

Відгук
офіційного опонента доктора технічних наук, професора
ЯКОВЕНКА Ігоря Анатолійовича
на дисертаційну роботу
ПОГРІБНОГО Володимира Володимировича
на тему:

«Методологія оцінювання несучої здатності залізобетонних і кам'яних конструкцій з використанням умов екстремуму деформування»,
представлену у спеціалізовану вчену раду Д 44.052.02 при Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Актуальність обраної теми дослідження. Представлена до захисту дисертаційна робота Погрібного В.В. направлена на вирішення наукової проблеми оцінювання несучої здатності залізобетонних і кам'яних конструкцій на основі використання умов екстремуму деформування.

Застосування емпіричних залежностей в існуючих методах оцінювання несучої здатності та опору будівельних конструкцій доволі широко розповсюджені у практиці проєктування і обмежуються умовами проведених експериментів. Використання такого аналітичного апарату призводить до суттєвих неточностей. Але під час виконання експериментальних досліджень, можна чітко спостерігати за поведінкою конструкцій у граничному стані. Це дозволило автору обґрунтовано використовувати відповідні принципи, положення та концепції механіки деформівного твердого тіла, у тому числі теорії пластичності, в якості загальної теоретичної основи для створення методології представлених у дисертаційній роботі розрахунків. Автор застосовує у якості загальної теоретичної основи для визначення несучої здатності залізобетонних і кам'яних конструкцій умови екстремуму деформування.

Отже, тема обраних досліджень є **актуальною**, має теоретичне значення та практичне застосування під час проєктування балкових залізобетонних і армокам'яних конструкцій, коротких залізобетонних консолей, бетонних та кам'яних опор при місцевому стиску, цегляних стін за сумісної дії вертикального і горизонтального (у тому числі й сейсмічного) навантаження, удосконалення конструктивних рішень та підвищення експлуатаційної придатності.

Зв'язок роботи з науковими програмами і планами, темами. Дисертаційні дослідження проведені у рамках держбюджетних тем НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»: «Збірно-монолітна конструктивна система під соціальне житло» (номер державної реєстрації 0113U000383), «Комплексні конструктивні рішення забезпечення енергоефективності громадських будівель в умовах євроінтеграції» (номер державної реєстрації 0118U001097), «Енергоефективні конструктивні

рішення елементів будівель» (державний реєстраційний номер 0121U109497), «Ресурсоекономні конструкції та планувальні рішення сталезалізобетонних систем для споруд цивільного захисту в нових та реконструйованих будівлях» (номер державної реєстрації 0123U102068), а також відповідають пріоритетному напрямку науково-дослідних робіт кафедри будівельних конструкцій 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 впливів і середовища» (номер державної реєстрації 0117U003248).

Тема дисертації відповідає сучасним напрямкам науково-технічної політики держави щодо регулювання питання організації оцінювання технічного стану та виконання першочергових робіт з відновлення пошкоджених внаслідок бойових дій будівель та споруд згідно постанови КМУ від 19.04.2022 р. № 473 «Порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії РФ, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд».

Склад і структура дисертаційної роботи. Дисертаційна робота Погрібного Володимира Володимировича з анотацій (українською та англійською мовами), списку публікацій здобувача за темою дисертації, змісту, вступу, переліку основних умовних позначень, семи розділів, висновків, списку використаних джерел із 494 найменування, семи додатків. Загальний обсяг роботи складає 480 сторінок, з яких 309 сторінок основного тексту, 143 рисунки, 72 таблиці, 58 сторінок списку використаних джерел та 75 сторінок додатків.

Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

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; представлений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; наведені мета та задачі дослідження; предмет та об'єкт дослідження; розкриті використані методи дослідження; наукова новизна та практичне значення результатів роботи; особистий внесок здобувача; апробація дисертаційної роботи; публікації здобувача за темою дисертації; структура і обсяг роботи.

У **першому розділі** дисертації проаналізовані та систематизовані етапи розвитку та вдосконалення теорії пластичності, варіаційного числення, екстремальних принципів. Приділена увага методу характеристичних ліній, дискретним та розривним рішенням задач опору та несучої здатності.

