

# ВІДГУК

офіційного опонента  
доктора технічних наук, професора Редченка В.П.

про дисертаційну роботу

**Яцко Федора Володимировича**  
**«Моделювання і прогнозування довговічності залізобетонних елементів транспортних споруд на автомобільних дорогах»,**  
представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка

**Структура роботи.** Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 237 сторінок, зокрема 188 сторінок основного тексту, 37 таблиць та 111 рисунків, список використаних джерел (194 найменувань) на 18 сторінках і 31 сторінок додатків.

**Актуальність роботи** не викликає сумнівів. Автор ретельно обґрунтував необхідність і доцільність досліджень направлених на оцінку і прогнозування довговічності залізобетонних прогонових будов автодорожніх мостів. Показано, що в будівництві є нагальна потреба в розробці нових інструментів, до нових моделей прогнозу ресурсу, що відповідають українським реаліям.. Ця наукова проблема для України є значної соціально-економічної ваги.

**Об'єктом дослідження** є процес деградації залізобетонних елементів будівельних конструкцій.

**Предмет дослідження** – моделі прогнозування ресурсу згинаних залізобетонних елементів мостів.

**Метою роботи** є розробка моделей прогнозування життєвого циклу залізобетонних елементів транспортних споруд на автомобільних дорогах.

Для досягнення мети дисертаційного дослідження були вирішені такі задачі:

- виконано аналіз і систематизовані математичні моделі деградації залізобетонних елементів, сформульовано наукову задачу прогнозування життєвого циклу залізобетонних елементів транспортних споруд;
- розроблено детерміністичну модель прогнозування ресурсу залізобетонних елементів транспортних споруд;

- розроблено стохастичну модель прогнозування ресурсу залізобетонних елементів транспортних споруд;
- обґрунтовано і доведено адекватність розроблених моделей;
- розроблено практичний інструментарій управління ресурсом залізобетонних елементів автодорожніх мостів протягом життєвого циклу експлуатації.

## **Перший розділ «АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ З ОЦІНКИ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ»**

Ідейне підґрунтя цього розділу складає критичний аналіз сучасного стану проблеми оцінки довговічності залізобетонних елементів прогонових будов автодорожніх мостів.

Центральною метою розділу є аналіз публікацій із досліджень оцінки довговічності залізобетонних елементів прогонових будов автодорожніх мостів. Автором наводиться, сформована в результаті аналізу класифікація відомих підходів моделювання процесів деградації залізобетонних елементів. Критичний аналіз публікацій дав підставу вважати, що найбільш повним, з точки зору можливостей опису процесу деградації залізобетону, є фізичний підхід. Дійсно, в цьому випадку вихідними даними моделі є фізико-механічні характеристики бетону та арматури, параметри агресивності оточуючого середовища. Цей підхід в теорії деградації залізобетонних елементів швидко розвивається, але в більшості випадків носить інтуїтивний характер. Аналіз моделей показав значну їх гнучкість і можливість використання в реальних розрахунках, проте жодна з них не дає універсальної практичної методики вирішення задачі прогнозу ресурсу залізобетонних елементів мостів як на етапі проектування, так і на стадії експлуатації..

Висновки до першого розділу є логічними і містять достатню базу для подальшого дослідження.

### **Зауваження до першого розділу.**

1.1 Представлений в першому розділі аналіз охоплює практично всі відомі моделі прогнозу довговічності елементів залізобетонних мостів. Проте, на погляд опонента, виклад моделей перенасичено детальним викладом моделей, що і призвело до зайвого обсягу розділу 1. Цей розділ міг би бути скороченим на 10 – 12 стор.

1.2 В аналізі зустрічаються місця де некоректно застосовується термін «довговічність» тоді як мова йде про «ресурс» або «залишковий ресурс».

## **Другий розділ дисертації «ДЕТЕРМІНІСТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ».**

Автором наводиться вигляд функції часу, якою описується процес погіршення технічних, фізико-механічних, хімічних і естетичних характеристик елемента протягом строку служби елемента. Сформульовані гіпотези, які дозволили розробити власну модель прогнозування довговічності елементів мостів, базуючись на відомих аналітичних залежностях. Глобальні принципи розбудови моделі – деградація захисного шару залізобетонного елемента в функції часу приймається як фізико-хімічний процес, що описується диференційними рівняннями аналітичної теорії дифузії А.Фіка; деградація арматури залізобетонного елемента в функції часу приймається як процес, що описується диференційним рівнянням з урахуванням впливу деградації захисного шару; процеси деградації бетону і арматури проходять послідовно, не корелюють, перехідні фази відсутні.

