

© Редченко В.П., доктор техн. наук,
завідувач Дніпропетровського комплексного відділу
(ДП «ДерждорНДІ»)

ДИНАМІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ МОСТІВ: НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Анотація. Утримання мостів та шляхопроводів у працездатному стані є важливим завданням. Суттєву роль у плануванні черговості проведення ремонтних робіт відіграє правильна та своєчасна діагностика технічного стану споруди. Натурні випробування є одним з найбільш інформативних методів діагностики конструкцій. Мости працюють на динамічне навантаження, але Державний стандарт на проведення динамічних випробувань мостів в Україні відсутній. Прийняття та впровадження в практику розробленого проекту національного стандарту щодо проведення динамічних випробувань автодорожніх мостів дозволить підвищити якість робіт з визначення технічного стану мостів.

Ключові слова: міст, динамічні випробування, технічний стан, стандарт.

Аннотація. Содержание мостов и путепроводов в рабочем состоянии является важным заданием. Существенную роль при планировании очередности ремонтных работ играет правильная и своевременная диагностика технического состояния сооружения. Натурные испытания – это наиболее информативный метод диагностики конструкций. Мосты работают на динамическую нагрузку, но Государственный стандарт на проведение динамических испытаний мостов в Украине отсутствует. Принятие и внедрение в практику разработанного проекта национального стандарта о проведении динамических испытаний автодорожных мостов позволит повысить качество работ по определению технического состояния мостов.

Ключевые слова: мост, динамические испытания, техническое состояние, стандарт.

Abstract. The contents of bridges and overpasses in working order is the important task. The essential role for want of planning of sequence of repair jobs is played with correct and duly diagnostics of condition of a structure. Field tests is a most informative method of diagnostics of constructions. The bridges work on a dynamic load, but State Standard on realization of dynamic tests of bridges in Ukraine is absent. The acceptance and introduction in practice of the developed project of the national standard about realization of dynamic tests of road bridges will allow to increase quality of works on definition of condition of the bridges.

Keywords: bridge, dynamic tests, condition of the bridge, standard.

ВСТУП

На сьогодні в Україні відсутній Державний стандарт на проведення динамічних випробувань мостів, що негативно відбивається на якості виконання цих робіт. Склад робіт, методику та аналіз результатів динамічних випробувань, які виконуються, щоразу визначає керівник, виходячи з власного досвіду та набутих знань. Замовник за відсутності стандарту не може оцінити правильність та повноту виконаних робіт. Стандарт ставить певні мінімальні вимоги, яких необхідно дотримуватися, за його відсутності виконавець (свідомо чи несвідомо) часто виконує неповний об'єм робіт або ж допускає грубі помилки. Останній висновок зроблено за результатами ана-

лізу технічних звітів з випробувань мостів, які доводилося читати автору цієї статті за останні кілька років. У вигляді зауважень зупинюся на окремих, найбільш поширених помилках (нагадаю, що виправлення помилок – це єдиний шлях до здобуття знань).

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Зауваження 1. Помилкою загального характеру є визначення певного натурального параметру та складання висновків без порівняння з розрахунками. Наприклад, визначається власна частота і робиться висновок, що вона «не потрапляє до забороненого нормами діапазону частот», якщо ж

потрапляє в цей діапазон, тоді висновок приблизно такий: «слід звертати увагу». Або ж, визначивши натурне значення динамічного коефіцієнту, приходять до висновку, що він не перевищує нормативної величини, а в разі його перевищення пояснюють це тим, що «випробувальне навантаження не точно відображає нормативне навантаження». Такі висновки дискредитують саму ідею динамічних випробувань. Чому? Щодо динамічного коефіцієнту, то в нормах на проектування наведено лише певний алгоритм, який спрощує розрахунки на динамічні навантаження. Фактичний динамічний коефіцієнт ніколи не буде відповідати нормативному значенню, що наведено в нормах на проектування. Динамічний коефіцієнт є функцією, яка залежить від модальних параметрів конструкції, характеристик навантаження та швидкості його руху, і саме функцію динамічного коефіцієнту треба визначати під час випробувань [1, 4]. Рекомендований діапазон власних частот є обмеженням за другою групою граничних станів, тоді як технічний стан переважно визначається за першою групою граничних станів. Необхідно виконати розрахунки та порівняти фактичні динамічні параметри з параметрами розрахункової моделі, знайти відмінності, визначити їхню можливу причину, а потім зробити відповідні висновки чи провести додаткові дослідження. Кінцевим етапом будь-яких випробувань є порівняння фактичних параметрів з розрахунковими чи іншими (наприклад, результатами попередніх випробувань) даними. Без такого порівняння випробування не є закінченою процедурою.

