпів будівництва у зв'язку з неухильним зростанням його обсягів. Одним з перспективних напрямків скорочення термінів будівництва є використання сталевих конструкцій взагалі та тонкостінних холоднодеформованих профілів зокрема як несучих елементів будівель та споруд різноманітного призначення. Особливого поширення такі конструктивні елементи отримали під час зведення легких збірних металевих споруд, у тому числі і оболонок. Завдяки широкому спектру функціональності та своїй економічній привабливості, що зумовлена незначними витратами матеріалів, швидкістю й технологічністю виготовлення не лише в заводських умовах, але і в умовах будівельного майданчику, а також можливості перекриття значних прольотів, вони часто використовуються в новому будівництві та при реконструкції об'єктів цивільного та громадського будівництва.

Разом з тим, через недостатню теоретичну, а особливо експериментальну вивченість особливостей напружено-деформованого стану таких конструкцій спостерігається зростання кількості аварійних ситуацій об'єктів з їх використанням. Зважаючи на конструктивні особливості розглянутих металевих оболонок, можна стверджувати про їх схильність до обвалення, що має ознаки прогресуючого.

Наразі практично відсутні ефективні алгоритми моделювання й аналізу поведінки даних конструкцій під навантаженням, що спонукає до розробки коректних розрахункових моделей і рекомендацій з проектування. Окрім того, науковий і практичний інтерес представляє пошук ефективної конструктивної форми несучого елемента даної конструкції, вдосконалення якого дозволить

забезпечити життєздатність, надійність та довговічність будівель, зведених з їх використанням.

Узагальнюючи наведене, можна зробити висновок, що тема представленої до захисту дисертації є своєчасною та актуальною. Обрана тематика має науковий та практичний інтерес, оскільки спрямована на вирішення завдання підвищення експлуатаційної надійності будівель та забезпечення їх конструкційної стабільності.

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

Тема дисертаційної роботи є продовженням тематики науково-дослідних робіт, що виконуються в рамках функціонування наукової школи «Конструкції і матеріали для житлових і громадських будівель» ХНУМГ імені О.М. Бекетова в 2014–2019 рр., а також держбюджетних тем «Нові ефективні конструктивні системи з раціональними параметрами» (№ ДР 0114U002999) та «Сталобетонні конструкції з раціональними параметрами» (№ ДР 0117U000662).

3. Оцінка змісту дисертації.

Дисертаційна робота містить вступ, 5 розділів, загальні висновки, список використаних джерел та 6 додатків. Дисертація викладена на 198 сторінках і містить 118 сторінок основного тексту, 25 таблиць, 80 рисунків, 153 найменування літератури, 6 додатків на 50 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, представлено наукову гіпотезу, новизну і практичне значення отриманих результатів.

У **першому розділі** проведено аналіз технологічних особливостей виготовлення та монтажу збірних металевих оболонок, визначено раціональну галузь та варіації застосування вказаних конструкцій. Виконано критичний огляд робіт, що присвячені теоретичним та експериментальним дослідженням конструкцій з використанням тонкостінних холоднодеформованих профілів. В рамках розділу автором проведено аналіз аварійних ситуацій, що виникали під час експлуатації оболонок досліджуваного виду. Виходячи з аналізу характеру та швидкості обвалень, а також конструктивних особливостей оболонок, що досліджуються, відзначено схильність вказаних конструкцій до прогресуючого (лавиноподібного) обвалення. Проведено огляд робіт вітчизняних та закордонних вчених, що пов'язані з прогресуючим обваленням. Аналіз та узагальнення інформації наведеної в розділі, дозволив здобувачу сформулювати мету та завдання дисертаційної роботи.

У **другому розділі** визначено фізико-механічні характеристики сталі основного конструктивного елемента оболонок. З метою уточнення значень

геометричних характеристик профілю несучого елемента арки проведено лабораторний експеримент на натурному зразку його фрагменту. Базуючись на різних підходах до формування розрахункової моделі, проведено аналіз напружено-деформованого стану (НДС) металевих оболонок, що досліджуються. В рамках вивчення НДС за нормативно-технічною документацією розглянуто стержневу модель плоскої арки. Зазначений підхід автором доповнено аналізом стійкості плоскої форми вигину та згинально-крутильної форми. Аналізуючи НДС, на базі просторових скінченно-елементних моделей, дисертантом було розглянуто конструктивно ортотропну та ребристу моделі. З проведеного аналізу вказаних просторових моделей автором відзначено суттєвий вплив діафрагм на НДС та їх конструкційна необхідність при зведенні досліджуваних оболонок.

