

Голові разової спеціалізованої вченої ради ДФ 41.085.012
Одеської державної академії будівництва та архітектури
д.т.н., проф. Клименку Євгенію Володимировичу

В І Д Г У К

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента,
Андрійчука Олександра Валентиновича на дисертаційну роботу

Кіріченко Дар'ї Олексіївни

на тему: «Несуча здатність аеродромних і дорожніх плит з фібробетону»,
що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Актуальність теми дисертації. Головне завдання будівельної галузі – створення міцних, надійних, енергоефективних конструкцій. Підвищення несучої здатності залізобетонних елементів, зниження матеріаломісткості та трудомісткості їх при виготовленні і монтажі – напрямки роботи багатьох науковців-будівельників в різних країнах світу.

На сьогодні дорожній одяг на 95% автомобільних шляхів України є нежорсткого типу та складається з асфальтобетону (на яких, згідно діючих нормативів, потрібно проводити поточний і капітальний ремонт через кожних 4 і 12 років відповідно). Останні тенденції, як в Україні так і країнах ближнього зарубіжжя свідчать про перспективу активного впровадження в дорожньому будівництві конструкцій покриття жорсткого типу – цементобетону. Всі автобани в Німеччині (нім. Autobahn, дослівно — «автомобільна траса»), а також основні дороги в США влаштовані з жорстких цементно-бетонних покриттів.

Потрібно зазначити, що використання бетону з класичним армуванням та умови його роботи в тонкостінних конструкціях і в дорожньому одязі жорсткого типу ставлять завдання пошуку способів підвищення тріщиностійкості, ударної міцності, морозостійкості та інших характеристик, які в свою чергу залежать від міцнісних властивостей матеріалу. Одним із

рішень в цьому напрямку є застосування дисперсно армованого бетону. Комбінування жорстких – і через це зі значними резервами міцності – волокон (фібр) з матрицею (бетоном) дозволяє значно підвищити тріщиностійкість конструкцій при впливі повторюваних і динамічних навантажень.

Тому дослідження матеріалів для жорстких покриттів на автомобільних дорогах та аеродромах із використанням дисперсного армування є подальшим науковим удосконаленням цементно-бетонного покриття.

Дорожні та аеродромні покриття 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.

Варто зазначити, що для нашої держави дуже важливим є вирішення загальних проблем з відновлення зруйнованої в наслідок бойових дій та створення нової транспортної інфраструктури – зниження затрат при будівництві та збільшення терміну безремонтної експлуатації жорстких покриттів на автомобільних дорогах і аеродромах.

У зв'язку з цим дослідження несучої здатності та деформативності аеродромних і дорожніх плит із фібробетону є актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації безпосередньо пов'язана і відповідає актуальним напрямкам науково-технічної політики України в розрізі загальнодержавної міжгалузевої програми «Ресурс» та її розділу «Будівництво».

Роботу виконано в рамках держбюджетних тем Міністерства освіти і науки України «Аналітичні, експериментальні та комп'ютерні дослідження стрижневих систем, плит і оболонок з сталеві фібробетону» (номер державної реєстрації: 0121U111757) та «Моделювання і розрахунок конструкцій з використанням ANSYS, ЛПА-САПР» (номер державної реєстрації: 0121U111777), що виконуються на кафедрі будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Варто зазначити, що результати експериментально-теоретичних досліджень 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».

Коротка характеристика змісту дисертації. Дисертаційна робота має класичну структуру: вона складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків до дисертаційної роботи, списку використаних літературних джерел та чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 183 сторінки друкованого тексту, основний її зміст викладено на 137 сторінках, у ній присутні: 15 таблиць, 63 рисунки, перелік із 119 найменувань використаних літературних джерел на 13 сторінках і чотирьох додатків на 9 сторінках.

Дисертація написана українською мовою, її структура та оформлення відповідають установленим вимогам. Вона характеризується єдністю змісту.

