

Спеціалізована вчена рада
Д 26.059.02 у Національному
транспортному університеті
01010, м. Київ,
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1
Вченому секретарю Каськіву В.І.

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Боднар Лариси Петрівни

**«Удосконалення проектування ремонтів при
експлуатації автодорожніх мостів»,**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю **05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми**

На підставі вивчення дисертації обсягом 212 сторінок, автореферату обсягом 20 сторінок, 24 робіт здобувача, з яких 7 статей опубліковано за темою дисертації в фахових виданнях та тез наукових конференцій, встановлено наступне.

Актуальність теми дисертаційної роботи. За останні два десятиріччя різко змінився якісний склад транспортних потоків на автомобільних дорогах України. Внаслідок збільшення інтенсивності руху та ваги транспортних засобів відбувається пришвидшений фізичний знос мостів і погіршення їх технічного стану. За даними обліку в Аналітичній системі управління мостами Укравтодору на початку 2019 року за результатами обстежень мостів на автомобільних дорогах загального користування більше половини мостів потребує реконструкції, капітального або поточного середнього ремонту. Головною причиною швидкого фізичного зносу мостів є низький рівень фінансування ремонтів. З цієї причини, кількість відкладених ремонтів



автодорожніх мостів, що знаходяться в обмежено працездатному і непрацездатному станах продовжує зростати.

Дослідження показали, що ще недостатньо розроблений науково-практичний інструментарій обґрунтування прогнозованих ефективних стратегій відновлення технічного стану мостів як на мережі доріг, так і на рівні окремої споруди з урахуванням тривалості їх залишкового життєвого циклу у фазі експлуатації, які необхідно враховувати при проектуванні ремонтів. Відсутні математичні моделі і механізм розв'язання задачі з прогнозування ремонтів на основі вітчизняної моделі деградації елементів мостів та відповідне комп'ютерне програмне забезпечення. Отже, удосконалення проектування ремонтів мостів на автомобільних дорогах є надзвичайно актуальним науково-практичним завданням, що потребує розробки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження Боднар Л.П. було виконано згідно планів науково-дослідних робіт ДП «ДерждорНДІ», виконаних на замовлення Державного агентства автомобільних доріг України «Укравтодор», а саме: «Розробити модуль аналізу залишкового ресурсу визначальних елементів мостів з оцінкою доцільності виконання ремонтів чи нового будівництва» (номер державної реєстрації 0111U007312); «Провести дослідження та розробити модуль управління ремонтами та експлуатаційним утриманням мостів» (номер державної реєстрації 0112U004904); «Провести модернізацію паспорта моста в АЕСУМ та розробити модуль для аналізу і визначення поточного та перспективного експлуатаційного стану мостів із врахуванням рівня фінансування» (номер державної реєстрації 0114U006224); «Провести дослідження впливу ремонтів мостів на процеси деградації їх конструктивних елементів, розробити модуль АЕСУМ оцінки проведення відновлювально-ремонтних робіт та модернізувати в цілому систему управління програмним комплексом» (номер державної реєстрації

0116U007456); «Виконати аналіз та розробити модуль АЕСУМ з визначення приведеної вартості робіт з ремонтів та експлуатаційного утримання мостів» (номер державної реєстрації 0118U000774); «Виконати аналіз та розробити пропозиції щодо удосконалення моделей оцінювання і прогнозування ресурсу мостів, що знаходяться в експлуатації» (номер державної реєстрації 0118U000775).

Особисто автором у контексті даних тем запропоновано теоретичні та методичні підходи щодо удосконалення проектування ремонтів при експлуатації автодорожніх мостів та розроблені програмні засоби їх реалізації у складі АЕСУМ.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Проведений аналіз дисертаційної роботи Боднар Л.П. дозволяє зробити загальний висновок, що до захисту представлено комплексне дослідження важливого науково-практичного завдання теорії та практики удосконалення проектування ремонтів мостів при їх експлуатації на автомобільних дорогах.