Деградація захисного шару залізобетонного елемента в функції часу отримана шляхом поєднання модель деградації залізобетону Tuutti та Овчиннікова І.Г.

Автором наводиться рівняння рівноваги нормального перерізу, як функції, що залежить від часу і з неї отримано вираз для площі поперечного перерізу арматури в функції часу.

### **Зауваження до розділу 2.**

2.1 Наводяться посилання на застарілі, що втратили чинність нормативні документи (посилання на СНиП 2.03.11-85 до ф. (2.5)).

2.2 Для введеного в п.2.1 критерію процесу карбонізації бажано навести граничні числові значення.

2.3 Термін «інкубаційний період» (відноситься до процесу карбонізації захисного шару) потребує визначення.

2.4 Потребує визначення термін «реакційна здатність бетону» (рис. 2.14)

2.5 На початку п.п. 2.1.4 наводяться досить важливі дані про витрати солі на зимове утримання доріг в штаті Канзас США (діапазон від 28 до 85 кг/км на смугу руху), проте джерело цієї інформації не вказано.

## **Розділ 3 дисертації «СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗАХИСНОГО ШАРУ ЗГИНАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ НА МОЛЕКУЛЯРНОМУ РІВНІ»**

Мета цього розділу: розробка моделі оцінки довговічності захисного шару залізобетонного елемента шляхом статистичних випробувань (метод Монте-Карло) з урахуванням сукупного впливу імовірнісного характеру стану оточуючого середовища.

Процес деградації захисного шару в дослідженні описується процедурою визначення концентрації іонів проникаючої речовини до рівня поверхні арматури.

Запропоновані в цьому розділі моделі та алгоритми оцінки довговічності захисного шару залізобетонних елементів за методом Монте-Карло є найбільш фізично обґрунтованими, розв'язком високої точності диференціальних рівнянь класичної теорії дифузії та моделювання процесів деградації захисного шару залізобетонних елементів.

Реалізація моделей наведених в цьому розділі потребують значних затрат комп'ютерного часу на обчислення, що займає десятки годин. Ці обставини не дозволяють запропоновані моделі застосовувати в інженерних розрахунках. В той же час моделі можуть бути дієвим науковим інструментом.

### **Зауваження до розділу 3.**

3.1 Пояснення в рамках дисертації класичної схеми моделювання розв'язку диференціальних рівнянь за методом Монте-Карло наведене на стор. 69 опонент вважав би зайвим.

3.2 Недостатньо обґрунтовано вибір кількості циклів ітерацій в логічній схемі моделі карбонізації (рис.3.3).

3.3 Недостатньо обґрунтовано вибір кількості циклів ітерацій в логічній схемі моделі хлоридизації (рис. 3.5).

**В четвертому розділі дисертації «СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗГИНАНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ»** представлено розроблену автором модель оцінки довговічності залізобетонного елемента шляхом статистичних випробувань (метод Монте-Карло) з урахуванням сукупного впливу імовірного характеру стану оточуючого середовища, корозійних процесів і напружено-деформованого стану, де фізичний підхід деградації захисного шару перейде від молекулярного рівня до рівня дифузійного фронту.

Тут запропоновано оригінальний алгоритм моделювання модель оцінки довговічності залізобетонного елемента шляхом статистичних випробувань реалізований в термінах «MathCAD»

Представлений аналіз моделі, оснований на декількох типах залізобетонних елементів прогонових будов автодорожніх мостів різних періодів виробництва, як попередньо напружених так і армованих каркасною арматурою.

### **Зауваження до розділу 4..**

4.1 Представлена в розділі 4 стохастична модель прогнозу ресурсу на етапі проектування є безумовно новітньою і оригінальною. Модель є поєднанням методу Монте-Карло з ітераційним алгоритмом і, як доведено в роботі, дає достовірні результати. Проте, виникають запитання:

А) Як обґрунтовано початковий термін ітерації «один місяць експлуатації»?

Б) Неясно, як обирається швидкість деградації кожного шару арматури на  $i$ -тому кроці ітерації?

**В п'ятому розділі** дисертації «ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗГИНАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІВ» представлено розроблену інженерну методику прогнозування ресурсу залізобетонних згинаних елементів мостів містить два підходи: напівімовірнісний та імовірнісний. Обидва підходи самодостатні, проте можливе паралельне використання підходів для аналізу і корегування отриманих результатів.

