

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертацію

**Гарькавої Ольги Вікторівни**

«Синтез каркасних конструктивних систем будівель та основи розрахунку їх елементів», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди»

Дисертація складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 460 найменувань та п'яти додатків.

**Актуальність дослідження.** Ефективне відновлення житлового фонду та створення доступного житла в Україні можливе завдяки застосуванню каркасних конструктивних систем будівель, які забезпечують швидкість, якість, економічність і сучасність будівництва. Серед каркасних конструктивних систем, які надають можливість забезпечувати ефективність зведення будівель з урахуванням сучасних викликів слід відмітити збірну каркасну безкапітельно-безбалкову конструктивну систему будівель. Водночас проектування будівель цієї конструктивної системи та їх експлуатація пов'язані з низкою невирішених завдань: забезпечення стійкості каркасу, урахування просторової роботи плит перекриття, складного деформування колон та зменшення матеріаломісткості каркасу. Подолання цих проблем можливе через розвиток методів розрахунку збірних елементів конструктивної системи, що має важливе як наукове, так і практичне значення для відбудови житлового фонду країни.

Таким чином, дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми синтезу каркасних конструктивних систем будівель зі створенням на його основі єдиного методологічного комплексу розрахунків несучої здатності елементів збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель і має важливе теоретичне та практичне значення.

### **Оцінка змісту дисертації.**

У вступі наведені мета, задачі, об'єкт і предмет дослідження, методи дослідження, наукова новизна, достовірність отриманих результатів, їх практичне значення, особистий внесок здобувачки, апробація результатів дисертації, публікації, структура та обсяг роботи, зв'язок з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана в рамках держбюджетних прикладних науково-дослідних робіт у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»: «Збірно-монолітна конструктивна система будівлі під соціальне житло» (державний реєстраційний номер 0113U000383), «Індустріальна каркасна безбалкова конструктивна система будівлі доступного житла» (державний реєстраційний номер 0115U002416).

Виконані дослідження стали одним із етапів комплексних досліджень, що виконуються на кафедрі будівельних конструкцій Національного університету

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за проблемою «Експериментально-теоретичні дослідження і розробка практичних методів розрахунків залізобетонних елементів, які працюють на складні види деформацій при короткочасній та тривалій дії навантажень».

У **першому розділі** дисертації проаналізовано еволюцію каркасних конструктивних систем будівель, окреслено шляхи їх удосконалення та базові засади розрахунку. Встановлено, що при проєктуванні збірних безкапітельно-безбалкових каркасів слід враховувати особливості стиків, просторову роботу плит перекриття та складні деформації колон. Підкреслено, що подальший розвиток таких систем вимагає оновлення розрахункових методик із урахуванням фактичної роботи конструктивних елементів.

У **другому розділі** розглянуто синтез каркасних систем будівель із урахуванням принципу роботи основних конструктивних елементів. Визначено спільні та відмінні характеристики балкових і безкапітельно-безбалкових каркасів, показано переваги безпосереднього з'єднання плити з колоною, що поєднує простоту форми з архітектурними й технологічними вигодами. На прикладі збірної безкапітельно-безбалкової системи підтверджено ефективність такого рішення та окреслено напрями його подальшого розвитку. Запропоновано використання кінематичного підходу методу граничної рівноваги для моделювання роботи перекриття в граничному стані, оцінки несучої здатності плит і визначення потреби в армуванні. Доведено, що колони досліджуваних каркасів зазнають косого стискання, що вимагає вдосконалення методів їх розрахунку.

У **третьому розділі** розв'язано задачу оцінки несучої здатності плит безкапітельно-безбалкової системи за допомогою кінематичного способу методу граничної рівноваги. Розроблено теоретично обґрунтовані схеми руйнування плит, причому взаємодія між ними врахована через моделювання стиків у вигляді пластичних шарнірів із визначеним згинальним моментом, що дало можливість виявити додаткові резерви їх міцності. Отримано розрахункові залежності для визначення граничного навантаження та необхідної площі робочої арматури. На основі принципу рівномірності встановлено оптимальні межі обриву арматури залежно від прийнятої схеми руйнування.

