

## **ВІДГУК**

### **Бугаєвського Сергія Олександровича**

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О. Російського, декана дорожньо-будівельного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

на дисертаційну роботу **Зеленського Богдана Миколайовича** на тему

**«Метод оцінки мостів на основі моделей їх якісного стану»,**

поданої на здобуття ступеня доктора філософії

у галузі 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

#### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена критичною важливістю своєчасного та якісного обстеження мостів для забезпечення їх безвідмовної експлуатації та ефективного управління дорожньою інфраструктурою. Існуючі методи оцінки якісного стану мостів мають певні обмеження, такі як суб'єктивність оцінок, залежність від досвіду фахівців, недостатня точність результатів та значна трудомісткість процесу оцінки. Це створює потребу в розробці нових, більш об'єктивних та комплексних підходів до оцінки стану транспортних споруд.

Розробка методу оцінки стану мостів на основі кваліметричних моделей, що враховують широкий спектр параметрів фізичного та функціонального зносу, є особливо актуальною з огляду на наступні фактори:

1. Необхідність підвищення об'єктивності оцінки якісного стану мостів.
2. Потреба в обґрунтуванні витрат на утримання та ремонт транспортних споруд.
3. Важливість підвищення рівня безпеки та надійності транспортної інфраструктури.



4. Зростаючий інтерес до комплексних підходів в управлінні життєвим циклом транспортних споруд.

5. Необхідність врахування як технічних, так і економічних факторів при оцінці стану мостів.

Запропонований метод дозволяє інтегрувати різноманітні параметри в єдину систему інтегральної оцінки, що сприяє більш ефективному плануванню ремонтних робіт та оптимізації витрат на утримання мостів. Це особливо важливо в контексті зростаючих вимог до експлуатації транспортної інфраструктури та обмежених ресурсів на її обслуговування.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Наукові результати та практичні рекомендації дисертаційного дослідження щодо методу оцінки мостів на основі моделей їх якісного стану отримали практичне використання під час роботи над науково-дослідними темами на замовлення Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України за договором від 03.07.2020 року № 51-20 «Виконати дослідження та розробити методичні рекомендації з визначення вантажопідйомності автодорожніх мостів» та за договором від 30.08.2021 № 100-21 «Провести дослідження та розробити рекомендації щодо моніторингу технічного стану автодорожніх мостів з використанням автоматизованої системи збору даних».

Дослідження було впроваджено у навчальному процесі, а саме під час викладання дисципліни «Експлуатація транспортних споруд» для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, ОП «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів».

Результати дисертаційного дослідження були використані при оцінюванні технічного стану мостового переходу через магістральний канал очисних систем в районі 1-ого шлюзу гідротехнічних споруд Дніпровського басейнового управління водних ресурсів (Київська область) ТОВ «Діагностика та інжиніринг мостів», зокрема у частині врахування положень розробленого методу оцінки мостів на основі моделей їх якісного стану було визначено експлуатаційний стан споруди.

## **Аналіз змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота присвячена розробці нового методу оцінки стану мостів на основі кваліметричних моделей. Робота складається з чотирьох розділів, кожен з яких висвітлює важливі аспекти дослідження.

**Розділ 1** містить огляд літератури та аналіз існуючих методів оцінки технічного стану мостів. Автор розглядає теоретичні основи використання марковських процесів для моделювання деградації транспортних конструкцій, а також сучасні тенденції у застосуванні методів штучного інтелекту та машинного навчання для моніторингу стану мостів. Особлива увага приділяється комплексним підходам в управлінні життєвим циклом мостів та адаптації методів кваліметрії для оцінки їх якісного стану.

**Розділ 2** присвячений розробці кваліметричної моделі оцінки якісного стану автодорожнього мосту. Модель представляє собою комплексну ієрархічну систему, що включає оцінку як функціонального, так і фізичного зносу мосту. Автор детально описує структуру моделі, яка складається з чотирьох рівнів та враховує широкий спектр параметрів. Для визначення коефіцієнтів вагомості різних факторів були застосовані кошторисний та експертний методи. Важливим аспектом є оцінка узгодженості думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації.

У **розділі 3** автор представляє комплексний підхід до оцінки якості мостів, який передбачає детальний аналіз кожного ключового елемента моста. Описуються різні методи оцінки, які включали візуальний огляд, інструментальні вимірювання, розрахункові методи та експертні оцінки. Особлива увага приділяється оцінці впливу мостового переходу на річковий потік та використанню сучасних програмних комплексів для аналізу вантажопідйомності.

**Розділ 4** присвячений практичному застосуванню розробленого методу. Автор описує комплексне обстеження автодорожнього мосту через річку Сівка (автомобільна дорога IV категорії в Івано-Франківській області), включаючи візуальний огляд, інструментальні вимірювання, фотофіксацію дефектів та розрахунки вантажопідйомності. На основі зібраних даних

проводиться оцінка якісного стану мосту за допомогою розробленої кваліметричної моделі. Також аналізуються особливості струнобетонних прогонових будов та пропонуються методи їх ремонту та підсилення.

