

Голові разової спеціалізованої вченої ради ДФ 41.085.026  
Одеської державної академії будівництва та архітектури  
д.т.н., проф. Кровякову Сергію Олексійовичу

## В І Д Г У К

офіційного опонента кандидата технічних наук, доцента,  
Андрійчука Олександра Валентиновича на дисертаційну роботу  
**Вигнанець Марини Михайлівни**  
на тему: «Тріщиностійкість, деформативність та несуча здатність  
балкових фібробетонних конструкцій»,  
що представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

*Актуальність теми дисертації.* В сучасному будівництві найбільш поширеним матеріалом, що використовується при зведенні будівель і споруд є бетон, що є основою для виготовлення залізобетонних конструкцій. У значному переліку залізо-бетонних конструкцій одними із найбільш масових є згинальні несучі елементи будівель і споруд. В таких конструкціях суміжна робота арматури і бетону – це один із основних факторів їх надійної експлуатації, що реалізується завдяки процесу зчеплення арматури з бетоном в залізобетонних конструкціях.

Потрібно зазначити, що використання залізобетону з класичним армуванням та умови його роботи в багатьох конструкціях (експлуатація при вібраційних або динамічних впливах, тонкостінні елементи, дорожні конструкції, і т.д.) 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 фізико-механічні властивості конструкцій.

Волокна фібробетону здатні блокувати розвиток мікротріщин у місцях контакту поперечних ребер стрижнів із бетоном, залучати у спільну роботу більші обсяги шарів фібробетону.

Здійснений огляд експериментальних досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених показав, що сталеві фібробетон має фізико-механічні властивості, істотно кращі, ніж у традиційного бетону. Але широкого застосування сталеві фібробетонні конструкції у вітчизняній практиці будівництва на сьогоднішній день не набули. Область застосування сталеві фібробетону в будівельних конструкціях в Україні свідчить про обмежене застосування фібрового армування. В першу чергу, ці обмеження відображають недостачу критеріїв для забезпечення конструкцій заданими експлуатаційними характеристиками.

У зв'язку з цим є необхідність подальшого вивчення деформативних характеристик матеріалу, властивостей повзучості, тривалої міцності та розробки перспективних варіантів фібробетонів для підвищення їх техніко-економічної ефективності, надійності та експлуатаційної безпеки конструкцій будівель і споруд. Проведений аналіз літературних джерел свідчить про суперечності теоретичних робіт та експериментальних даних, незначну кількість робіт, присвячених вивченню несучої здатності, тріщиностійкості, деформативності сталеві фібробетонних балок, особливо при тривалих навантаженнях, що сприяло проведенню нових досліджень.

У зв'язку з цим дослідження тріщиностійкості, деформативності та несучої здатності балкових фібробетонних конструкцій 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 держбюджетної теми Міністерства освіти і науки України «Аналітичні, експериментальні та комп'ютерні дослідження стрижневих систем, плит і оболонок з сталеві фібробетону» (номер державної реєстрації: 0121U111757), що виконувалася 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, п'яти розділів, висновків до розділів, загальних висновків до дисертаційної роботи, списку використаних літературних джерел та додатків А-Д. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 228 сторінок друкованого тексту, основний її зміст викладено на 147 сторінках, у ній присутні: 29 таблиць, 56 рисунків, перелік із 138 найменувань використаних літературних джерел на 14 сторінках і п'яти додатків на 56 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** дисертації коротко наведено історію виникнення фібробетону, встановлено галузі його раціонального застосування. Виконано огляд робіт стосовно досліджень сталеві фібробетону та сталеві фібробетонних конструкцій. Проаналізовано нормативну базу України та закордонних країн з розрахунку сталеві фібробетонних конструкцій. Особливу увагу приділено розгляду існуючих нормативних документів України і пропонуваніх у них методів розрахунку.