Достатній рівень обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих в дисертації визначається застосуванням нормативних документів України, обробкою значного масиву літературних джерел і використанням у роботі аналізу досліджень вітчизняних і зарубіжних учених, широкого кола загальнонаукових та спеціальних методів та даних натурних обстежень технічного стану споруд в базі даних АЕСУМ. Крім того, достовірність наукових досліджень підтверджена порівнянням отриманих результатів з спостереженими даними з АЕСУМ і коректним використанням механізму обґрунтування стратегії ремонтів мостів.

Дисертаційна робота має чітку структуру, яка відповідає поетапному розкриттю поставлених наукових завдань щодо удосконалення методів обґрунтування ремонтів мостів.

Зі змісту автореферату і дисертаційної роботи та переліку публікацій, що додаються, завдання дисертаційного дослідження успішно вирішені. На

мій погляд, основна мета, об'єкт, предмет і задачі дослідження сформульовані чітко і коректно.

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі розкрито актуальність теми, визначено мету, об'єкт і предмет дослідження, сформульовані основні наукові результати, наведено наукову новизну і практичну цінність роботи, подано інформацію про впровадження та апробацію результатів дослідження.

У першому розділі «Аналіз шляхів удосконалення проектування ремонтів при експлуатації автодорожніх мостів» проаналізовано формування стратегії експлуатації автодорожніх мостів як складової частини загальної фундаментальної задачі системи експлуатації – забезпечення функціонування споруди протягом проектного строку служби з заданими показниками надійності.

Встановлено, що обґрунтування стратегії ремонтів мостів є складним завданням, обтяженим низкою ще не вирішених наукових задач, а саме: недостатністю кількісних залежностей між обсягами і структурою робіт з ремонту мостів і їх прогнозованим технічним станом; кількісної оцінки впливу ремонтів на зменшення рівня деградації елементів мостів; складністю визначення надійності і довговічності моста в цілому.

З'ясовано, що центральне завдання дослідження – удосконалення проектування відновлення стану мостів при експлуатації – є задачею індивідуальною, теоретично тісно пов'язаною з прийнятою в системі експлуатації моделлю деградації, оцінки і прогнозу технічного стану.

При проектуванні ремонту моста необхідне зосередження уваги на всій вартості забезпечення його проектного ресурсу, а не тільки на початкових витратах на здійснення ремонту.

Аналіз існуючих моделей обґрунтування стратегії ремонтів мостів дозволив визначити основний напрям їх удосконалення – розробку механізму обґрунтування стратегії ремонтів, який базується на вітчизняній нормативній

моделі деградації мостів та базі даних з обстежень мостів, накопичених в АЕСУМ.

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

У другому розділі *«Моделювання надійності і довговічності мостів на автомобільних дорогах»* визначено, що теоретичним підґрунтям дослідження процесу деградації моста є марковська феноменологічна модель накопичення пошкоджень. В цій моделі знос елементу споруди описується марковським дискретним процесом з неперервним часом. Виділено п'ять експлуатаційних станів системи. Процес деградації елемента протягом життєвого циклу описується функцією надійності, якою встановлюється зв'язок між надійністю та часом експлуатації елемента. Постулюється, що швидкість деградації описується одним параметром – показником інтенсивності відмов, що приймається постійним у часі.

Доведено, що теоретичний критерій граничного зносу прогонових будов автодорожніх мостів прийнятий для оптимізації стратегії ремонтів мостів має достатню збіжність з нормативними вимогами на рівні 4-го експлуатаційного стану.

Запропонована модель ефективності експлуатаційних втручань для 5-го (непрацездатного) експлуатаційного стану на основі застосування безрозмірної величини, яка є індикатором рівня ушкодження елементів моста і служить в системі управління мостами критерієм доцільності виконання капітального ремонту або реконструкції замість заміни новим мостом.

Цей критерій є функцією від віку споруди на момент оцінювання технічного стану, залишкового ресурсу прогонової будови, інтенсивності відмов, експертної оцінки стану споруди (рейтингу).

У третьому розділі *«Моделі і механізм оптимізації процесу відновлення технічного стану мостів на автомобільних дорогах»* сформульовані базові принципи і механізм обґрунтування стратегії ремонтів мостів.

По-перше, з метою врахування різної важливості мостів на мережі доріг розроблена модель пріоритезації мостів, яка враховує зміни пріоритету моста у часі.

