

## РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора, професора кафедри Інформаційних технологій та прикладної математики

Одеської державної академії будівництва та архітектури

**Крутія Юрія Сергійовича**

на дисертаційну роботу **Вигнанець Марини Михайлівни**  
«Тріщиностійкість, деформативність та несуча здатність балкових фібробетонних конструкцій»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія  
галузі знань 19 Архітектура та будівництво

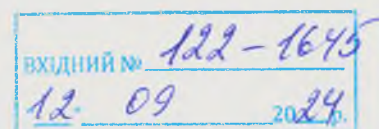
### **Актуальність теми дослідження.**

Огляд досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених показав, що сталеві фібробетон має фізико-механічні властивості, істотно кращі, ніж у традиційного бетону, якими додатково до цього можна управляти. Однак широкого застосування сталеві фібробетонних конструкцій у вітчизняній практиці будівництва на сьогоднішній день немає. 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 виникає 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 авторкою аналіз літературних джерел підкреслив 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.

Отже, тема дисертаційної роботи є **актуальною**.

Актуальність теми також підтверджується виконанням роботи 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 виконується на кафедрі будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури.



### **Склад і структура дисертації.**

Структура дисертації дотримується класичних канонів: вона включає анотацію, вступ, п'ять розділів, висновки до кожного з розділів, загальні висновки, список використаної літератури та додатки. Загалом дисертація займає 219 сторінок друкованого тексту, включаючи 171 сторінку основного матеріалу, 56 ілюстрацій, 29 таблиць, перелік використаних ресурсів з 138 позицій та 4 додатки, що займають 48 сторінок.

### **Аналіз основного змісту дисертації, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.**

*Наукова новизна* роботи полягає в наступному: 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.

Отримали подальший розвиток методика визначення теоретичної несучої здатності залізобетонних і фібробетонних балок за нормальними та похилими перерізами при короткочасних навантаженнях із застосуванням різних існуючих підходів та методика експериментальних досліджень механічних властивостей сталеві фібробетону.

*Практична цінність* отриманих результатів полягає в наступному: результати експериментальних та теоретичних досліджень дали можливість розробити нескладну та ефективну методику дослідження несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості сталеві фібробетонних балок при короткочасних та тривалих навантаженнях. Результати досліджень можуть сприяти більш широкому впровадженню фібробетонних конструкцій в будівельній практиці, а також бути використані для підготовки нормативних документів, стандартів та методичних рекомендацій з проектування, розрахунку та експлуатації фібробетонних конструкцій.

У *вступі* обґрунтовано вибір теми дослідження, сформульовано мету та завдання, визначено наукову новизну та практичне значення роботи, представлено її загальну характеристику та зв'язок із науковими темами та програмами, а також описано апробацію та впровадження результатів дисертаційного дослідження.

У *першому розділі* дисертації наведено історію виникнення фібробетону, галузі його раціонального застосування. Виконано огляд робіт стосовно досліджень сталеві фібробетону та сталеві фібробетонних конструкцій.

Проаналізовано нормативну базу України та закордонних країн з розрахунку сталевібробетонних конструкцій. Особливу увагу приділено розгляду існуючих нормативних документів України і пропонує у них методів розрахунку. Підкреслюється, що 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.

Виконаний огляд приводить до висновку про те, що дослідження тріщиностійкості, деформативності та несучої здатності вібробетонних конструкцій, зокрема, балкових, є актуальною проблемою.

У *другому розділі* дисертації наведені методика і результати виконаних авторкою експериментальних досліджень механічних властивостей сталевібробетону, які включали в себе три етапи. Метою першого етапу було визначення оптимальних характеристик сталевібробетонної суміші. Обробка результатів першого етапу випробувань показала, що оптимальними характеристиками вібробетонної суміші є 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% вібрового армування, оскільки при вищому відсотку вібрового армування збільшення кубикової міцності виявилось неістотним. Такий склад суміші і був прийнятий для проведення другого етапу випробувань. 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.

З аналізу результатів випливає: всі без винятку зразки, що перебували понад рік під дією довготривалого навантаження збільшили свою несучу здатність. Чим вище рівень довготривалого навантаження, тим більше ущільнюється бетон і, звісно, вища його тривала міцність. 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. Як відомо, в звичайному бетоні утворюються контактні зони міжфазного шару з поліпшеними механічними

властивостями. В фібробетоні ці зони опинилися в 5 - 6 раз більше, а їх загальна кількість збільшилась. Очевидно, це призводить 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.

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

*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. 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 сталеві фібробетону; III серія — балки комбінованого перерізу, у яких нижня (розтягнута) зона, яка дорівнює половині поперечного перерізу балки, виготовлена зі сталеві фібробетону, 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.

У *четвертому розділі* дисертаційної роботи 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. Наведені також результати експериментальних досліджень тріщиностійкості трьох типів балок при короткочасному навантаженні.

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

#### **Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.**

У дисертаційній роботі Вигнанець М.М. не виявлено ознак академічного плагіату чи інших порушень, які могли б поставити під сумнів самостійність виконаного дослідження та дотримання норм академічної доброчесності.

#### **Повнота відображення основних положень дисертації в опублікованих працях.**

Наукові результати дисертації опубліковані у 23 друкованих роботах, 5 з яких – в фахових збірниках наукових праць, 1 – за кордоном, що індексується в наукометричній базі Scopus, 6 – за кордоном, а також у багатьох тезах доповідей у збірках наукових конференцій. Опубліковані матеріали достатньо повно висвітлюють основні положення роботи.

#### **Ступінь достовірності результатів проведених досліджень.**

Робота виконана із використанням сучасного обладнання, методик та технологій. Достовірність наукових положень, експериментальних результатів, висновків та рекомендацій, викладених у дисертації, підтверджена кваліфікованим плануванням експерименту та професійним проведенням досліджень, сучасними методами комп'ютерного моделювання та втіленням результатів дисертаційної роботи в

практичних умовах. Представлені результати є науково-обґрунтованими, а зроблені висновки - достовірними.

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

1. В огляді недостатньо уваги приділено дослідженням тріщиностійкості, деформативності та несучої здатності балкових фібробетонних конструкцій, що виконані закордонними дослідниками.

2. Було б корисним виконати деякі експериментальні дослідження з фіброю іншого типу (наприклад, базальтовою) та порівняти результати.

Наведені зауваження не мають принципового значення і можуть бути враховані авторкою у майбутніх дослідженнях. Дисертаційна робота Вигнанець М.М. відзначається великим обсягом досліджень, їх якістю та новизною, представляє собою завершену науково-дослідну роботу, що принесла нові теоретично обґрунтовані та практично цінні результати.

**Висновок.** Дисертаційна робота Вигнанець Марини Михайлівни на тему «Тріщиностійкість, деформативність та несуча здатність балкових фібробетонних конструкцій» є завершеною науковою працею і відповідає вимогам Наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та 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, а її авторка заслуговує на присудження ступеня доктор філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

**Рецензент:**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри Інформаційних  
технологій та прикладної математики  
Одеської державної академії  
будівництва та архітектури



Юрій КРУТІЙ

