

## **ВІДГУК**

офіційного опонента

кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника

Шалінського Валерія Володимировича

на дисертаційну роботу

**Давиденко Олександра Олександровича**

на тему: «**Моделювання життєвого циклу автодорожніх мостів**», яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

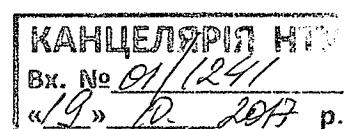
Питання безпечної експлуатації мостів в Україні постало нагальним ще в часи СРСР, а в останнє десятиріччя лише загострилося. Досвід експлуатації залізобетонних автодорожніх мостів України показав, що середній строк служби більшості прогонових будов складає 35 – 50 років, тоді як нормативний строк служби має складати мінімум 70 – 100 років. Кількість мостів, що знаходяться в 4 або 5 експлуатаційному стані і потребують терміново капітального ремонту або реконструкції станом на 1 січня 2015 року збільшилася до 2130 одиниць.

В той же час, проблема прогнозування ресурсу залізобетонних елементів мостів, як на етапі проектування, так і в процесі експлуатації, з одного боку завжди була найменш вивченою в теорії споруд, а з іншого – дуже ваговою в соціально-економічному плані. Таким чином, назріла необхідність звернення до нових моделей прогнозу ресурсу, що відповідають українським реаліям.

Вище викладене підтверджує, що дослідження спрямоване на оцінку і прогнозування довговічності залізобетонних прогонових будов автодорожніх мостів являється актуальним, буде відповідати інтересам суспільства і державній політиці в сфері техногенної і економічної безпеки.

### **Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих в дисертації**

Достатній рівень обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих в дисертації підтверджується застосуванням нормативних актів України, аналізом великої кількості досліджень вітчизняних і зарубіжних учених, використанням строгих методів теорії ймовірностей та математичної статистики, постановкою числових експериментів, збіжністю результатів з достовірними даними натурних спостережень в системі експлуатації автодорожніх мостів, співпадінням результатів з даними інших авторів.



## **Загальний аналіз дисертаційного роботи**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації становить 170 сторінок, в тому числі основного тексту – 113 сторінок, 31 таблиця, 22 рисунки, 16 сторінок списку використаних джерел зі 159 найменувань та 25 сторінок додатків.

У **вступі** розкрито актуальність теми, визначено мету, об'єкт і предмет досліджень, сформульовані основні наукові результати, наведено наукову новизну і практичну цінність роботи, показано базис підтвердження достовірності отриманих наукових результатів, наведено відомості про апробацію результатів дослідження.

У **першому розділі** дисертаційного роботи наведено аналіз проблеми прогнозування ресурсу залізобетонних елементів транспортних споруд та огляд публікацій наукових робіт вітчизняних та закордонних науковців. За результатами виконаного аналізу проблеми оцінки і прогнозу ресурсу залізобетонних елементів мостів встановлено, що саме стохастичні моделі марковських ланцюгів наразі є найбільш перспективним, універсальним інтегральним апаратом опису поступового руйнування елементів споруд.

Автор розробив класифікацію марковських моделей, показав що марковські феноменологічні моделі побудовані на загальних законах теорії ймовірностей і математичної статистики, трактують прогнозований час деградації, як випадкову змінну, поведінка якої в майбутньому залежить тільки від нинішнього стану системи.

Підкреслюючи широке розповсюдження марковських моделей у розв'язку задач прогнозування ресурсу автор дослідження звертає увагу на недосконалість чинної моделі оцінки залишкового ресурсу в системі експлуатації автодорожніх мостів. Принципово важливим недоліком нормативної моделі є припущення про постійне значення інтенсивності відмов, що призводить до надто завищеного прогнозу залишкового ресурсу.

Виконаний в цьому розділі аналіз дав автору змогу детально сформулювати завдання дослідження.

