
МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21: 625.745.12.014.36.5.015

В. В. МАРОЧКА¹, П. А. ПШИНЬКО², И. В. КЛИМЕНКО³, С. М. ЗАГОРУЛЬКО^{4*}

¹ СПКТБ «Инфратранспроект-ДИИТ», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 776 83 10, эл. почта markay905@gmail.com

² СПКТБ «Инфратранспроект-ДИИТ», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 776 83 10, эл. почта mostoproekt@yandex.ua

³ СПКТБ «Инфратранспроект-ДИИТ», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 776 83 10, эл. почта klimenkoigor0212@gmail.com

^{4*} СПКТБ «Инфратранспроект-ДИИТ», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 776 83 10, эл. почта zaga1010@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ АВТОДОРОЖНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО НЕРАЗРЕЗНОГО МОСТА ПОД ВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Цель. Исследование действительной динамической работы металлического автодорожного неразрезного пролетного строения под современной временной нагрузкой, влияния дефектов и конструктивных особенностей моста на возникновения дополнительных динамических воздействий, а также исследование характера изменения динамических параметров после длительного срока эксплуатации моста. **Методика.** Проведение динамических испытаний моста с применением современной тензометрической измерительной аппаратуры, расчет конструкций в соответствии с действующими нормами, моделирование работы пролетного строения с помощью современного программного комплекса, а также обработка и сравнение экспериментальных результатов с расчетными. **Результаты.** На основании проведения комплекса научно-технических работ по испытанию металлического неразрезного пролетного строения моста удалось определить динамические факторы, вызванные рядом, появившихся со временем эксплуатации, дефектов, а также особенностей конструкции моста, которые неблагоприятно влияют на динамическую работу пролетного строения, из-за чего повышается износ металлических элементов его конструкции. **Научная новизна.** На основании анализа особенностей динамической работы автодорожных металлических мостов после длительного срока их эксплуатации, удалось изучить ряд факторов влияния, которые позволяют более точно учитывать особенности динамической работы подобных мостов при проектировании, по сравнению с классической инженерной методикой применения динамического коэффициента, который регламентируется действующей нормативной документацией Украины. **Практическая значимость.** Проведение подобных исследований позволяет улучшить и расширить возможности использования действующих строительных норм, а именно, динамических расчетов автодорожных металлических мостов под современные временные нагрузки, а также - учитывать ряд особенностей, влияющих на возникновения дополнительных динамических воздействий, приводящих к повышению интенсивности износа их конструкций.

Ключевые слова: металлические мосты; неразрезные пролетные строения; динамические расчеты; факторы влияния на динамическую работу металлических мостов; испытание мостов

Введение

Одной из характерных особенностей металлических автодорожных мостов с большими пролётами является их динамическая чувствительность к временной нагрузке.

Сталь, как материал, имея низкое внутреннее трение, в сочетании с ударным характером

временной нагрузки, практически всегда при пролётах мостов более 40 м приводят к появлению значительных колебаний конструкций. С другой стороны, неудовлетворённое состояние проезжей части, с наличием большого количества выбоин, аварийное состояние деформационных швов, многократно усиливает ударные

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

нагрузки от автомобильного транспорта на пролётные строения.

Нормы проектирования мостов, действующие в данное время, предполагают учет динамической составляющей временной нагрузки путём введения динамического коэффициента для всей конструкции в целом, не учитывая особенностей динамической работы сооружения. Именно поэтому, все исследования, нацеленные на определение действительной динамической работы автомобильных мостов крайне актуальны.

Объектом исследования стал шестипролётный металлический мост по схеме 36,0+62,36+62,0+60,328+46,62+52,45 м. Все пролёты моста, после его реконструкции, перекрыты сплошной шестипролётной неразрезной коробчатой балкой трапецидального поперечного сечения.

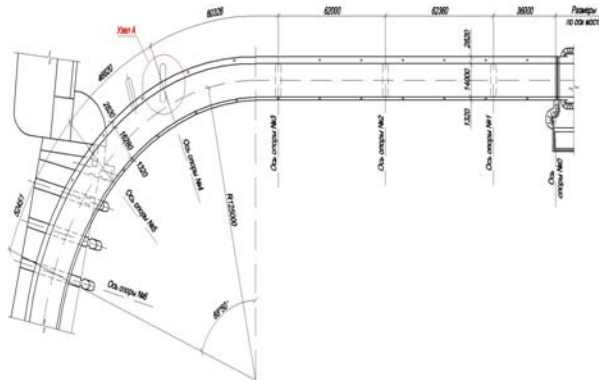


Рис. 1. План мостового перехода

Материал конструкций пролётного строения – низколегированная сталь марки 09Г2С по ГОСТ 19282-73.

Проектом реконструкции 80-х годов XX столетия предусмотрено использование пяти опор старого моста, часть из которых расположена в зонах с глубинами воды до 30 м, со смещением оси нового моста в плане, с целью увеличить радиус его кривизны, до минимально допустимого значения.