Третій розділ, на думку опонента, є домінантним розділом роботи. Тут висвітлено передумови та теоретичні аспекти імплементації енергетичного підходу до аналізу можливості прогресуючого обвалення розглянутих металевих оболонок. Базуючись на енергетичних критеріях, дисертантом розроблено алгоритм обчислення НДС системи з можливістю відображення настання прогресуючого обвалення (рис. 3.2., стор. 83). Відповідно до запропонованого алгоритму на кожному кроці ітераційного процесу визначаються компоненти НДС, зокрема потенційна енергія деформації (ПЕД) і щільність потенційної енергії деформації (ЩПЕД) системи. Унікальний підхід побудови енергетичного портрету системи в подальшому дає можливість визначити місця концентрації ЩПЕД, тобто, концентраторів, з яких і розпочинається глобальний колапс системи. При цьому на кожному етапі розрахунку послідовно збільшується навантаження та враховується зміна жорсткості системи (вальцевого з'єднання) в припущенні про існування значення ПЕД, після настання якого відбувається віртуальне обвалення. Також здобувачем висвітлено принципи розробки та побудовано СЕ моделі підвищеної коректності з можливістю оцінки НДС за деформованою схемою та відображенням дійсної роботи вальцевого з'єднання (рис. 3.5-3.10, стор. 85-90). За результатами проведеного аналізу НДС розроблених моделей, дисертантом запропоновано модернізацію вузла з'єднання аркових елементів оболонки. Вказана модернізація дозволяє забезпечити спільність деформацій конструктивних елементів та трансформує НДС оболонки спеціального виду у близький до ребристої оболонки.

У **четвертому розділі** роботи представлені результати експериментальної верифікації розроблених СЕ моделей та оцінки ефективності запропонованої

модернізації оболонки шляхом проведення повномасштабного експерименту. Експериментальне дослідження було проведено у дві стадії: до та після проведення модернізації. Автором наведено описання процедур експерименту, систем навантаження та вимірювання, а також репрезентативність отриманих даних. Відзначається зменшення переміщень модернізованої споруди в середньому на 71.21%, що демонструє поліпшення жорсткісних характеристик споруди. Різниця між теоретичними і експериментальними значеннями переміщень в середньому склала 10.74%, що свідчить про можливі початкові недосконалість конструкції або похибку вимірювальної техніки. Дану похибку можна вважати задовільною, а проведену верифікацію – успішною та репрезентативною. СЕ моделі споруди до та після модернізації побудовані відповідно до розроблених автором у третьому розділі принципів та повністю відповідають натурним об'єктам дослідження.

У **п'ятому розділі** дисертації висвітлено інформацію про впровадження наукових досліджень, виконаних автором, на промисловому підприємстві ТОВ «СТРОЙ ІНЖИНІРИНГ ДЕВЕЛОПМЕНТ» під час проектування і будівництва ряду об'єктів у Харківській області. Розглянуто архітектурно-конструкторські рішення об'єкту впровадження – стандартного фізкультурно-оздоровчого комплексу (ФОК), несучим остовом якого є досліджувані металеві оболонки. Здобувачем виконано аналіз НДС споруди та оцінено техніко-економічний ефект від застосування запропонованої модернізації.

Відзначається, що ступінь **достовірності та вірогідності** отриманих результатів підтверджується розробленими скінченно-елементними моделями оболонки спеціального виду, їх чисельним аналізом та порівнянням отриманих результатів з результатами експериментальної верифікації.

Обґрунтованість результатів досліджень, що захищаються автором, визначена задовільною збіжністю результатів розрахунків за запропонованим алгоритмом та експериментальних досліджень.

Наукова новизна одержаних автором результатів полягає в тому, що:

– розроблено підхід формування розрахункової моделі оболонки спеціального виду з урахуванням конструкційної нелінійності та з можливістю відображення настання прогресуючого обвалення;

– реалізована імплементація нового енергетичного підходу для якісної і кількісної оцінки можливості настання прогресуючого обвалення зазначених конструктивних систем;

– отримано нові результати експериментальних натурних досліджень деформативності металевих оболонки спеціального виду;

– вдосконалено скінченно-елементні моделі напружено-деформованого стану оболонок спеціального виду й процедури встановлення особливостей їх деформування.

4. Практичне значення отриманих результатів.

– запропоновано болтове з'єднання аркових конструктивних елементів оболонки, що забезпечує стійкість до прогресуючого обвалення;

– розроблено алгоритм оцінки можливості настання прогресуючого обвалення металевих оболонок спеціального виду.

5. Повнота відображення наукових положень в опублікованих роботах, оцінка апробації результатів досліджень, відповідності автореферату змісту дисертації.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 10 наукових працях, з яких 9 статей у наукових фахових виданнях, рекомендованих МОН України, в тому числі 3 у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз; 1 стаття апробаційного характеру.

Автореферат за змістом відповідає змісту дисертації та повністю відображає її основні положення. Оформлення автореферату та дисертації відповідають вимогам МОН України

6. Зауваження за змістом роботи.

