

Відгук
офіційного опонента доктора технічних наук, професора
ЯКОВЕНКА Ігоря Анатолійовича
на дисертаційну роботу **ПЕНЦ Марини Володимирівни**
«Міцність кам'яної кладки при стискові»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 19 – «Архітектура та будівництво»
за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»
до разової спеціалізованої вченої ради ДФ 44.052.034
Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Дисертаційна робота Пенц М.В. виконана у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» Міністерства освіти і науки України. На підставі вивчення дисертації та опублікованих за дослідженою темою наукових праць здобувача, а також матеріалів щодо апробації та практичного впровадження результатів виконаного Пенц Мариною Володимирівною наукового дослідження, можна констатувати наступне щодо актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, достовірності та наукової новизни одержаних результатів, повноти їхнього викладення у наукових працях та визначити загальну оцінку проведеного дослідження.

Актуальність обраної теми дослідження обумовлена підвищенням достовірності методів оцінювання несучої здатності кам'яних конструкцій, частка яких у загальній структурі цивільного будівництва України становить від 65% до 70%.

Незважаючи на тривалий період досліджень у цій галузі, починаючи з кінця ХІХ – початку ХХ ст., окремі питання механіки роботи кладки залишаються недостатньо вивченими, що знаходить відображення і у чинних нормативних документах.

Однією із таких проблем є визначення міцності кам'яної кладки при осьовому стиску. Існуючі нормативні підходи передбачають використання різних типів дослідних зразків, які відрізняються геометричними параметрами й умовами випробування, що ускладнює зіставлення експериментальних результатів і не дозволяє сформувати єдину методичну основу для визначення розрахункової міцності кладки. Не менш дискусійним залишається питання оцінювання опору кам'яної кладки при місцевому стиску, де характер напружено-деформованого стану суттєво відрізняється від умов осьового навантаження, а існуючі інженерні методики не завжди забезпечують достатню точність прогнозування несучої здатності.

Дисертаційне дослідження Пенц М.В., спрямоване на вдосконалення експериментального визначення міцності кам'яної кладки при осьовому стиску. Авторка зосередила увагу на розробці теоретично обґрунтованої методики оцінювання опору кам'яної кладки при місцевому стиску із подальшою перевіркою отриманих результатів засобами чисельного моделювання, що підкреслює актуальність обраного дослідження, наукове обґрунтування і

прикладне значення. Це відповідає предметній області спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» і надає подальшого розвитку розрахункових методів будівельних конструкцій, а саме кам'яних та армокам'яних у галузі будівельної науки.

Зв'язок дисертації з науковими програмами і планами, темами.

Дисертація виконана в рамках науково-дослідницької програми кафедри будівельних конструкцій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» на тему: «Дослідження і розроблення інженерних методів розрахунку опору руйнуванню й деформуванню бетонних і залізобетонних, кам'яних та армокам'яних елементів, що зазнають неоднорідний напружено-деформований стан при різному характері навантаження і впливів» (номер державної реєстрації 0117U003248) та у рамках держбюджетної науково-технічної роботи: «Ресурсоощадні технології прискореного відновлення пошкоджених будівель із влаштуванням захисних споруд цивільного захисту», яка фінансується за рахунок коштів державного бюджету України (номер державної реєстрації 0125U000895).

Зміст дисертації узгоджується із зазначеною тематикою, оскільки охоплює удосконалення методу експериментального визначення міцності кам'яної кладки при осьовому стиску та пов'язаний із розробкою методики визначення опору кладки при місцевому стиску в умовах об'ємного напруженого стану. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими напрямками кафедри будівельних конструкцій і науково-технічною роботою темою є змістовним та відповідає меті проведеного дослідження.

Рівень виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Базовими складовими дисертації є наукове обґрунтування та розроблення методики визначення опору кладки при місцевому стиску в умовах об'ємного напруженого стану та удосконалення методу експериментального визначення міцності кам'яної кладки при осьовому стиску.

