

**ВІДГУК**  
**ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА** доктора технічних наук, професора  
**Барабаш Марії Сергіївни**  
на дисертаційну роботу **Вигнанець Марини Михайлівни**  
**«ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ, ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ТА НЕСУЧА**  
**ЗДАТНІСТЬ БАЛКОВИХ ФІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ»**,  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з  
галузі знань 19 – Архітектура та будівництво,  
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Дисертаційна робота М.М. Вигнанець присвячена вирішенню актуальної наукової задачі – дослідженню тріщиностійкості, деформативності та несучої здатності балкових фібробетонних конструкцій при дії короткочасних та тривалих навантажень.

**1. Актуальність теми**

Дослідження тріщиностійкості, деформативності та несучої здатності балкових залізобетонних та фібробетонних конструкцій при дії короткочасних навантажень та тривалих навантажень є завжди актуальною задачею. Теорії деформування та руйнування залізобетону здебільшого засновані на припущеннях, що зміна різних областей діаграм станів при навантаженні бетону відповідає появі нових особливостей деформування або зміною міцності матеріалу. На першому етапі до появи мікроруйнувань розглядається, як правило, пружна деформація. Деформація повзучості, викликана тривалістю впливу навантаження, та її швидкістю, зазвичай розглядається без врахування деформацій першого етапу. Для лінійної повзучості характерно невелике викривлення діаграми стиснення бетону.

Ефекти нелінійності повзучості можна описати як накладення на деформацію повзучості, викликану розушільненням, структури компонентів бетону. Одним із перспективних напрямків є армування пошкодженої зони сталеві фібробетоном. Отже, дослідження в цьому напрямку є актуальними.

ВХІДНИЙ № 122-1663  
"13" 09 2024 р.

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

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

- експериментальними дослідженнями із застосуванням математичної теорії планування;
- використанням контрольно-вимірювальної апаратури для визначення характеристик дослідних зразків;
- використанням апробованих засобів для проведення експериментальних вимірювань основних параметрів працездатності дослідних елементів;
- задовільним збігом аналітичних результатів з експериментальними випробуваннями

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

## **3. Наукова новизна результатів**

**Вперше** запропоновано методику теоретичного та експериментального дослідження несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості залізобетонних, фібробетонних та комбінованих балок при короткочасних навантаженнях; експериментально вивчено несучу здатність, деформативність та тріщиностійкість залізобетонних, фібробетонних та комбінованих 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; методика експериментальних досліджень механічних властивостей сталевіфробетону.

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

Результати експериментальних та теоретичних досліджень дали можливість розробити нескладну та ефективну інженерну методику дослідження

несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості сталевібробетонних балок при короткочасних та тривалих навантаженнях.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, в вигляді теоретичних та експериментальних методів оцінки несучої здатності, тріщиностійкості та деформативності залізобетонних і сталевібробетонних балок при короткочасних та тривалих навантаженнях, впроваджені в діяльність ТОВ «ШВК «Спецзахист» м. Запоріжжя та ПП «ПроектБудСтар» Черкаської обл.

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».

### **5. Зміст дисертації**

Розглянута дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, п'яти додатків, списку використаних джерел з 138 найменувань. Робота викладена на 228 сторінках, в тому числі містить 147 сторінок основного тексту, 29 таблиць, 56 рисунків, 5 додатків на 56 сторінках..

У *першому розділі* роботи наведено історію виникнення фібробетону, встановлено галузі його раціонального застосування. Виконано огляд робіт стосовно досліджень сталевібробетону та сталевібробетонних конструкцій. Проаналізовано нормативну базу України та закордонних країн з розрахунку сталевібробетонних конструкцій. Особливу увагу приділено розгляду існуючих нормативних документів України і запропонованих у них методів розрахунку.

Результати досліджень конструкцій на основі сталевібробетону базуються на роботах І.М. Ахвердова, Ю.М. Баженова, Н.І. Карпенка, М.С. Барабаш і багатьох інших дослідників залізобетонних конструкцій. Але ані в проаналізованих літературних джерелах ані в вітчизняних нормативних документах немає чітких вказівок щодо вибору вихідних даних при проектуванні і виготовленні сталевібробетонних будівельних конструкцій що і є однією з

причин того, що на сьогоднішній день вони не широко не застосовуються у вітчизняному будівництві.

На основі виконаного огляду сформульована мета та задачі дослідження.

### **Зауваження до розділу 1:**

1.1. В наведеному огляді недостатньо наведено робіт, безпосередньо присвячених вивченню роботи сталевібробетонних конструкцій.

1.2. Роботи, на які посилається автор на стор. 30 [8-10] автора Барабаш М.С. не присвячені роботі сталевібробетонних конструкцій, а присвячені впливи динамічних навантажень на конструкції будівель та споруд.

1.3. Серед вчених, які займались роботою залізобетонних та сталевібробетонних конструкцій та тріщиноутворенням не наведені фамілії Бамбури А.М., Колчунова В.І., Яковенко І.А., Кочкарьова Д.В., Савицького М.В. та інших.

*Другий розділ* присвячений експериментальним дослідженням механічних властивостей сталевібробетону.