Три последних пролёта расположены на кривой в плане с радиусом кривизны 125 м. Металлическая проезжая часть представлена в виде ортотропной плиты, являющейся одновременно верхним поясом главной балки. Такое решение предопределило разбивку на пролёты и эксцентричное опирание пролётного строения на опору № 4 (рис. 2), что существенно повлияло на динамическую работу конструкции.

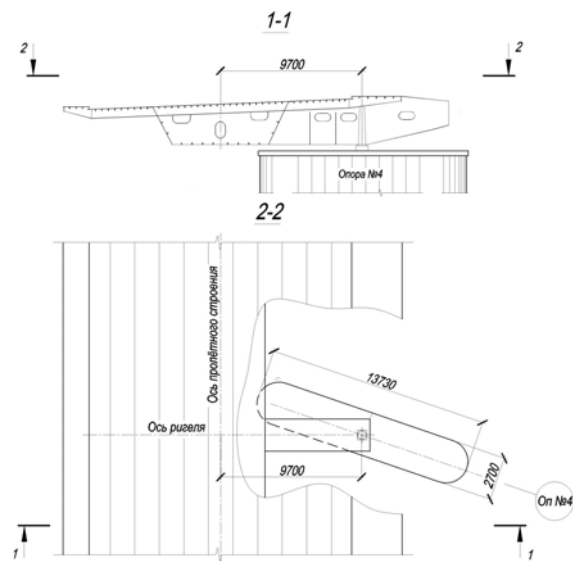


Рис. 2. Схема опирания пролётного строения моста на усть №4

Коробчатая главная балка пролётного строения имеет ширину понизу 6000 мм и постоянную высоту по оси 2500 мм (рис. 3). Поперечный уклон проезжей части создается за счет разной высоты боковых стенок коробки пролётного строения (рис. 4), угол которых одинаков и составляет 60° . Нижняя плита и боковые стенки с внутренней стороны коробки имеют продольные и поперечные ребра жесткости.

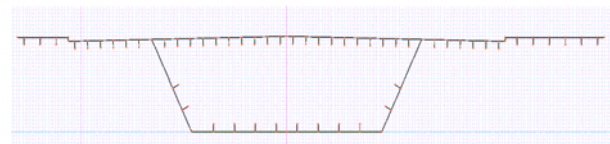


Рис. 3. Схема сечения пролётного строения на прямолинейных участках

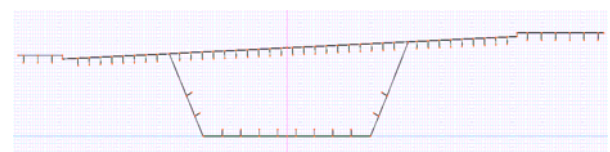


Рис. 4. Схема сечения пролётного строения на закругленных участках

Ортотропная плита проезжей части образована объединением стального настила из листа толщиной 12 мм, продольных ребер из листа 200×12 мм с шагом 400 мм в пределах проезжей части и 500 мм в пределах тротуаров, и поперечных балок с шагом 2000 мм.

Опирание пролётного строения на всех опорах – линейно-подвижное за исключением средней опоры № 3, где оно выполнено непо-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

движным. Все опоры, за исключением опоры № 4, воспринимают кручение.

Цель

Усовершенствование и внедрение в эксплуатацию новых транспортных средств с большей грузоподъемностью, скоростью и более эффективными способами гашения собственных колебаний, а также с принятием новых и оптимизацией существующих конструкций автодорожных мостов, возникает потребность в анализе динамической работы автодорожного металлического неразрезного моста под современной динамической нагрузкой.

Методика

Методика исследования динамической работы металлического неразрезного автодорожного моста заключалась в проведении динамических испытаний моста, с применением современной тензометрической аппаратуры, расчете конструкций в соответствии с действующими нормативными документами, моделировании работы пролётного строения с помощью современных программных комплексов, а также в обработке и сравнении экспериментальных результатов с расчетами.

Динамические испытания проводились с целью определения особенностей работы пролётного строения под воздействием подвижных нагрузок, для чего по нему с различными скоростями пропускали колонны автомобилей марки «Renault premium 440» с полуприцепами марки «Bodex» без загрузки (рис. 5). Общая масса каждого автомобиля в составе с полуприцепом составляла 17,0 т.



Рис. 5. Схема распределения осевой нагрузки автомобилей марки «Renault premium 440» с полуприцепами марки «Bodex»

Количество автомобилей в колоннах составляло от двух до четырех (рис. 6), а скорости движения – от 30 до 60 км/час. Для разработки оптимальных схем динамического нагружения

моста, перед испытаниями проводилась «обкатка» с разными скоростями движения машин.