По-друге, розроблені математичні моделі оптимізації стратегії ремонтів мостів на рівнях мережі автомобільних доріг (або окремої ділянки дороги) та одного моста, які враховують процеси деградації елементів мостів і процес відновлення технічного стану мостів шляхом вибору оптимальної відносно заданих умов послідовності ремонтів та експлуатаційних заходів. Прийнято, що задача відноситься до класу комбінаторних задач дискретної оптимізації з одним критерієм або одночасно з двома критеріями. В якості критеріїв прийняті: мінімум середньозваженого по роках прогнозного періоду рівня деградації мостів при бюджетних обмеженнях і мінімум штрафної функції вартості ремонтів мостів, яка враховує досягнутий рівень деградації мостів. При перевищенні рівня деградації заданої максимально допустимої величини значення штрафної функції буде зростати, що слугує бар'єром для невиправданого зменшення витрат на ремонти мостів. Одночасне використання двох критеріїв призводить до множини Парето-оптимальних рішень, з яких особа, яка приймає рішення, повинна вибрати одне,

По-третє, складність пошуку оптимального рішення задачі обґрунтування стратегії ремонтів мостів на рівні мережі доріг, обумовлена великою кількістю мостів в комбінації з варіантами заходів ремонту та утримання і кількістю років прогнозного періоду, стала причиною розробки механізму обґрунтування стратегії ремонтів мостів шляхом пошуку наближеного до оптимального рішення, в якому враховується необхідна послідовність виконання заходів, яка залежить від фактичного і прогнозованого рівня деградації моста і не вимагає штучних обмежень на міжремонтні періоди, властиві відомим підходам до обґрунтування.

В результаті, комп'ютерні експерименти, виконані за допомогою розробленої автором комп'ютерної програми, яка реалізує запропонований механізм обґрунтування стратегії ремонтів мостів, дозволили на реальних

вихідних даних з АЕСУМ визначити раціональні параметри моделювання: кількість рішень в початковій множині 200-250, кількість генерацій алгоритму 150-200, ймовірність рекомбінації (кросоверу) рішень 0,8-0,9, ймовірність регенерації (мутації) 0,008 – 0,010.

У четвертому розділі «Розбудова підсистеми обґрунтування стратегії ремонтів мостів в АЕСУМ» запропонована удосконалена архітектура АЕСУМ. В програмному комплексі АЕСУМ створено відповідну підсистему обґрунтування стратегії ремонтів мостів. Програмне забезпечення і розроблена методика дозволяють обґрунтувати раціональну стратегію ремонтів мостів як на мережевому, так і на об'єктному рівнях. Розроблений зручний інтерфейс як частина механізму обґрунтування стратегії ремонтів мостів та аналізу отриманих з його допомогою результатів. Кінцевим результатом роботи є звіти про ефективну стратегію ремонтів мостів на вибраній мережі доріг або по окремому мосту.

За допомогою розробленої в дисертації підсистеми програмного комплексу АЕСУМ, на основі реальних даних з АЕСУМ отримані важливі дані щодо структури розподілення витрат на експлуатаційні заходи. Капітальні витрати складають 40-70% від загальної суми витрат, в залежності від реального стану мостів на досліджуваній мережі доріг.

Запропонована методика дозволяє за рахунок вибору кращого за вибраними критеріями рішення – років і варіантів ремонтів досягти економії витрат до 15 – 25 % порівняно з евристичним рішенням за принципом «найгірші – перші».

У висновках сформульовано основні теоретичні та практичні результати дисертаційного дослідження, які співпадають з задачами, поставленими в дисертації.

Наукова новизна дослідження та одержаних результатів полягає у вирішенні важливого науково-практичного завдання розвитку теоретичних і практичних аспектів удосконалення проектування ремонтів автодорожніх мостів на мережевому та об'єктному рівнях з урахуванням впливу ремонтів

на підвищення їх надійності і подовження тривалості життєвого циклу у фазі експлуатації. Найбільш вагомими результатами полягають в наступному:

Вперше:

– на підґрунті вітчизняної нормативної моделі деградації елементів мостів розроблені моделі і механізм обґрунтування параметрів відновлення їх стану на мережі автомобільних доріг, що дозволяють, порівняно з існуючими підходами, підвищити надійність, збільшити тривалість та зменшити вартість життєвого циклу мостів;

– для мостів, що перебувають у непрацездатному експлуатаційному стані, встановлено кількісний критерій який дозволяє, на відміну від трудомісткого і витратного техніко-економічного обґрунтування, швидко оцінити доцільність капітального ремонту або реконструкції моста замість його заміни новим.