Показані можливості математичного апарату теорії пластичності щодо

отримання достатньо простих розривних рішень при визначенні опору пластичних тіл, як альтернативу складним дискретним рішенням та методу скінчених елементів.

Аналіз існуючих методів розрахунку несучої здатності бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій показує можливість визначення напружено-деформованого стану на стадії руйнування із застосуванням загальної основи теорії пластичності. Автором представлені перспективи застосування теорії пластичності при локалізації інтенсивної деформації на поверхні зсуву, що характерно для бетону та кам'яної кладки, розривних рішень для спрощення інженерних розрахунків.

Розроблена структурно-логічна схема вирішення науково-технічної проблеми, яка базується на двох напрямках: принципу віртуальних швидкостей та принципу віртуальних напружень.

Підтверджена актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі досліджень, встановлена доцільність подальшої систематизації на теоретичній основі та додаткового врахування факторів, які впливають на несучу здатність конструкцій.

Другий розділ присвячений адаптації математичного апарату теорії пластичності до бетону та залізобетону щодо розв'язання широкого кола задач опору елементів на стадії руйнування пластичного кінематичного механізму. Цей механізм характеризується локалізацією направленої інтенсивної деформації за цілим перерізом та одночасністю існування граничного стану за всією областю руйнування за наявності зон стиску і розтягу.

Враховуючи наближені до бетону відношення характеристик міцності при розтязі та стиску й деформативні властивості кам'яної кладки, запропонований математичний апарат можливо застосовувати і для кам'яних елементів.

Автором запропоновано визначати «міру пластичності» бетону як відношення висоти стиснутої зони бетону на стадії руйнування до її висоти на пружній стадії роботи для коротких бетонних елементів, що згинаються. Міра пластичності дозволяє оцінити повноту інтервалу плоских напружених станів за дійсних площин ковзання, при яких реалізується зріз.

Застосування теорії пластичності бетону на інтервалах напружених станів двовісного стиску обмежується областю нерівномірного стиснення. Вплив армування розглядається автором як обтиснення.

Третій розділ дисертації описує оцінювання напружень бетонних і кам'яних елементів варіаційним методом при дії центрального та позакентровому стиску, сумісному прикладанні вертикального і горизонтального навантаження, місцевому односторонньому та двосторонньому стиску. Охарактеризований вплив дії прямокутного штампа на бетонну основу із урахуванням специфіки НДС. Автором запропоновані відповідні кінематичні схеми руйнування щодо застосування перелічених видів навантаження на елементи та отримані аналітичні залежності щодо визначення невідомих напружень та зусиль із варіюванням куту напрямку

поверхні руйнування до дії сили стиску та куту напрямку швидкості розділених шаром пластичності жорстких дисків до поверхні зрізу.

Для клиновидних бетонних елементів встановлена залежність напруження від кута клину, при збільшенні значення якого опір підвищується. Запропонований алгоритм вдавлювання прямокутного штампа в бетонну основу шляхом послідовного переміщення розташованої безпосередньо під штампом трикутної зони, бетон якої при зростанні деформації на низхідній гілці деформування роздроблюється.

Визначені сполучення характеристик міцності цегли та каменів правильної форми і міцності розчинних швів, за яких кладка може вважатися монолітною та розрахунковий переріз проходить по цеглі (каменю).

Четвертий розділ роботи присвячений оцінюванню несучої здатності залізобетонних і армокам'яних конструкцій за нормальними перерізами при дії згинального моменту. Розглянуто випадок руйнування стиснутої зони бетону та кам'яної кладки, що призводить до втрати несучої здатності елементів.

Автором проаналізовані характеристики діаграми «напруження–деформація» бетону при стиску, яка засвідчує, що середнє напруження, коефіцієнт повноти епюри напружень та зусилля, що сприймає стиснута зона, досягають своїх максимальних значень на низхідній гілці діаграми і за подальшого зростання деформації знижуються.