Число проведенных заездов автомобилями «Renault premium 440», при которых фиксировались прогибы и напряжения, было ограничено временем на проведение испытаний:

- 2 автомобиля по 2 заезда со скоростью 60 км/час;
- 2 автомобиля по 2 заезда со скоростью 40 км/час;
- 4 автомобиля по 2 заезда со скоростью 30 км/час.

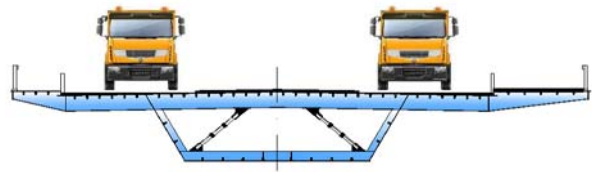


Рис. 6. Схема движения колон автомобилей по проезжей части моста

Для проведения испытаний использовалось следующее оборудование:

- стоканальный тензометрический комплекс ПОНИЛ-Ц.32 (рис. 7);
- фольговые тензорезисторы, с базой 20 и 40 мм (рис. 8);
- электронные прогибомеры и датчики линейных перемещений (рис. 9);



Рис. 7. Стоканальный тензометрический комплекс ПОНИЛ-Ц.32

При испытаниях измерялись:

- динамические прогибы пролётного строения в характерных точках (рис. 10);
- амплитуды и частоты напряжений свободных и вынужденных вертикальных колебаний в точках установки тензодатчиков (рис. 11).

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

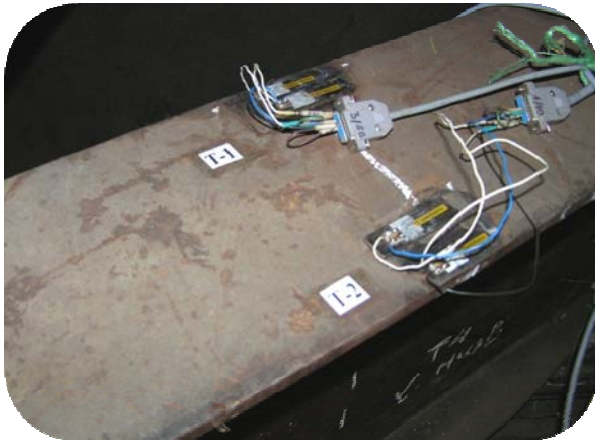


Рис. 8. Фольговые тензорезисторы



Рис. 9. Электронный прогибомер

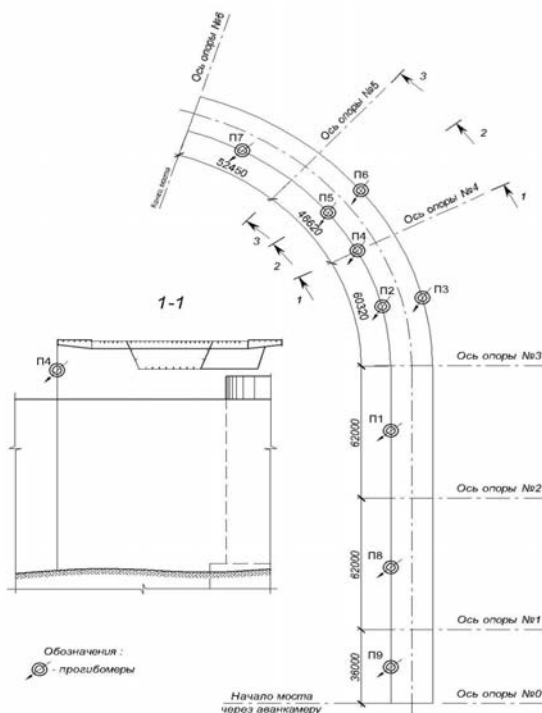


Рис. 10. Схема расположения электронных прогибомеров на конструкции пролетного строения моста

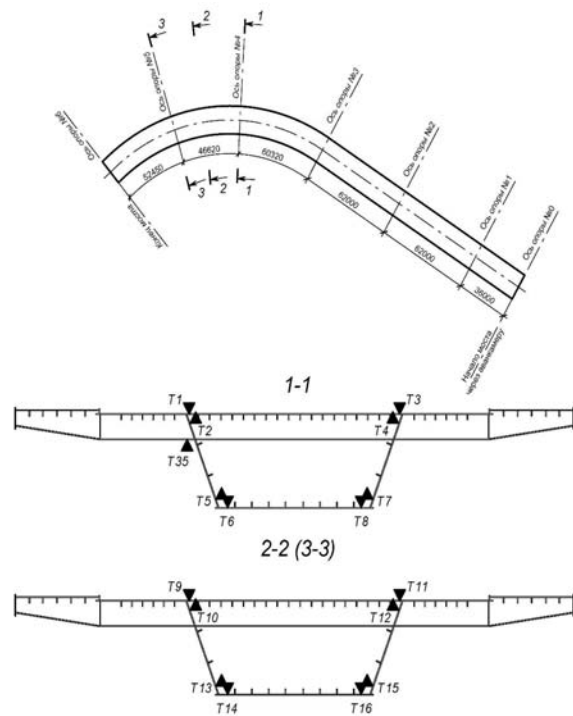


Рис. 11. Схема установки тензодатчиков на пролетном строении моста

Для сравнения результатов был выполнен динамический расчет методом конечных элементов МКЭ в современном программном комплексе (рис. 12), результаты которого позволили спрогнозировать и проанализировать работу конструкции под испытываемой нагрузкой.