У **загальних висновках** автор підсумовує результати дослідження, підкреслюючи новизну та практичну значущість розробленого методу. Зазначається, що метод дозволяє підвищити об'єктивність оцінки якісного стану мостів, обґрунтувати витрати на їх утримання та ремонт, а також підвищити рівень безпеки та надійності транспортної інфраструктури.

Важливо відзначити, що результати дисертаційного дослідження були впроваджені у навчальний процес та отримали практичне застосування при оцінці технічного стану реальних мостів. Це підтверджує практичну цінність та актуальність проведеного дослідження.

Загалом, дисертаційна робота представляє собою комплексне дослідження, яке охоплює теоретичні аспекти оцінки стану мостів, розробку нової методології на основі кваліметричних моделей та її практичну апробацію. Робота має чітку структуру, логічну послідовність викладу матеріалу та містить важливі наукові та практичні результати в галузі оцінки та управління станом транспортних споруд.

#### **Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:**

На основі наданої інформації, наукову новизну отриманих результатів дисертаційної роботи можна сформулювати наступним чином:

1. Вперше розроблено комплексний метод оцінки стану автодорожніх мостів на основі кваліметричних моделей, який, на відміну від існуючих підходів, враховує як фізичний, так і функціональний знос споруди. Це дозволяє отримати більш об'єктивну та всебічну оцінку якісного стану мостів.

2. Створено багаторівневу кваліметричну модель якісного стану транспортної споруди, яка включає чотири рівні оцінки з різною кількістю параметрів на кожному рівні. Така структура забезпечує детальний аналіз всіх ключових аспектів стану мосту.

3. Запропоновано новий підхід до визначення вагових коефіцієнтів

параметрів оцінки стану мосту, який поєднує кошторисний та експертний методи. Це дозволяє більш точно відобразити значимість різних факторів у загальній оцінці стану споруди.

4. Розроблено нову методику аналізу впливу мостового переходу на річковий потік, що включає оцінку зон стиснення та розтікання. Це важливо для розуміння розмивних процесів та їх впливу на стійкість споруди.

5. Запропоновано інноваційний підхід до оцінки струнобетонних прогонових будов, який враховує їх специфічні конструктивні особливості та вразливість до корозійних процесів. Це дозволяє більш точно оцінювати стан цього типу конструкцій та планувати відповідні заходи з їх ремонту та підсилення.

6. Розроблено методичні рекомендації щодо застосування запропонованого методу оцінки стану мостів, які можуть бути використані для ефективного планування ремонтних робіт та оптимізації витрат на утримання транспортних споруд.

**Повнота відображення дисертаційної роботи в опублікованих працях.** За темою дисертаційного дослідження опубліковано 8 наукових праць, у тому числі 3 у періодичних фахових виданнях, що входять до переліку МОН України; 1 стаття у зарубіжному періодичному виданні; 4 у збірниках праць за матеріалами конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація включає вступ, чотири загальні розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 100 найменувань та один додаток. Загальний обсяг дисертації становить 195 сторінок. Основний текст викладений на 167 сторінках. Текст ілюструється 35 рисунками і містить 27 таблиць.

**Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:**

1. Розроблений метод оцінки стану мостів на основі кваліметричних моделей дозволяє підвищити об'єктивність та точність оцінки якісного стану транспортних споруд. Це сприяє більш ефективному плануванню ремонтних робіт та оптимізації витрат на утримання мостів.

2. Запропонована багаторівнева кваліметрична модель може бути використана підприємствами, що належать до сфери управління Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України та комунального підпорядкування, для комплексної оцінки стану транспортних споруд.

3. Методика визначення вагових коефіцієнтів параметрів оцінки стану мосту може бути застосована для адаптації моделі до різних типів мостів та специфічних умов експлуатації, що робить її універсальним інструментом для оцінки стану автодорожніх мостів.

4. Розроблені рекомендації щодо оцінки та ремонту струнобетонних прогонових будов можуть бути використані для підвищення надійності та довговічності цього типу конструкцій.

5. Результати дослідження впроваджено у навчальний процес, зокрема при викладанні дисципліни "Експлуатація транспортних споруд" для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, що сприяє підготовці кваліфікованих фахівців у галузі.

6. Практичне застосування розробленого методу при оцінці технічного стану мостового переходу через магістральний канал очисних систем в Київській області демонструє його ефективність та можливість впровадження в реальних умовах.

7. Наукові результати та практичні рекомендації дослідження були використані при роботі над науково-дослідними темами на замовлення Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України, зокрема при розробці методичних рекомендацій з визначення вантажопідйомності автодорожніх мостів та рекомендацій щодо моніторингу технічного стану автодорожніх мостів з використанням автоматизованої системи збору даних.

