

ВІДГУК

офіційного опонента
доктора технічних наук, професора Чибірякова В.К.

на дисертаційну роботу

Давиденко Олександра Олександровича

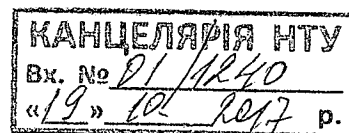
на тему: «**Моделювання життєвого циклу автодорожніх мостів**», яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Структура роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 170 сторінок, зокрема 113 сторінок основного тексту, 31 таблицю та 22 рисунки, список використаних джерел (159 найменувань) на 16 сторінках і 25 сторінки додатків.

Актуальність роботи не викликає сумнівів. Дослідження присвячене новій парадигмі будівельної механіки – задачі пошуку моделі зв'язку рівнянь граничних станів зі змінною часу експлуатації. В інших термінах – це проблема прогнозу ресурсу елементів споруд, яка завжди була найменш вивченою, а з іншого боку – найбільш ваговою в соціально-економічному плані. Сьогодні, в умовах вкрай обмеженого фінансування системи експлуатації транспортних споруд, стратегічне планування видатків на утримання споруд має опиратися на реалістичний прогноз ресурсу залізобетонних елементів. Теоретичні здобутки на цьому шляху мають значний соціально-економічний ефект, підвищують технічні характеристики об'єктів, збільшують їх довговічність, і будуть з вдячністю сприйматися суспільством.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами. Тема дисертації відповідає актуальним напрямам науково-технічної політики України в галузі управління експлуатаційною надійністю і довговічністю споруд, відповідає бюджетній програмі «Фундаментальні дослідження у вищих навчальних закладах та наукових установах» (КПКВ 2201020) та реалізована у держбюджетній темі № 3, номер державної реєстрації теми: 0111U000095 «Теоретичні засади оцінки ресурсу транспортних споруд» 2011 – 2013 роки, а також бюджетній програмі «Прикладні дослідження і розробки за напрямками науково-технічної діяльності вищих навчальних закладів та наукових установ» (КПКВ 2201040). Моделі розроблені в рамках дисертації реалізовані в держбюджетній темі № 69, номер державної реєстрації теми: 0109U002145 «Прогноз і оптимізація життєвого циклу транспортних споруд» 2009 – 2010 роки.

Об'єкт і мета дослідження. Об'єктом дослідження, в представленій до захисту роботі, є процеси деградації залізобетонних елементів споруд.



Предмет дослідження – моделі прогнозу життєвого циклу залізобетонних елементів автодорожніх мостів, що знаходяться в експлуатації.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка моделей прогнозування життєвого циклу залізобетонних елементів автодорожніх мостів, що знаходяться в експлуатації. Мета дисертаційного дослідження досягається виконанням таких задач:

- аналіз і систематизація математичних моделей деградації залізобетонних елементів транспортних споруд;
- статистичний аналіз технічного стану автодорожніх залізобетонних мостів України;
- розробка нових стохастичних моделей накопичення пошкоджень елементів автодорожніх мостів;
- розробка стохастичної моделі об'єктного рівня прогнозування технічного стану автодорожнього моста;
- розробка інженерної методики прогнозування життєвого циклу експлуатації автодорожніх мостів.

Основні наукові результати та їх новизна. Основними науковими результатами досліджень, які виносяться на захист є:

- статистичний аналіз технічного стану автодорожніх залізобетонних мостів України, що дає можливість розбудови регресійних моделей прогнозування життєвого циклу елементів мостів;
- нові марковські стохастичні модель прогнозування життєвого циклу елементів моста;
- *вперше* отримані нові наукові дані стосовно інтенсивності відмов процесу типу марковського ланцюга;
- *вперше* розроблена узагальнена стохастична 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.

Розроблені автором дисертації, моделі та методологія мають всі ознаки новизни, своєчасно опубліковані, прийняті як нові в наукових колах.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробленні інженерної методики оцінювання і прогнозу строку служби моста (споруди в цілому); методики автоматизованого прийняття рішення стосовно продовження експлуатації прогнаної будови моста або заміни її новою; в розробленні пропозицій із змін до нормативного документу ДСТУ-Н Б.В.2.3-23:2012 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів».