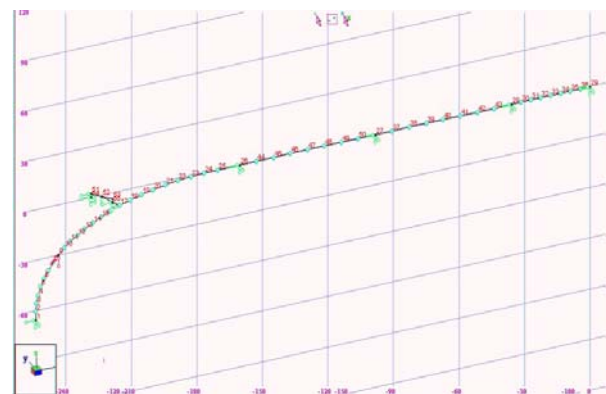


Рис. 12. Расчетная схема модели для динамического расчета

Для нахождения частот собственных колебаний конструкции был выполнен модальный анализ, результаты которого приведены в табл. 1. Всего было получено 132 формы колебаний, пять из которых приведены на рис. 13, но наибольшее влияние на динамическую работу конструкций оказывают первые 15.

Таблица 1

Частоты свободных колебаний пролетного строения

№ част.	Частота, rad/sec	Частота, Hz	Период, sec
1	8,39661	1,33636	0,7483
2	12,6696	2,01643	0,495926
3	14,9598	2,38093	0,420004
4	16,5283	2,63057	0,380146
5	18,8497	3,00002	0,333332
6	21,7404	3,46009	0,28901
7	22,037	3,5073	0,28512
8	35,9807	5,72651	0,174626
9	37,7544	6,0088	0,166423
10	41,2123	6,55914	0,152459
11	43,6412	6,94572	0,143974
12	49,0985	7,81427	0,127971
13	52,7736	8,39918	0,119059
14	57,1597	9,09725	0,109923
15	61,3961	9,77149	0,102339

