

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Мельника Ігора Володимировича «НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ ПОРОЖНИСТИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Бетонні та залізобетонні конструкції є найбільш поширеними у сучасному будівництві. Але виробництво бетонних та залізобетонних конструкцій є достатньо енергоємним. Окрім цього виготовлення цементу, бетону, бетонних та залізобетонних конструкцій супроводжується значним вичерпанням природних матеріальних ресурсів та забрудненням довкілля. Велика кількість бетону і арматури використовується в перекриттях, фундаментах, прогонових будов мостів і т. ін. Зменшення витрат сталі, цементу, заповнювачів, енергоспоживання є важливим завданням будівельної науки.

З огляду на вищесказане, дисертаційна робота Мельника Ігора Володимировича, метою якої є розроблення методології вдосконалення існуючих та нових конструктивних рішень, методів розрахунку порожнистих бетонних і залізобетонних конструкцій на основі експериментально-теоретичних досліджень та впровадження їх в практику будівництва, є актуальною.

### **Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій обґрунтовується застосуванням сучасного обладнання при експериментальних дослідженнях, результатами експериментальних досліджень, використанням для обробки результатів експериментів та отримання аналітичних залежностей апарату математичної статистики, задовільною збіжністю отриманих результатів експериментальних досліджень з теоретичними результатами.

### **Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:**

*вперше:*

- проведено комплексні експериментальні дослідження, у тому числі натурні випробування, порожнистих плитних залізобетонних конструкцій з порожниноутворювальними вставками різної форми і з різних матеріалів, за результатами

яких встановлено закономірності впливу процесу навантаження на зміну напружено-деформованого стану, які відрізняються від загальноприйнятих підходів і які необхідно враховувати в розрахунках таких конструкцій;

- розроблено методику визначення циліндричних жорсткостей для плитних конструкцій з однонапрямленими порожнинами. За результатами чисельного моделювання напружено-деформованого стану отримано закономірності і коефіцієнти зменшення жорсткостей для плитних конструкцій з однонапрямленими порожнинами, врахування яких в розрахунках за другою групою граничних станів більш точно і повно відображає вплив порожнин на НДС плитних конструкцій;

- розроблено методику визначення несучої здатності порожнистих залізобетонних плитних конструкцій з двонапрямленим розташуванням порожнин на основі використання деформаційного методу і реальних діаграм деформування двовісно стиснутого бетону, застосування яких в бітаврових перерізах, на відміну від існуючих методик, враховує суттєве збільшення міцності бетону і жорсткості плит;

- на основі комплексних експериментальних досліджень, у т. ч. натурних випробувань, та аналізу результатів чисельного моделювання в різних програмних комплексах обґрунтовано критерії і розроблено рекомендації щодо розрахунку несучої здатності бетонних порожнистих конструкцій, які можна враховувати при проектуванні аналогічних порожнистих бетонних конструкцій інших типорозмірів;

- запропоновано та досліджено склад і розроблено технологічну схему для виготовлення раціональних за витратою матеріалів легких арболітових вставок з відходів деревини, які доцільно використовувати в бетонних блоках стін підвалів, фундаментних плитах та в інших плитних залізобетонних конструкціях;

*набуло подальшого розвитку*

- використання деформаційної методики для розрахунку бетонних і залізобетонних конструкцій з врахуванням роботи розтягнутого бетону, для якого залежність між напруженнями і деформаціями прийнята за структурою державних будівельних норм для стиснутого бетону, але за визначальними параметрами  $\epsilon_{ct}$ ,  $\sigma_{ct}$ , прийнятими в цих нормах.

**Повнота викладу отриманих результатів в опублікованих працях.**

Основні результати дисертації опубліковано 55 наукових працях, в тому числі одна монографія, 30 статей у наукових фахових виданнях України, 7 статей

у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, 4 статті у періодичних виданнях інших держав, 3 патенти, 6 публікацій апробаційного характеру, 4 статті у виданнях, які додатково відображають матеріали дисертації.

Автореферат ідентичний до змісту з основними положеннями дисертаційної роботи й достатньо повно відображає основні наукові результати, що були отримані здобувачем.

### **Оцінка змісту дисертації**

Дисертацію викладено на 473 сторінках. Вона складається із вступу, 7 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (295 найменувань) на 29 сторінках та додатків на 123 сторінках; містить 320 сторінок основної частини, в тому числі 24 таблиці та 237 рисунків.

