

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Волкова Сергія Олександровича
на тему «Міцність і деформативність балок із бетонів на відходах
збагачення залізних руд з гібридним армуванням металевою та
базальтовою арматурою»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди»
(192 – Будівництво та цивільна інженерія)
(галузі знань 19 – Архітектура та будівництво)

Актуальність теми дисертації. Будівельну індустрію сьогодення можна охарактеризувати широким використанням залізобетону, як збірного так і монолітного, в якому традиційно використовується сталева арматура. Хоча необхідно відмітити, що неметалева композитна арматура, яка може замінити сталеву та характерна своєю високою міцністю, малою вагою, діелектричними властивостями, високою корозостійкістю, все частіше використовують в будівельних конструкціях. Використання такої арматури для армування бетонних конструкцій гальмується через недостатні експериментальні дослідження, обмежену нормативну базу та незначним практичним досвідом використання таких конструкцій. Разом з цим, необхідно відмітити про недолік конструктивних елементів з композитним армуванням, що працюють на згин – це підвищена деформативність конструкцій. Як один з варіантів подолання цього недоліку пропонується використання у згинаних конструктивних елементах гібридного армування, яке б поєднувало сталеву та композитну арматуру.

Україна відома в світі своїми покладами базальту, що дозволяє випускати порівняно недорогу базальтопластикову арматуру. Враховуючи достатньо малий шкідливий вплив на навколишнє середовище такого виробництва, задовільні міцнісні та експлуатаційні характеристики базальтопластикової арматури, обґрунтована доцільність розробки науково-технічної та нормативної бази для використання в будівництві неметалевої композитної арматури на основі базальтових волокон.

Ще одне важливе питання, яке характерне не лише для України, але також і ряду промислових країн світу – це можливість застосування відходів збагачення залізних руд як наповнювача бетонних сумішей, які використовують для виготовлення будівельних конструкцій.

Наукові дослідження, які б вивчали та пояснювали роботу конструктивних елементів з бетонів на відходах збагачення залізних руд з гібридним армуванням, що працюють на згин, досі в Україні на початкових стадіях. Відсутні також достатня нормативна база та рекомендації для проектування. В цьому і полягає актуальність проведення досліджень конструкцій із бетонів на відходах збагачення залізних руд з гібридним армуванням сталевую та базальтовою арматурою.

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

Робота виконана у Криворізькому національному університеті на кафедрі технології будівельних виробів, матеріалів і конструкцій у 2017-2022 роках, виконувалась в межах теми «Проведення експериментальних досліджень бетонних балок з гібридним армуванням сталевую та неметалевою композитною арматурою та розроблення пропозицій щодо розрахунку конструкцій мостів з гібридним армуванням» (номер державної реєстрації 0117U001843), що відповідає науковому напрямку кафедри промислового, цивільного та міського будівництва, (замовник – Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна», м. Київ).

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в отриманні нових експериментальних даних несучої здатності та деформативності пролітних конструкцій, що працюють на згин, з бетонів на відходах збагачення залізних руд та з гібридним армуванням сталевую та базальтопластиковою арматурою, удосконаленні методики розрахунку несучої здатності та деформативності та запропонованих рекомендаціях щодо проектування таких конструктивних елементів.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у застосуванні отриманих результатів досліджень та розробки рекомендацій щодо методики розрахунку залізобетонних конструкцій, що працюють на згин з використанням бетонів на відходах збагачення залізних руд з гібридним армуванням базальтопластиковою та сталевую арматурою. Результати дисертаційної роботи були використані при варіантному проектуванні ряду будівельних об'єктів, на що отримано акти про впровадження.

Мета дисертаційної роботи – визначення напружено-деформованого стану балок із гібридним армуванням базальтопластиковою та сталевую арматурою, виготовлених із застосуванням бетонних сумішей, отриманих на основі відходів збагачення залізних руд, і перевірка наявної методики розрахунку.

Задачами дисертації є експериментальні дослідження напружено-деформованого стану, несучої здатності та деформативності конструктивних пролітних згинаних елементів із гібридним армуванням базальтопластиковою та сталевую арматурою з однаковим відсотком армування із застосуванням різних бетонних сумішей, перевірка нормативної методики розрахунку таких конструкцій, а також можливість використання відходів збагачення залізних руд, як дрібного заповнювача для бетонних сумішей для виготовлення конструктивних залізобетонних елементів з гібридним армуванням.

Об'єктом дослідження є робота бетонних балок із гібридним армуванням базальтопластиковою і сталевую арматурою при дії одноразового короткочасного навантаження, виготовлених із різних бетонних сумішей, а **предметом дослідження** – міцність і деформативність

балок із гібридним армуванням базальтопластиковою і сталеву арматурою при дії одноразового короткочасного навантаження.

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 міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених BUILD-MASTER-CLASS-2017 (м. Київ, 2017 р.); міжнародних науково-технічних конференціях «Розвиток промисловості та суспільства» (м. Кривий Ріг) у 2018 та 2019 роках; VII міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (м. Харків, 2018 р.); VI та VII міжнародних конференціях «Актуальні проблеми інженерної механіки» (м. Одеса) у 2019 та 2020 роках.

Основний зміст дисертаційної роботи викладений у 6 наукових публікаціях, серед них: 4 статті у спеціалізованих фахових виданнях, внесених до переліку ВАК України, 2 статті у наукових періодичних виданнях іншої держави, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus. За темою дисертаційної роботи отримано патент України на винахід та оформлено 7 тез доповідей на 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 124 сторінках.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна. Дисертаційна робота присвячена вивченню міцності та деформативності балок із бетонів на відходах збагачення залізних руд з гібридним армуванням сталеву та базальтопластиковою арматурою.

