

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Гримака Олега Ярославовича
на тему «Міцність, деформативність і тріщиностійкість бетонних балкових конструкцій мостів із базальтопластиковою арматурою»,
представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Актуальність теми дисертації. Будівельна індустрія сьогодення характерна широким використанням залізобетону, як збірного так і монолітного, в якому традиційно використовується сталева арматура. Разом з тим 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, особливо при спорудженні будівель і споруд спеціального призначення. Використання такої арматури для армування бетонних конструкцій гальмується через недостатні експериментальні дослідження, обмежену нормативну базу та незначним практичним досвідом використання таких конструкцій.

Перспективним та багатообіцяючим напрямком використання неметалевої композитної арматури є конструкції транспортних споруд. Як відомо, в процесі експлуатації, в прогонових залізобетонних будовах мостів відбувається карбонізація та хлоризація бетону, що призводить до корозії сталевих арматур, а це зменшує несучу здатність та термін експлуатації споруди. За умови використання неметалевої композитної арматури цього недоліку можна позбутись.

Україна відома в світі своїми покладами базальту, що дозволяє випускати порівняно недорого 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 транспортному будівництві неметалевої композитної арматури на основі базальтових волокон. В цьому і полягає актуальність проведення досліджень конструкцій, армованих базальтопластиковою арматурою.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна. Дисертаційна робота присвячена вивченню питання несучої здатності, деформативності і тріщиностійкості бетонних балкових конструкцій мостів, армованих 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 базальтобетонних прогонових конструкцій транспортних споруд за дії на них малоциклових навантажень.

Робота виконана у Національному університеті «Львівська політехніка» на кафедрі автомобільних доріг та мостів в межах науково-дослідних тем «Розробити рекомендації з проектування базальтобетонних конструкцій мостів і труб» (номер державної реєстрації 0112U003779) та «Провести дослідження та розробити методику розрахунку бетонних конструкцій мостів, армованих базальтопластиковою арматурою на дію малоциклових навантажень» (номер державної реєстрації 0115U005137), замовник – Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор).

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в отриманні нових експериментальних даних напружено-деформованого стану, характеру руйнування, несучої здатності та деформативності балкових згинаних базальтобетонних елементів; впливу малоциклових навантажень високого рівня на ширину розкриття нормальних тріщин та прогинів і впливу мікроармування бетону базальтовою фіброю на роботу таких елементів; адаптована методика розрахунку залізобетонних згинаних елементів за нормами проектування мостів до розрахунку несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності згинаних базальтобетонних конструкцій мостів та запропоновані рекомендації до розрахунку таких конструкцій за дії малоциклових навантажень високого рівня; встановлено параметри випромінювання акустичної емісії згинаними базальтобетонними конструкціями.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в розробці алгоритмів розрахунку базальтобетонних конструкцій транспортних споруд та методики розрахунку таких конструкцій на дію малоциклових навантажень.

Мета дисертаційної роботи – це експериментально-теоретичні дослідження роботи під навантаженням бетонних та фібробетонних згинаних елементів, армованих композитною базальтопластиковою арматурою.

Задачами дисертації є експериментальні дослідження напружено-деформованого стану, несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності балкових згинаних базальтобетонних елементів з різним відсотком армування та вмістом базальтової фібри; визначення впливу малоциклових навантажень високого рівня на такі конструкції; розробка рекомендацій з розрахунку роботи згинаних базальтобетонних прогинних елементів при дії малоциклового навантаження високого рівня; можливість використання існуючої методики згинаних залізобетонних конструкцій мостів для аналогічних розрахунків базальтобетонних елементів; встановлення параметрів випромінювання акустичної емісії згинаних базальтобетонних конструкцій при утворенні тріщин за дії одноразових та малоциклових навантажень.

Об'єктом дослідження є робота згинаних бетонних і базальтофібробетонних елементів, армованих базальтопластиковою арматурою, а **предметом дослідження** – напружено-деформований стан, несуча здатність, тріщиностійкість та деформативність таких елементів, за дії одноразових та малоциклових навантажень.

Достовірність та обґрунтованість представлених результатів, запропонованих основних висновків забезпечена використанням методів математичного планування, методу прямого експерименту, методу акустичної емісії, методу прямого заміру переміщень прогиномірами та

індикаторами для визначення деформацій та прогинів, порівняльний аналіз збіжності теоретичних даних і даних, отриманих експериментальним шляхом.