Встановлено, що рівень граничної деформації бетону (кам'яної кладки) визначається з використанням екстремального принципу в теорії пластичності: максимуму прирощення напружень на прирощеннях деформації.

Також наведений спрощений алгоритм розрахунку для визначення несучої здатності залізобетонних і армокам'яних конструкцій за нормальними перерізами при дії згинального моменту. Визначені значення параметрів ω_R та χ_R для бетону та кам'яної кладки нормативних класів, які відповідають характеристикам діаграми деформування, визначеним за рівнем η_R .

П'ятий розділ присвячений впливу умови мінімуму потужності пластичної деформації на несучу здатність бетонних, залізобетонних кам'яних та армокам'яних конструкцій. Наведені алгоритми визначення несучої здатності залізобетонних балок за похилими перерізами, які базуються на поєднанні «фермової аналогії» та «дискової моделі». Передумовою побудови цих алгоритмів є розв'язок задачі визначення зусиль армованої похилої стиснутої смуги та ділянки біля опори за наявності небезпечної похилої тріщини з урахуванням роботи клиновидної стиснутої зони бетону.

Автором запропонований спосіб розрахунку несучої здатності залізобетонних консолей на дію поперечної сили при зрізі у межах похилої смуги з урахуванням специфіки роботи бетону та впливу поздовжнього та поперечного армування. Також наведений алгоритм щодо визначення несучої здатності кам'яних конструкцій при сумісній дії вертикального та

горизонтального (у тому числі сейсмічного) навантаження. Встановлені залежності руйнування цегляних простінків при зрізі за цілим перерізом та діагональному розколюванні.

Наведений спосіб визначення зусиль, які сприймають бетонні опорні ділянки, що базується на залежностях визначення опору місцевому стиску теорії пластичності.

Шостий розділ присвячений перевірці теоретично визначеної несучої здатності бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій із результатами проведених експериментальних досліджень та їхньому порівнянню з нормативними методиками.

Автором представлено обґрунтування прийнятої для дослідних матеріалів умови міцності. Підтверджено застосування розрахункових схем для бетонних призм і кам'яних стовпів при осьовому стиску, бетонних клинів та кам'яної кладки за сумісної дії вертикального та горизонтального (нормального та дотичного) навантажень, опорних ділянок при дії місцевого навантаження, балкових залізобетонних та армокам'яних конструкцій при визначенні несучої здатності за нормальними та похилими перерізами, коротких консолей обґрунтовано експериментально.

Виконаний аналіз отриманих за нормативними методами результатів розрахунку несучої здатності бетонних, залізобетонних, кам'яних і армокам'яних конструкцій, – підтверджує доцільність їхнього уточнення шляхом урахування цілого ряду додаткових визначальних факторів.

У сьомому розділі обґрунтовані способи розрахунку з використанням умов екстремуму деформування бетону та кам'яної кладки шляхом експериментальної перевірки їхньої достовірності для різних видів напружено-деформованого стану та виконаного порівняння з нормативною методикою.

Наведені пропозиції щодо удосконалення конструктивних рішень несучих елементів сучасних конструктивних систем будівель і споруд: збірна залізобетонна мостова балка, армована високоміцною арматурою; монолітні залізобетонні ригелі плоских перекриттів цивільних будівель; стикове з'єднання залізобетонних колон багатоповерхових житлових будівель; цегляні простінки.

Представлені шляхи оцінювання залишкової несучої здатності конструкцій та підвищення їхньої експлуатаційної придатності на основі проведених натурних обстежень.

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

У додатках наведені: приклади розв'язання задач опору бетонних і кам'яних елементів з використанням критерія мінімуму потужності пластичної деформації; значення граничних деформацій стиснутого бетону, отримані за різними методиками; гармонізація полінома п'ятого степеня з

дробово-раціональною функцією; діаграми «напруження-деформація» стиснутого бетону, описані гармонізованим поліномом п'ятого степеня для різних класів міцності; приклади розрахунку несучої здатності залізобетонних і кам'яних конструкцій з використанням умов екстремуму деформування; список публікацій здобувача за темою дисертації з визначенням його особистого внеску; довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи.