8. Запропонований метод може бути використаний для створення автоматизованих систем моніторингу стану мостів, що дозволить здійснювати безперервний контроль та своєчасно виявляти потенційні проблеми.

9. Результати дослідження можуть бути застосовані при розробці нормативних документів та стандартів у галузі оцінки та експлуатації транспортних споруд.

10. Методика комплексної оцінки якісного стану мосту може бути використана для обґрунтування інвестицій у реконструкцію та модернізацію мостової інфраструктури.

#### **Відповідність дисертації встановленим вимогам**

Аналіз змісту дисертації дозволяє оцінити її як закінчене самостійне наукове дослідження, що містить достовірні обґрунтовані наукові та практичні результати. Викладення основного матеріалу дисертації, наукових положень, практичних результатів та висновків логічне та аргументоване. Використання матеріалів інших авторів здійснюється з посиланням на наукові праці. Мова та структура дисертації відповідають загальноприйнятому в наукових роботах. Дисертаційна робота відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії, що встановлені Міністерством освіти і науки України.

Відзначаючи змістовність та системність дослідження, що проведено Зеленським Б.М., а також позитивно оцінюючи дисертацію «Метод оцінки мостів на основі моделей їх якісного стану», необхідно звернути увагу на **дискусійні положення, висновки та пропозиції, які вимагають додаткової аргументації автора:**

1. Не дуже зрозуміло, чому автор в першому розділі дисертації, коли проводить аналіз джерел, пов'язаних із методами оцінки технічного стану автодорожніх мостів, дуже рідко наводить прізвища науковців, на які він покликається у тексті.

2. Для більшої наочності в першому та другому розділі дисертації бажано було застосовувати таблиці, діаграми та блок-схеми з метою більш системного викладення наведеного матеріалу.

3. За змістом першого розділу дисертації не вказано, які критерії та показники вплинули на вибір кваліметричних моделей для подальшого застосування в роботі у якості основної методики оцінки стану мостів.

4. Наведене висловлювання на сторінці 44 дисертації «Традиційно для оцінки стану мостів використовуються інші методики, які не завжди дозволяють отримати повну та об'єктивну картину» має дуже поверхневий характер та не дає в повній мірі оцінити переваги кваліметричних моделей як більш ефективної методики оцінки стану мостів.

5. Хотілося б отримати пояснення, чому в таблиці 2.4-2.10 конструктивних елементів 41, а в таблиці 2.11 факторів – 48, які ще фактори додалися до розрахунку.

6. В тексті не має пояснення, чому в таблицях 2.4-2.8 в колонці 14 для деяких конструктивних елементів (наприклад, 12, 13, 21-41) відсутні групові коефіцієнти вагомості властивості 4-го рівня.

7. Доцільно було б більш детально пояснити, як розроблений метод оцінки мостів на основі моделей їх якісного стану може бути інтегрований з існуючими системами управління транспортною інфраструктурою та базами даних про стан мостів в Україні.

#### **Загальний висновок та оцінка дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Зеленського Богдана Миколайовича представляє собою завершене, самостійне наукове дослідження, присвячене актуальній проблемі розробки нового методу оцінки стану мостів на основі кваліметричних моделей.

Автор продемонстрував глибоке розуміння теоретичних основ та сучасних тенденцій у галузі оцінки та управління станом транспортних споруд. Запропонований метод враховує як фізичний, так і функціональний знос мостів, що дозволяє отримати більш об'єктивну та всебічну оцінку їх якісного стану.

Розроблена багаторівнева кваліметрична модель є інноваційним підходом до комплексної оцінки стану мостів, яка враховує широкий спектр параметрів та їх вагомість. Особливо цінним є поєднання кошторисного та експертного методів для визначення вагових коефіцієнтів, що підвищує достовірність оцінок.



Практична значущість роботи підтверджується успішною апробацією розробленого методу на реальних об'єктах та його впровадженням у навчальний процес. Результати дослідження мають широке практичне застосування для підвищення ефективності управління, експлуатації та обслуговування транспортних споруд.

Важливо відзначити, що робота виконана на високому науковому рівні, має чітку структуру та логічну послідовність викладу матеріалу. Автор продемонстрував здатність до самостійного наукового пошуку, аналізу складних технічних проблем та розробки інноваційних рішень. Отримані результати є науково обґрунтованими та мають суттєве значення для розвитку методології оцінки стану транспортних споруд. Дисертаційна робота відповідає вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Вона робить вагомий внесок у вирішення актуальної науково-практичної проблеми підвищення надійності та безпеки транспортної інфраструктури. З огляду на актуальність теми, новизну отриманих результатів та їх практичну значущість, можна рекомендувати присудження автору наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

доктора технічних наук, професор,  
професор кафедри мостів, конструкцій і  
будівельної механіки ім. В.О. Російського,  
декан дорожньо-будівельного факультету  
Харківського національного  
автомобільно-дорожнього університету

Сергій БУГАЄВСЬКИЙ



*Доктор С. Бугаєвський*  
*А.А. Трушук*