У **четвертому розділі** розроблено узагальнені моделі для опису роботи колон збірної безкапітельно-безбалкової системи будівель під дією косого стиску, що враховують як однорідне, так і неоднорідне деформування їх перерізів у граничному стані. Створені розрахункові схеми дозволяють аналізувати поведінку елементів при центральному, позацентровому та косому стисканні. Запропоновано новий підхід до визначення граничних деформацій бетону в стиснутій зоні елементів, який фіксує момент повного вичерпання міцності бетону за умови, коли арматура не переходить у стадію текучості. У поєднанні з екстремальним критерієм несучої здатності сформульований критерій покладено в основу удосконаленої методики проєктування залізобетонних конструкцій.

У п'ятому розділі удосконалено нелінійну модель роботи косо стиснутих залізобетонних елементів шляхом впровадження критерію граничної міцності бетону в стиснутої зоні. Це дало змогу визначати фіброві деформації бетону колон у граничному стані при пружній роботі арматури. Модель подано в узагальненому вигляді, що забезпечує виведення залежностей для розрахунку граничних деформацій з урахуванням форми стиснутої зони. На її основі запропоновано методику оцінювання параметрів напружено-деформованого стану колон у момент втрати несучої здатності, яка дозволяє оптимізувати їх армування відповідно до положення в каркасі, характеристик армування та геометрії перерізу.

У шостому розділі описані експериментальні дослідження елементів збірної безкапітально-безбалкової системи, які підтвердили теоретичні моделі їх поведінки під навантаженням. Дослідження плит показали, що під навантаженням вони поділяються на диски завдяки утворенню пластичних шарнірів, а характер руйнування плит відповідає прийнятим схемам зламу. Аналіз результатів випробування колон дозволив стверджувати, що деформації бетону в їх складі не є сталими для певного класу бетону, оскільки вони залежать також від кількості й розташування арматури та форми стиснутої зони перерізу.

**Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій** підтверджені використанням фізично обґрунтованих передумов та методів розрахунку будівельних конструкцій, експериментальними дослідженнями, як особисто авторки, так і інших дослідників, даними чисельного моделювання роботи елементів та конструкцій, перевіркою збіжності отриманих теоретичних результатів з даними експериментальних досліджень, а також методами математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому, що авторкою:

- вперше структуровано процес синтезу каркасних конструктивних систем будівель із залізобетону, що дозволило виявити шляхи їх вдосконалення та методів розрахунку складових елементів таких систем;

- вперше запропоновано критерій міцності косо стиснутих залізобетонних колон збірної каркасної безкапітально-безбалкової конструктивної системи будівель при їх неоднорідному та однорідному деформуванні за умови роботи арматури в пружній стадії;

- вперше на основі сформульованого критерію побудовано діаграму розрахункових значень граничних фібрових деформацій бетону в складі косо стиснутих колон при роботі арматури в пружній стадії, котра дозволяє проектувати залізобетонні конструкції з оптимальною кількістю арматури;

- вперше на основі нових результатів експериментальних випробувань виявлені особливості напружено-деформованого стану та характерні форми руйнування елементів збірної каркасної безкапітально-безбалкової конструктивної системи будівель, експериментально підтверджені теоретично розроблені моделі їх руйнування та розрахунки несучої здатності;

- удосконалено основні положення розрахунку збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель, котрі забезпечують її економічно ефективне проектування;

- набув подальшого розвитку кінематичний спосіб методу граничної рівноваги при розробленні розрахунків несучої здатності плит збірного безкапітельно-безбалкового перекриття з уточненням умов їх закріплення та урахуванням можливості зменшення площі арматури в приопорних ділянках;