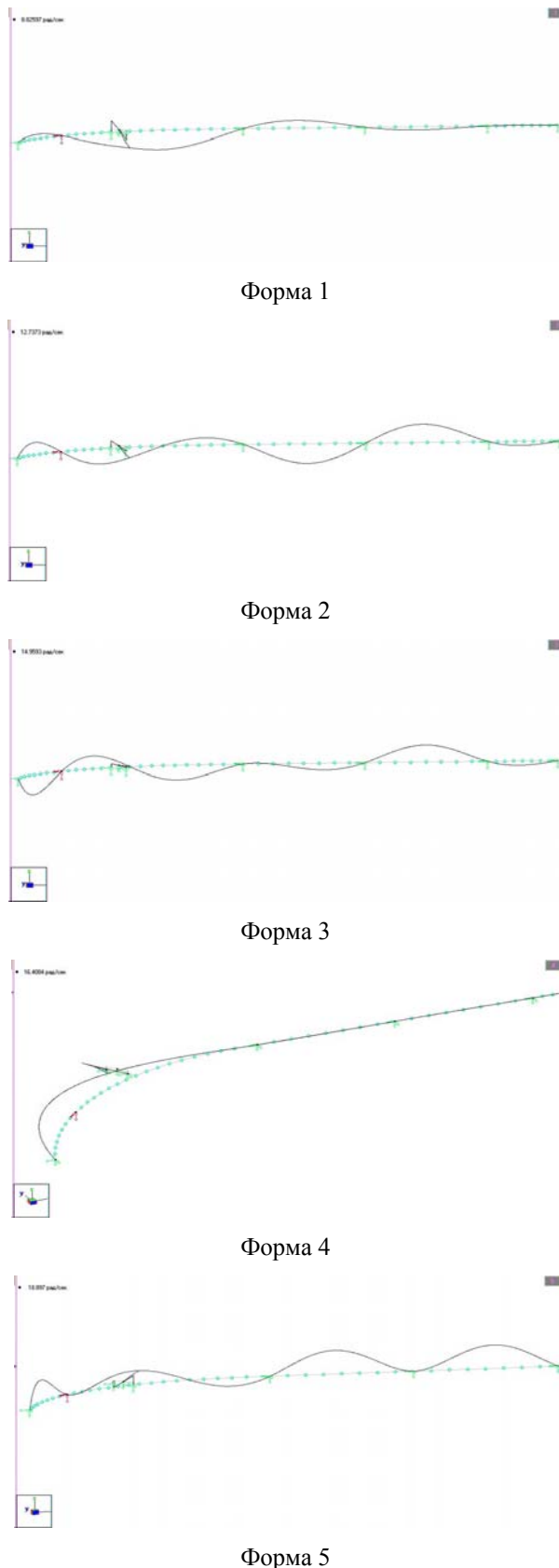


Рис. 13. Формы колебаний пролетного строения при динамической нагрузке

Результаты

Во время динамических испытаний сигналы в виде осциллограмм изменения напряжений и прогибов в элементах конструкций посредством тензоизмерительной станции записывались на электронные носители для последующей обработки.

В результате обработки были получены максимальные значения напряжений и прогибов по каждому нагружению и амплитудно-частотные характеристики колебаний испытываемых конструкций под нагрузкой.

Напряжения от динамической нагрузки, как правило, меньше, чем от статической в силу меньшей ее плотности. Однако, следует отметить, что динамические прогибы, хоть и меньше статических, но в целом для конструкции имеют большую опасность. Наибольшие значения напряжений наблюдались на 14 и 16 канале при нагружении №13, и составили соответственно 12,5 МПа и 10,4 МПа. Загружение

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

№ 13 передполагало движение двух автомобилей со скоростью 60 км/ч, при этом экспериментально определенный динамический коэффициент по напряжениям составил $1 + \mu = 1,32$. Наибольшие значения динамических прогибов наблюдались на опоре № 4 со стороны консольного свеса пролетного строения, которые составили 12,5 мм при загрузке № 16 (пять автомобилей расположенных в один ряд в крайней полосе). С определенной долей вероятности можно предположить, что под расчетной нагрузкой амплитуда колебаний будет составлять $\alpha = 0,15$ м, а их размеры – около 26 см. Данные колебания вызваны особенностью опирания пролетного строения на опору № 4.

Также следует отметить значительные динамические напряжения в начале и конце моста. Подобные колебания обусловлены сильными ударами, которыми сопровождается наезд колес автомобилей на лист перекрытия деформационного шва.

Амплитудно-частотные характеристики конструкций моста приведены на рис. 14-17.

Частота по первой форме составила 1,62 Гц, по второй – 2,01 Гц, и по третьей – 2,6 Гц. При предыдущих испытаниях, которые проходили в 80-х годах XX столетия, эти частоты составили соответственно 1,5 Гц, 2,15 Гц и 2,35 Гц.

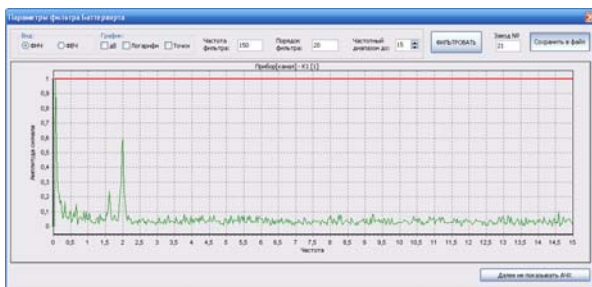


Рис. 14. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) по каналу T1

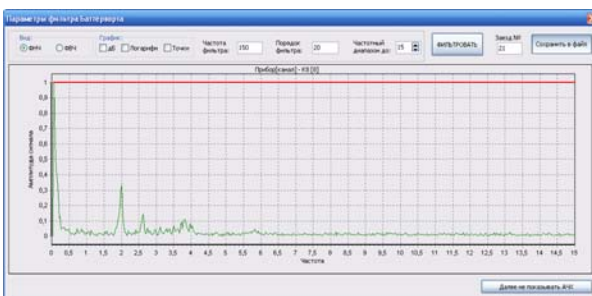


Рис. 15. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) по каналу T8

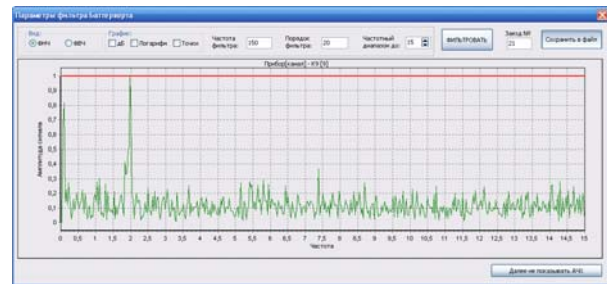


Рис. 16. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) по каналу T9

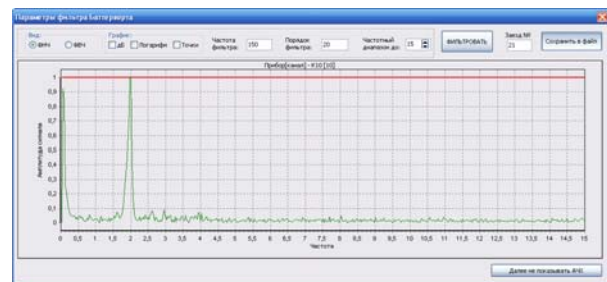


Рис. 17. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) по каналу T10

Определенные изменения частот можно обосновать изменением массовых характеристик пролетного строения, связанных с его эксплуатацией (износ металлических элементов пролетного строения и поточный ремонт проезжей части моста).