Удосконалено модель пріоритезації мостів на мережі автомобільних доріг, яка, порівняно з існуючими підходами, дозволяє врахувати поточну і перспективну значимість мостів в процесі прогнозування їх ремонтів.

Дістав подальший розвиток програмний комплекс АЕСУМ, який, на відміну від попередньої версії, на основі розробки і впроваджених підсистем обґрунтування ефективної стратегії ремонтів мостів та більш точної оцінки їх вартості розширює практичні можливості АЕСУМ для удосконалення проектування ремонтів мостів.

Впровадження результатів роботи.

Представлена до захисту робота викликана запитом практики. Результати дослідження були впроваджені в Аналітичній експертній системі управління мостами Державного агентства автомобільних доріг України (Довідка № 13-8-64 від 30.08.2016 р.);

в Аналітичній експертній системі управління мостами Служби автомобільних доріг у Хмельницькій області (Акт про впровадження, вихідний № 1230 від 31.08.2016р.);

– в Аналітичній експертній системі управління мостами Служби автомобільних доріг у Черкаській області (Акт про впровадження від 07.10.2016 р., вихідний № 2465/02 від 19.10.2016р.);

– в Аналітичній експертній системі управління мостами Служби автомобільних доріг у Вінницькій області (Акт про впровадження, вихідний № 1078/1 від 26.08.2016р.).

Значущість результатів дослідження для науки і практики

полягає в тому, що теоретичні положення дисертаційної роботи доведені до рівня програмних засобів у складі програмного комплексу АЕСУМ та методики обґрунтування стратегії ремонтів мостів на мережі доріг, достовірність яких обґрунтована застосуванням матеріалів обстежень, накопичених в базі даних АЕСУМ, та застосуванням нормативної моделі деградації елементів мостів. Результати досліджень і практичні рекомендації можуть бути використані дорожньо-експлуатаційними організаціями України для прогнозування ремонтів мостів, проектними організаціями при проектуванні нових мостів, реконструкції та ремонтів існуючих мостів. Розроблена методика обґрунтування стратегії ремонтів мостів пропонується як інформативний додаток до існуючого нормативного документа ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів».

Повнота викладу результатів дисертації в наукових виданнях

Основні положення дисертаційної роботи викладено у 24 роботах здобувача, у тому числі 7 статей у збірниках наукових праць, що входять до переліку наукових фахових видань.

Аналіз публікацій Боднар Л.П. свідчить, що вони достатньо повно висвітлюють як зміст роботи, так і основні наукові результати, отримані в дисертації. Особистий внесок здобувача у працях, що опубліковані у співавторстві, наведено в переліку публікацій в авторефераті.

Результати дисертаційної роботи Боднар Л.П. пройшли достатню

апробацію на 7 міжнародних науково-практичних конференціях в містах: Київ, Харків, Львів, Дніпропетровськ, Мінськ (Білорусь), Вільнюс (Литва), Відень (Австрія).

Ознайомившись зі складом опублікованих робіт, можна відмітити, що вони в повній мірі відображають основні наукові і практичні результати дисертації.

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.

Зміст автореферату відображує основні положення дисертації.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації.

В цілому дисертаційна робота Боднар Л.П. заслуговує позитивної оцінки, проте необхідно вказати на наступні дискусійні положення та зауваження:

1. З тексту дисертації не зрозуміло, чи враховується у формулах (3.15) і (3.20) цільових функцій вартість заміни існуючого моста новим, якщо існуючий міст знаходиться в 5-му непрацездатному стані і має приналежність за критерієм доцільності до групи А. В табл. 3.9 і 3.11 після реконструкції, мабуть, потрібний ще один захід – «будівництво нового моста». Взагалі не ясна подальша поведінка такого нового моста при прогнозуванні.

