

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри транспортного будівництва та управління майном
Національного транспортного університету,
кандидата технічних наук, доцента **Козарчука Ігоря Анатолійовича**
на дисертаційну роботу **Завгороднього Сергія Сергійовича** на тему:
**«Удосконалення методу визначення технічного стану елементів прогонової
будови мостів»**,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок із науковими програмами, планами і темами

Безпечна та довготривала експлуатація автодорожніх мостів потребує регулярного отримання об'єктивної інформації про фактичну роботу їхніх несних конструкцій. Візуальне й інструментальне обстеження дає змогу встановити наявні дефекти та пошкодження, однак не завжди повною мірою характеризує їх вплив на просторову роботу прогонової будови. Статичні випробування є інформативними, але потребують контрольованого транспортного навантаження, спеціальної організації руху та значних трудових і часових ресурсів.

За таких умов актуальним є розвиток відтворюваних динамічних методів, які потенційно зменшують тривалість обмеження руху та потребу у залученні контрольного транспортного навантаження, забезпечуючи визначення власних частот, форм коливань і характеристик загасання.

Дисертаційна робота Завгороднього Сергія Сергійовича спрямована на формування цілісної послідовності виконання таких випробувань: від попереднього аналізу споруди та вибору схеми вимірювань до камерального опрацювання сигналів та інженерної інтерпретації модальних параметрів. Тема відповідає потребам практики обстеження, випробування й моніторингу мостових споруд.



Дослідження пов'язане з науково-дослідними роботами Національного транспортного університету та ДП «Національний інститут розвитку інфраструктури». Найбільш безпосереднім є зв'язок із темою від 21.11.2023 № 66-23 «Провести дослідження і розробити методичні рекомендації щодо модального контролю автодорожніх мостів для визначення їхнього технічного стану», державний реєстраційний номер 0123U104686. Результати дисертації використано також під час виконання роботи «Виконати аналіз та переглянути ДБН В.2.322:2009 “Мости та труби. Основні вимоги проектування”» за договором від 30.08.2021 № 94-21, державний реєстраційний номер 0121U112742 (с. 21), а також під час практичних обстежень і динамічних випробувань мостів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 129 найменувань та чотирьох додатків. Загальний обсяг роботи становить 282 сторінки. Структура відповідає меті та поставленим завданням і забезпечує послідовний перехід від аналізу стану питання до практичної апробації запропонованої методики.

У першому розділі систематизовано методи натурних випробувань мостів, розглянуто історичний розвиток засобів динамічного контролю, діагностичні можливості модальних параметрів та особливості імпульсного збудження. Обґрунтовано, що динамічні результати повинні оцінюватися спільно з матеріалами обстеження і розрахунковою моделлю, а не використовуватися як ізольований критерій стану.

У другому розділі сформовано теоретичні та алгоритмічні положення дослідження. Розглянуто кероване силове, кінематичне, імпульсне, рухоме та випадкове збудження, а також частотні й часові методи ідентифікації модальних параметрів. Опрацьовано питання підготовки записів, фільтрації, спектрального аналізу, FDD, EFDD, SSI та вейвлет-аналізу.

Третій розділ містить лабораторну перевірку на сталевій балці довжиною 4,0 м. Фактичну статичну згинальну жорсткість визначено на рівні $22,04 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$, динамічну – $21,83 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$; розбіжність становила близько 0,94 %. Перша власна частота балки стійко визначалась на рівні 8,40–8,45 Гц. Узгодженість тензOMETричних і акселерометричних каналів підтверджено максимальною відносною розбіжністю не більше 0,36 %. Додавання локальної маси 600 г призвело до зниження першої частоти до 8,20 Гц, тобто приблизно на 2,4–3,0 %.

У четвертому розділі розроблено методику натурного імпульсного випробування, яка охоплює аналіз документації, попереднє моделювання, вибір точок імпульсу та вимірювання, відносно тарування каналів, реєстрацію вільних коливань, камеральне опрацювання та формування інженерного висновку. Апробацію виконано на двох естакадах на км 21+767 автомобільної дороги М06 Київ – Чоп і на мосту через р. Дністер на автомобільній дорозі Р-24.

Достовірність результатів забезпечується застосуванням положень будівельної механіки й теорії коливань, повторюваністю лабораторних дослідів, зіставленням незалежних вимірювальних каналів, порівнянням статичної та динамічної оцінок жорсткості, а також натурною перевіркою на спорудах із різним експлуатаційним станом.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Уперше для задач натурного імпульсного випробування автодорожніх мостів науково обґрунтовано узгоджене застосування математичного опису імпульсної дії, динамічного відгуку прогонової будови та алгоритмів опрацювання коротких записів вільних загасаючих коливань.

2. Удосконалено метод визначення технічного стану елементів прогонової будови шляхом переходу від загальної частотної оцінки до аналізу просторового розподілу динамічної роботи за нормалізованими формами коливань.

3. Набуло подальшого розвитку експериментальне обґрунтування параметрів реального імпульсного збудження та підтверджено можливість використання тензометричних вимірювань для визначення модальних параметрів.

Окремою методичною цінністю роботи є спільна інтерпретація частот, форм, моделі та матеріалів обстеження.

Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність роботи полягає в доведенні запропонованих положень до методики, придатної для використання під час обстеження, випробування та повторного контролювання автодорожніх мостів. Запропонована реперна схема дає змогу виконувати просторове визначення форм коливань за обмеженої кількості датчиків, а використання контрольованого імпульсу спрощує організацію польових робіт.

Результати дисертації стали підґрунтям для МР В.2.3-37641918-944:2024 «Методичні рекомендації щодо модального контролювання автодорожніх мостів для визначення їхнього технічного стану». Практичне впровадження підтверджено матеріалами ТОВ «Міжнародний проектний інститут», Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України і Служби відновлення та розвитку інфраструктури в Івано-Франківській області. Окремі результати використано у навчальному процесі Національного транспортного університету.

Повнота викладення основних положень дисертації у наукових публікаціях

Основні результати дисертації опубліковано у 7 наукових статтях у фахових виданнях України. Окремі положення додатково відображено у 3 наукових працях і 7 публікаціях апробаційного характеру. Тематика публікацій охоплює імпульсні та динамічні випробування мостів, модальне контролювання, автоматизований моніторинг, оцінювання експлуатаційного стану та проблеми управління мостовим господарством. Зміст публікацій відповідає основним положенням дисертації.

Особистий внесок здобувача та дотримання академічної доброчесності

Основні теоретичні, експериментальні та прикладні результати отримано здобувачем особисто або за його безпосередньої участі. Особистий внесок полягає у постановці задачі, систематизації способів динамічного збудження, виконанні лабораторних і натурних випробувань, опрацюванні віброграм, зіставленні розрахункових та експериментальних параметрів і формуванні методики інженерної інтерпретації.

Рівень виконання поставленого наукового завдання є належним. Здобувач продемонстрував володіння методологією прикладного наукового дослідження: від планування лабораторних і натурних випробувань та забезпечення повторюваності вимірювань до зіставлення експериментальних даних із розрахунковою моделлю й визначення меж інженерної інтерпретації.

За результатами вивчення наданого тексту дисертації та наукових публікацій ознак академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації не встановлено; джерела ідентифіковано посиланнями, а особистий внесок у спільні публікації розкрито у вступі. Остаточна процедурна перевірка здійснюється закладом у встановленому порядку.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

1. Методика визначає скидання вантажу масою близько 100 кг з висоти до 1,0 м як базовий, а не універсальний режим і передбачає його уточнення за результатами пробних скидань. Для підвищення відтворюваності польових робіт доцільно конкретизувати попередню розрахункову процедуру вибору діапазону маси та висоти скидання з подальшим уточненням за результатами пробних реалізацій.

2. У роботі сформульовано якісний критерій достатності імпульсу, проте не встановлено кількісних меж прийнятності запису. Для виробничої відтворюваності доцільно визначити мінімальне співвідношення сигнал/шум, допустиму

варіативність повторних визначень частоти та мінімальну кількість реалізацій у контрольній точці.

3. Реперна схема раціонально зменшує кількість одночасно встановлених датчиків, однак методика не формалізує правило просторової дискретизації. Доцільно пов'язати кількість і розміщення рухомих точок із попередньо розрахованими вузлами та пучностями очікуваних згинальних і крутильних форм і показати, як прорідження схеми впливає на стійкість відтворення нормалізованого модального вектора.

4. Оскільки сама дисертація визнає вплив температури, стану дорожнього одягу, маси та умов опирання, методику варто доповнити обов'язковою картою супровідних умов повторного випробування та правилами визначення зіставності серій; формулу універсального температурного перерахунку без додаткових даних вимагати не слід.

5. У роботі правильно визначено основне діагностичне значення частот і форм та допоміжне значення логарифмічних декрементів. Водночас для практичного застосування бажано чіткіше формалізувати, за якої сукупності модальних, розрахункових і оглядових ознак висновки про експлуатаційний стан може бути уточнений, а коли модальний результат має лише підтверджувальний характер.

6. Додаток Б ілюструє документування конкретного випробування, однак для безпосереднього виробничого використання методики корисним був би компактний уніфікований шаблон підсумкового протоколу з вихідними даними, умовами випробування, критеріями якості записів, результатами повторів, модальними параметрами, зіставленням із МСЕ-моделлю та матеріалами обстеження, а також чітко зазначеними межами обґрунтованості висновку.

Наведені зауваження конкретизують умови польової відтворюваності, просторової дискретизації та практичного застосування методики; вони не спростовують основних наукових результатів і загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Загальний висновок

З практичної позиції організації обстежень і натурних випробувань дисертація Завгороднього Сергія Сергійовича є завершеною кваліфікаційною науковою працею: запропоновану послідовність імпульсного контролю перевірено в лабораторії, реалізовано на трьох мостових спорудах і доведено до методичних рекомендацій, водночас межі інтерпретації пов'язано з обстеженням та розрахунковою моделлю.

За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю та достовірністю одержаних результатів, їх практичним значенням і повнотою оприлюднення дисертаційна робота та представлені до розгляду наукові публікації відповідають вимогам пунктів 6–9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, зі змінами.

З урахуванням практичної апробації методики та її придатності для комплексного обстеження мостових споруд Завгородній Сергій Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент,

доцент кафедри транспортного
будівництва та управління майном
Національного транспортного університету,
кандидат технічних наук, доцент



Ігор КОЗАРЧУК