Результати досліджень конструкцій на основі сталеві фібробетону базуються на роботах І.М. Ахвердова, Ю.М. Баженова, Н.І. Карпенка і багатьох інших дослідників бетону і конструкцій на його основі. Що ж стосується робіт, безпосередньо присвячених вивченню роботи сталеві фібробетонних конструкцій, то їх явно недостатньо. Зазвичай, в дослідженнях окремо проводяться роботи щодо покращення властивостей матеріалу, і окремо виконується вдосконалення конструкцій за рахунок застосування СФБ, часто, без взаємозв'язку з їх статичною та динамічною

роботою. Однак, в нормативних документах немає чітких вказівок щодо вибору вихідних даних при проектуванні і виготовленні СФБК (СФЗБК), ні в частині вибору матеріалів і технологій, ні в питаннях, пов'язаних з вимогами, що пред'являються до конкретної конструкції. У зв'язку з цим складно очікувати повноцінної реалізації можливості підвищення техніко-економічних показників конструкцій на основі СФБ. Мабуть, це і є однією з причин того, що навіть на сьогоднішній день вони не знайшли гідного практичного застосування у вітчизняному будівництві.

*Другий розділ* дисертації містить опис виконаних експериментальних досліджень механічних властивостей сталевібробетону. Наведені властивості сталевібробетону, аналіз впливу її геометрії на властивості сталевібробетонних конструкцій.

Проведені в роботі експериментальні дослідження включали в себе три етапи. Метою першого етапу було визначення оптимальних характеристик сталевібробетонної суміші. На другому етапі визначена кубикова та призмоча міцність вібробетону, досліджений характер їх зміни з плином часу, визначені початковий модуль пружності і модуль деформацій при короткочасному та тривалому навантаженні. І на 3 етапі призми довантажували до руйнування в силових стендах без попереднього розвантаження.

Встановлено, що призми із вібробетону, що знаходилися протягом 370 діб під дією тривалого навантаження, збільшили несучу здатність на 30-50% в залежності від рівня навантаження. Чим вище рівень навантаження, тим вища тривала міцність. Проведені дослідження показали, що, в порівнянні зі звичайним бетоном, структура вібробетону характеризується меншою кількістю великих пор і більш високою однорідністю.

Аналіз результатів показав, що для практичного застосування можна рекомендувати аналітичну залежність, яка пов'язує міцність вібробетону і його вік, у вигляді поліному четвертої ступені, оскільки в цьому випадку коефіцієнт детермінації буде максимальним при всіх досліджених рівнях навантаження зразків вібробетону.

*Третій розділ* дисертації присвячений дослідженню несучої здатності балок при короткочасних навантаженнях. Теоретична несуча здатність залізобетонних балок за нормальними перерізами визначена за кількома існуючими методиками:

– з використанням діаграми деформування бетону у вигляді поліному п'ятої степені;

– з використанням діаграми деформування бетону у вигляді дробно-раціональної функції;

– з використанням спрощеної дволінійної діаграми деформування бетону.

Визначена також теоретична несуча здатність залізобетонних балок за похилими перерізами. Визначена теоретична несуча здатність фібробетонних балок за нормальними та похилими перерізами. Підкреслюється, щодо рекомендації її визначення є в попередній редакції ДСТУ і чомусь відсутні у чинних нормах. В той же час такі рекомендації дають нормативні документи Європи, США та більшості провідних країн світу.

Наступна частина третього розділу присвячена експериментальним дослідженням несучої здатності балок, що були проведені авторкою роботи. На кожному етапі дослідження випробовувалися три серії балок різного виду (по три однакових зразки у кожній серії): I серія — балки із звичайного бетону; II серія — балки зі сталевіфробетону; III серія — балки комбінованого перерізу, у яких нижня (розтягнута) зона, яка дорівнює половині поперечного перерізу балки, виготовлена зі сталевіфробетону, а верхня (стиснута) — зі звичайного бетону. У склад бетонної маси для II та III серій зразків при замішуванні рівномірно додавалася фібра, загальний обсяг якої становив 1%.