Судя по АЧХ тензорезисторов в сечении 1-1 и 2-2 (рис. 11), наибольшие колебания возникают на частоте 1,95 Гц, причем их вклад составляет 80...90 % от общей энергии колебаний. При этом ускорение, которое будет испытывать край консоли от расчетной нагрузки составит $1,59 \text{ м/с}^2$, что составляет $0,16g$. Хотя в Украине не утверждены нормы, ограничивающие интенсивность колебаний строительных конструкций, однозначно можно сказать, что подобные колебания, крайне нежелательны, как для конструкций моста, так и для комфорта движения пешеходов по его тротуарным консолям. Для ликвидации данного явления необходимо принять ряд мер по гашению колебаний пролетного строения в пределах пролетов 3-4 и 4-5, а особенно – на опоре № 4, в узле консольного свеса.

В силу обнаруженной проблемы, была необходимость в решении задачи по гашению вынужденных колебаний пролетного строения в районе опоры № 4, с последующим определением наиболее рационального способа их гашения. В ходе проведенного анализа способов

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

гашения колебаний, необходимо проанализировать основные характеристики колебательно-го процесса, среди которых можно выделить: характер колебаний, формы колебаний, частоты колебаний и характер возбуждаемой нагрузки.

В случае описанного в данной работе экспериментального моста:

- характер колебаний – гармонический;
- данному мосту характерно наличие нескольких основных форм колебаний, густо размещенных в частотном диапазоне;
- частоты колебаний имеют возможность изменения в связи с изменением присоединенной массы временной нагрузки и асфальтобетонного покрытия;
- характер возбуждающей нагрузки – ударно-эпизодический, реже гармонически-постоянный.

Конструктивной особенностью пролетного строения является его уникальная конструкция с решением по опиранию его на опору № 4 с существенным эксцентриситетом, что придает пролету неповторимые частотно-жесткостные характеристики. Собственно это и является основной причиной неудовлетворительной динамической работы пролетного строения.

После анализа всех существующих методов гашения колебаний, было принято решение остановиться на конструкционном гашении колебаний с гидравлическим элементом сопротивления по ряду причин:

- гидравлическое сопротивление наиболее эффективно при гармоническом характере колебаний;
- конструкционные гасители являются частотно независимыми устройствами;
- существует возможность их компактной установки на пролетное строение.

Предполагается установка гасителя с двумя гидродемпферами, как показано на рис. 18.

Поскольку опора бетонная, передача на нее значительных растягивающих усилий недопустима, а значит, демпферы должны быть одно-стороннего действия.

Частота колебаний основного тона, определенная экспериментально, составляет 1,95 Гц, а период 0,51 с. Удельная жесткость колебательной системы на уровне установки демпфера, была определена из простроенной ранее для динамических расчетов конечно-элементной

модели, присваивая опоре на месте установки демпфера известное перемещение.

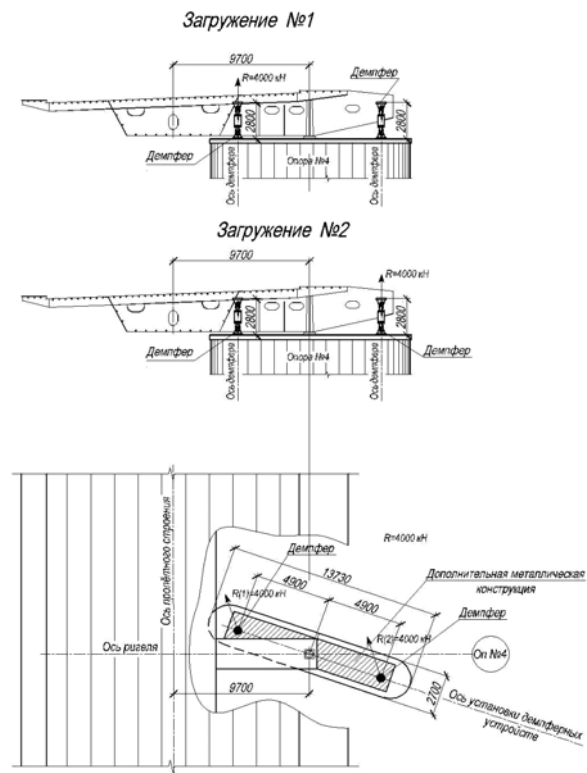


Рис. 18. Схема установки гидродемпферов

Научная новизна и практическая значимость

В результате анализа результатов проведения работ по испытанию автодорожного металлического моста с шестипролетным неразрезным пролетным строением коробчатого сечения были установлены факторы влияния, которые не регламентированы действующей нормативной документацией относительно строительства новых и реконструкции бывших в эксплуатации мостов. Отсутствие требований по учету таких факторов как: характер колебаний, формы колебаний, частоты колебаний и характер возбуждаемой нагрузки при анализе динамической работы моста, могут привести к существенному сокращению его срока службы и значительному повышению эксплуатационных затрат, связанных с поддержанием его конструктивных элементов в удовлетворительном состоянии.