**Другий розділ** присвячений розробці *вперше* виконаного статистичного прогнозу залишкового ресурсу залізобетонних автодорожніх мостів України. Дослідження цього розділу базуються на даних отриманих з галузевої Аналітичної експертної системи управління мостами (АЕСУМ) Укравтодору. Представницька вибірка строків служби автодорожніх мостів з бази даних АЕСУМ послужила основою для розбудови статистичної моделі прогнозування залишкового ресурсу.

Одночасно вибірка з бази даних стала в наступних розділах базисом для перевірки достовірності розроблених марковських стохастичних моделей накопичення пошкоджень.

**Третій розділ** присвячено розробці моделей зв'язку фундаментальних нерівностей граничних станів елементів автодорожніх мостів з часом. Розроблені нові моделі призначені розширити теоретичну і методичну базу оцінювання та прогнозування життєвого циклу експлуатації елементів та споруд в цілому.

Розглядається задача формулювання стохастичної ймовірнісної моделі деградації елемента споруди у процесі експлуатації. Система відмов, в інших

термінах – накопичення пошкоджень, що є наслідком зносу елемента споруди, трактується як потік випадкових дискретних подій марковського ланцюга. Розглядається процес з *«якісними станами»*. Роль випадкової події відіграє *«випадковий дискретний стан системи»*. Система описується марковським дискретним процесом з безперервним часом.

В цьому розділі *вперше* виконано теоретичне та числове експериментальне дослідження інтенсивності відмов (швидкості деградації) в функції часу марковської моделі накопичення пошкоджень залізобетонних елементів автодорожніх мостів. Прогнозування життєвого циклу із застосуванням моделі інтенсивності відмов привносить в марковську модель історичний досвід експлуатації мостів.

Автором доведено, що крива інтенсивності відмов протягом життєвого циклу експлуатації монотонно зростає і в ній немає відтинку *«пристосування елемента»*.

Порівняльний аналіз представлених автором моделей накопичення пошкоджень для оцінки і прогнозу технічного стану автодорожніх мостів з чинною показує, що прийнята в Україні модель адекватна реальному процесу деградації залізобетонних елементів. Значне розходження в прогнозі ресурсу по нормативній кривій з фактичними даними не являється недоліком моделі. Причина в неадекватному заданні інтенсивності відмов. Крива деградації з постійною швидкістю, прийнята в нормативній методиці ДСТУ-Н для прогнозування ресурсу елементів мостів, може коректно відображати дійсний процес деградації тільки при умові виконання регулярних експлуатаційних заходів для підтримки належного технічного стану споруди.

**Четвертий розділ** присвячений практичним аспектам оцінювання технічного стану споруди. Тут, перш за все, наводиться модель марковського ланцюга на засадах статистичних даних з історії експлуатації. Якщо в попередньому розділі розглядалися марковські стохастичні моделі накопичення пошкоджень в *елементах мостів*, то в цьому розділі автор пропонує стохастичну ймовірнісну модель, яка описує еволюцію в часі *системи елементів*, тобто споруди в цілому.

Тут розроблена модель типу марковського ланцюга, яка є класичною для марковської стохастичної теорії. Модель, яка *вперше* розроблена в Україні, прогнозує накопичення пошкоджень в часі *системи елементів*, тобто споруди в цілому. Практичною основою моделі являються статистичні дані з історії експлуатації споруд.

Інженерна практична методика прогнозування залишкового ресурсу розроблена на основі моделі цього розділу успішно запроваджується в системі експлуатації автодорожніх мостів.

**У висновках** сформульовано основні теоретичні та практичні результати дисертаційного дослідження, які співпадають з поставленими завданнями.