Зауваження 2. На сьогодні широкого розповсюдження набули індуктивні штокові датчики деформацій. Між штоком та втулками, які його утримують, наявне сухе тертя. За найменшого відхилення осі штоку від напрямку переміщення це тертя значно збільшується, що призводить до спотворення, особливо коли шток з конструкцією з'єднано струною. На *рис. 1* представлено синхронні цифрові віброграми напружень та прогинів усередині прольоту балки, які зареєстровані з використанням тензорезистора та індуктивного штокового датчика зі струнним зв'язком.

Добре видно, що прогини, зареєстровані штоковим індикатором, спотворені сухим тертям. Малі амплітуди коливань зовсім не реєструються. Відповідно, значення частот і особливо декрементів коливань за такою віброграмою будуть хибними. Подібні віброграми отримуємо і за умови застосування механічних реєстраторів з голкою чи пером, тертя яких теж спотворює віброграму навіть за використання тензорезисторів. До того ж зв'язок датчика з конструкцією за допомогою струни та пружини змінює загальний коефіцієнт перетворення системи вимірювання порівняно з коефіцієнтом перетворення окремо датчика. Цей факт теж часто ігнорують.

Для реєстрації вільних коливань слід використовувати реєстраційні системи (датчик – зв'язок – реєстратор), механічна частина яких не містить вузлів із сухим тертям, а перша власна частота, як мінімум, в 10 разів більша за вищу частоту, яку збираємося зареєструвати. Також не повинно бути інерційних обертових елементів (шків, блоки, шестерні і т.п.).

Зауваження 3. Для виконання аналізу результатів динамічних випробувань застосовують «ручний» метод опрацювання віброграм, який добре спрацьовує лише для найпростішої динамічної системи типу осцилятор. Стосовно прогонових будов мостів, які мають власні форми коливань з близькими за значенням частотами, необхідно проводити спектральний аналіз віброграм. На *рис. 2* представлено дві віброграми вільних коливань прогонової будови мосту, які синхронно зареєстровані у двох різних її точках. Навіть на побіжний погляд зрозуміло, що за умови ручного опрацювання таких віброграм значення власних частот та, особливо, їхніх декрементів коливань будуть відрізнятися. Слід відмітити, що і спектральний аналіз – це також інструмент, який дозволяє отримувати лише ймовірнісні оцінки значень модальних параметрів. Поширене уявлення про те, що пік амплітудного спектру завжди відповідає власній частоті, є хибним у випадку згущення частот – тут слід використовувати спеціальні вдосконалені алгоритми спектрального аналізу.

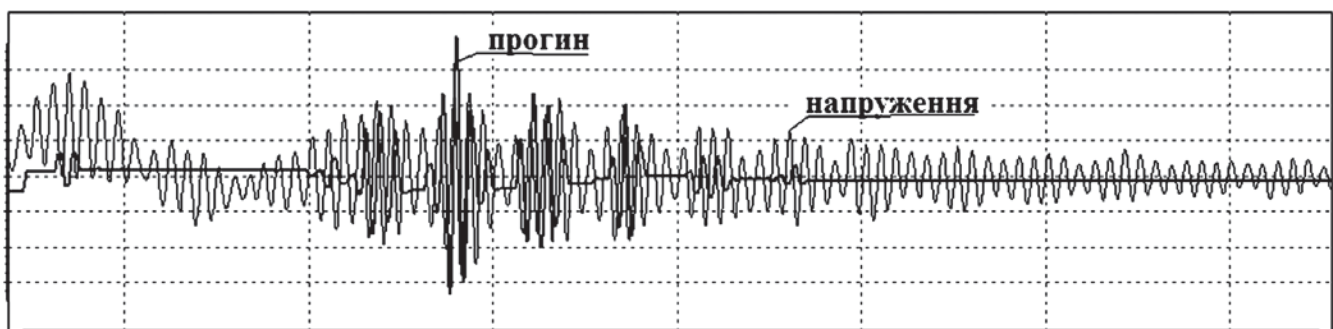


Рис. 1. Віброграми напружень та прогинів (штоковий індикатор)