В результате научного анализа динамической работы конструкций испытываемого моста,

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

удалось суттєво знизити інтенсивність коливань пролетного строення, що в свою чергу дозволить продлити його строк служби, за рахунок зменшення інтенсивності износу металу, працюючого в найбільш динамічно навантажених вузлах.

Выводы

1. В результаті проведення робіт по обстеженню та испытанию внеклассового автодорожного металічного моста було встановлено небагатоприятне впливання на динамічну роботу пролетного строення ряду факторів, викликаних появившимися со временем експлуатації дефектами, а також його конструктивними особливостями, що приводить до суттєвому підвищенню інтенсивності износу металу пролетного строення.

2. В результаті аналізу діючої нормативної документації України встановлено відсутність положень по обмеженню інтенсивності коливань пролетних строєнь мостів, що суттєво ускладнює прийняття проектних рішень по гашенню коливань і може бути причиною преждевременного відмови конструкцій.

3. В ході досліджень встановлено, що для вибору найбільш раціонального способу гашення коливань мостів, необхідно проаналізувати основні характеристики коливательного процесу, серед яких можна виділити: характер коливань, форми коливань, частоти коливань і характер збуджуємої навантаження.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СН200-62 Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб [Текст]. – Введ. 1962-04-23. – М. : Трансжелдориздат, 1962. – 308 с.
2. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – Чинні від 2007-02-01. – К. : Мін. буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с.
3. ДБН В.2.3-26:2010 Мости і труби. Сталеві конструкції. Правила проектування [Текст]. – Чинні від 2011-10-01. – К. : Мін. регіон буд. України, 2011. – 195 с.
4. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи [Текст]. – Чинні від 2010-03-01. – К. : Мін. регіон буд. України, 2009. – 66 с.
5. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування [Текст]. – Чинні від 2010-03-01. – К. : Мін. регіон буд. України, 2009. – 42 с.
6. Артемов, В. Е. К вопросу о точности вычислений в расчетах строительных конструкций [Текст] / В. Е. Артемов, А. С. Распопов // 36. наук. праць Дніпропетровського нац. ун-ту залізн. тр-ту. – Д., 2012. – Вип. 3. – с. 6-8.
7. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций [Текст]: монография / за ред. М. С. Барабаша. – М. : Издательство АСВ, 2008. – 328 с.
8. Стрелец-Стрелецкий Е. Б. Лира 9.4. Учебное пособие [Текст] : Под ред. академика РААСН, докт. техн. наук, проф. А. С. Городецкого – К. : Издательство «ФАКТ», 2008. – 164 с.
9. Корнеев, М. М. Стальные мосты. Теоретическое и практическое пособие по проектированию [Текст] / М. М. Корнеев. – К., 2003. – 546 с.
10. Металлические конструкции. Элементы конструкций [Текст] / под ред. проф. В. В. Горева. – М. : «Высшая школа», 2004. – 551 с.
11. Бишоп, Р. Колебания: [Текст]: Пер. с англ. 2е изд., перераб. / под ред. Я. Г. Пановко. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979 – 160 с.
12. Dion, Cassandra Real-Time Dynamic Substructuring Testing of a Bridge Equipped with Friction-Based Seismic Isolators [Текст] / Cassandra Dion, Najib Bouaanani, M. ASCE, Robert Tremblay and Charles-Philippe Lamarche). – J. Bridge Eng, 17:4-14. – 2012.
13. Барченков, А. Г. Динамический расчёт автодорожных мостов [Текст] / А. Г. Барченков. – М. : Изд-во «Транспорт», 1976. – 199 с.