- удосконалено дискову модель деформування збірного безкапітельно-безбалкового перекриття з урахуванням сумісної роботи плит, що дозволило виявити резерви їх несучої здатності.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що:

- розроблена в дисертаційній роботі, на основі кінематичного способу граничної рівноваги, методика розрахунку несучої здатності залізобетонних плит, застосована при проведенні оцінки відповідності нормативним вимогам залізобетонних плит ТОВ «Східний геологічний союз», при розрахунку необхідної кількості робочої арматури безкапітельно-безбалкового перекриття підземного паркінгу в м. Кременчук Полтавської області, при визначенні залишкової несучої здатності плит перекриття будівлі сировинної лабораторії «Новооржицького цукрового заводу»;

- методика випробування збірних залізобетонних плит, розроблена в дисертаційній роботі, застосована при випробуванні залізобетонних плит, виготовлених на підприємстві УБМР «Укргазспецбудмонтаж» АТ «Укргазвидобування»;

- використання розробленої, у дисертаційній роботі, методики розрахунку несучої здатності косо стиснутих колон на основі нелінійної деформаційної моделі дозволило більш точно визначити необхідну кількість робочої арматури залізобетонних колон багатоповерхового каркасу житлового будинку в м. Кременчук Полтавської області, визначити залишкову несучу здатність колон збірного в'язевого залізобетонного каркасу будівлі сировинної лабораторії та стійок залізобетонних рам будівель пересипки «Новооржицького цукрового заводу»;

- згідно зі сформульованими, у дисертаційній роботі, критеріями міцності залізобетонних елементів за результатами експериментальних випробувань зразків арматури ПП «Дорожній технологічний центр» враховано збільшення напружень в арматурі у складі залізобетонних конструкцій при визначенні їх несучої здатності;

- запропоноване удосконалення збірної каркасної конструктивної системи будівель, котре захищено патентом України на корисну модель №93195 «Індустріальний безкапітельно-безбалковий каркас будівлі доступного житла»;

- результати виконаних досліджень впроваджено у науково-дослідні роботи кафедри будівельних конструкцій, які виконувалися за рахунок коштів загального фонду державного бюджету (0113U000383, 0115U002416);

– результати дисертаційної роботи було впроваджено у навчальний процес під час проведення лекційних та практичних занять у 2014 – 2025 навчальних роках у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», зокрема, у навчальні дисципліни освітньо-професійних програм підготовки першого та другого рівнів вищої освіти, а також у дисципліни освітньо-наукової програми третього рівня вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», а саме: «Залізобетонні конструкції», «Новітні матеріали, конструкції, конструктивні системи будівель (споруд), технології в будівництві», «Технічна експлуатація будівель і споруд. Випробування в будівництві», «Проектування залізобетонних конструкцій, що працюють в умовах складних деформацій», «Комп'ютерні технології проектування залізобетонних і кам'яних конструкцій»;

– результати дисертаційного дослідження використані при підготовці нової редакції національного стандарту України ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування».

**Публікації.** Зміст дисертації викладено в 60 наукових працях, з яких: 2 монографії, 22 статті у фахових виданнях України, 11 статей у виданнях, що індексуються в НМБД Scopus, 3 додаткові публікації, 21 тези за матеріалами наукових конференцій, 1 патент України на корисну модель.