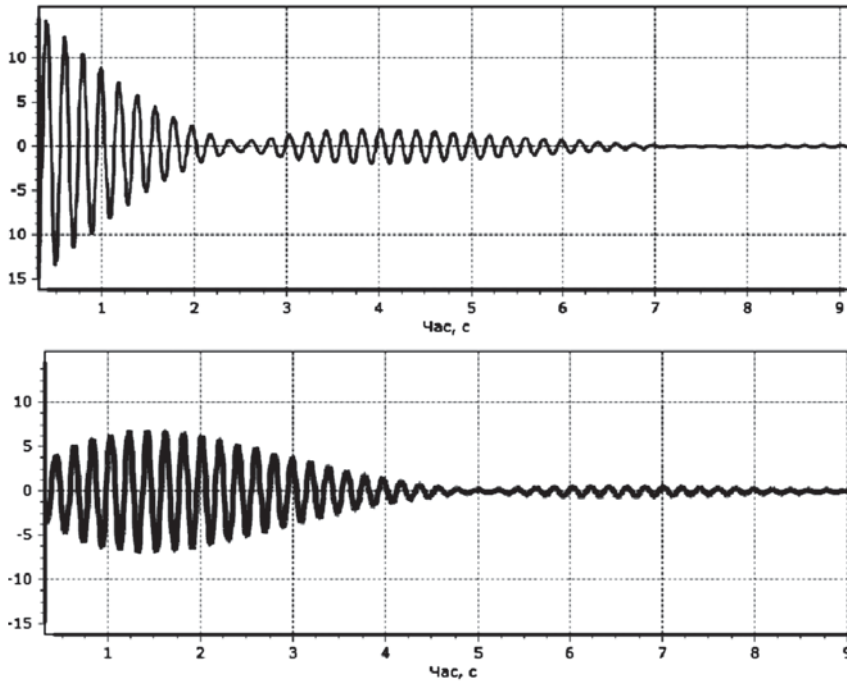


Рис. 2. Віброграми вільних коливань прогнаної будови, зареєстровані синхронно у двох різних її точках

Зауваження 4. Відсутність норм обов'язкового виконання не стимулює виконавців робіт впроваджувати в практику новітні методи динамічних випробувань. Так ще у 2007 році Укравтодором були затверджені рекомендації щодо виконання випробувань мостів рухомих навантаженням, що дозволяє в багатьох випадках замінити статичні випробування, які потребують зупинки руху транспорту по мосту [2]. Необов'язковість цих рекомендацій не спонукає виконавців до їхнього вивчення та застосування. Так само і в багатьох інших випадках. У 2014 році Укравтодором прийнято в експлуатацію програму «СпектрУМ», яка реалізує вдосконалені алгоритми спектрального аналізу [3, 5]. На жаль, виконавцям значно легше здійснювати випробування та писати звіти зі всіма окресленими вище помилками, ніж вивчати щось нове.

ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Вирішити означену проблему дозволить прийняття та впровадження в практику національного стандарту ДСТУ «Настанова щодо проведення динамічних випробувань автодорожніх мостів», проект якого на замовлення Укравтодору розроблено ДП «ДерждорНДІ». Відомі у світі нормативні документи щодо впливу вібрації на будівельні конструкції [6, 7] мають досить загальний характер та не враховують специфіки динаміки саме мостів, тому

проект національного стандарту є піонерним з орієнтацією на оцінку технічного стану мостових конструкцій. Перша редакція проекту ДСТУ у квітні цього року була схвалена та оприлюднена для широкого обговорення в розділі «Новини» на офіційному веб-сайті ДП «ДерждорНДІ».

Проект ДСТУ вирішує такі завдання:

- встановлення вимог щодо обладнання та методик проведення динамічних випробувань;
- встановлення вимог щодо аналізу та використання результатів динамічних випробувань.