Повнота викладу в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи автором доповідалися і обговорювалися на міжнародних науково-практичних конференціях та форумах (м. Рівне, 2011 р., м. Вільнюс, 2013 р., м. Луцьк, 2014 р., м. Одеса, 2015, 2018 рр., м. Полтава, 2015 р., м. Київ, 2016 р., м. Дніпро, 2016, 2018 рр.), наукових семінарах кафедри «Автомобільні дороги та мости» Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів, (2011-2019 рр.).

Основний зміст дисертаційної роботи викладений у 13 друкованих працях, із них: 5 статей опубліковані у спеціалізованих фахових виданнях, рекомендованих МОН України, 1 стаття у закордонному науковому періодичному виданні, 1 стаття у виданні, що є в переліку наукометричних баз даних (Index Copernicus). 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 авторефераті.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків. Дисертаційна робота викладена на 180 сторінках машинописного тексту.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків дисертанта доцільно розглянути за кожним розділом дисертації окремо.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, показано зв'язок з науковими програмами, сформульовану мету, задачу, предмет та методи дослідження, вказано наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

В першому розділі дисертації автор детально подає огляд літературних джерел, в яких висвітлено перспективи використання неметалевої композитної арматури в будівельних конструкціях, описано технологію виготовлення такого армування, вказані переваги та недоліки неметалевої композитної арматури порівняно зі сталевією. Подані відомості про історичний розвиток застосування неметалевого композитного армування у вітчизняному та зарубіжному будівництві. Окрема увага приділена фібробетонам. Відзначено позитивний вплив на міцнісні характеристики бетонів використання для його армування базальтової фібри. Так як на прогонові конструкції мостів діють циклічні навантаження, подані основні відомості про такий тип навантаження та проаналізовано результати виконаних досліджень з цієї тематики. Представлено інформацію щодо української та закордонної нормативно-рекомендаційної бази, що стосується використання неметалевого композитного армування бетонних конструкцій. Розділ завершується висновками та сформульованими задачами дослідження.

У другому розділі автором висвітлено методику визначення фізико-механічних характеристик вихідних матеріалів для дослідних зразків та результати їх експериментальних досліджень, а саме, базальтопластикової арматури різних діаметрів, традиційного бетону та фібробетону з армуванням базальтовою фіброю, які використовували для виготовлення дослідних зразків. Розділ завершується висновками до розділу.

Третій розділ дисертаційної роботи вміщує детальний опис конструкції та методики виготовлення дослідних зразків – бетонних та базальтофібробетонних балок, армованих базальтопластиковою арматурою. Детально висвітлено процес проведення експериментальних досліджень: подана схема випробувань та схема розміщення вимірювальних приладів, описано конструкцію стенду для випробування дослідних зразків та послідовність прикладання зовнішнього навантаження за дії на них одноразових і малоциклічних навантажень. В цьому ж розділі представлені результати експериментальних досліджень бетонних та базальтофібробетонних балок, армованих базальтопластиковою арматурою. Для виконання задач дисертаційного дослідження було підготовлено, виготовлено та досліджено сорок вісім натурних дослідних балкових зразків, що дозволило досить ґрунтовно проаналізувати роботу таких конструкцій та зробити цікаві висновки щодо їх несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності за умов одноразових та малоциклічних навантажень. Розділ добре проілюстрований, результати досліджень представлені у вигляді значної кількості таблиць та графіків. Розділ завершується висновками до розділу.

У четвертому розділі, за пропозицією автора, зроблена спроба адаптації методики розрахунку згинаних залізобетонних елементів за нормами проектування мостів (ДБН В. 2.3-14:2006) до розрахунку балкових згинаних базальтобетонних конструкцій мостів із базальтопластиковою арматурою за першою та другою групами граничних станів. Вміщені алгоритми розрахунку міцності перерізів базальтобетонних балок, нормальних до поздовжньої осі елемента, розрахунку тріщиностійкості та деформативності таких конструктивних елементів. На основі проведених досліджень та аналізу отриманих результатів розроблені пропозиції щодо розрахунку та проектування базальтобетонних конструкцій з армуванням базальтопластиковою арматурою з врахуванням дії малоциклічних навантажень. При розрахунку таких конструкцій за другою групою граничних станів запропоновано вводити додаткові емпіричні коефіцієнти у нормативні формули ДБН для розрахунку ширини розкриття тріщин, нормальних до поздовжньої осі елемента, та величини прогинів. В процесі проведених експериментів було встановлено параметри випромінювання акустичної емісії згинаних базальтобетонних конструкцій при утворенні тріщин за дії одноразових та малоциклічних навантажень. Крім того, моделювання роботи таких конструкцій проводилось з використанням програмного комплексу «ЛІРА-САПР» у системі ЛАРМ-САПР. У цьому ж розділі приведено перелік об'єктів дорожньої інфраструктури, де було при проектуванні використано результати теоретичних та експериментальних досліджень та визначено економічну ефективність за умови використання базальтопластикової арматури при армуванні бетонних конструкцій. 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 16 сторінках, містить 143 найменування.