Представлено порівняльний аналіз виконаних теоретичних та експериментальних досліджень.

В *четвертому розділ* дисертаційної роботи розглянуто деформативність та тріщиностійкість залізобетонних, фібробетонних та комбінованих балок при короткочасних навантаженнях. Виконаний теоретичний розрахунок балок за утворенням та розкриттям тріщин, визначений момент тріщиноутворення та ширина розкриття тріщин в нормальних перерізах.

Визначені прогини балок виходячи з чинних норм України та згідно з європейським стандартом Єврокод-2. Наведено методику та результати експериментальних досліджень прогинів при короткочасному навантаженні. У процесі випробування балок при короткочасному та довготривалому навантаженні фіксували прогини, деформації окремих волокон бетону і навантаження, що прикладалось до зразка. Деформації вимірювали за допомогою тензорезисторів з базою 50 мм, які були наклеєні в зоні чистого

згину в характерних точках по висоті перерізу балки. Крім тензорезисторів, деформації на тих же рівнях вимірювали за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм з базою 25 см.

З отриманих результатів випливає, що на початкових стадіях короткочасного навантаження прогини у всіх трьох балках ростуть за лінійною залежністю. Коли навантаження досягає рівня  $20 \div 30$  кН, спостерігається нелінійний характер. У балці I серії нелінійність починається дещо раніше і виражена чіткіше. За час навантаження прогини в балках I серії в 1,8 рази вищі, ніж у балках II серії.

Наведені також результати експериментальних досліджень тріщиностійкості трьох типів балок при короткочасному навантаженні.

*У п'ятому розділі дисертаційної роботи* розглянуто несучу здатність та тріщиностійкість залізобетонних, фібробетонних та комбінованих балок при тривалих навантаженнях. Розглянуто теоретичні аспекти визначення несучої здатності та тріщиностійкості балок при тривалих навантаженнях і результати їх експериментальних досліджень під навантаженням протягом 370 діб. Балка зі звичайного бетону в процесі тривалого навантаження знизилася свою несучу здатність на 5,5%. Сталефібробетонна балка підвищила несучу здатність із 75 кН до 80,7 кН, тобто на 7,6%. Встановлено, що стабілізація прогинів у балках II серії настає значно раніше (100 діб), ніж у балках I серії (175 діб). Прогини за час тривалого навантаження в балках всіх трьох серій зросли на  $(29 \div 34)\%$ . На момент повторного навантаження склали: бетонна балка (I серія) – 1,07 см, комбінована (III серія) – 0,68 см та сталефібробетонна (II серія) – 0,6 см.

Ретельно досліджено тріщиностійкість балок всіх трьох серій з вимірюванням ширини розкриття тріщин та якісним і кількісним аналізом характеру їх утворення та розташування.

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 несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості сталефібробетонних балок при короткочасних та тривалих навантаженнях сформульовано **загальні висновки** до роботи.

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

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

– вперше запропоновано методика теоретичного та експериментального дослідження несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості залізобетонних, фібробетонних та комбіновано армованих балок при короткочасних навантаженнях;

– вперше експериментально вивчено несучу здатність, деформативність та тріщиностійкість залізобетонних, фібробетонних та комбіновано армованих балок при тривалих навантаженнях;

– отримала подальший розвиток методика визначення теоретичної несучої здатності залізобетонних і фібробетонних балок за нормальними та похилими перерізами при короткочасних навантаженнях із застосуванням різних існуючих підходів;

– отримала подальший розвиток методика експериментальних досліджень механічних властивостей сталеві фібробетону.

**Практична цінність отриманих результатів дисертаційної роботи** є незаперечною. Результати експериментально-теоретичних досліджень дали можливість розробити нескладну та ефективну методика дослідження несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості сталеві фібробетонних балок при короткочасних та тривалих навантаженнях.

