

## ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Горика Олексія Володимировича  
на дисертаційну роботу **Метлицького Віталія Вікторовича**  
**«НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ТА ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ**  
**ФІБРОБЕТОННИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК»,**  
яка подана на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 192 будівництво та цивільна інженерія  
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

### 1. Актуальність теми

Циліндричні оболонки широко застосовуються в різних галузях техніки та будівництва завдяки їхній високій міцності, жорсткості та ефективності використання матеріалів. У будівництві ці оболонки використовують як дахи та перекриття великих будівель (стадіони, ангари, виставкові центри, вокзали), так і як купольні конструкції та арочні споруди, тунелі та підземні переходи. Не менш широке їх застосування і в інших провідних галузях промисловості. Циліндричні оболонки, що застосовуються у будівництві, умовно можна поділити на короткі, середньої довжини та довгі.

Розрахунок циліндричних оболонок можна виконувати різними існуючими методами (аналітичними, напіваналітичними, числовими) залежно від задачі, матеріалу та граничних умов. Аналітичні методи розрахунку з урахуванням зсувних деформацій та інших факторів, які впливають на їх напружено-деформований стан, потребують складного математичного апарату, тому використовуються наближені аналітичні методи із спрощенням рівнянь рівноваги за рахунок використання наближених гіпотез, що за деяких умов може призводити до неправильних результатів. Тому зростає роль чисельних методів (насамперед методу скінченних елементів) та експериментальних досліджень.

Маючи достатні розрахункові можливості виникає важливе питання: як найраціональніше забезпечити експлуатаційні вимоги до оболонок залежно від умов їх роботи, фізико-механічних і геометричних параметрів (матеріалу, розмірів, форми). Одним із вагомих критеріїв раціональності є вибір матеріалу. Ось це і є основною метою досліджень автора, у яких обґрунтовується раціональність застосування фібробетону в циліндричних оболонках, оскільки це дозволяє підвищити їх структурну цілісність, забезпечити довговічність та зменшити витрати на конструктивні матеріали, що робить його привабливим рішенням у сучасному будівництві.

Виходячи з наведеного сталева фібра залишається популярним вибором для підсилення бетону в багатьох будівельних та промислових застосуваннях і тому дослідження несучої здатності та тріщиностійкості фібробетонних циліндричних оболонок є важливим і актуальним завданням як із наукової, так і з практичної точки зору. Використання фібробетону в циліндричних оболонках дозволяє підвищити їх структурну цілісність, забезпечити довговічність та зменшити витрати на конструктивні матеріали, що робить його привабливим рішенням у сучасному будівництві.

## 2. Зміст дисертації

Розглянута дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 201 сторінку, з яких: 108 сторінок основного тексту, 60 рисунків і 8 таблиць, список використаних джерел зі 130 найменувань на 13 сторінках, а також додатки на 60 сторінках.

У *вступі* обґрунтовано вибір теми дослідження, її актуальність, показаний зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета та задачі досліджень, наведені положення наукової новизни та практичного значення отриманих результатів, апробація результатів та їх впровадження.

У *першому розділі* роботи детально проаналізовано сучасний стан існуючих методів дослідження та вивчення питань міцності й тріщиностійкості залізобетонних та фібробетонних циліндричних оболонок, що дозволило автору на основі порівняльного аналізу приділити увагу і вибрати напрям досліджень на розкриття особливостей фібробетону в будівельних конструкціях, що працюють в ускладнених умовах експлуатації.

Автор цілком правдиво відзначає певну інерційність розвитку аналітичних методів розрахунку довгих циліндричних оболонок, що відкриває широкі можливості експериментальним методам дослідження та комп'ютерного моделювання з наступним чисельним аналізом. Однак публікацій, які відображають результати таких досліджень, особливо, які стосуються конструкцій на основі сталеві фібробетону, дуже мало, а циліндричних оболонок вкрай незначно. Чинні нормативні документи не дають чітких положень щодо проектування і виготовлення фібробетонних циліндричних оболонок і це є однією з причин того, що на сьогодні вони не знайшли гідного практичного застосування у вітчизняному будівництві.