В. В. МАРОЧКА¹, П. О. ПШИНЬКО², И. В. КЛИМЕНКО³, С. М. ЗАГОРУЛЬКО^{4*}

¹ СПКТБ «Інфратранспроєкт-ДІПТ», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 83 10, ел. пошта markay905@gmail.com

² СПКТБ «Інфратранспроєкт-ДІПТ», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 83 10, ел. пошта mostoproekt@yandex.ua

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

³ СПКТБ «Інфратранспроєкт-ДІТ», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 83 10, ел. пошта klimenkoigor0212@gmail.com

^{4*} СПКТБ «Інфратранспроєкт-ДІТ», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 83 10, ел. пошта zaga1010@mail.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ РОБОТИ АВТОДОРОЖНЬОГО МЕТАЛЕВОГО НЕРОЗРІЗНОГО МОСТУ ПІД ТИМЧАСОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Мета. Дослідження дійсної динамічної роботи металеві автотдорожньої нерозрізної прогонової будови під сучасним тимчасовим навантаженням, вплив дефектів і конструктивних особливостей мосту на виникнення додаткових динамічних впливів, а також дослідження характеру змін динамічних параметрів після тривалого терміну експлуатації мостової споруди. **Методика.** Проведення динамічних випробувань мосту із застосуванням сучасної тензометричної виміральної апаратури, розрахунок конструкцій в відповідності до діючих норм, моделювання роботи прогонової будови за допомогою сучасного програмного комплексу, а також обробка та порівняння експериментальних результатів з розрахунком. **Результати.** На основі проведення комплексу науково-технічних робіт по випробуванню металеві нерозрізної прогонової будови мосту вдалося визначити динамічні фактори, які викликані декількома дефектами, що з'явилися з часом експлуатації, а також особливостями конструкції мосту, які шкідливо впливають на динамічну роботу прогонової будови, в результаті чого підвищується знос металевих елементів її конструкції. **Наукова новизна.** На основі аналізу особливостей динамічної роботи автотдорожніх металевих мостів після тривалого терміну їх експлуатації, вдалося вивчити ряд факторів впливу, які дозволяють більш точно враховувати особливості динамічної роботи подібних мостів при проектуванні, в порівнянні з класичною інженерною методикою використання динамічного коефіцієнта, який регламентує дійсні нормативні документи України. **Практична значимість.** Проведення подібних досліджень дозволяє покращити і розширити можливості використання діючих будівельних норм, а саме, динамічних розрахунків автотдорожніх металевих мостів під сучасним тимчасовим навантаженням, а також – враховувати ряд особливостей, які впливають на виникнення додаткових динамічних впливів, які призводять до підвищення інтенсивності зносу їх конструкцій.

Ключові слова: металеві мости; нерозрізні прогонові будови; динамічні розрахунки; фактори впливу на динамічну роботу металевих мостів; випробування мостів

V. V. MAROCHKA¹, P. O. PSHINKO², I. V. KLIMENKO³, S. M. ZAGORULKO^{4*}

¹ STDEB «Infratransproekt-DIT», Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryana Str., Dnipropetrovs'k, Ukraine, tel. +38 (056) 776 83 10, e-mail markay905@gmail.com

² STDEB «Infratransproekt-DIT», Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryana Str., Dnipropetrovs'k, Ukraine, tel. +38 (056) 776 83 10, e-mail mostoproekt@yandex.ua

³ STDEB «Infratransproekt-DIT», Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryana Str., Dnipropetrovs'k, Ukraine, tel. +38 (056) 776 83 10, e-mail klimenkoigor0212@gmail.com

^{4*} STDEB «Infratransproekt-DIT», Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryana Str., Dnipropetrovs'k, Ukraine, tel. +38 (056) 776 83 10, e-mail zaga1010@mail.ru

RESEARCH OF THE DYNAMIC OPERATION OF ROAD METAL CONTINUOUS BRIDGE UNDER TEMPORARY LOAD

Purpose. Research of the real dynamic of metal road under continuous over the span of modern time load, the influence of defects and structural features on the bridge of additional dynamic effects as well as a character research of dynamic parameters change after long term operation of the bridge structure. **Methodology.** Dynamic testing using modern bridge strain gauge instrumentation, structural analysis in accordance with applicable rules, modeling of the superstructure with a modern software system, as well as processing and experimental results are compared with the calculated values. **Findings.** On the basis of the complex scientific and technical work on a metal test continuous over the span of the bridge was able to determine the dynamic factors caused nearby, appeared with time operation, defects, and design features of the bridge, which adversely affect the dynamic performance of the span, causing increased wear of the metal elements of its construction. **Originality.** Based on the analysis of dynamic fea-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

tures of metal road bridges after a long period of their operation, was able to study a number of influences that allow more accurately account for the dynamic singularity of such bridges in the design, compared with the classical engineering -stock method using the dynamic factor, which is regulated serving the normative documents of Ukraine.

Practical value. This research allows us to improve and expand the opportunities for existing building codes, namely, the dynamical calculations of road metal bridges for modern live loads, as well as – to take into account a number of features that affect the appearance of additional dynamic effects that increase the rate of wear their designs.

Keywords: metal bridges; continuous spans; dynamic analysis; factors influence the dynamic performance of metal bridges; test bridges

Статья рекомендована к публикации д. т. н., проф., В. Д. Петренко, д.т.н., проф. В. Л. Сединым (Украина).

Поступила в редколлегию 15.11.2013.

Принята к печати 28.11.2013.