В чотирьох додатках представлені довідки про впровадження результатів наукової роботи, подані результати експериментальних досліджень базальтобетонних та базальтофіробетонних балок за дії малоциклових навантажень та вміщена фотофіксація випробуваних балкових зразків.

Разом з тим, щодо дисертаційної роботи є такі зауваження:

1. Згідно діючих на сьогодні нормативних документів позначення класу бетону (В20 – стор. 29, В35 – стор. 59, В40, В45 – стор. 55, 56) та арматури (А-I – стор. 66, А-III – стор. 34, 111, 124, 127) є застарілими.
2. Для визначення фізико-механічних властивостей базальтопластикової арматури було описано два способи закріплення кінців стрижнів арматури в затискачах розривної машини (стор. 48). З тексту дисертації не зовсім зрозуміло – це власна розробка чи нормативна.
3. В програмі експериментів закладено 6 серій балкових зразків, які різняться діаметром базальтопластикової арматури (4, 6, 8, 10, 12 та 13 мм), а фізико-механічні характеристики визначались лише для стрижнів арматури п'яти діаметрів (табл. 2.1...2.6). Таблиця з фізико-механічними характеристиками базальтопластикової арматури діаметром 13 мм відсутня.
4. Який фактор був визначальним, що в експериментах була використана базальтопластиковою арматура періодичного профілю виду «А», а не виду «Б» (відповідно до ТУ У В.2.7-25.2-34323267-001:2009).
5. Які критерії вплинули на вибір базальтової фібри саме таких розмірів (діаметр 16 мікрон, довжина 24 мм) та її вміст в масиві бетону (2, 4 та 6% до маси цементу) (стор. 59).
6. Не зовсім зрозуміло, як були отримані різні класи бетону (табл. 2.9, стор. 55, 56) за однакового складу бетонної суміші (стор. 53).
7. Відсутня інформація щодо способу виготовлення арматурних кістяків (стор. 68, рис. 3.2а та стор. 66) – яким чином відбувалось приєднання сталеві поперечної арматури до поздовжніх базальтопластикових стрижнів та способу фіксації арматурних кістяків в металевій касетній опалубці в процесі бетонування.
8. У висновках щодо застосування базальтової фібри (стор. 91, 97, 98) вказано на її позитивний вплив на загальну роботу базальтофіробетонних елементів, а табл. 3.6 (стор. 85) побудована так, що природи вказані зі знаком «-».
9. В загальних висновках (стор. 129) у п. 3 запропоновано у формулу для визначення ширини розкриття тріщин базальтобетонних елементів з мікроармуванням бетону базальтовою фіброю ввести коефіцієнт ψ . Не цілком зрозуміло, за яким алгоритмом отримано його значення на відміну від коефіцієнтів $\psi_{сус}^{сгс}$ (п. 4) та $\psi_{сус}^f$ (п. 5), порядок визначення значень яких описано в розділі 4.
10. Доцільно б було провести числовий експеримент розрахунку базальтофіробетонних балкових елементів за дії малоциклових навантажень за запропонованою методикою із зміною класу бетону для визначення оптимального класу базальтофіробетону для балкових мостових конструкцій.

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 Гримака О.Я. є цілісною, завершеною науковою працею, в якій вирішено науково-прикладне завдання з врахування дії малоциклічних навантажень на прогонові бетонні та базальтофібробетонні конструкції з армуванням базальтопластиковою арматурою. Дослідження проведено на високому науковому рівні, дисертацію та автореферат оформлено згідно з існуючими вимогами «Порядку присудження наукових ступенів».

Особливо хотів би ще раз відмітити значний обсяг експериментального матеріалу (48 дослідних балкових зразків).

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, деформативність і тріщиностійкість бетонних балкових конструкцій мостів із базальтопластиковою арматурою» відповідає всім вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор, **Грибак Олег Ярославович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.**

Офіційний опонент, кандидат технічних наук,
доцент, завідувач кафедри технології та
організації будівництва Львівського
національного аграрного університету



Ю.Є. Фамуляк

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

Головний вчений секретар ЛНАУ, к.с.н.



І.М. Лаврів