Проведений автором аналіз літературних джерел та української і європейської нормативної бази показав деякі нестыковки теорії і практики, незначну кількість робіт, присвячених вивченню роботи сталеві фібробетонних оболонок, що зайвий раз свідчить про актуальність дисертаційної роботи.

*Другий розділ* роботи автор присвятив аналітичному розрахунку довгих циліндричних оболонок, підкріплених двома однаковими бортовими елементами прямокутного поперечного перерізу під вертикальним ваговим навантаженням. Розрахункова схема оболонки та форма бортових елементів відповідають конструкціям із залізобетону та фібробетону, експериментально дослідженим на кафедрі будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури при безпосередній участі виконавця цієї кваліфікаційної роботи.

Як показує досвід дослідження та експлуатації довгих циліндричних оболонок, вони, як правило, опираються по кутах, а їх конструкція з досить великою жорсткістю контуру оболонки роблять вплив поперечних згинальних і нормальних сил настільки незначним, що для спрощення розрахунку ними нехтують. Такі оболонки розраховуються окремо як балки коритоподібного перерізу в поздовжньому напрямку та як арки (у вигляді елементарної смужки,

вирізаної в межах довжини оболонки – у поперечному, використовуючи при цьому напівбезмоментну теорією та розрахунок із гіпотезами, що його спрощує, для пологих оболонок середньої довжини.

У дисертації успішно використано напівбезмоментну теорією дослідження з отриманням системи чотирьох лінійних рівнянь, складаючи які з урахуванням компонент безмоментного напруженого стану, можна отримати повні зусилля та переміщення у довгій циліндричній оболонці. А використовуючи метод сил та метод переміщень розглянуто пологі циліндричні оболонки середньої довжини та інші конструктивні варіанти.

У *третьому розділі* дисертації технічно-наукова інформація стосується експериментальних та чисельних досліджень несучої здатності довгих циліндричних оболонок. Для реалізації поставленої мети дослідницьким колективом академії під керівництвом професора Сурьянінова М.Г. за безпосередньої участі здобувача виготовлено випробувальний стенд з допоміжними пристроями, який дозволив досліджувати зразки циліндричних оболонок довжиною 2,5 метри, що забезпечувало високий рівень достовірності результатів вимірювань. Навантаження фіксувалося зразковими динамометрами (500кН).

4 дослідні моделі циліндричної оболонки із залізобетону та 4 із фібробетону, а також зразки матеріалу виготовлялися і випробовувалися в лабораторних умовах академії відповідно до діючих стандартів. Усі вісім зразків оболонок мали постійну довжину та радіус поперечного перерізу, а варіювалися товщина оболонки та відповідно розміри поперечного перерізу бортових елементів. Такий підхід дає змогу дослідити вплив на характер роботи випробувального елемента його товщини і, головне, виявити міру ефективності застосування фібробетону в таких згинальних будівельних виробках.

Описана схема блокового по чотирьох смугах, шириною 13 см кожна, вагового навантаження, як стверджує автор, це забезпечує рівномірне розподілення цього навантаження по всій поверхні оболонки, що відповідає реальним умовам її роботи. Така блокова схема навантаження дозволила на вільно доступних поверхнях зразків вести вимірювальні дослідження й відстеження процесу утворення і розвитку тріщин. Вимірювальні прилади відповідно рис. 3.1, 3.3 розміщувалися односторонньо відносно поздовжньої площини симетрії. Не впевнений, що це так, оскільки таке розміщення не виправданим з точки зору узагальнення результатів. Представлена широка таблично-графічна презентація результатів експериментального дослідження.

Друга частина розділу стосувалася чисельним дослідженням несучої здатності довгих циліндричних оболонок, внутрішніх погонних зусиль та прогинів з використанням програми Robot Structural Analysis, яка є комплексною програмою для моделювання, розрахунку та проектування різних видів будівельних конструкцій.