Наведені в роботі експериментальні дослідження включали в себе три етапи. В першому етапі визначались раціональні характеристики сталевібробетонної суміші - матриця з крупним заповнювачем 10 мм (при цьому кубикова міцність була значно вища, ніж при розмірі щебеню 20 мм, у всіх серіях дослідів) при 1,0% фібрового армування. Такий склад суміші і був прийнятий для проведення другого етапу випробувань. В другому етапі визначена кубикова та призмova 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.

З аналізу результатів випливає: всі без винятку зразки, що перебували понад рік під дією довготривалого навантаження збільшили свою несучу здатність. 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. Проведені дослідження показали, що, в порівнянні зі звичайним бетоном, структура фібробетону характеризується меншою кількістю великих пор і більш високою однорідністю. Контактні зони міжфазного шару в фібробетоні призводять до підвищення фізико-механічних характеристик матеріалу в цілому. Крім того, довільно орієнтована в зразку сталева фібра перерозподіляє градієнти напружень, що виникають під навантаженням, в результаті чого знижується концентрація напружень.

### **Зауваження до розділу 2:**

2.1 Розділ 2 присвячений експериментальним дослідженням механічних властивостей сталеві фібробетону. Але,

по-перше, в розділі наведено багато загальновідомої інформації;

по-друге, з розділу не зрозуміло чи проводив автор експерименти самостійно чи брав за основу експериментальні дані інших дослідників.

2.2. В розділі відсутня інформація щодо характеристик контрольно-вимірювального обладнання, що було використано при проведенні експерименту.

2.3. На стор.67 вказано, що результати експериментальних випробувань наведені у Додатку Б, але в Додатку Б надані застарілі дані за 2017 рік та взагалі не вірно наведено вік вироблених зразків – в заголовку таблиці вказаний вік 28 діб (або 370 діб), а у всій таблиці 14 діб. Це стосується таблиць Б1, Б3, Б5, Б7.

*У третьому розділі* розглядається несуча здатність 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. І, нарешті, 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 сталевібробетону; III серія — балки комбінованого перерізу, у яких нижня (розтягнута) зона, яка дорівнює половині поперечного перерізу балки, виготовлена зі сталевібробетону, 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%.

На завершення розділу наведений порівняльний аналіз виконаних теоретичних та експериментальних досліджень.

### **Зауваження до розділу 3:**

3.1. В розділі 3.1 наведено аналітичні розрахунки напружено-деформованого стану нормальних перерізів та з використанням методики розрахунку за спрощеною дволінійною діаграмою «напруження-деформації». Також в розділі 3.2 докладно розглянуто теоретичну несучу здатність залізобетонних балок за похилими перерізами. Всі ці дослідження було проведено іншими вченими, на що є відповідні посилання в дисертаційній роботі. На мій погляд цей матеріал варто було б скоротити та розмістити у перший розділ. А в 3му розділі дисертаційної роботи приділити більше уваги порівнянню несучої здатності залізобетонних балок та фібробетонних балок за нормальними та похилими перерізами.

3.2. Варто було б надати інженерну спрощену методику та алгоритм розрахунку фібробетонних балок за нормальними та похилими перерізами.

*У четвертому розділі* розглядалася 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÷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.

#### **Зауваження до розділу 4:**

4.1. Не зрозуміло яким чином фібра впливає на ширину розкриття тріщин та їх кількість. Чи покращуються деформативні характеристики фібробетонних балок відносно звичайних або комбінованих балок.

У **п'ятому розділі** розглядається несуча 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÷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.

#### **Зауваження до розділу 5:**

5.1 Хотілось би побачити в якості підсумку всього дисертаційного дослідження практичні рекомендації до застосування балкових фібробетонних конструкцій. В яких саме будівлях і спорудах її варто використовувати і яка вартість використання фібробетону порівняно з використанням залізобетону.

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

Основні положення дисертації висвітлені у достатній кількості публікацій, а саме у в 22 друкованих роботах, 7 з яких – в фахових збірниках наукових праць.

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

Наведені зауваження є дискусійними та не зменшують значимість дисертаційної роботи, а отримані результати рекомендуються до використання при виконанні конструктивних та перевірочних розрахунків при проектуванні та реконструкції будівель та споруд.

Дисертаційна робота Марини Михайлівни Вигнанець є закінченою науково-дослідною працею, в якій отримано нові науково-обґрунтовані результати в напрямку визначення несучої здатності та деформативності балкових фібробетонних конструкцій.



## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Вигнанець Марини Михайлівни «ТРИЩИНОСТІЙКІСТЬ, ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ТА НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ БАЛКОВИХ ФІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням, повнотою викладу результатів досліджень у фахових наукових виданнях є завершеною науковою працею, яка відповідає напряму досліджень за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія та відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44 та напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми ОДАБА з вищезазначеної спеціальності. Враховуючи належний науковий рівень виконання дисертаційної роботи вважаю, що її автор, **Вигнанець Марина Михайлівна**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія

### Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри комп'ютерних  
технологій будівництва  
Національного авіаційного  
університету Міністерства освіти і  
науки України,



**Барабаш М.С.**

Ідчую  
секретар  
національного університету  
*Набок І.І.*