2. Сумнівною виглядає умова 4 додаткових обмежень в математичних моделях про те, що роботи по середньому і капітальному ремонтам та реконструкції здійснюються протягом одного року (с. 113 дисертації).

3. В моделі пріоритезації не наведено як визначати темп приросту інтенсивності руху q на довгострокову перспективу, наприклад на 50 років і більше, для розрахунку B – майбутньої середньої добової інтенсивності руху.

4. Було б корисно для оптимізації ремонтів розглянути інші алгоритми, окрім генетичного.

5. Застосування формули (2.23) експертної оцінки технічного стану споруди E , вимагає уточнення, а саме: за рахунок кращого стану певних груп елементів моста може бути отримано більше значення E , краще аніж у групі елементів з гіршою оцінкою технічного стану.

6. Вважаю, що у розділі 4 дисертаційної роботи не має необхідності під кожним рисунком писати «Джерело: власна розробка». Достатньо було б зазначити один раз на початку розділі, що отримані рисунки особисто автором дисертаційної роботи.

7. На стор. 7 автореферату автором зазначено: «Забезпечення узгодженості процесу деградації і відновлення в часі обумовлене *граничними параметрами процесу деградації...*». Проте зміст терміну граничних параметрів по тексту автореферату не розкривається, що потребує додаткових пояснень автора.

8. В авторефераті в табл. 2 в колонці "Надійність за першою групою граничних станів, $P_{i,v} \leq P < P_{i,n}$ " є помилка – переплутані знаки в нерівностях: вища надійність (зліва) є меншою за нижчу надійність справа. Проте у тексті дисертації на стор. 109 в табл. 3.10 знаки нерівності розставлені правильно.

Загальні висновки та оцінка дисертації.

Оцінюючи позитивні та негативні сторони дисертації, в цілому можна зробити висновок, що зазначені зауваження не зменшують практичної та наукової цінності дисертаційної роботи та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

Дисертаційна робота **Боднар Лариси Петрівни** є завершеною науковою роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, а саме: моделі і механізм обґрунтування параметрів процесу відновлення технічного стану мостів на рівні мережі доріг та окремої споруди; кількісний критерій доцільності виконання капітального ремонту або реконструкції моста замість його закриття і заміни новим; удосконалено модель пріоритезації мостів на мережі доріг, а також дістали подальшого розвитку

програмний комплекс АЕСУМ разом із системою оцінювання питомої вартості ремонтів і методика їх практичного застосування.

З урахуванням викладеного вище, вважаю, що дисертаційна робота **Боднар Лариси Петрівни** на тему **«Удосконалення проектування ремонтів при експлуатації автодорожніх мостів»**, відповідає паспорту спеціальності 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми (п.10 – «Теорія і методи проектування штучних споруд на автомобільних шляхах»), є завершеним науковим дослідженням, має науково обґрунтовані результати вирішення поставленого в роботі наукового завдання, відповідає вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а також пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» та паспорту спеціальності 05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми, а автор – Боднар Л.П., показала свою спроможність поставити і дослідити важливу науково-практичну задачу і заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю **05.22.11 – автомобільні шляхи та аеродроми.**

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент
доцент кафедри «Рухомий склад і колія»
Львівської філії

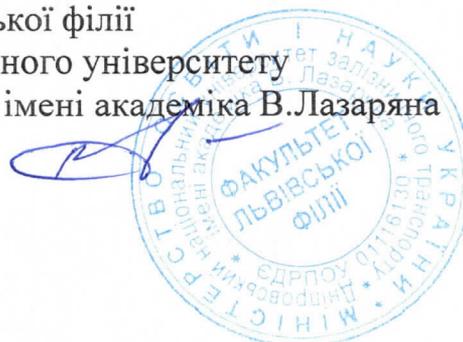
Дніпровського національного університету
залізничного транспорту
імені академіка В.Лазаряна



В. В. Ковальчук

Підпис кандидата технічних наук, доцента В.В. Ковальчука засвідчую:

Декан факультету Львівської філії
Дніпровського національного університету
залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна
д.е.н., професор



В.І. Копитко