*Четвертий розділ* дисертаційної роботи присвячений експериментальним дослідженням тріщиностійкості циліндричних оболонок, результати яких порівнювалися з даними чисельних досліджень, отриманих скінченно-елементним аналізом.

Здійснювалася фіксація утворення тріщин, їх кількість та характер і ширина розкриття. На цих даних створено схематичне зображення тріщин у кожній з восьми оболонок. Підтверджено типову картину розвитку тріщин в оболонках обох серій, але в фібробетонних зразках завдяки ефективному розподіленню напружень у бетоні через наявність фібрових волокон зменшується концентрація місцевих дефектів й концентрація самих тріщин, що дозволяє проектувати тонші конструктивні елементи й таким чином позитивно впливати на економію матеріалів. У фібробетонних оболонках сітка тріщин дещо густіша порівняно з бетонними.

Виконано порівняння експериментальних результатів з даними чисельних досліджень. З чого випливає, що максимальна розбіжність у прогинах складає 7,4 %, а у величинах напружень – 13,8 %, що дає впевненість у достовірності й відповідності результатів досліджень.

### **3. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій**

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і результатів досліджень, висновків та рекомендацій обумовлена:

- використанням у розрахунках фундаментальних закономірностей будівельної механіки, опору матеріалів, методів розрахунку будівельних конструкцій;
- побудовою аналітичного розв'язку довгої циліндричної оболонки, підкріпленої двома однаковими бортовими елементами з використанням теорії диференціальних рівнянь, теорії матриць;
- використанням програмного комплексу Autodesk Robot Structural Analysis, який є комплексною програмою для моделювання, розрахунку та проектування різних видів будівельних конструкцій;
- задовільним збігом результатів досліджень авторським методом, скінчено-елементного аналізу та експериментальних;

Сформульовані автором висновки ґрунтуються на отриманих в процесі досліджень результатах та не викликають сумніву.

### **4. Наукова новизна отриманих результатів**

Наукова новизна результатів дослідження полягає у побудові методики експериментальних досліджень несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості залізобетонних і сталеві фібробетонних довгих циліндричних оболонок при рівномірно розподіленому навантаженні з використанням спеціально розробленого стенду, що дозволило експериментально дослідити окремі аспекти роботи зразків оболонок і зразків матеріалів. Встановлено раціональні характеристики фібробетонної суміші для досягнення оптимальних фізико-механічних властивостей сталеві фібробетонну.

Запропоновано аналітичний метод розрахунку довгої циліндричної оболонки, підкріпленої двома однаковими бортовими елементами та навантаженої вертикальним навантаженням;

Отримала подальший розвиток методика комп'ютерного моделювання довгих циліндричних оболонок та визначення їх напружено-деформованого стану методом скінчених елементів.

## 5. Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення результатів дослідження важливої задачі в області будівельних конструкцій, будівель і споруд, спрямованої на визначення і обґрунтування експлуатаційної спроможності залізобетонних і сталевібробетонних довгих циліндричних оболонок, підкріплених двома однаковими бортовими елементами, полягає у доведенні отриманої ефективної методики визначення несучої здатності, деформативності та тріщиноутворення до рівня практичного використання в проектуванні й конструюванні важливих об'єктів будівельної та інших суміжних галузей.

Уже на рівні апробації результати знайшли практичне запровадження до конструкторської практики приватного підприємства «ПроектБудСтар» (м. Одеса) при проектуванні та розрахунках відповідних конструкцій. Також результати використовуються в навчальному процесі Одеської державної академії будівництва та архітектури.

## 6. Зауваження до дисертаційної роботи

1. Автор допускає невмотивовані випадки використання російських джерел інформації, що перечить рекомендаціям Національного Агентства з якості вищої освіти. Збіта нумерація у списку літератури: 46, 47, 48, далі знову 46, 47, 48, а джерела під цими номерами різні.

