

**ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА** доктора технічних наук,  
професора Отроша Юрія Анатолійовича  
на дисертаційну роботу Кіріченко Дар'ї Олексіївни  
«**НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ АЕРОДРОМНИХ І ДОРОЖНІХ ПЛИТ З  
ФІБРОБЕТОНУ**»,

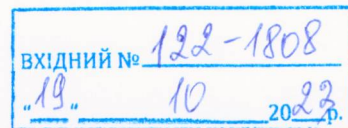
**яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди**

Дисертаційна робота Д.О. Кіріченко присвячена вирішенню актуальної наукової задачі – дослідженню зміни несучої здатності та деформативності аеродромних та дорожніх плит внаслідок їхнього додаткового дисперсного армування за інших рівних умов.

### **1. Актуальність теми**

Дорожні плити мають великий попит і широко застосовуються в процесі створення транспортних гілок – доріг місцевого значення, магістралей, автобанів. При будівництві нових трас використання дорожніх плит дозволяє швидко змінити маршрут у разі виникнення непередбачених обставин, що є істотною перевагою даного типу покриття порівняно, наприклад, з асфальтовим, коли потрібні серйозніші підготовчі роботи. Крім того, дороги, побудовані з плит, можна піддати швидкому демонтажу, що особливо є цінним у разі обладнання тимчасових під'їзних шляхів до того чи іншого об'єкта, а потім використовувати повторно, що значно здешевлює вартість будівельних об'єктів загалом і принципово неможливо за інших видів дорожніх покриттів.

Не менший попит мають аеродромні плити. Покриття аеродромів із плит мають багато переваг перед монолітними: досить проста технологія будівництва; відсутність трудомісткої операції з укладання бетону; висока якість плит за рахунок їх виготовлення у заводських умовах; можливість цілорічного будівництва та введення покриття в експлуатацію відразу після його укладання. До недоліків збірних покриттів слід віднести підвищену металомісткість і дуже багато швів, що погіршують рівність покриття. Для влаштування збірних аеродромних покриттів застосовують попередньо



напружені залізобетонні плити типу ПАГ. В останні роки з'явилися нові бетони з дуже високими властивостями міцністими і деформативними, але все ще залишається актуальним питання забезпечення міцності і тріщиностійкості залізобетонних конструкцій в умовах природного або технологічного впливу великих позитивних або негативних температур. Одним із ефективних способів вирішення цієї проблеми є дисперсне армування конструкцій. Отже, дослідження в цьому напрямку є **актуальними**.

## **2. Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій**

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і результатів досліджень, висновків та рекомендацій обумовлена:

- ретельним проведенням і чистотою експериментів із застосуванням математичної теорії планування;
- використанням контрольно-вимірювальної апаратури високого класу для визначення характеристик дослідних зразків;
- використанням апробованих засобів для проведення експериментальних вимірювань основних параметрів працездатності дослідних елементів;
- використанням методів комп'ютерного моделювання та скінчено-елементного аналізу у двох програмних комплексах з наступним порівнянням результатів;
- задовільним збігом результатів експериментальних випробувань та комп'ютерного моделювання.

Сформульовані автором висновки ґрунтуються на отриманих в процесі досліджень результатах та не викликають сумніву.

## **3. Наукова новизна результатів**

**Вперше** експериментально вивчений вплив додаткового дисперсного армування на несучу здатність та деформативність аеродромних та дорожніх плит при двох схемах навантаження; отримано якісну і кількісну оцінку впливу



додакового дисперсного армування на тріщиностійкість аеродромних та дорожніх плит.

**Удосконалено** методику розрахунку досліджуваних плит за нормальними та похилими перерізами на підставі існуючих нормативних документів і методик.

**Отримали подальший розвиток** методи комп'ютерного моделювання бетонних і фібробетонних аеродромних та дорожніх плит та їх розрахунок у провідних вітчизняних та закордонних програмних комплексах.

#### **4. Практичне значення отриманих результатів**

Результати експериментально-теоретичних і комп'ютерних досліджень дали можливість отримати базу знань щодо таких конструкцій, як залізобетонні та фібробетонні аеродромні та дорожні плити, розробити рекомендації щодо їх додакового дисперсного армування; розробити алгоритми розрахунку плит за нормальними та похилими перерізами на підставі існуючих нормативних документів і методик, які можуть бути використані в практиці будівництва.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, в вигляді аналітичних, експериментальних та чисельних методів оцінки несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності аеродромних та дорожніх плит внаслідок їхнього додакового дисперсного армування, впроваджені в конструкторську практику ТОВ «Екострой» м. Одеси, ПП "ПроектБудСтар", смт. Чорнобай, Черкаська область, а також використовуються в навчальному процесі в Одеській державній академії будівництва та архітектури при читанні лекцій і проведенні практичних занять на кафедрі будівельної механіки для магістрів та аспірантів, що навчаються за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань «Архітектура та будівництво».