Наукову новизну дисертаційного дослідження складають:

→ вперше:

- застосований кут дотичної до умови міцності бетону та кам'яної кладки ψ , який спрощує визначення параметрів опору бетонних (залізобетонних) та кам'яних (армокам'яних) елементів в умовах плоского напруженого стану та плоскої деформації;

- отримана межа реалізації зрізу бетону в області змішаних напружених станів шляхом звуження інтервалу дійсних площин ковзання за величиною міри пластичності;

- отримані алгоритми визначення напружень бетонних і кам'яних елементів в умовах плоскої деформації при одновісному стиску та сумісній дії вертикального і горизонтального навантаження з використанням розривних розв'язків теорії пластичності;

- визначений рівень граничної відносної деформації бетону та кам'яної кладки на низхідній гілці діаграми $\sigma - \varepsilon$ при стиску за максимального деформування;

→ удосконалено

- математичний апарат теорії пластичності в умовах плоского напружено-деформованого стану при розривних рішеннях задач опору бетонних елементів та кам'яної кладки зі врахуванням особливостей їхнього деформування;

→ набули подальшого розвитку:

- реалізація пластичного кінематичного механізму щодо бетону та кам'яної кладки при локалізації пластичної деформації у тонких шарах на поверхні руйнування;

- алгоритми визначення опору бетонних та кам'яних елементів в умовах плоского напруженого стану з використанням принципу віртуальних швидкостей та несучої здатності залізобетонних і армокам'яних конструкцій при різних силових впливах.

Практичне значення роботи полягає у розробці інженерних алгоритмів визначення несучої здатності таких залізобетонних конструкцій: армованих високоміцною арматурою за нормальними перерізам, які працюють на згин; балкових за похилими перерізами на дію поперечної сили; коротких залізобетонних консолей; а також: бетонних та кам'яних опорних ділянок на місцеву дію навантаження; цегляних стін на сумісну дію горизонтальної та вертикальної сил; армокам'яних конструкцій, що згинаються, за нормальними перерізами.

Автором удосконалені наступні конструктивні рішення: армованих

високоміцною арматурою залізобетонних конструкцій; залізобетонних ригелів збірно-монолітних міжповерхових перекриттів; стикових з'єднань залізобетонних колон багатоповерхових будівель з підвищенням опору місцевому стиску, що відкриває перспективи ресурсозбереження при проектуванні конструкцій.

Розроблені пропозиції щодо оцінювання залишкової несучої здатності залізобетонних і армокамієних конструкцій, з метою уточнення їх технічного стану й ефективного відновлення експлуатаційної придатності.

Результати наукових досліджень, отриманих у дисертації, були впроваджені при розробці нормативної документації, у практику будівництва цілої низки об'єктів та у навчальний процес закладу вищої освіти.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується використанням фундаментальних закономірностей опору матеріалів, теорії пружності та пластичності, будівельної механіки, співставленням отриманих даних з експериментальними результатами та чисельними результатами за нормативними методиками, а також статистичною обробкою отриманих результатів.

Основні наукові положення і висновки дисертаційної роботи апробовані і пройшли обговорення на багатьох всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях (2006–2023 рр.). У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась на наукових фахових семінарах у провідних ВНЗ України, які мають спеціалізовані вчені ради за спеціальністю 05.23.01 протягом березня–червня 2024 року.

Повнота викладу матеріалів роботи в опублікованих працях.

Основні результати дисертаційної роботи викладені у 75 наукових працях: 5 монографій, серед яких одна одноосібна, 29 статей у фахових виданнях України, 16 – у виданнях інших держав (15 з яких у виданнях, проіндексованих НМБД Scopus), 3 патенти України на корисну модель, 22 друкованих тез за матеріалами міжнародних науково-технічних конференцій.

Аналіз публікацій Погрібного В.В. свідчить, що вони всебічно і достатньо повно висвітлюють наукові положення, висновки та рекомендації, які знайшли своє відображення у дисертації.

Зміст автореферату і основних положень дисертації є ідентичним та у достатній мірі висвітлює її наукові положення, висновки і рекомендації.