2. Описання методики виготовлення оболонок і експериментальних досліджень не досить повне. Зокрема не зрозуміло, як розподілене навантаження від чотирьох поперечних смуг моделювалося в аналітичних розрахунках (розділ 2, рис. 2.4) і чисельних (розділ 3, рис. 3.42); схема місць розміщення вимірювальних приладів (рис.3.1) не є достатньо інформативною (наприклад, не зрозуміле місце розміщення індикаторів 42 і 43, що фігурують на рис. 3.7, 3.12); не розкриті особливості технології заливки (укладки) та ущільнення фібробетону оболонок для досягнення відповідності його властивостей з властивостями в кубах і призмах.

3. Фібробетон отримували із бетонної суміші для виготовлення залізобетонних оболонок? Якщо так, то чому відсутні порівняльні характеристики цих матеріалів за результатами випробування призм і кубів, що слугувало б одним із важливих аспектів дослідницької роботи. Окрім цього при дослідженні процесу тріщиноутворення бажано б мати результати випробовувань на розтяг за відомими методиками (прямий чи непрямий), особливо для досліджуваного матеріалу – фібробетону.

4. Автор чомусь застосував хаотично різні ступені навантаження для різних оболонок, що суттєво ускладнює аналіз експериментальної інформації і порівняльну оцінку результатів, особливо значень напружень. Можливо у цьому є сенс, але про це інформація відсутня.

5. Текст дисертації містить зайву інформацію реферативного змісту, яка не є характеристикою наукової роботи і не має відповідних посилань, тому й не використана в дослідженнях. У той же час частину дослідницького матеріалу із додатку В (описання програми, таблиці результатів комп'ютерного розрахунку) краще було б розмістити в основній частині роботи.

6. Зустрічаються певні нестиковки: дублювання текстової і графічної інформації, наприклад, один і той же рисунок «Тріщиноутворення у припорній

частині оболонки» зустрічається по тексту двічі: під номером 4.1 та 4.3; автор в текстовій частині стверджує, що результати досліджень впроваджені в конструкторську практику ТОВ «Екострой» м. Одеси (стр. 21), хоча доданий акт про впровадження свідчить про інше.

7. Пункт 6 виводів до розділу 4: «додаткове дисперсне армування практично не впливає на прогини оболонки» потребує більш глибокого обґрунтування, адже дані таблиці 4.6, 4.7. свідчать, що прогини в бетонних оболонках із збільшенням товщини стінки зменшуються, а в фібробетонних, навпаки, збільшуються. Більш інформативною була б фіксація параметрів деформування при однакових навантаженнях, що дало б змогу проводити легко порівняльний аналіз згинальної жорсткості та інших характеристик бетонних і фібробетонних оболонок (зауваження 4).

## **7. Загальна оцінка дисертаційної роботи**

Вказані недоліки не є принциповими і не зменшують значимість дисертаційної роботи, а отримані результати рекомендуються до використання при проектуванні та розрахунках циліндричних оболонок.

Дисертаційна робота В.В. Метлицького є закінченою науково-дослідною роботою, в ній отримано нові науково-обґрунтовані результати в напрямку розрахунку будівельних конструкцій у формі фібробетонних циліндричних оболонок. Автореферат повністю відповідає основним положенням дисертації.

## **Висновок**

Дисертаційна робота Метлицького Віталія Вікторовича «**НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ТА ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ ФІБРОБЕТОННИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК**» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та чисельних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням, повнотою викладу результатів досліджень у фахових наукових виданнях є завершеною науковою працею та відповідає паспорту спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія і вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р.

Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи вважаю, що її автор, Метлицький Віталій Вікторович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

## **Офіційний опонент:**

доктор технічних наук, професор,  
кафедри будівництва та професійної освіти

Полтавського державного аграрного університету

Олексій ГОРИК

23.05.2025