1. Сформульовані в роботі мета, завдання досліджень, наукова новизна та загальні висновки не у повній мірі відображають суть роботи, оскільки здобувачем виконано набагато більший обсяг роботи, ніж зазначено у завданнях, але чомусь це не знайшло повного відображення у загальних висновках.

2. В дисертаційній роботі варто було б виконати ретельний аналіз і класифікацію покриттів у вигляді оболонок з точки зору їх аварійності і факторів, які на це впливають, з урахуванням початкових і допущених на етапах виготовлення, монтажу та експлуатації недосконалостей. Це дозволило б автору чіткіше окреслити коло проблем і питань, які необхідно вивчити і взяти до уваги. Також варто було б детальніше проаналізувати форми втрати стійкості (рис. 2.16–2.17, стор. 68) та більш детально визначити нормування коефіцієнту запасу стійкості, бо суттєве його підвищення призводить до додаткових витрат матеріалу.

3. Визначаючи момент інерції I_x за формулою (2.1) автор, на мій погляд, повинен був зазначити, що значення прогину f в знаменнику – це значення граничного прогину f_u з норм проектування, а навантаження P – це фактичне навантаження, за прикладання якого зафіксовано це значення граничного

прогину. Але і таке визначення I_x є дещо умовним, оскільки несуча здатність за міцністю за досягнення значення граничного прогину f_u ще не вичерпана. Тобто, необхідно було вказати, що значення I_x визначене з розрахунку за граничними станами другої групи. Говорити про залежність моменту інерції перерізу профілю від навантаження некоректно.

4. Представлені в розділі 2 результати розрахунків у програмному комплексі «Ліра» важко оцінити об'єктивно, оскільки наведено неповну інформацію щодо постійних і тимчасових навантажень, а також комбінацій цих навантажень. Окрім того, автору варто було б узагальнити інформацію, представлену на ізополях в додатках А і Б та навести її у тексті дисертації у вигляді схем, рисунків, діаграм тощо. Це дозволило б покращити інформативність матеріалу всього розділу та більш чітко, послідовно і конкретно сформулювати висновки.

5. Представлений автором у розділі 3 енергетичний підхід до оцінки прогресуючого обвалення металевих оболонок спеціального виду у кінцевому вигляді не дає чіткої відповіді щодо настання граничного стану таких конструкцій. Не конкретизовано, що є критеріями несучої здатності за граничними станами першої і другої груп. Не наведено порядок проектування оболонок, починаючи зі збору навантажень і закінчуючи підбором перерізу та конструюванням болтових з'єднань. Логічним завершенням розділу мала стати розробка наскрізної методики розрахунку з урахуванням усіх наведених автором факторів. Окрім того, не зрозуміло, чи враховується можливість прикладання зосереджених навантажень, наприклад, під час виконання монтажних, ремонтних або опоряджувальних робіт, чи враховується лише рівномірно розподілене навантаження.

Інформаційно виправданим було б наведення у цьому розділі порівняння імплементованого енергетичного підходу до оцінки можливості прогресуючого обвалення конструкцій, що досліджуються, з іншими відомими підходами, проте таке порівняння відсутнє.

6. Під час проведення натурального експерименту було б дуже цікаво провести вимірювання не лише вертикальних, а і горизонтальних переміщень, і не лише в точках, що знаходяться в одному перерізі з точкою прикладання навантаження, а і в таких самих точках інших перерізів по довжині споруди. Це дозволило б експериментально вивчити деформативність інших складових аркового покриття, що розміщені на певній віддалі від точки прикладання навантаження.

Проте, викликає сумніви точність вимірювальних приладів за наявності досить незначних переміщень (рис.4.9, стор. 111), враховуючи їх відстань до контрольованих точок.

7. Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Наукові положення дисертації в цілому достатньо чітко і логічно обґрунтовані і сформульовані на підставі власних досліджень автора, а також у порівнянні з дослідженнями як вітчизняних, так і закордонних науковців. Роботу оформлено відповідно до вимог, матеріал викладено логічно і послідовно. Зміст дисертації у повній мірі відповідає паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, основний зміст якої достатньо повно відображений у наукових статтях, а також апробований на науково-технічних конференціях. В дисертації **«Аналіз можливості виникнення прогресуючого обвалення металевих оболонок спеціального виду»** отримані нові науково обґрунтовані результати, вона має практичне значення та у повній мірі відповідає вимогам ДАК Міністерства освіти і науки України та «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р., а її автор **Коренєв Роман Валерійович** заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент
професор кафедри промислового, цивільного
будівництва та інженерних споруд
Національного університету водного
господарства та природокористування,
кандидат технічних наук, доцент

 В. В. Романюк

Особистий підпис Романюка В.В. засвідчую.

Вчений секретар НУВГП



А. А. Подлевський