У **вступі** (9 стор.) обґрунтовано вибір теми дослідження, показаний зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета і задачі досліджень, наведені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, а також результати апробації та дані про публікації.

У **першому розділі** (62 стор.) виконана оцінка сучасного стану досліджень і методів розрахунку залізобетонних плитних та бетонних конструкцій. Розглянуті збірні, збірно-монолітні та монолітні залізобетонні перекриття, плитні залізобетонні фундаменти. Розглянутий зарубіжний досвід улаштування монолітних залізобетонних перекриттів з порожнино утворювальними вставками. Розглянуті методи розрахунку залізобетонних перекриттів, в тому числі з врахуванням просторової роботи. Зроблено висновок, що відсутні обґрунтовані розрахункові схеми та аналіз напружено-деформованого стану, які можна використати для розрахунку плитних конструкцій з двонапрямленим розташуванням вставок з врахуванням двовісної роботи бетону. Показано, що основні конструктивні елементи найпоширеніших балкових збірних і збірно-монолітних перекриттів забезпечують роботу тільки в одному напрямку, що досліджень плитних монолітних залізобетонних конструкцій з вставками проведено мало. Зроблено висновок, що відомі методи розрахунку перекриттів базуються, як правило, на класичних рівняннях плоскої пружної пластини з використанням, зокрема, тригонометричних і бігармонійних рядів, що є складним для використання на практиці. З таким висновком важко погодитись, адже використання комп'ютерних програм ця задача вирішується доволі просто. Показано, що для розрахунку фундаментних

плит запропоновано різні методики, які є трудомісткими і що тому в практиці проектування застосовували спрощені розрахункові схеми. Показано, що у загальному статичному розрахунку всіх плитних конструкцій перекриттів, фундаментів, прогонових будов мостів необхідно знати величину жорсткості в обох напрямках. Помилково сказано, що у розглянутих методиках жорсткість приймалася, як правило, незмінною без урахування геометричної та фізичної не лінійності. Зроблено також висновок, про необхідність продовження пошуку ефектних конструктивно-технологічних рішень блоків стін підвалів, що залишаються одними з найбільш масових виробів.

В кінці розділу наведені висновки, сформульовані мета і задачі дослідження. Однак, висновки 4 та 7 обґрунтовані не переконливо.

У **другому розділі** (27 стор.) розглянуті принципові вирішення порожнистих залізобетонних конструкцій. Проаналізовано і згруповано основні способи зменшення матеріало-, енерго- і працемісткості під час виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій. Розглянуті порожнисті монолітні перекриття, збірно-монолітні перекриття, порожнисті монолітні залізобетонні конструкції різних споруд, плитні порожнисті фундаменти. Окремо приділено увагу порожнистим конструкціям прогонових будов мостів. Розглянуті переваги монолітних порожнистих бетонних та залізобетонних конструкцій.

Розроблено принципові конструктивні схеми плитних залізобетонних конструкцій перекриттів, фундаментів, прогонових будов мостів, інших споруд та окремих конструкцій з ефективними порожниноутворювальними вставками. Показано, що можна використати для різних статичних схем плитних конструкцій: однопрогонових, нерозрізних, обпертих по контуру чи на колони, консольних та ін. Сформульовано інші переваги та позитивні сторони монолітних залізобетонних перекриттів, фундаментів, прогонових будов мостів з ефективними вставками: технологічні, експлуатаційні, екологічні та ін. Зроблено висновок, що проблему надання більш раціональних форм монолітним плитним конструкціям через формоутворення зсередини необхідно розглядати в комплексі з розробленням методів і з вдосконаленням теорії їхнього розрахунку.

**Третій розділ** (36 стор.) присвячений експериментальним дослідженням монолітних залізобетонних перекриттів з вставками. Розглянуто конструкцію, методику і результати експериментальних досліджень фрагментів монолітних залізобетонних перекриттів із вставками та натурального перекриття. Наведені