#### **5. Зміст дисертації**

Розглянута дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаної літератури, чотирьох додатків, списку

використаних джерел з 119 найменувань. Робота викладена на 183 сторінках, в тому числі містить 137 сторінок основного тексту, 15 таблиць, 63 рисунки, 4 додатки на 8 сторінках.

У *першому розділі* роботи проаналізовано існуючу нормативну базу розрахунків дорожніх та аеродромних плит і публікацій вітчизняних та закордонних науковців стосовно несучої здатності та деформативності аеродромних і дорожніх плит. Зазначено, що розрахунок бетонних, залізобетонних та фібробетонних аеродромних і дорожніх плит за нормами України слід виконувати за граничними станами першої та другої груп. Європейські технічні стандарти (Е>і) так само, як і норми України, рекомендують виконувати розрахунок бетонних, залізобетонних і фібробетонних плит за граничними станами першої та другої груп. Однак істотна відмінність EN полягає в тому, що вони пропонують парціальні коефіцієнти надійності. Аналогічні норми, що діють у США, — АСІ 318 «Вимоги до будівельних норм для конструкційного бетону і коментарі» — дають такі ж рекомендації.

Згідно з ДСТУ, випробування дорожніх плит з міцності та тріщиностійкості слід проводити за прольотною схемою навантаження, а випробування аеродромних плит ДСТУ рекомендує проводити за двома схемами навантаження - у прольоті та на консолі.

Щодо випробувань плит з міцності та тріщиностійкості, усі норми рекомендують для дорожніх плит тільки прольотну схему навантаження, а для випробування аеродромних плит — дві схеми навантаження.

Підкреслюється, що у ході аналізу публікацій, присвячених тематиці дисертаційної роботи, встановлено, що перші дослідження дорожніх та аеродромних плит належать Б.М. Жемочкіну та А.П. Синіцину, які використовували розрахункову схему плити на пружній основі. Таку розрахункову схему використовує переважна більшість сучасних дослідників. Споруди такого роду є багаторазово статично невизначеними системами, оскільки вони, стикаючись із основою всіма точками своєї нижньої поверхні,



мають незліченну безліч точок зіткнення — опор, що визначає значну трудність розрахунку, особливо, якщо врахувати, що опори тією чи іншою мірою податливі. Тобто, між аналітичними розрахунками аеродромних та дорожніх плит та експериментальними дослідженнями спочатку існує принципова різниця, оскільки вони ґрунтуються на різних розрахункових схемах. Звідси випливає висновок про те, що збіг розрахункових та експериментальних даних про несучу здатність та тріщиностійкість аеродромних та дорожніх плит може носити суто випадковий характер, на відміну від інших конструкцій.

#### Зауваження до розділу 1:

1. Фактично відсутній аналіз оглянутих нормативних документів і публікацій щодо формування задач дослідження.
2. Потрібно було більше уваги надати роботам, в яких мова йде про фібробетонні плити.

*Другий розділ* присвячений експериментальним дослідженням дорожніх та аеродромних плит. Цей розділ, безумовно, є основним у дисертаційній роботі.

Наведено конструкцію стенду, що спеціально розроблений для проведення досліджень. Ретельно описані всі прилади і засоби, застосовані в проведенні експериментів, та методика їх проведення, що містить кілька етапів. В заводських умовах було виготовлено дві дорожні та дві аеродромні плити. У кожній з цих груп одна плита виготовлена із залізобетону за традиційною заводською технологією серійного виробництва, а в другу додавалася сталева фібра в кількості 1% за обсягом. Згодом ці плити пройшли випробування у лабораторії кафедри будівельної механіки. Але ж цим випробуванням серійних плит передували випробування модельних зразків, що і стало одним із завдань даної роботи. Спочатку визначалися оптимальні характеристики сталеві фібробетонної суміші. Для цього визначалася кубикова міцність сталеві фібробетону на зразках 100x100x100 мм. При цьому варіювався відсоток дисперсного армування, який становив 0,5 %, 1,0 % і 1,5 %, а також розмір фракції крупного заповнювача (щебінь) — з розміром фракції  $\leq 10$  мм в одній