Головні методологічні положення викладені в таких розділах та додатках ДСТУ:

- «Модальний оперативний контроль», де наведені загальні положення з основними рекомендаціями для проведення динамічних випробувань та визначення параметрів власних форм коливань конструкції (модальних параметрів);
- «Випробування рухомих навантаженням», де наведені загальні положення з основними рекомендаціями для проведення динамічних випробувань рухомих навантаженням з визначення фактичних характеристик жорсткості та міцності прогнаних будов;
- Додаток А «Удосконалені алгоритми спектрального аналізу»;
- Додаток Б «Методика визначення функції динамічного коефіцієнту»;
- Додаток В «Методика випробування рухомих навантаженням»;
- Додаток Г «Форма динамічного паспорта моста».

На момент написання цієї статті перша редакція проекту ДСТУ вже пройшла стадію обговорення. Для більш широкого ознайомлення спеціалістів з проектом ДСТУ були проведені міжкафедральні семінари в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті та Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту. Загалом коментарі та зауваження на першу редакцію ДСТУ надійшли від п'яти організацій. Всі коментарі розглянуті на засіданні ТК 321 «Будування мостів», за результатами чого складено другу (остаточну) редакцію ДСТУ. Набуття чинності ДСТУ планується з 01.01.2018 р.

ВИСНОВКИ

Розробка та впровадження в практику національного стандарту щодо проведення динамічних випробувань автодорожніх мостів дозволить підвищити якість виконання робіт з діагностики технічного стану мостів.

Застосування ДСТУ надасть такі переваги:

- сприятиме підвищенню економічного та соціального ефекту за рахунок покращення якості виконання робіт з визначення технічного стану мостів та, відповідно, більш обґрунтованому складанню проектів їхнього ремонту;
- дозволить більш точно визначати фактичну вантажопідйомність автодорожніх мостів, а також відповідний режим їхньої експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Р В.2.3-03450778-858:2015 Рекомендації щодо встановлення обмеження швидкості руху на автодорожніх мостах відповідно до їх фактичного технічного стану.
2. Р В.2.3-218-03450778-711:2007 Рекомендації з діагностики стану прогонових будов мостів за динамічною дією рухомого навантаження.
3. Р В.3.1-218-03450778-777:2010 Рекомендації з визначення натурних динамічних характеристик автодорожніх мостів.
4. Редченко В. П. Про обмеження швидкості руху на автодорожніх мостах та визначення фактичного динамічного коефіцієнту / В. П. Редченко // Автошляховик України. – Київ, 2013. – №3. – С. 41-48.
5. Аналіз результатів динамічних випробувань мостів з використанням програми «СпектрУМ» / В. П. Редченко // Мости та тунелі. Теорія, дослідження та практика. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна. – Дн-ськ, 2014. – Вип. 6. – С. 119-125.
6. British Standard, BS 5228.2:2009. Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites – Part 2: Vibration.
7. German Standard, DIN 4150@3:1999. Structural Vibration – Part 3: Effects of vibration on structures.

УДК 625.841

© Солодкий С. Й., доктор техн. наук, професор;

© Думич І. Ю., канд. техн. наук, доцент кафедри «Автомобільні дороги та мости» (НУ «Львівська політехніка»)

НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ БЕТОННИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

Анотація. Представлено дослідження коефіцієнта динамічності монолітних бетонних покриттів залежно від типу основи. Залежності встановлені експериментально шляхом випробування дорожніх одягів у натурних умовах.

Ключові слова. Дорожні одяги жорсткого типу, монолітні бетонні покриття, основи, коефіцієнт динамічності, динамічна стійкість

Аннотация. Представлено исследование коэффициента динамичности монолитных бетонных покрытий в зависимости от типа основания. Зависимости установлены экспериментально путем испытания дорожных одежд в натуральных условиях.

Ключевые слова. Дорожные одежды жесткого типа, монолитные бетонные покрытия, основания, коэффициент динамичности, динамическая стойкость.

Abstract. Research of coefficient of dynamic quality of jointed unreinforced concrete pavement is presented depending on the type of foundation. Dependences are set experimentally by the test of rigid pavement in real condition.

Keywords. Rigid pavement, jointed unreinforced concrete pavement, road foundation, coefficient of dynamic quality, fatigue strength.