результаті визначення несучої здатності та жорсткості плит з поздовжніми та поперечними вставками. Показано, що несуча здатність і деформативність різних типів фрагментів монолітного залізобетонного перекриття з поперечним і поздовжнім розташуванням вставок є суттєво різними незалежно від форми вставок і характеру навантаження, що найбільші деформації мали дослідні зразки з поперечним розташуванням вставок, менші – зразки з поздовжнім розташуванням вставок. Зроблено висновок, що показники зменшення жорсткості необхідно враховувати під час загального статичного розрахунку перекриттів зі вставками. Показано, що при розрахунку несучої здатності перекриттів з однонапрямленими вставками несучу здатність необхідно визначати без врахування роботи в поперечному до вставок напрямі. Зроблено важливий експериментальний висновок, що навіть за малої товщини 20–30 мм міцність верхньої неармованої полиці порожнистої плити є достатньою для сприйняття технологічних та інших зосереджених навантажень. Показано, що монолітне перекриття розмірами в плані 7,6×12,1 м з однонапрямленим розташуванням трубчастих вставок є жорсткою і загалом надійною конструктивною системою як при симетричних, так і при несиметричних та кососиметричних навантаженнях.

**Четвертий розділ** (38 стор.) присвячений розрахунку порожнистих залізобетонних конструкцій. Розглянуто розрахунок жорсткостей перекриттів з квадратними, прямокутними і круглими вставками. У припущенні лінійно-пружного деформування конструкцій роботу фактичної залізобетонної конструкції перекриття змодельовано ортотропною пластиною. Запропоновано визначати жорсткісні характеристики за відомим формулами теорії плит з введенням коефіцієнтів  $C_x$ ,  $C_y$ ,  $C'_x$ ,  $C'_y$ ,  $C_{xy}$  та  $C_{yx}$ , які залежать від конструкційної особливості залізобетонного перекриття. Значення цих коефіцієнтів характеризують зменшення циліндричних жорсткостей порівняно з такими ж величинами для залізобетонної плити із суцільною стінкою товщиною  $h$ . Їх визначено за результатами чисельних розрахунків у програмі Nastran з використанням скінченно-елементного аналізу. Результати моделювання отримані у вигляді комп'ютерної програми, що дає змогу, задаючи геометричні параметри перекриття з вставками у зазначеному вище діапазоні, отримати відповідні коефіцієнти  $C_x$ ,  $C_y$ . Однак, не сказано, чи дозволяє програма отримати інші коефіцієнти ( $C'_x$ ,  $C'_y$ ,  $C_{xy}$  та  $C_{yx}$ )?

В розділі наведена також методика розрахунку прогинів фрагментів

залізобетонних монолітних перекриттів з однонаправленими вставками з урахуванням нелінійності деформування бетону. При цьому врахована робота розтягнутого бетону. Залежність між розтягуючими напруженнями і деформаціями бетону прийнята за структурою формули, яка наведена в ДСТУ для стиснутого бетону, але з використанням параметрів, встановлених для розтягнутого бетону.

Наведені пропозиції щодо розрахунку плитних залізобетонних конструкцій з двонаправленими порожнинами. Наведено алгоритм такого розрахунку. Наведено розрахунок на продавлювання верхньої полиці. Однак цей розрахунок проведено за існуючими методами і пропозицій автора немає.

У п'ятому розділі (50 стор.) наведені результати досліджень бетонних порожнистих блоків. Показано фактичну несучу здатність порожнистих блоків як стінових конструктивних елементів за різних умов навантаження і взаємного розташування блоків. Наведені результати несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності випробуваних блоків. Проведено моделювання роботи порожнистих блоків у програмних комплексах Ansys та Ліра.

Показано, що на відміну від цільних блоків, деформації в окремих перерізах порожнистих блоків є неоднозначними і більш нерівномірними, особливо при середніх і високих рівнях навантаження, що руйнування порожнистих блоків настає за рівня напружень в бетоні, які є меншим на 12...38% від його призмової міцності. Показано, що моделювання роботи натурних бетонних порожнистих блоків об'ємними елементами в ПК ANSYS в принципі дають задовільну збіжність за критеріями несучої здатності і деформативності. Зроблено висновок, що для оцінки несучої здатності порожнистих блоків різних типів в складі стінки можна використати ПК ЛІРА з моделюванням блоків пластинчастими елементами. Показано, що за визначальний критерій втрати несучої здатності блоків необхідно приймати початок тріщиноутворення в бетоні.

Шостий розділ (27 стор.) присвячений розкриттю технологічних та експлуатаційних особливостей плитних порожнистих залізобетонних конструкцій, бетонних порожнистих фундаментних блоків, їх техніко-економічній ефективності. Показано, що економічна ефективність плитних залізобетонних конструкцій з

пінополістирольними вставками досягається за рахунок суттєвого зменшення витрати бетону від 25 до 47 %, зменшення власної ваги в перекриттях.