#### **Зауваження щодо змісту дисертації.**

1. Авторкою зазначено, що при проектуванні як збірних, так і монолітних безбалкових каркасів використання нормативного методу членування перекриття на плоскі рами не є ефективним. Таке твердження потребує підтвердження шляхом порівняння результатів чисельного розрахунку за нормативною методикою та кінематичним принципом поділу перекриття на диски, запропонованим в роботі.
2. Дещо сумнівним виглядає твердження авторки щодо відсотку економії робочого армування плит, за запропонованим підходом, порівняно з розрахунком за методом скінчених елементів. Слід було більш детально обґрунтувати вибір розрахункового комплексу для скінчено-елементного моделювання, RFEM6.04.0008, та навести результати верифікації прийнятої скінчено-елементної моделі плит перекриття.
3. При розробці розрахункового апарату збірної безкапітально-безбалкової каркасної конструктивної системи авторкою розглянуто рівномірно-розподілене по площі навантаження та запропоновано схеми руйнування збірних плит. Чи розглядалися інші схеми навантаження розглянутих каркасів, наприклад смугове навантаження через проліт, при їх розрахунку з використанням кінематичного способу методу граничної рівноваги?
4. Більш детального обґрунтування потребує твердження авторки, висновок 3 другого розділу (стор. 165), щодо можливості збільшення поверховості будівель збірної безкапітально-безбалкової каркасної конструктивної

системи за рахунок нового конструктивного рішення – суцільних діафрагм. Слід було навести результати порівняння запропонованого рішення з існуючими, аналізу місць їх розташування, в тому числі, навести результати розрахунків при сейсмічних навантаженнях.

5. При проведенні експериментальних досліджень авторці слід було застосувати метод математичного планування, задля підтвердження достатньої кількості зразків дослідних серій ПС-1, ПМ-1, ПН-1, ПН-2 та колон при натурних випробуваннях.
6. Додаткового обґрунтування потребує також прийнята схема навантаження дослідних плит, враховуючи твердження, що плити у складі каркасної системи працюють на рівномірно розподілене навантаження, а також технологія встановлення тензорезисторів на арматурні стержні дослідних плит серії ПН-2 після їх виготовлення на підприємстві.
7. Не зрозумілою є необхідність переходу на інший клас бетону та арматури в серії зразків ПН-2 у порівнянні з ПН-1, а також схеми навантаження плит цієї серії.
8. Додаткового обґрунтування потребує доцільність проведення лабораторних досліджень бетону та арматури, наведених в розділі 4 дисертації, та їх використання в подальших дослідженнях безкапітельно-безбалкової каркасної конструктивної системи.
9. Можливість використання дрібнозернистого бетону на гранвідсіві, при виготовленні бетонної суміші колон каркасної системи, слід було підтвердити не лише порівнянням міцності кубів та призм в співставленні зі зразками з важкого бетону, а й провести дослідження їх реологічних властивостей.
10. Сумнівним є твердження авторки, що проведені експериментальні випробування натурних збірних плит безкапітельно-безбалкового перекриття підтвердили схеми руйнування, розроблені на основі кінематичного способу методу граничної рівноваги (загальний висновок 7), враховуючи наведені відсотки збіжності результатів випробувань з результатами теоретичного розрахунку несучої здатності середньої, міжколонної та надколонної плити (таблиця 6.4).
11. На жаль, методики випробувань плит перекриття, наведені в розділах 6.1.2., 6.2.2, 6.3.2, 6.4.2 дисертації, містять некоректні посилання на літературні джерела, що ускладнює сприйняття проведених досліджень.

**Висновок.** Розглянута дисертація в цілому є закінченою науково-дослідною роботою. У ній отримані нові науково-обґрунтовані результати, які в сукупності дозволили вирішити актуальну науково-практичну проблему синтезу каркасних конструктивних систем будівель зі створенням на його основі єдиного методологічного комплексу розрахунків несучої здатності елементів збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель, що має

важливе теоретичне та практичне значення. Наведені зауваження не впливають на загальну схвальну оцінку роботи та можуть бути враховані у подальших дослідженнях авторки.

Реферат відповідає змісту дисертації. Дисертація виконана у відповідності до паспорту спеціальності 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» і вимог пунктів 7÷9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.21 р. №1197.

Авторка дисертації, Гарькава Ольга Вікторівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди».

Офіційний опонент,  
проректор з науково-педагогічної роботи  
Харківського національного  
університету міського господарства  
імені О.М. Бекетова,  
доктор технічних наук, професор



Г.Л. Ватуля