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 деформативності конструктивних залізобетонних елементів на бетонах з використанням

відходів збагачення залізних руд з гібридним армуванням, що працюють на згин.

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 подає огляд фізико-механічних характеристик базальтопластикової композитної арматури та висвітлює досвід використання цієї арматури для армування конструкцій з бетону. Розглянуто вплив відходів збагачення залізних руд на довкілля та можливості їх використання в бетонних сумішах, як дрібного заповнювача, а також перераховані переваги бетонних сумішей, виготовлених із бетону на таких відходах, порівняно з традиційними бетонами. Перераховано українських науковців, які займалися проблемою використання відходів збагачення залізних руд. Наведено огляд нормативних методів розрахунку згинаних конструктивних елементів, армованих композитною арматурою. Розділ завершується висновками до розділу та сформульованими метою і завданням досліджень.

У другому розділі автором висвітлено обсяг та методики експериментальних досліджень. Розділ вміщує опис конструкції дослідних зразків. Детально висвітлено технологію виготовлення зразків та процес і методику проведення експериментальних досліджень: подана схема випробувань та схема розміщення вимірювальних приладів, описано конструкцію стенду для випробування дослідних зразків. Подано фізико-механічні характеристики застосовуваних під час експерименту матеріалів. Розділ завершується висновками до розділу.

Третій розділ дисертаційної роботи вміщує результати та аналіз експериментальних досліджень. Детально описано процес тріщиноутворення, подані дані несучої здатності та деформативності дослідних зразках кожної серії на різних етапах завантаження. Розділ добре проілюстрований, результати досліджень представлені у вигляді значної кількості фотографій, таблиць та графіків. Розділ завершується висновками до розділу.

У четвертому розділі подані дані щодо розрахунку згинаних конструктивних залізобетонних елементів. Розділ містить також і порівняння результатів проведених теоретичних розрахунків несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності за нормативними документами з експериментальними даними дослідження балок, виготовлених з бетону на кварцовому піску та відходах збагачення залізних руд із традиційним сталевим, композитним базальтопластиковим та гібридним армуванням. У цьому ж розділі приведені рекомендації з вдосконалення розрахунку

тріщиностійкості та деформативності балок з гібридним армуванням. 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 впливають з тексту, що їм передує.

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 7 сторінках, містить 68 найменувань.

В трьох додатках представлені: патент на винахід та акти про впровадження результатів дисертаційних наукових досліджень.

Разом з тим, щодо дисертаційної роботи є такі зауваження:

1. Так як робота стосується гібридного армування і автором в 1 розділі подається опис використаних матеріалів, то поряд з описом базальтопластикової арматури та бетону доцільно б було в роботі дати коротку характеристику і металевої арматури.

2. Для виготовлення експериментальних балок було прийнято бетон класу С25/30 (стор. 42). На основі яких міркувань прийнято саме такий клас бетону?

3. Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-312:2016, для армування бетонних конструкцій використовують базальтопластикову арматуру класу АНКБП 600 та АНКБП 800 (п. 4.1) двох видів «а» і «б» (п. 4.2). В роботі вказано, що для армування зразків була використана базальтопластикові арматура класу АКБ 800 (табл. 2.1, стор. 40; стор. 42; стор. 51). Чому прийнятий такий клас арматури і якого виду («а» чи «б») застосовувалась базальтопластикові арматура в дослідних зразках?

4. При визначенні кубикової міцності бетону, згідно ДСТУ Б В.2.2-214:2009, еталонним кубом вважають куб з розміром ребра 150 мм. Чому для експериментальних досліджень були виготовлені куби з розміром ребра 100 мм (табл. 2.3, стор. 46)?

5. В таблицях та тексті роботи вказано, що для армування дослідних зразків було використано стрижні сталеві арматури класу А240 та А400. Разом з цим у пункті 2.3 роботи (стор. 43) вказано, що стрижні сталеві арматури зварювались. В такому випадку, відповідно до ДСТУ 3760:2019, доцільно було б використовувати арматурні стрижні класу А 240С та А400С.

6. За якою методикою визначалась призмове міцність бетону, яка зазначена в таблиці 2.4 (стор. 50), адже в описові дослідних зразків згадуються лише куби (стор. 46, 49)?

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

8. В тексті на стор. 54 вказано, що «...проковзування стержнів базальтопластикової арматури зафіксовано не було.». Дане твердження є

важливим для безпечної та надійної експлуатації конструкції. Яким чином під час експериментальних досліджень це відслідковувалось?

9. Загально прийнято, що експлуатаційні навантаження на конструкції становлять 0,7 від руйнуючого. Цікавим б було визначення величин прогинів та розкриття тріщин у конструкціях з гібридним армуванням саме при такому рівні навантаження, а не лише при навантаженні $\approx 60\%$, як вказано в роботі (стор. 111).

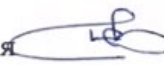
10. Виходячи із значного обсягу експериментального матеріалу та теоретичного обґрунтування, у загальних висновках було б доцільним вказати на оптимальне співвідношення гібридного армування (частку металевої та неметалевої арматур).

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 Волкова С.О. є цілісною, завершеною науковою працею, в якій вирішено науково-прикладне завдання дослідження міцності і деформативності бетонних конструкцій, що працюють на згин, із гібридним армуванням базальтопластиковою і сталевую арматурою, виготовлених із різних бетонних сумішей. 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 «Міцність і деформативність балок із бетонів на відходах збагачення залізних руд з гібридним армуванням металевою та базальтовою арматурою» відповідає всім вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор, **Волков Сергій 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 університету природокористування  Ю.Є. Фамуляк

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

Головний вчений секретар АНУП Л.є.н.



 Н.Є. Стойко