Для досягнення зазначеної мети у дисертації були поставлені завдання, зокрема:

- проаналізувати існуючий сучасний стан наукової задачі щодо визначення параметрів та факторів, які впливають на міцність кам'яної кладки на осьовий та місцевий стиск на засадах проведених експериментів із варіюванням типів та розмірів дослідних зразків;
- розробити методику і виконати експериментальні дослідження фрагментів цегляних стовпів, призм та стінки на осьовий стиск та стін при місцевому стиску у випадку розташування площадки навантаження біля лицьової грані;
- надати практичні рекомендації щодо форми та розмірів дослідних зразків при визначенні характеристики міцності кладки при осьовому стиску;
- розв'язати задачу визначення міцності кам'яної кладки за умов локального стиску із застосуванням варіаційного підходу теорії пластичності;
- виконати чисельне моделювання кладки в умовах місцевого стиску із порівнянням результатів за запропонованою методикою та отриманими

експериментальними даними;

– надати практичні рекомендації щодо методики розрахунку кладки при місцевому стисненні.

Об'єктом дослідження є стиснення цегляної кладки кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд.

Предмет дослідження – міцність цегли у кам'яній кладці при дії осьового та місцевого стиску.

Теоретико-методологічною основою дисертаційного дослідження є загальнонаукові та спеціальні методи пізнання явищ та процесів: аналіз, синтез, індукція, дедукція, аналогія, абстрагування, монографічний, графічний, системний, логічний методи та інші.

У теоретичних і чисельних дослідженнях роботи використані спеціалізовані методи: механіки твердого деформівного тіла, метод скінченних елементів та теорії пружності і пластичності.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність.

Обґрунтованість отриманих результатів забезпечується логічною побудовою дослідження, чітким формулюванням мети і завдань, використанням сучасних теоретичних та експериментальних методів дослідження, що відповідають поставленим у роботі завданням. Авторкою виконано ґрунтовний аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних наукових праць та нормативних документів щодо визначення міцності кам'яної кладки при осьовому та місцевому стиску. Це дозволило виявити наявні проблемні питання, зокрема відсутність єдиного підходу до вибору геометричних параметрів дослідних зразків та існуючі розбіжності між експериментальними результатами і розрахунковими залежностями.

Достовірність основних наукових положень підтверджується значним обсягом експериментальних досліджень, проведених із використанням сучасного випробувального обладнання та методик, статистичним опрацюванням отриманих результатів, їх аналізом і зіставленням із даними, наведеними у науковій літературі та нормативних документах. Запропоновані рекомендації щодо визначення міцності кам'яної кладки й оцінювання її роботи за умов місцевого стиску ґрунтуються на результатах власних досліджень авторки та є достатньо аргументованими.

Сформульовані висновки повністю відповідають поставленій меті та завданням дисертації, логічно випливають із отриманих результатів і свідчать про належний рівень наукової обґрунтованості виконаного дослідження.

Основні наукові положення і висновки дисертаційної роботи апробовані і пройшли обговорення на всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях у 2023–2026 роках.

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась на розширеному науковому фаховому семінарі кафедри будівельних конструкцій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» у червні 2026 р.

Враховуючи вищенаведене, слід вважати, що ступінь обґрунтованості наукових положень та висновків є такою, що відповідає вимогам до

дисертаційних робіт, представленим на отримання наукового ступеня доктора філософії.

Новизна наукових положень та результатів, отриманих і представлених у дисертаційній роботі Пенц М.В. полягає у наступному:

- вперше отримані нові експериментальні дані щодо характеру руйнування та значень граничних навантажень цегляних стовпів, призм та стінки при осьовому стиску і цегляних стін при місцевому стиску в околиці їхньої грані;

- вперше аналітично отриманий розв’язок задачі визначення міцності цегли у кам’яній кладці за умов місцевого стиску із застосуванням варіаційного підходу теорії пластичності;

- удосконалено розрахункову процедуру верифікації побудованих чисельних моделей щодо визначення міцності цегли у кам’яній кладці за умов місцевого стиску із застосуванням методу скінчених елементів;

- набули подальшого розвитку підходи до визначення параметрів напружено-деформованого стану у кам’яній кладці за умов місцевого стиску із застосуванням варіаційного підходу теорії пластичності.