Наведені результати експериментальних досліджень арболітових вставок. Розглянуті технологічні особливості фіксації вставок. Для фіксації пінополістирольних вставок по висоті перерізу перекриття запропоновано використовувати пластмасові фіксатори з розвинутою основою і розроблену конструкцію металевих дротяних П-подібних елементів. Показано схеми розподілу на захватки при бетонуванні, способи бетонування за мінусових температур. Наведені техніко-економічні показники перекриттів з вставками. Запропоновано плитні конструкції з пінополістирольними вставками використовувати в звичайних перекриттях, перекриттях паркінгів, фундаментних плитах, тому що вони мають покращені звуко- і теплоізоляційні властивості.

**Сьомий розділ** (37 стор.) присвячений проектуванню і використанню на практиці порожнистих залізобетонних та бетонних конструкцій. Розглянуті перекриття з однонапрямленими трубчастими круглими вставками, перекриття з пінополістирольними вставками, перекриття з двонапрямленим і комбінованим розташуванням прямокутних вставок, які використані на реальних об'єктах. Показано використання вставок на круглому в плані перекритті ресторану та на перекритті стадіону «Арена-Львів». Крім того, показано використання вставок при розрахунку і проектуванні плоских залізобетонних перекриттів в перекриттях простої і складної конфігурації, в розрізних і нерозрізних системах, з обпиранням на стіни, колони, пілони в каркасних будівлях з регулярною і нерегулярною системою.

**Загальні висновки** по роботі вказують на вирішення задач дослідження та відображають наукову і практичну важливість роботи.

У **додатках** наведені список опублікованих праць за темою дисертації, приклади розрахунку, ізополя прогинів, деформацій і напружень розглянутих конструкцій, характер руйнування і деформації порожнистих блоків в натурних випробуваннях, довідки про впровадження результатів дисертації.

#### **Загальні зауваження до роботи**

1. Важко погодитись з першим пунктом наукової новизни, адже методи порожниноутворення з вставками різної форми відомі, зокрема, це роботи школи професора В.С. Шмуклера.

2. В першому розділі сказано, що відомі методи розрахунку перекриттів базуються, як правило, на класичних рівняннях плоскої пружної пластини з використанням, зокрема, тригонометричних і бігармонійних рядів, що є складним для використання на практиці. З таким твердженням важко погодитись, адже з використанням комп'ютерних програм ця задача вирішується доволі просто. Тому висновок 4 до першого розділу не є переконливим.

3. В першому розділі сказано, що у розглянутих в огляді літератури методиках жорсткість приймалася, як правило, незмінною без урахування геометричної та фізичної не лінійності. Існує багато методик з розрахунку залізобетонних перекриттів з врахуванням і нелінійної роботи матеріалів, і тріщиноутворення, зокрема, це роботи Т.Н. Азізова. Тому висновок 7 до першого розділу також не є переконливим.

4. У п. 4.2 наведена досить цікава методика визначення циліндричних жорсткостей перекриттів з однонапрямленими вставками. Результати моделювання отримані у вигляді комп'ютерної програми, що дає змогу, задаючи геометричні параметри перекриття з вставками, отримати відповідні коефіцієнти  $C_x$ ,  $C_y$ . Однак, не сказано, чи дозволяє програма отримати інші коефіцієнти ( $C'_x$ ,  $C'_y$ ,  $C_{xy}$  та  $C_{yx}$ )? Якщо ні, то як же ж розраховувати реальне перекриття за запропонованою методикою?

5. В четвертому розділі наведена методика розрахунку прогинів фрагментів залізобетонних монолітних перекриттів з однонапрямленими вставками з урахуванням нелінійності деформування бетону. При цьому врахована робота розтягнутого бетону. Однак не сказано, як визначати прогини перекриття з вставками в двох напрямках з врахуванням нелінійної роботи стиснутого та розтягнутого бетону?

6. Для розрахунку прогинів (п. 4.2.2) з плити умовно вирізаються прямокутні ділянки з перекриття і розглядається їх нелінійна робота з визначенням жорсткостей  $D_x$  і  $D_y$ . Це добре, коли схема роботи перекриття балкова. Але в монолітних перекриттях найчастіше зустрічається робота за схемою плити, обпертої по контуру або по кутах. При цьому в різних місцях будуть діяти різні моменти, різні схеми тріщиноутворення. Яким чином в таких випадках застосовувати запропоновану методику з урахуванням не лінійності?