У **вступі** представлено обґрунтування вибору теми дослідження, сформульовані мета та задачі досліджень, наукова новизна та практичне значення роботи, представлена її загальна характеристика та зв'язок із науковими програмами, а також апробація та впровадження дисертаційного дослідження.

У **першому розділі** проведено детальний огляд і аналіз існуючої нормативної бази розрахунків дорожніх та аеродромних плит, а також відповідної науково-технічної літератури в якій розглянуто загальні відомості та описано результати існуючих досліджень вітчизняних та закордонних науковців, що висвітлюють питання несучої здатності та деформативності аеродромних і дорожніх плит.

Особливу увагу приділено розгляду існуючих нормативних документів України і пропонованих у них аналітичних та експериментальних методів дослідження плит. Розрахунок бетонних, залізобетонних та фібробетонних аеродромних і дорожніх плит слід виконувати за граничними станами першої та другої груп.

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. Переважна більшість вчених, які займалися цією проблемою після них, у тому числі й сучасні дослідники, також дотримувалися розрахункової схеми плити на пружній основі. Справді, 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.

Таким чином, 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 мати суто випадковий характер, на відміну від інших конструкцій.

Другий розділ дисертації містить методика та результати експериментальних досліджень дорожніх та аеродромних плит.

Проведені експериментальні дослідження на модельних зразках плит включали в себе три етапи. Метою першого етапу було визначення оптимальних характеристик сталевібробетонної суміші. Для цього визначалася кубикова міцність сталевібробетону 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 ≤ 10 мм в одній серії випробувань та ≤ 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. Результати цього етапу показали, що оптимальними характеристиками вібробетонної суміші є матриця з крупним заповнювачем фракції ≤ 10 мм при 1,0 % фібрового армування.

Для випробувань моделей дорожніх та аеродромних плит розроблений універсальний стенд. Виготовлені моделі плит – 12 зразків, шість із яких мали додаткове дисперсне армування у кількості 1 % за обсягом. На другому етапі 6 зразків досліджувалися за прогоною схемою навантаження, а на третьому етапі ще 6 зразків – за консольною схемою навантаження. Виконане комп'ютерне моделювання та скінчено-елементний аналіз плит у двох програмах – ПК ЛПА-САПР і SOFiSTiK. Наведено порівняльний аналіз результатів, отриманих експериментально, методом скінчених елементів та за рекомендаціями діючих нормативних документів.

Третій розділ дисертації присвячений розрахункам досліджуваних плит за нормальними перерізами. Слід зазначити, що, як у зарубіжній, і у

вітчизняній науковій літературі немає єдиного підходу до розв'язання цієї проблеми, що часто призводить до значних розбіжностей у результатах.

В роботі для визначення несучої здатності були проведені теоретичні та експериментальні дослідження плит. Розміри моделей залізобетонних та сталевібробетонних плит становили 1375 x 825 x 65 мм. Обидві серії плит були армовані просторовим каркасом, який складався з двох сіток арматури типу Вр-1 діаметром 5 мм.

Теоретичні та експериментальні дослідження проводилися за двома етапами для двох серій плит – залізобетонних та сталевібробетонних, при прикладанні навантаження у прольотній або у 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 І групи на дію згинальних моментів для другої форми рівноваги – тобто у перерізі є зона розтягу.

Розглядалися залізобетонні та фібробетонні плити за двох схем навантаження – прогонової та консольної.

Наведені значення згинальних моментів для кожної моделі плит, що були отримані теоретичним і експериментальним шляхом, добре узгоджуються між собою. Для залізобетонних плит при обох схемах навантаження відхилення становить 10 %, а для фібробетонних – 0,4 %.

В *четвертому розділі* дисертаційної роботи представлені розрахунки досліджуваних плит за похилими перерізами.