Практичне значення отриманих результатів полягає у подальшому використанні запропонованих методів визначення міцності цегли у кам’яній кладці як при осьовому, так і при місцевому стиску. За результатами експериментальних досліджень обґрунтовано доцільність використання цегляної стінки як еталонного зразка у визначенні міцності кладки при осьовому стиску, що може бути враховано під час удосконалення методик експериментальних випробувань.

Практичне значення мають також запропонована методика визначення міцності цегли у кам’яній кладці при місцевому стиску на основі варіаційного методу теорії пластичності та результати її верифікації за допомогою експериментальних досліджень і чисельного моделювання. Отримані результати можуть бути використані при вдосконаленні нормативних документів із проєктування кам’яних конструкцій, у діяльності проєктних і науково-дослідних організацій, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти будівельного профілю.

Запропоновані рішення використані під час будівництва об’єкту дошкільного навчального закладу у м. Підгорне та багатоквартирного багатоповерхового житлового будинку у м. Полтава.

Повнота викладу матеріалів роботи в опублікованих працях.

Основні результати дисертаційної роботи викладені у 16 наукових працях, з них 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії Б, 2 публікації у міжнародних періодичних виданнях, що включені до НМБД Scopus, 9 публікації тез доповідей за матеріалами конференцій апробаційного характеру.

Зміст опублікованих праць достатньо повно відображає результати дисертації. Аналіз публікацій Пенц М.В. свідчить, що вони всебічно і достатньо повно висвітлюють наукові положення, висновки та рекомендації, які знайшли своє відображення у дисертації. У публікаціях, виконаних у співавторстві, чітко

зазначено особистий внесок здобувача у відповідності до отриманих результатів. Основний зміст дисертації характеризується послідовністю та логічністю.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація та наукові публікації, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не містять порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації). Положення і результати інших авторів наведено з належними посиланнями, а використані джерела включено до списку використаних джерел. Особистий внесок здобувача у працях, підготовлених у співавторстві, розкрито на стор. 5–9 дисертаційної роботи. Підстав для сумнівів щодо самостійності виконання дослідження немає.

Значимість роботи для науки і техніки. Отримані у дисертації наукові, експериментальні та практичні результати можна використовувати у будівельній галузі при проектуванні нових та оцінюванні несучої здатності існуючих кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд.

Склад і структура дисертаційної роботи. Дисертаційна робота Пенц Марини Володимирівни складається з анотацій (українською та англійською мовами), списку публікацій здобувача за темою дисертації, змісту, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 134 найменувань, одного додатку. Загальний обсяг роботи складає 148 сторінок, з яких 118 сторінок основного тексту, 96 рисунків, 24 таблиці, 14 сторінок списку використаних джерел та 3 сторінок додатків.

Представлена до захисту дисертаційна робота оформлена згідно з чинними вимогами МОН України, містить усі необхідні складові.

Зміст анотацій розкриває основні положення та характеризує зміст дисертаційної роботи.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дисертаційного дослідження та його актуальність; наведені мета та задачі дослідження; предмет та об'єкт дослідження; наукова новизна та практичне значення результатів роботи; особистий внесок здобувача; апробація дисертаційної роботи; публікації здобувача за темою дисертації; структура і обсяг роботи.

Перший розділ дисертації присвячений аналізу сучасного стану досліджень міцності кам'яної кладки при стиску, зокрема класичних і сучасних підходів до визначення міцності кладки при осьовому стиску. Особливу увагу приділено питанням вибору геометричних параметрів дослідних зразків, які застосовуються для експериментального визначення зазначеної міцносної характеристики. Розглянуті питання особливостей роботи кладки й її розрахунку при місцевому стиску. Підтверджена актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі досліджень, встановлена доцільність виконання обраної теми.