У докторській дисертації не використовувались матеріали кандидатської дисертації.

Відповідність дисертації та автореферату встановленим вимогам.

Дисертація і автореферат Погрібного Володимира Володимировича викладені на достатньому науково-технічному рівні і оформлені у відповідності з вимогами щодо структури і правил оформлення документації у сфері науки і техніки.

Дисертаційна робота *відповідає* паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Важливість отриманих автором дисертації результатів для науки і практики

Основним результатом дисертаційної роботи є вирішення актуальної науково-технічної проблеми оцінювання несучої здатності залізобетонних і кам'яних конструкцій на основі використання умов екстремуму деформування і має важливе теоретичне та практичне значення для проєктування балкових залізобетонних і армокам'яних конструкцій, коротких залізобетонних консолей, бетонних та кам'яних опор при місцевому стиску, цегляних стін за сумісної дії вертикального і горизонтального (сейсмічного) навантаження, удосконалення їхніх конструктивних рішень та підвищення експлуатаційної придатності.

Впровадження результатів роботи будуть враховані при розробці положень ДСТУ «Проектування конструкцій будівель і споруд з урахуванням сейсмічного впливу» в розвиток ДБН В.1.1-12-2014 «Будівництво у сейсмічних районах України».

Результати досліджень знайшли застосування у звітній документації за держбюджетними темами, пов'язаними з енергоефективними конструктивними рішеннями елементів житлових і громадських будівель та споруд цивільного захисту; в розрахунках несучих залізобетонних і кам'яних конструкцій при проєктуванні та відновленні експлуатаційної придатності фундаментів, кам'яних стін, балок перекриття, консолей залізобетонних колон, підкранових балок і опорних ділянок при обстеженні та паспортизації об'єктів.

Також результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», зокрема у навчальні дисципліни «Будівельні конструкції», «Технічна експлуатація будівель і споруд» та «Ремонт і підсилення будівельних конструкцій», використані при виконанні магістерських робіт за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Особистий внесок автора. Основні результати дисертаційної роботи одержані дисертантом самостійно. Участь автора у спільних публікаціях відображена на стор. 34–44 автореферату та на стор. 453–468 (додаток Е) дисертаційної роботи.

Особистий внесок здобувача полягає у:

– застосуванні кута дотичної до умови міцності бетону та кам'яної кладки ψ , що спрощує визначення параметрів опору бетонних (залізобетонних) та кам'яних (армокам'яних) елементів в умовах плоского напруженого стану та плоскої деформації;

– отриманні межі реалізації зрізу бетону в області змішаних напружених станів шляхом звуження інтервалу дійсних площин ковзання за величиною міри пластичності;

– побудові алгоритмів щодо визначення напружень бетонних і кам'яних елементів в умовах плоскої деформації при одновісному стиску та сумісній дії вертикального і горизонтального навантаження з використанням розривних розв'язків теорії пластичності;

– визначені рівня граничної відносної деформації бетону та кам'яної кладки на низхідній гілці діаграми $\sigma - \varepsilon$ при стиску за максимального деформування;

– удосконаленні математичного апарату теорії пластичності в умовах плоского напружено-деформованого стану при розривних рішеннях задач опору бетонних елементів та кам'яної кладки зі врахуванням особливостей їхнього деформування;

– реалізації пластичного кінематичного механізму щодо бетону та кам'яної кладки при локалізації пластичної деформації у тонких шарах на поверхні руйнування;

– побудові алгоритмів визначення опору бетонних та кам'яних елементів в умовах плоского напруженого стану з використанням принципу віртуальних швидкостей та несучої здатності залізобетонних і армокам'яних конструкцій при різних силових впливах.

Зауваження до змісту дисертації та автореферату дисертації.

1) У практичному значенні отриманих результатів (на стор. 47 дисертації) здобувачем вказано, що результати роботи впроваджено у навчальний процес НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» у лекційних курсах першого та другого рівня здобуття ВО. Бажано було б у подальшому впровадити результати роботи в освітньо-наукову програму третього рівня здобуття ВО «PhD доктор філософії».