серії випробувань та  $\leq 20$  мм — в другій. Одночасно визначалася кубикова міцність звичайного бетону при тих же розмірах крупного заповнювача. Всього було проведено 8 серій випробувань по 9 зразків в кожній. Потім виготовлені моделі дорожніх та аеродромних плит однакових розмірів у плані – 12 зразків, шість із яких мали додаткове дисперсне армування у кількості 1 % за обсягом. Відповідно до чинних норм, які рекомендують проведено випробування зразків плит за прогоноюю та консольною схемами навантаження. У роботі докладно викладено методику випробувань всіх зразків плит та отримані результати, що подані у вигляді таблиць та графіків.

Виконане комп'ютерне моделювання та скінчено-елементний аналіз плит у двох програмах — ПК ЛІРА-САПР і SOFiSTiK. Наведено порівняльний аналіз результатів, отриманих експериментально, методом скінчених елементів та за рекомендаціями діючих нормативних документів. З цього аналізу випливає основний висновок досліджень, що додаткове дисперсне армування плит сталеву фібру призводить до підвищення несучої здатності та тріщиностійкості.

#### Зауваження до розділу 2:

1. Здається, що розділ перевантажений рисунками, які можна було розмістити у додатках.

2. Доцільно було б приділити більше уваги опису виконаних авторкою експериментальних досліджень, які, на наш погляд, є найбільш сильною стороною виконаної роботи.

*У третьому розділі* розглядаються розрахунки досліджуваних плит за нормальними перерізами. Для визначення несучої здатності були проведені теоретичні розрахунки та експериментальні дослідження.

У нормативних документах більшості країн, в тому числі у вітчизняних, при розрахунку за нормальними перерізами використовуються практично ті самі вихідні передумови, засновані на гіпотезі плоских перерізів. Тоді природно, що за інших рівних умов розрахунки за всіма нормами повинні давати однакові чи дуже близькі результати. Насправді одержувані результати



відрізняються, і іноді суттєво, тому продовжується пошук нових моделей, нових рішень.

Руйнування за нормальними перерізами відбувається від дії згинального моменту і поздовжніх зусиль з використанням деформаційного методу. Розрахунок роблять на основі рівнянь рівноваги зовнішніх і внутрішніх зусиль, умов деформування нормального перерізу, діаграм стану бетону і арматури.

Теоретичні розрахунки виконувалися за серією стандартів, нормативних документів та методик. Теоретичні та експериментальні дослідження проводилися за двома етапами для двох серій плит – залізобетонних та сталевібробетонних, при прикладанні навантаження у прольотній та консольній частинах. Теоретичний розрахунок виконувався за міцністю нормальних перерізів для перерізу прямокутного профілю із подвійною ненапруженою арматурою. Розрахунки виконувалися для елементів залізобетонних та сталевібробетонних конструкцій за граничним станом I групи на дію згинальних моментів для другої форми рівноваги – тобто у перерізі є зона розтягу.

Для порівняння результатів, отриманих у методиках приведених стандартів, розрахунок щодо визначення згинального моменту моделі залізобетонної плити при прольотному навантаженні ще виконувався за нелінійною деформаційною моделлю, в основу якого полягали діаграми осьового розтягу та стиску бетону, розтягу арматури та гіпотези плоских перерізів. Розрахунки виконувалися для елементів залізобетонних та сталевібробетонних конструкцій за граничним станом I групи на дію згинальних моментів для другої форми рівноваги – тобто у перерізі є зона розтягу.

### Зауваження до розділу 3:

1. Перший параграф цього розділу скоріше відноситься до огляду робіт.
2. Для кожної плити було обрано дві методики розрахунку; отримані результати відрізняються, тому важко обрати одну з них, як рекомендацію. Доцільно було розглянути додатково якийсь третій варіант.



*У четвертому розділі* розглядаються розрахунки плит за похилими перерізами. Відзначається, що введені в дію ДБН В.2.6-98:2009 та ДСТУ Б В.2.6-156:2010, які гармонізовані до Eurocode 2, стали причиною помітних змін в методиках виконання розрахунків, пов'язаних із визначенням міцності нормальних та похилих перерізів згинальних елементів різного профілю, а також оцінки залізобетонних конструкцій за 2-ю групою граничних станів. При розрахунках міцності похилих перерізів повернулись до фермової аналогії, що змінило методику визначення площі необхідної арматури в цих перерізах. Ця нова методика оцінки міцності похилих перерізів за поперечною силою суттєво відрізняється від методики за нормами СНиП 2.03.01-84\*.