**Впровадження результатів дисертаційної роботи.** Результати, отримані в дисертаційній роботі, в вигляді теоретичних та експериментальних методів оцінки несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності залізобетонних і сталеві фібробетонних балок при короткочасних та тривалих навантаженнях, впроваджені в діяльність ТОВ «ІПК «Спецзахист» м. Запоріжжя та ПП «ПроектБудСтар» Черкаської області.

Результати дисертаційної роботи 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».

*Апробація* наведених у дисертаційній роботі результатів є достатньою. Основні положення дисертації викладені у 22 друкованих наукових працях, 4 із яких – в фахових збірниках наукових праць, 6 – за кордоном, 1 – за кордоном, що індексується в науко метричній базі Scopus, 10 – в тезах наукових конференцій.

Основні положення дисертації доповідалися та обговорювалися на наукових конференціях:

- Міжнародній конференції «Структурування, міцність та руйнування композиційних будівельних матеріалів і конструкцій» (м. Одеса, 2018 р.);
- 74-й науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу академії (м. Одеса, 2018 р.);
- V-й Міжнародній конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки» (м. Одеса, 2018 р.);
- 7-й Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (м. Харків, 2018 р.);
- 2-й науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку будівельного комплексу м. Одеси» (м. Одеса, 2018 р.);
- 75-й науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу академії (м. Одеса, 2019 р.);
- VI-й Міжнародній конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки» (м. Одеса, 2019 р.);
- 8-й Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті» (м. Харків, 2019 р.);
- International itinerant exhibition research in building engineering «EXCO`2020» (м. Валенсія, 2020);
- Міжнародній науково-технічній конференції «Структурування та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій» (м. Одеса, 2024 р.).

*Достовірність результатів наукових досліджень* одержаних у дисертації підтверджується застосуванням нормативної бази України, країн Європи та США щодо методів розрахунку та експериментальних досліджень



несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності залізобетонних і сталевібробетонних балок при короткочасних та тривалих навантаженнях; обґрунтованих передумов розрахунку та порівнянням отриманих теоретичних результатів з експериментальними.

***За змістом дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:***

1. Огляд робіт проведено без достатнього їх аналізу для формування задач майбутнього дослідження, про що свідчать висновки по розділу. В огляді недостатньо уваги приділено дослідженням тріщиностійкості, деформативності та несучої здатності фібробетонних балок, що виконані дослідниками інших країн.

2. Доцільно було б представити таблицю з маркуванням усіх виготовлених дослідних зразків, в якій вказати характеристику та розміри зразків, їх маркування, досліджувані фактори.

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

4. В розділі 2 висновок №5 (*про пористість структури фібробетону*) не підтверджений дослідженнями автора – в дисертаційній роботі відсутні дані про дослідження структури, однорідності/пористості зразків.

5. У розділі 3.4 доцільно було б вказати проліт балки та схему прикладання навантаження.

6. Під час проведення наукового дослідження варто було застосувати метод скінченних елементів (*«ПК Ліра» або інші відповідні комп'ютерні програми*) для комп'ютерного моделювання роботи дослідних балок.

7. В загальному висновку №3 відсутня наукова новизна, а інформація в висновку №4 дублюється з висновком №7.

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 **Вигнанець Марини Михайлівни** є завершеною працею, в якій експериментально вивчено тріщиностійкості, деформативності та несучої здатності балкових фібробетонних конструкцій при дії короткочасних та тривалих навантажень.

Вважаю, що за актуальністю, науковою новизною, обсягом проведених експериментальних досліджень, їхньою науковою та практичною значимістю дисертаційна робота **Вигнанець Марини Михайлівни** на тему «Тріщиностійкість, деформативність та несуча здатність балкових фібробетонних конструкцій» 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**

**ВІРНО:**  
Начальник відділу кадрів  
"10. 09. 2024 р."