2) На початку дисертації у рубриці «Перелік основних умовних познач» необхідно було б додати авторські визначення наступних термінів та понять: «деструктуризація», «макродеструктуризація», «розривні рішення», «задача опору елементів», «квазікрихкий матеріал». Автор у довільній формі на сторінках дисертації використовує поняття «опір»: в одному випадку розуміються нормальні або головні «напруження», в іншому, – «величина поперечного зусилля на опорі».

3) Деякі з пунктів наукової новизни потребують корегування та скорочення у зв'язку зі складністю сприйняття (займають 2 повні сторінки автореферату). У поз. 2 наведені отримані автором аналітичні залежності, які можна було б охарактеризувати у текстовій формі.

«Рішення задач опору...», «розрахунок несучої здатності...» не є науковою новизною.

Відсутня рубрика удосконалено у науковій новизні.

Використання «вперше» повинно базуватися на конкретних підтвердженнях (наявність авторського свідоцтва, патенту, довідки тощо).

4) Дещо завищений обсяг **першого розділу** роботи (складає 52 стор.), за змістом якого є **наступні зауваження**:

– досить цікавим є проведений огляд-аналіз основних етапів розвитку

та вдосконалення теорії пластичності, варіаційного числення, екстремальних принципів, але на перших сторінках наводяться здобутки ще XVII–XIX століть;

– питанням оцінювання несучої здатності у бетонних, залізобетонних, кам'яних та армокам'яних конструкціях займалося багато провідних вчених, але на стор. дисертації відсутній аналіз цілої плеяди провідних наукових шкіл за обраною темою: проф. Барашикова А.Я., Бабича Є.М., Бліхарського З.Я., Бамбури А.М., Голишева О.Б., Городецького О.С., Дорофєєва В.С., Колчунова В.І. (Омельченко К.В.), Клименка Є.В., Карпюка В.М., Шмуклера В.С. (Кічаєва О.В.), Шагін О.Л. та ін. Навіть полтавська наукова школа проф. М.С. Торяника, П.Ф. Вахненка (зараз яку очолює проф. А.М. Павліков) досить стисло представлена на сторінках розділу. Але, слід відмітити, що наукові праці перерахованих вчених знайшли своє відображення у списку використаних джерел;

– бажано було б більше уваги приділити аналізу нормативних документів та практичних рекомендацій провідних країн Європи (Eurocode 2, Eurocode 6, The fib Model Code), США (ACI 318-05/ACI 381R-05; ACI 530/ASCE 5/TMS 402), Великої Британії (BS EN 1992-1-2:2004) тощо;

5) Зауваження за **другим розділом** дисертації:

– потребує пояснення застосування формули (2.68) щодо використання функціоналу принципу віртуальних швидкостей до залізобетонних конструкцій. Які граничні умови автор застосовує при його використанні? Бажано було б схематично показати алгоритм його практичної реалізації;

– запропонована автором «міра пластичності» для коротких елементів, які зазнають дії згинальних зусиль, залежить лише від відношення висоти стиснутої зони бетону на стадії руйнування до її висоти на пружній стадії.

Які параметри ще, на думку автора, доцільно було б врахувати при визначенні μ_{pl} ?

6). Зауваження та побажання до **третього розділу** дисертації:

– аналітичні залежності, отримані автором у цьому розділі містять лише характеристики опору бетону (кам'яної кладки), головних напружень, кути прикладення зусиль, зусилля тощо. Яким чином можна застосувати запропоновані алгоритми при зміні жорсткості елемента?

– бажано було б графічно представити встановлену автором залежність напруження (опору) від кута клину для елементів зі змінним поперечним перерізом.

7) Зауваження до **четвертого розділу** дисертації:

– потребує детального пояснення в чому полягає внесок автора у п. 4.1.2 дисертаційної роботи?

– розрахункова схема, яка зображена на рис. 4.2, є загальновідомою. Наведений переріз із одиничним армуванням містить попередньо напружену арматуру у робочій зоні. Чи можливо застосувати представлені автором алгоритми у п. 4.1.3 для нормальних перерізів більш складної геометрії (трапецієподібні, таврові, двотаврові) з вмістом звичайної ненапруженої арматури як у робочій так і у стиснутій зоні?