У першому розділі розглядається сучасний стан проблеми прогнозування довговічності залізобетонних елементів транспортних споруд. Аналізуються наукові роботи вітчизняних та закордонних науковців. Результатом аналізу робіт названих вчених є систематизація моделей оцінки життєвого циклу експлуатації залізобетонних елементів мостів, яка виявила соціально-економічну значимість проблеми оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Більшість дослідників, марковські моделі яких розглядаються, вказують, що саме стохастичні моделі марковських ланцюгів сьогодні є найбільш перспективним, універсальним інтегральним апаратом опису поступового руйнування елементів споруд. Відомі в світі автоматизовані системи управління мостами базуються саме на марковських моделях.

Разом з тим, аналіз виявив недоліки чинної моделі. Принципово важливий аспект моделі – питання про визначення користувачем інтенсивності відмов. Принципово важливий тому що, саме цим єдиним параметром управляється в марковській моделі процес деградації. У загальному випадку інтенсивність відмов є випадковою функцією часу. В нормативній моделі застосовується припущення $\lambda(t) = \text{const}$, що призводить до нереалістичного завищеного прогнозу залишкового ресурсу.

Зауваження до розділу 1

1.1 В цьому розділі представлена солідна класифікація марковських моделей. На жаль поза увагою автора залишилися дослідження напівмарковських моделей. На думку опонента в огляді було би доречним назвати цю групу моделей та надати одно – два посилання

Другий розділ «Статистичний прогноз залишкового ресурсу» дисертації присвячений статистичному аналізу залишкового ресурсу залізобетонних автодорожніх мостів України. Дослідження цього розділу базуються на даних отриманих з галузевої Аналітичної експертної системи управління мостами (АЕСУМ) Укравтодору.

Статистичний аналіз, виконаний автором, виявив небезпечні завищення залишкового ресурсу моделлю для елементів мостів що знаходяться в 4 – 5 експлуатаційних станах, показав значний розрив між проектними і фактичними строками служби – зменшення реального ресурсу на 30 -45 відсотків. Автором доведено, що завищення залишкового ресурсу є результатом прийняття в чинній моделі гіпотези сталої, не залежної від часу, інтенсивності відмов.

В розділі 2 показано, що встановлені факти низької довговічності автодорожніх мостів є предосторогою до не критичного застосування чинної за нормативним документом ДСТУ-Н моделі оцінки залишкового ресурсу, мотивацією розробки нових моделей прогнозування життєвого циклу в експлуатації.

Розроблені в рамках розділу 2 регресійні моделі оцінки залишкового ресурсу очевидно знайдуть застосування в системі експлуатації мостів.

В третьому розділі «Узагальнення марковської феноменологічної моделі накопичення пошкоджень» представлено розвиток марковської моделі накопичення пошкоджень в оцінці технічного стану мостів, що знаходяться в експлуатації. Розглядається задача формулювання стохастичної ймовірнісної моделі деградації елемента споруди. Система описується марковським дискретним процесом з безперервним часом. Розглядається процес з *«якісними станами»*. Роль випадкової події відіграє *«випадковий дискретний стан системи»*. Теоретична крива деградації елементів описується як процес Пуассона.

Центральним місцем цього розділу є дослідження інтенсивності відмов. Тут виконане теоретичне та числове експериментальне дослідження інтенсивності відмов (швидкості деградації) в функції часу марковської моделі накопичення пошкоджень залізобетонних елементів автодорожніх мостів. Як результат – автором *вперше* було встановлено форму і характеристики функції інтенсивності відмов для залізобетонних елементів будівельних конструкцій.

В розділі 3, вперше в Україні пропонуються марковські моделі накопичення пошкоджень з *«проскоком»*. Дійсно, в реальності процес старіння елемента споруди складається не тільки з поступових відмов, а також з раптових. Розроблені дві моделі цього типу є важливим внеском в практичне застосування марковської стохастичної теорії в задачах прогнозування ресурсу будівельних конструкцій.

Зауваження до розділу 3

3.1 Авторська модель з функцією інтенсивності відмов залежною від часу в строгому формулюванні не є марковською. В цьому випадку вона стає так званою *«напівмарковською»*. В публікаціях з проблеми є дослідження в яких доведено, що для практичних цілей такі моделі дають достатню точність. Опонент вважав би доречним вказати на цю теоретичну особливість моделі та привести відповідні посилання.

3.2 На рисунку 3.11 показано граф марковської моделі процесу деградації з раптовим *«проскоком»* з першого до 5-го технічного стану. Виникають запитання: наскільки реалістичним є такий процес?; яка ймовірність такого сценарію?; чи є такі випадки в базі даних АЕСУМ?