Для проведення розрахунків конструкцій за міцністю похилих перерізів на дію поперечних сил моделі плит із залізобетону розраховували за методикою Полякова Л.П., Лисенко Є.Ф., Кузнецової Л.В і за методикою ДСТУ Б.В.2.6–156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону», а моделі плит із фібробетону – за методикою ДСТУ Н.Б.В.2.6–78:2009 «Настанова з проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій» і за ДСТУ–Н Б В.2.6–218:2016 «Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсно армованого бетону».

Наведені значення згинальних моментів для кожної моделі плит, що були отримані теоретичним і експериментальним шляхом, добре узгоджуються між

собою. Для залізобетонних плит при обох схемах навантаження відхилення складає 10 %, а для фібробетонних – 0,4 %.

Результати, отримані в даній науково-дослідній роботі, впроваджені в практику проектування та експлуатації будівель, а також використовуються в навчальному процесі закладів вищої освіти.

За результатами дослідження впливу дисперсного армування бетону сталевую фіброю на несучу здатність і деформативність аеродромних та дорожніх плит сформульовано **загальні висновки** до роботи.

В кінці дисертації подано список використаних літературних джерел і додатки (Додатки А-Г).

Наукова новизна отриманих результатів дисертації повністю обґрунтована результатами експериментальних і теоретичних досліджень, що представлені автором у роботі. За результатами виконаної роботи:

- вперше експериментально вивчений вплив додаткового дисперсного армування на несучу здатність та деформативність аеродромних та дорожніх плит при двох схемах навантаження;

- вперше отримано якісну та кількісну оцінку впливу додаткового дисперсного армування на тріщиностійкість аеродромних та дорожніх плит;

- отримала подальший розвиток методика розрахунку досліджуваних плит за нормальними та похилими перерізами на підставі існуючих нормативних документів і методик;

- отримала подальший розвиток методика комп'ютерного моделювання бетонних і фібробетонних аеродромних та дорожніх плит та їх розрахунок у двох провідних програмних комплексах.

Практична цінність результатів дисертаційної роботи є незаперечною. Результати експериментально-теоретичних досліджень дали можливість розробити:

- рекомендації щодо додаткового дисперсного армування бетонних і фібробетонних аеродромних та дорожніх плит;

- 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 додаткового дисперсного армування – впроваджені в конструкторську практику ТОВ «Екострой» м. Одеси, ПП "ПроектБудСтар", смт. Чернобай, Черкаська область.

Апробація наведених у дисертаційній роботі результатів є достатньою. Основні положення дисертації викладені у 27 друкованих наукових працях, 5 із яких – в фахових збірниках наукових праць, 4 – закордоном, 1 – індексується в науко метричній базі Scopus.

Основні положення дисертації доповідалися та обговорювалися на наукових конференціях:

- 13-ій Міжнародній науково-технічній конференції молодих науковців та студентів (Мінськ, Білорусь, 2020 р.),
- 9-ій Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (Харків, 2021 р.);
- Міжнародній науково-технічній конференції «Структуроутворення та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій» (Одеса, 2021 р.),
- International itinerant exhibition research in building engineering «EXCO`2021» (Валенсія, 2021 р.);
- 8-ій та 9-ій Міжнародній науково-практичній конференції "Актуальні проблеми інженерної механіки" (Одеса, 2021-2022 р.р.);
- 78-й, 79-й науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу академії (м. Одеса, 2022-2023 р.р.);
- V-ій Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених «Фізичні основи сучасних технологій в будівельній індустрії» (Одеса, 2023 р.),
- Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми надзвичайних ситуацій» (Харків, 2023 р.).

Достовірність результатів наукових досліджень одержаних у дисертації підтверджується застосуванням нормативної бази України, країн Європи та США щодо методів розрахунку та експериментальних досліджень аеродромних і дорожніх плит; обґрунтованих передумов розрахунку та порівнянням отриманих теоретичних результатів із експериментальними та з результатами чисельного аналізу.