7. У п. 4.3.3 (стор. 195) наведено алгоритм розрахунку, де сказано, що з статичного розрахунку визначають згинальні моменти  $M_x$ ,  $M_y$ , потім



визначають напруження, а далі корегують модуль пружності та розрахунковий опір за двовісного стану і заново виконують статичний розрахунок. В розрахунковій скінчено-елементній моделі десятки і сотні елементів. Яким чином змінювати характеристики кожного елемента, потім задавати в програмний комплекс змінені характеристики? Якщо «вручну», то це фізично практично неможливо; якщо автоматично, то яким саме чином?

8. В алгоритмі у п 4.3.3 не враховано крутний момент  $M_{xy}$  та його вплив на напруження, а, відповідно, й на зміну характеристик кожного елемента розрахункової схеми. Цей фактор може суттєво вплинути на точність розрахунку.

9. У п. 4.4 (стор. 196-199) запропоновано розрахунок на продавлювання верхньої полиці. Однак не зроблено якихось власних пропозицій щодо розрахунку. Натомість розглянуті розрахунки за різними методами.

10. П. 5.5 називається «Порівняльний аналіз експериментальних і теоретичних досліджень натурних блоків», а в п. 5.2 та 5.3 розглянуті розрахунки в програмних комплексах Ansys та Ліра. Але розрахунки в програмних комплексах не можуть трактуватись як «теоретичні дослідження», бо в цих розрахунках автор не запропонував чогось нового. Те ж стосується і п. 5.6.3, де розглянуте моделювання в програмах Ліра та Femap. Тому важливість і цінність розділу 5 полягає в отриманих експериментальних даних.

11. В роботі не наведена методика розрахунку перекриттів при локальних навантаженнях. При цьому відбувається суттєвий перерозподіл зусиль між окремими елементами перекриття, що повинно бути враховано в методиці розрахунку.

12. Бажано було б порівняти результати розрахунків за власними пропозиціями з даними, отриманими не тільки з власних експериментів, а й за існуючими методиками розрахунку. Це дало б більш чітке уявлення про важливість виконаної теоретичної частини роботи.

### **Загальні висновки по дисертаційній роботі**

Представлена дисертація є завершеною науковою працею, яка має важливе значення. Робота має наукову новизну, актуальність і практичне значення. Висловлені зауваження не суттєво знижують загальну позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи.

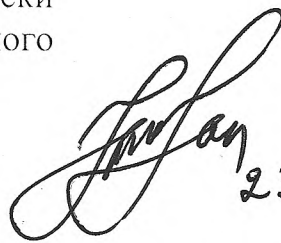
Найбільш важливими в роботі є дані, отримані на основі масштабних експериментальних досліджень, в тому числі натурних. В дисертації за

результатами проведених досліджень вирішено важливу науково-технічну проблему вдосконалення і надання більш раціональних форм залізобетонним і бетонним конструкціям масового виготовлення через порожниноутворення та розширення сфери їх використання на практиці і пов'язану з актуальними проблемами матеріало-, ресурсо- і енергозбереження. Одержані нові результати, які дозволяють розробляти нові конструктивні форми порожнистих бетонних і залізобетонних конструкцій та підвищувати їх ефективність і економічність. В роботі наведено багато результатів експериментальних досліджень, які є суттєвими в галузі роботи конструкцій з залізобетону і важливими в тому числі для подальших теоретичних досліджень.

Дисертаційна робота Мельника Ігора Володимировича на тему «Напружено-деформований стан та експериментальне впровадження порожнистих бетонних і залізобетонних конструкцій» за рівнем отриманих практичних і наукових результатів, змістом, обсягом та важливістю і кількістю отриманих результатів, є завершеною науковою працею. Отримані в роботі результати, особливо експериментальні, обґрунтовані, мають важливе значення для будівельної науки.

Робота відповідає кваліфікаційним вимогам щодо докторських дисертацій, а її автор Мельник Ігор Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 Будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент,  
завідувач кафедри техніко-технологічних  
дисципліни, охорони праці та безпеки  
життєдіяльності Уманського державного  
педагогічного університету ім. Павла Тичини,  
доктор технічних наук (05.23.01), професор,



Азізов Т.Н.

23.03.21.

Підпис доктора технічних наук, професора Азізова Т.Н. засвідчую:

Ректор



Д. І. Безлюдний