Авторка роботи стверджує, що сталеві фібробетон та залізобетон є неоднорідними матеріалами. В «пружній» стадії вони стають крихкими, та зростає раптовість вичерпання несучої здатності. У більшій складності це стосується похилих перерізів в згинальних елементах. Під час визначення несучої здатності елементів, які працюють на зріз без поперечного армування, виникають складнощі ще й із складним напружено-деформованим станом елемента. Розроблення та вдосконалення методів оцінки несучої здатності похилих перерізів є актуальною задачею в інженерній галузі. При вигині елементів, таких, як плити або балки, крім нормальних напружень виникають також сколюючі, які діють по горизонтальному і вертикальному напрямках. Для похилих перерізів є актуальними 3 стадії напружено-деформованого стану (НДС), як і для нормальних перерізів. При утворенні похилої тріщини, згинальний елемент ділиться на частини, які поєднані бетоном стиснутої зони і арматурою, яка в свою чергу перетинає похилу тріщину.

Виходячи з цього, в роботі виконано розрахунки досліджуваних плит за похилими перерізами на підставі чотирьох існуючих нормативних документів і методик, які показали, деякі розбіжності через використання різних методик. Виконаний розрахунок за похилими перерізами для моделей із сталеві фібробетону свідчить, що при прикладанні навантаження у прольотній частині за результатами розрахунку похилих тріщин не утворюється. При



навантаженні у консольній частині, умова при визначені міцності по похилій смузї між похилими тріщинами вважається виконаною, але перевірка умови за міцністю за похилими перерізами при комбінованому армуванні не є забезпеченою. Це зумовлено утворенням двох похилих тріщин у плиті через виникнення зсуву за похилим перерізом від дії поперечної сили. Початок утворення першої похилої тріщини з'явився в середині бічної грані плити. У цьому місці напруження досягали максимального значення.

#### Зауваження до розділу 4:

1. Як і в попередньому розділі, тут перший параграф скоріше відноситься до огляду робіт.

2. Структура розділу аналогічна структурі попереднього, тому і тут обраних двох методик розрахунку недостатньо формування рекомендацій. Доцільно було розглянути додатково третій варіант.

**Загальні висновки** відповідають поставленим завданням дослідження і повністю відображають суть виконаної роботи.

Основні положення дисертації висвітлені у достатній кількості публікацій, а саме у 27 друкованих роботах, 5 з яких - в фахових збірниках наукових праць, 4 - закордоном, 1 індексується в науко метричній базі Scopus, 10 тезах доповідей у збірниках наукових конференцій.

#### **Загальна оцінка дисертаційної роботи**

Вказані недоліки не зменшують значимість дисертаційної роботи, а отримані результати рекомендуються до використання при розрахунках залізобетонних та фібробетонних аеродромних та дорожніх плит..

Дисертаційна робота Д.О. Кіріченко є закінченою науково-дослідною роботою і в ній отримано нові науково-обґрунтовані результати в напрямку визначення несучої здатності та деформативності аеродромних та дорожніх плит внаслідок їхнього додаткового дисперсного армування.

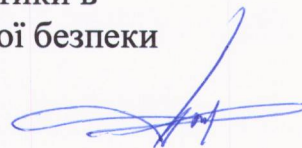
## Висновок

Дисертаційна робота Кіріченко Дар'ї Олексіївни «НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ АЕРОДРОМНИХ І ДОРОЖНІХ ПЛИТ З ФІБРОБЕТОНУ» за актуальністю, за обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням, повнотою викладу результатів досліджень у фахових наукових виданнях є завершеною науковою працею, відповідає паспорту спеціальності 05.23.01 - «Будівельні конструкції, будівлі та споруди» та вимогам, передбаченим пунктом 10 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №167 від 6 березня 2019 р.

Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи вважаю, що її автор, **Кіріченко Дар'я Олексіївна**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 05.23.01 - «Будівельні конструкції, будівлі та споруди».

### Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор  
начальник кафедри пожежної профілактики в  
населених пунктах факультету пожежної безпеки  
Національного університету  
цивільного захисту України



Ю.А. Отрош

*Особистий підпис Отроша Ю.А.  
звернуто!  
Звернувши не підписувати с.  
07.10.2023*