Другий розділ дисертації містить опис програми виконання експериментів, яка є комплексною та включає випробування трьох типів центральних зразків при осьовому стиску (три стовпи із розмірами поперечного

перерізу 250×250 , 380×380 та 510×510 мм висотою 1,0 м, три пари призм висотою 3, 5 та 7 рядів кладки, а також фрагмент стіни розмірами 900×440 мм; призми і стінка товщиною в півцеглини), а також дослідження роботи двох цегляних стін розмірами $1030 \times 740 \times 380$ мм при локальному прикладанні навантаження через металеві штампи розмірами 150×250 , 100×250 , 150×100 , 100×150 та 100×100 мм, які розташовувалися біля лицьової грані стіни в різних положеннях за її довжиною). Випробування всіх дослідних зразків відбувалося в лабораторії кафедри будівельних конструкцій Національного університету «Полтавської політехніки імені Юрія Кондратюка» на пресі ПММ-500.

У **третьому розділі** наведено результати випробування дослідних зразків. Виконаний порівняльний аналіз механізмів руйнування та величини граничного навантаження різних типів дослідних зразків при осьовому стиску дозволив надати рекомендації щодо форми і розмірів еталонного дослідного зразка. При прикладанні навантаження через штампи з шириною менше товщини стіни, було зафіксовано руйнування, при якому під площадкою навантаження утворювалася піраміда ущільнення, котра виступала ініціатором розколювання зразка за вертикальною площиною, що виходила на обидві лицьові грані стінки; визначено вплив геометричних параметрів навантажувальної площадки на величину руйнівного навантаження: при збільшенні значення співвідношення довжини площадки до висоти зразка значення його опору зменшується.

У **четвертому розділі** авторкою розроблено кінематичні схеми руйнування кам'яної стіни при дії прямокутного штампа, які відображають експериментально встановлений механізм руйнування елементів.

На основі варіаційного підходу отримано аналітичні залежності для визначення граничного навантаження при місцевому стиску, що враховують геометричні параметри навантажувальної площадки, співвідношення її розмірів із висотою та шириною елемента, а також міцнісні характеристики цегли та розчину. Запропоновані розрахункові залежності можуть бути використані як основа для подальшого вдосконалення інженерних методик оцінювання міцності кам'яної кладки при місцевому стиску.

У **п'ятому розділі** виконано чисельне моделювання роботи кам'яної кладки при місцевому стиску із застосуванням програмного комплексу Abaqus/Standard з використанням моделі матеріалу Concrete Damaged Plasticity, що дозволило відтворити нелінійну поведінку кладки та процес її руйнування.

Підтверджено утворення під навантажувальним штампом ущільненого ядра та розвиток вертикальних тріщин розколювання по обидва боки від зони прикладання навантаження, що повністю відповідає картині руйнування, отриманій під час експериментальних досліджень.

Авторкою проведене порівняння несучої здатності кам'яної кладки, визначеної чотирма незалежними підходами: за чинною нормативною методикою, варіаційним методом, методом скінчених елементів та результатами експериментальних досліджень. Отримані результати дозволили визначити область їхнього практичного застосування. Встановлено, що хоча чисельне моделювання добре відтворює середню несучу здатність конструкції,

запропонований варіаційний підхід забезпечує більш стійкі результати при аналізі всієї вибірки експериментальних даних.

Загальні висновки по роботі відображають отримані у процесі дослідження результати, підтверджують поставлені задачі та обґрунтовують наведену наукову новизну.

У **додатках** розміщені довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

Побудова роботи логічна, всі розділи дисертації пов'язані між собою.

У процесі виконання дисертаційного дослідження авторка продемонстрував високий рівень наукової підготовки, здатність самостійно формулювати дослідницькі завдання, обґрунтовувати вибір методів їх вирішення та успішно доводити отримані результати до практичної реалізації.