**Наукова новизна дослідження та одержаних результатів** визначається наступним:

- вперше виконано статистичний аналіз технічного стану залізобетонних автодорожніх мостів України, що дає можливість розбудови регресійних моделей прогнозування життєвого циклу елементів мостів;

- дістала подальший розвиток марковська стохастична модель прогнозування життєвого циклу елемента моста, вперше отримані нові наукові дані стосовно інтенсивності відмов (швидкості деградації) марковського ланцюга;

- вперше розроблено узагальнену стохастичну модель об'єктного рівня прогнозування технічного стану залізобетонних мостів;

- розроблена новітня інженерна методика прогнозування технічного стану залізобетонних автодорожніх мостів (споруди в цілому) в процесі експлуатації.

**Практична значимість результатів** полягає у тому, що теоретичні положення дисертаційної роботи доведені до рівня алгоритмів, програмних засобів та методики.

Матеріали досліджень і розроблені методики, програмні засоби були впроваджені в ДП «ДерждорНДІ» та ТОВ «Інститут комплексного проектування об'єктів будівництва».

**Публікації за темою дисертації.** Основний зміст дисертаційного дослідження та його результати в достатньому обсязі висвітлено в друкованих працях. За темою дисертації та результатами досліджень автором одноосібно опубліковано 9 робіт в наукових фахових виданнях, в тому числі 2 роботи у фахових виданнях, внесених до міжнародних наукометричних баз даних.

**Апробація.** Дисертаційна робота має достатню апробацію. Автор демонстрував результати своїх досліджень і отримав позитивну оцінку на вузівських та міжнародних конференціях.

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

### **Зауваження**

Робота не позбавлена недоліків і по ній можна зробити наступні зауваження.

1. Переважна більшість проведених та висвітлених здобувачем у дисертаційній роботі досліджень обмежуються залізобетонними мостами. Оскільки тема дисертаційної роботи охоплює автодорожні мости загалом, доречно було б у роботі приділити більше уваги сталевим та сталезалізобетонним мостам.

2. В підрозділі 4.1 наведена низка гіпотез, від яких відштовхується автор у своїх дослідженнях. Варто було б уточнити, чи це є загальноприйняті припущення, які мають місце в роботах інших авторів чи це припущення, які застосовані виключно автором.

3. Доречно було б у дисертації розглянути реальний міст та виконати прогнозування його технічного стану згідно представленої у 4 розділі інженерної методики. Наочно показати переваги пропонованої методики.

4. У підрозділі 4.3 автор пропонує при визначенні експлуатаційної оцінки технічного стану мостів використовувати нову більш досконалу формулу 4.20 замість формули 4.15, яка наразі має місце у чинному ДСТУ-Н. Не зрозуміло, чому у наступному підрозділі 4.4 в інженерній методиці прогнозування технічного стану споруд та у підрозділі 4.5 при визначенні критерію ефективності експлуатаційних втручань автор застосовує формулу 4.15, а не пропоновану ним формулу 4.20.

Наведені зауваження, не являються принциповими та не знижують загального позитивного враження від наукового рівня та практичної цінності дисертаційної роботи.

### Загальний висновок

Викладений аналіз дисертації дозволяє зробити наступний загальний висновок: дисертація Давиденко Олександра Олександровича на тему: «Моделювання життєвого циклу автодорожніх мостів», що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук є завершеною науковою працею, яка за актуальністю теми, практичним значенням, науковою новизною отриманих результатів відповідає усім вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника».

В публікаціях автора та доповідях на конференціях у повній мірі, висвітлено основні положення і результати дисертації. Автор показав свою спроможність поставити і дослідити важливу науково-практичну задачу і заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Офіційний опонент,  
заступник завідувача відділу  
«Мости та спеціальні споруди»  
ТОВ «Український інститут сталевих  
конструкцій ім. В. М. Шимановського»,  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник



В. В. Шалінський

ОСОБИСТИЙ ПІДПИС  
П РА Ц І В НИ И А  
П І Д Т В Е Р Д Ж Е Н О



КАДР. УПР  
Ю. Б. ШУМОВСЬКА  
10. 2017р.