3.3 Не підтримую тезу автора про труднощі розв'язку рівнянь Колмогорова – Чепмена (3.48-3.49) в нелінійній постановці. Сьогодні будь-який математичний програмний комплекс має достовірні програми розв'язку таких систем рівнянь за методом Рунге-Кутта.

Четвертий розділ «Оцінка технічного стану споруди» присвячено практичним аспектам оцінювання технічного стану споруди. Кінцевою прикладною метою цих моделей є оцінювання і прогнозування технічного стану моста в цілому.

В розділі 4, перш за все, наводиться модель марковського ланцюга на засадах статистичних даних з історії експлуатації. Стохастичний процес представляється, як і в розділі 3, інтегральною функцією розподілу $P(t)$ для часу T_n , котрий протікає доки стануться всі n подій процесу – розподілом Пуассона. Процес деградації визначається за гіпотези, що є відомою матриця переходів \mathbf{P} і вектор початкових ймовірностей \mathbf{p}_0 на довільному кроці n .

В такий спосіб автор, *вперше* на пострадянському просторі переходить від моделі окремого елемента до ймовірнісної моделі яка описує еволюцію в часі *системи елементів*, тобто споруду в цілому. Феноменологічною базою моделі є статистичні дані з історії експлуатації споруд.

Головною характеристикою моделі, що пропонується є саме матриця перехідних ймовірностей. В закордонній технічній літературі описано декілька способів отримання матриці перехідних ймовірностей \mathbf{P} на основі статистичних даних з історії експлуатації. В дослідженні автор скористався найпростішим з них – оцінюванням відносної кількості мостів в кожному із станів. Отримана модель для України є своєрідним ноу-хау, вона знайде широке впровадження в системі експлуатації транспортних споруд.

В рамках досліджень розділу 4 запропоновано новий числовий *критерій технічного стану споруди в цілому* необхідний для практичної методики прогнозування експлуатаційного стану моста та формування стратегічних планів фінансування ремонтів мостів.

Тут також на основі розроблених моделей запропоновано *критерій ефективності експлуатаційних втручань*, як числову оцінку доцільності капітального ремонту / реконструкції / нового будівництва автодорожніх мостів, що залежить від прийнятої експертної оцінки технічного стану споруди в цілому.

Зауваження до розділу 4.

4.1 В інженерній методиці, що пропонується автором, не представлено чисельного прикладу до алгоритму прогнозування технічного стану споруд (Таблиця 4.5).

4.2 В п.п. 4.5 не наведено обґрунтування граничних значень ефективності критерій ефективності експлуатаційних втручань.

Публікації за темою дисертації. Дисертаційна робота достатньо висвітлена в фахових виданнях України. За темою дисертації опубліковано 9 одноосібно.

Апробація. Дисертаційна робота має достатню апробацію. Автор доповідав результати досліджень на 6 міжнародних науково-технічних конференціях України, а також 3 конференціях НТУ.

Зміст автореферату відображає основні положення дисертації.

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 ретельно оформлена і належним чином ілюстрована, викладена технічно грамотно, мовою, яка демонструє високу наукову ерудицію автора.

Висновок. Дисертація Давиденко О. О. містить сучасні новітні науково обґрунтовані моделі прогнозування ресурсу залізобетонних мостів. Аналіз результатів дисертаційного дослідження показав, що автор кваліфіковано виконав завдання дослідження – моделювання життєвого циклу автодорожніх мостів, вніс вагомий внесок в розв'язання важливої науково-прикладної проблеми. Результати дисертації широко відомі в наукових колах завдяки солідним статтям автора дисертації.

Що стосується зауважень опонента, то вони лежать в площині наукової дискусії або форми представлення результатів дослідження. Вони, як видно, не порушують цілісності основних наукових положень дисертації, не заперечують наукової новизни одержаних результатів.

Викладений аналіз дозволяє зробити такий **загальний висновок:**

Подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук дисертаційна робота на тему: **«Моделювання життєвого циклу автодорожніх мостів»** є завершеною науковою працею, яка за актуальністю теми, практичним значенням та науковою новизною отриманих результатів відповідає встановленим Атестаційною колегією МОН України вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор **Давиденко Олександр Олександрович** заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Офіційний опонент –

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри «Вищої математики»
Київського національного університету
будівництва та архітектури



Чибіряков

В. К. Чибіряков

*Підпис засвідчено
проєктор Книжа з наукової роботи*