Висновки та пропозиції, що викликають певні сумніви, зауваження або вказують на окремі суперечності та можуть слугувати підґрунтям дискусії під час захисту дисертації. Оцінюючи дисертацію Пенц Марини Володимирівни, яка виконана на достатньо високому науковому рівні, слід висловити деякі зауваження, які відносяться до дискусійних питань та побажань:

1. У вступі не відображений зв'язок дисертації з науковими програмами і планами, темами, які затверджені на загальнодержавному та міністерському рівнях.

2. Досить цікавим є проведений огляд-аналіз, присвячений питанням забезпечення несучої здатності кам'яних конструкції при дії стискаючих зусиль. Бажано було б навести схему-класифікацію існуючих розрахункових алгоритмів, що значно спростило б сприйняття та розуміння існуючих невирішених проблем у даному напрямку.

3. Доволі стисло приведено аналіз цілої плеяди провідних наукових шкіл України за обраною темою: Лисенка Є.Ф., Ватагіна О.С., Дорогєєва Ю.О., Кічаєвої О.В. та ін.

4. З тексту дисертації не є зрозумілим, чи зміняться отримані автором рекомендації щодо вибору раціональних типів дослідних зразків у разі використання кладки з вищою або нижчою міцністю цегли та будівельного розчину?

5. Потребує додаткового пояснення прийняття знижувального коефіцієнта 0,85 у результатах визначення опору кладки при місцевому стиску варіаційним методом. На скільки його значення, на думку авторки, може бути універсальним у різних типах кам'яної кладки?

6. У чисельному моделюванні використана макромодель кам'яної кладки з моделлю матеріалу Concrete Damaged Plasticity. Дискусійним є питання щодо впливу прийнятого рівня макроідеалізації на можливість відтворення локальних процесів руйнування, зокрема взаємодії цегли та розчину у зоні утворення тріщин.

7. Не є зрозумілим яким чином запропоновані рекомендації щодо вибору геометричних параметрів дослідних зразків можуть бути поширені на інші види кам'яної кладки, які відрізняються типом каменю, товщиною горизонтальних

швів та міцністю розчину?

8. Які чинники є визначальними при формуванні запропонованої кінематичної схеми руйнування кам'яної кладки при місцевому стиску та якою мірою зміна геометричних параметрів навантажувальної площадки може впливати на характер подальшого руйнування?

9. Результати чисельного моделювання підтвердили характерний механізм руйнування кладки при місцевому стиску. Напрямом подальших досліджень можна вважати верифікацію чисельної моделі у ширшому діапазоні варіювання геометричних параметрів конструкцій, розмірів навантажувальних площадок та фізико-механічних характеристик матеріалів.

Загальні висновки

Зроблені зауваження не знижують як теоретичного, так і практичного загальнонаціонального значення дисертаційної роботи та можуть бути враховані при проведенні подальших наукових досліджень.

Вважаю, що за обсягом проведених теоретичних і експериментальних досліджень та їх науковим рівнем, важливістю теоретичних і прикладних результатів, повнотою опублікування, апробації та впровадження, – дисертаційна робота Пенц Марини Володимирівни на тему: «Міцність кам'яної кладки при стискові» є завершеною науковою працею. У роботі розв'язано науково-прикладне завдання щодо удосконалення методу експериментального визначення міцності кам'яної кладки при осьовому стиску із розробкою методики визначення опору кладки при місцевому стиску в умовах об'ємного напруженого стану.

Дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з наказом МОН №759 від 31 травня 2019 року) та кваліфікаційним вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (постановою КМУ від 12.01.2022 №44 зі змінами), а її авторка ПЕНЦ Марина Володимирівна, заслуговує на присудження наукового ступіня доктора філософії за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» з галузі знань 19 – «Архітектура та будівництво».

Офіційний опонент,
завідувач кафедри будівництва
Національного університету
біоресурсів і природокористування України,
доктор технічних наук, професор

Ігор ЯКОВЕНКО