За змістом дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. Враховуючи, що руйнування дорожніх і аеродромних плит в реальних умовах відбувається в першу чергу від впливу динамічних навантажень – у дисертаційній роботі необхідно було проаналізувати опубліковані результати рівненських науковців щодо експериментальних досліджень впливу динамічних навантажень на дисперсно армовані бетони (опубліковані за останніх 3-7 років).

2. В другому розділі необхідно було представити таблицю з маркуванням усіх виготовлених дослідних зразків, в якій вказати – характеристику та розміри зразків, їх маркування, досліджувані фактори.

3. В пункті 2.1, с. 54 вказано, що ТОВ «Великодолинський завод ЗБК» виготовлено дві дорожні та дві аеродромні плити. В дисертаційній роботі представлені результати експериментальних дослідження тільки моделей лабораторно виготовлених плит розміром 825 мм x 1375 мм – 12 зразків (п. 2.1.2, с. 61), а про дослідження заводських плит не вказано.

4. Потребує детальнішого пояснення, як при виготовленні сталевібробетону технологічно забезпечувалася його однорідність і не допускалося утворення «їжаків» із сталевіброфібри.

5. Для встановлення кубикової та призмової міцності сталевібробетону при використанні фібри довжиною $l = 50$ мм – варто було виготовляти куби і призми з розмірами відповідно 150 x 150 x 150 мм (куби) і 150 x 150 x 600 мм (призми).

6. При дослідженні механічних характеристик сталевібробетонних конструкцій суттєве значення має міцність фібробетону на розтяг. В дисертаційній роботі варто було встановити залежність впливу відсотку армування використаної сталевіброфібри ($\mu = 0,5, 1,0, 1,5$) на міцність бетонної матриці на розтяг.

7. На рис. 2.23 і рис. 2.30 позначення розташування утворених бічних тріщин здійснено «дзеркально» – тріщини мають утворюватися в зоні розтягу.

8. На поданих рисунках з фотографіями тріщин в дослідних плитах (рис. 2.25, 2.28, 2.29, 2.32, 2.33, 2.36, 2.37) потрібно було підписати маркування/шифри дослідних плит.

9. Під час моделювання та розрахунку моделей плит в ПК ЛІРА-САПР не вказано, яку задано жорсткість для використовуваних скінченних елементів KE19.

10. При моделюванні сталевібробетонної плити в ПК ЛІРА-САПР варто також було використати фізично нелінійні скінченні об'ємні елементами № 236 (універсальні просторові 8-кутові ізопараметричні KE). Механічні властивості сталевібробетону задати з допомогою графіка, що описує залежність напруження-деформації для даного сталевібробетону (σ - ϵ). І при розрахунку використати 14-ий закон нелінійного деформування («кусково-лінійний закон деформування»).

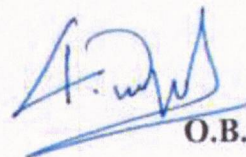
Наведені зауваження не знижують теоретичного та практичного значення дисертаційної роботи і можуть бути враховані в подальших дослідженнях. Вони не можуть впливати на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Дисертація **Кіріченко Дар'ї Олексіївни** є завершеною працею, в якій експериментально вивчено вплив дисперсного армування бетону сталевією фіброю на несучу здатність і деформативність аеродромних та дорожніх плит.

Вважаю, що за актуальністю, науковою новизною, обсягом проведених експериментальних досліджень, їхньою науковою та практичною значимістю дисертаційна робота **Кіріченко Дар'ї Олексіївни** на тему «Несуча здатність аеродромних і дорожніх плит з фібробетону» відповідає вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів №261 від 23 березня 2016 року (зі змінами і доповненнями згідно з Постановою Кабінету Міністрів №283 від 03 квітня 2019 року), Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами і доповненнями згідно з Постановою КМУ №341 від 21 березня 2022 року), а її автор заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент

Кандидат технічних наук, доцент,
декан факультету архітектури, будівництва та дизайну
Луцького національного технічного університету



О.В. Андрійчук