– не є зрозумілим, яким чином автор проводив чисельні дослідження? Чи використовувалися математичні пакети програмного забезпечення? Чому системи рівнянь (4.9), (4.11) не містять жодних обмежень?

– чисельний приклад, який підтверджує працездатність запропонованого алгоритму є завжди підтвердженням та можливістю інженерного застосування, але бажано було б у кожному прикладі, як у розділі 4, так і у додатках, навести розрахункову схему, схему поперечного перерізу, схему зусиль, гіпотезу ПП тощо, – сприяє більш чіткому та зрозумілому сприйняттю дисертації. Окремо також навести одиниці вимірювання величин під час обчислень.

8) Зауваження до **п'ятого розділу** дисертації:

– потребує пояснення, чому розрахункова схема, зображена на рис. 5.3 дисертації містить лише зусилля стиснутого бетону? Яким чином автор враховує наявність у реальній конструкції поперечного робочого та конструктивного армування?

– на рис. 5.8 бажано було б представити загальний вигляд зразка та його вигляд після випробовування;

– не є зрозумілим чи враховує запропонована автором кінематична схема за місцевого одностороннього стиснення, представлена на рис. 5.11, модулі пружності матеріалів, з яких вона виготовлена?

– яким чином автор отримав залежності (5.25), (5.27)?

9) Зауваження та побажання до **шостого розділу** дисертації:

– бажано було б, окрім наведених схем руйнувань дослідних залізобетонних балок (рис. 6.13), показати хоча б декілька схем розміщення механічних приладів, прогиномірів тощо, – задля кращого розуміння методики проведення експериментальних досліджень;

– чисельне моделювання, наприклад із застосуванням ПК «ЛІРА САПР», дозволило б провести більш широкий порівняльний аналіз результатів виконаних експериментів та запропонованих автором практичних алгоритмів із застосуванням методу скінченних елементів.

10) Зауваження до **сьомого розділу** дисертації:

– не є зрозумілим можливість використання запропонованих автором інженерних методик, які базуються на умовах екстремуму деформування щодо визначення несучої здатності залізобетонних конструкцій у випадку наявності конструктивного армування та/або звичайної повздовжньої робочої арматури;

– яким чином запропоновані алгоритми можна розповсюдити на інші типи перерізів? Чи є можливість застосування цих методик при дії інших зусиль (позацентрового стиску/розтягу, кручення, кручення зі згином тощо)?

11) Редакційне зауваження: якість рисунків у дисертації та авторефераті бажає кращого. Є наявність незрозумілих тонких ліній, – мабуть виникли під час переносу із графічних комплексів до текстового файлу, а потім і до файлу у форматі .pdf.

12) Перелік використаної літератури складається зі 494 джерел, із яких 221 джерело є віком понад 20 років. Але список містить достатню кількість

сучасних статей із провідних іноземних видань, які індексуються Scopus та WoS, має достатню кількість іноземних нормативних документів щодо проєктування бетонних, залізобетонних, кам'яних та армокам'яних конструкцій, що доводить його наукову цінність та актуальність.

Загальна оцінка дисертаційної роботи та висновок щодо відповідності дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України

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, – дисертаційна робота Погрібного Володимира Володимировича на тему: «Методологія оцінювання несучої здатності залізобетонних і кам'яних конструкцій з використанням умов екстремуму деформування» є завершеною науковою працею. У роботі розв'язано науково-прикладну проблему оцінювання несучої здатності залізобетонних і кам'яних конструкцій на основі використання умов екстремуму деформування, які дозволяють удосконалити існуючі розрахункові методики та підвищити ефективність конструктивних рішень під час проєктування та відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, будівель та інженерних споруд у галузі будівництва.

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 пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №1197 від 17 липня 2021 року, а її автор Погрібний Володимир Володимирович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди з галузі знань 19 – архітектура та будівництво.

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

Ігор ЯКОВЕНКО