Запропоновано імовірнісне трактування прогнозу ресурсу залізобетонних згинаних елементів мостів.

Запропонована практична інженерна методика прогнозування ресурсу залізобетонних згинаних елементів мостів в повній мірі відповідає національним нормам ДБН В.1.2-14:2009 та Єврокоду

**Зауважень до розділу 5 немає.**

**Наукова новизна одержаних результатів.** Одержані автором і винесені на захист результати мають всі ознаки наукові новизни. На думку опонента найбільш вагомим серед них є:

- *вперше* розроблено узагальнену стохастичну модель прогнозування ресурсу залізобетонних елементів мостів у функції фізико-механічних характеристик матеріалів та часу експлуатації, тим самим встановлено зв'язок фундаментальних рівнянь граничних станів за міцністю з часом експлуатації.

- *вперше* розроблена новітня інженерна методика прогнозування ресурсу залізобетонних елементів автодорожніх мостів на всіх стадіях життєвого циклу, починаючи з проектування, що дало змогу пропонувати методологію прогнозування ресурсу залізобетонних елементів автодорожніх мостів на стадії проектування для включення до пакету нормативних документів «Споруди транспорту».

**Практичні результати роботи** полягають в розробленні інженерної методики оцінювання і прогнозування строку служби елементів мостів в експлуатації. Матеріали досліджень були впроваджені в ДП «ДерждорНДІ», а також ПАТ «Київсоюзшляхпроект», де встановлені розроблені програмні засоби «Визначення часу карбонізації захисного шару залізобетонного елемента» та «Прогнозування довговічності згинаних залізобетонних елементів мостів», які є результатом досліджень дисертаційної роботи. Ці програмні засоби застосовуються в техніко-економічних порівняннях варіантів проектів мостів на автомобільних дорогах для оцінювання ресурсу залізобетонних прогонових будов.

#### **Редакційний аналіз.**

В тексті дисертації наукові результати, що виносяться на захист, достатньо детально аргументуються, показано шлях їх одержання, наведені необхідні посилання, чітко визначена авторська належність. Дисертація викладена технічно грамотно і ретельно оформлена.

**Публікації за темою дисертації.** Дисертаційна робота достатньо висвітлена в фахових виданнях України. За темою дисертації опубліковано 8 робіт, у виданнях, занесених в перелік фахових видань ВАКУ України, 7 з них – одноосібно, одна робота опублікована в фаховому виданні внесеному до міжнародної науковометричної бази даних

**Апробація.** Дисертаційна робота Яцко Ф.В. має достатню апробацію. Автор демонстрував результати своїх досліджень і отримав позитивну оцінку на 11 республіканських, міжвузівських, відомчих конференціях, а також міжнародних конференціях.

**Автореферат** ідентичний змісту дисертації, відповідає основним положенням роботи.

#### **Висновок.**

У дисертації Яцко Ф.В. вирішена актуальна наукова задача прогнозування довговічності залізобетонних мостів на стадії проектування на основі закономірностей кінетики корозійних процесів в бетоні і арматурі в згинаних елементах. Особливу цінність має розроблений практичний інструмент управління ресурсом залізобетонних елементів автодорожніх мостів протягом всього життєвого, починаючи з проектування.

Опонент високо оцінює професіоналізм автора в розв'язку задач прогнозування ресурсу залізобетонних елементів мостів. Такої ж високої

оцінки заслугоує вільне володіння дисертантом сучасними інформаційними технологіями.

Зауваження опонента, ніскільки не порушують цілісності основних наукових положень дисертації, не заперечують наукової новизни одержаних результатів.

Викладений аналіз дозволяє зробити такий **загальний висновок**: Дисертаційна робота Яцко Федора Володимировича «Моделювання і прогнозування довговічності залізобетонних елементів транспортних споруд на автомобільних дорогах», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук є завершеною науковою працею, яка за актуальністю теми, практичним значенням, науковою новизною отриманих результатів відповідає встановленим ВАК України вимогам до кандидатських дисертацій.

Автор показав свою спроможність поставити і дослідити важливу науково-практичну задачу і заслугоує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Доктор технічних наук, завідувач  
Дніпропетровського  
комплексного відділу  
Державного підприємства  
“Державний дорожній науково-  
дослідний інститут ім. М.П.  
Шульгіна”



Редченко В.П

16 вересня 2015 р.

Директор ДП "Держспецдорніз" В.П. Редченко, завідувач ОКВ  
г. м. н., завірею.  
В.К. Редченко

