

К ВОПРОСУ УЧЕТА СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БАЛОЧНЫХ МОСТОВ

Предложено методику приближенного учета скорости движения поездов по мостам разрезной балочной системы. Определены коэффициенты учета скорости движения, которые могут быть использованы в практических инженерных расчетах мостовых конструкций.

Ключевые слова: мост, поезд, железная дорога, скорость движения, колебания

На железных дорогах Украины эксплуатируется около 20 тыс. искусственных сооружений общей протяженностью более 600 км, основная часть из которых сосредоточена на Львовской, Юго-Западной и Одесской железных дорогах. Количество пролетных строений, эксплуатируемых от 50 до 100 лет, превышает 5000 шт., при этом более 20 % железнодорожных мостов в Украине имеют различные дефекты. Ежегодно Укрзалізниця выдает предупреждения об ограничениях скорости движения поездов по тем или иным искусственным сооружениям, снижая экономические показатели грузоперевозок.

Максимальная скорость движения пассажирских поездов в Украине – 120 км/ч, на отдельных участках – 140 км/ч. Согласно общепринятой в мировой практике классификации пассажирских перевозок, перевозки по обычным дорогам осуществляют на скорости до 160 км/ч, скоростному движению соответствует диапазон 160...250 км/ч, высокоскоростному – свыше 250 км/ч [1]. В Украине соответствующие показатели снижены на 50 км/ч. Следуя «Концепции Государственной целевой программы внедрения на железных дорогах скоростного движения пассажирских поездов на 2005-2015 гг.», предполагается создание сети скоростных железнодорожных магистралей для соединения столицы Украины с крупными областными и промышленными центрами Украины и странами Западной Европы и СНГ [1, 2]. Реализация данной программы связана с улучшением и развитием существующей инфраструктуры, в том числе реконструкцией искусственных сооружений и строительством новых железнодорожных мостов с учетом скоростей движения экипажей, близких к мировым аналогам (до 350 км/ч). В процессе реализации программы предполагается обновление парка пассажирского подвижного состава (например, электровозами типа ДС) и существенная модернизация железнодорожного пути. В частно-

сти, на участках со скоростью движения пассажирских поездов до 140 км/ч считается допустимым также пропуск грузовых экипажей, однако участки железной дороги со скоростью движения свыше 160 км/ч должны освобождаться от грузового подвижного состава с целью снижения нагрузки на путь и обеспечения более длительного срока его эксплуатации. В некоторых случаях это потребует строительства дополнительных специализированных главных путей, выпрямления старого пути, увеличения радиусов кривых, ремонта земляного полотна, мостов, путепроводов, восстановления водопропускных сооружений, устройства путей эстакадного типа на новой оси и др.

Подобные изменения в системе транспорта невозможны без пересмотра традиционных подходов к проектированию мостов. Эта задача является комплексной, и ее решение зависит от многих факторов, например, совершенствования отечественных норм проектирования с учетом новейших критериев и требований, регламентированных в Еврокодах [3]. Важнейшим аспектом является использование в процессе разработки проектов современных систем автоматизированного проектирования, а также тесная интеграция инженерных решений с научными методами расчета мостовых конструкций.

На основе анализа различных научных публикаций, результатов теоретических и экспериментальных исследований в области динамики мостов можно сделать вывод, что добиться дальнейшего качественного улучшения моделей взаимодействующей системы «мост – поезд» возможно, в первую очередь, уточняя параметры нагрузки. Так, влияние на пространственную динамику подвижного состава некоторых особенностей его конструкции, нелинейных фрикционных демпфирующих устройств, неровностей рельсового пути, характерных дефектов рассматривалось в трудах

опирания – 82 см; в середине пролетного строения – 26 см. Расстояние между блоками – 1,8 м. Плита балластного корыта имеет толщину 21 см и соединяется с главной балкой радиальными вутами радиусом 30 см. Пролетное строение армировано обычной арматурой классов АІ, АІІ и пучками высокопрочной проволоки класса ВІІ. Количество предварительно напряженной арматуры в середине пролетного строения составляет 21 пучок. При моделировании

железобетонные вуты, расположенные в верхнем и нижнем поясах пролетного строения, заменяются треугольными элементами, внешний и внутренний бортики плиты – прямоугольными (см. рис. 1, б).

Временную нагрузку на пролетное строение примем в виде грузового подвижного состава, сформированного из локомотива ВЛ8 и 60-ти универсальных крытых вагонов серии 11-066 (рис. 2).

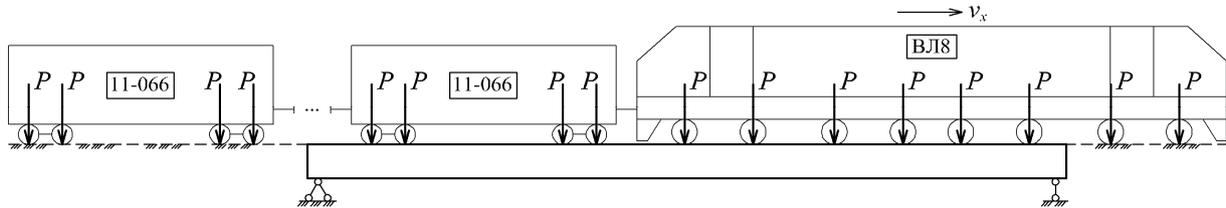


Рис. 2. Схема движения грузового поезда по пролетному строению

На рис. 3 показаны вертикальные колебания середины пролетного строения моста во время движения поезда со скоростью 10...100 км/ч, а также в диапазоне теоретических скоростей 100...400 км/ч. Имеются аналогичные данные для горизонтальных, продольных и крутильных колебаний конструкции (см. табл. 1).

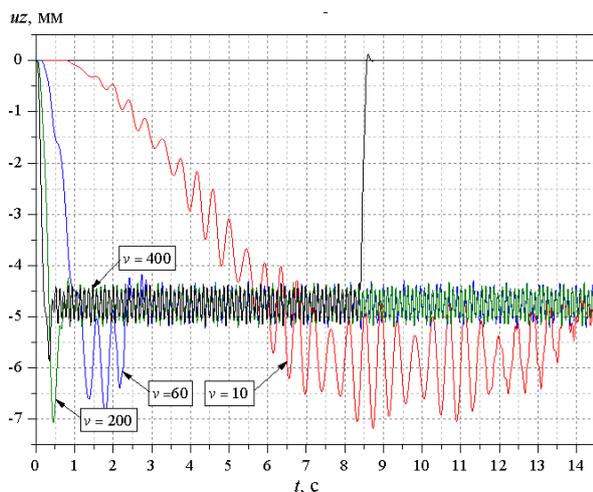


Рис. 3. Вынужденные колебания пролетного строения при движении поезда

К данным табл. 1 применима линейная интерполяция. В целом, совершенствование методов динамического анализа мостовых конструкций может идти по двум направлениям:

– развитие методов по определению параметров напряженно-деформированного состояния мостовых конструкций на основе уравнений динамики твердого тела и метода конечных элементов [16];

– вычисление соответствующих коэффициентов учета скорости движения временной нагрузки для более широкого класса мостовых

конструкций, с последующим введением данной методики в практику проектирования мостов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Костюк, М. Д. Будівництво та реконструкція залізничної мережі України для збільшення пропускної спроможності та запровадження швидкісного руху поїздів [Текст] / М. Д. Костюк, В. В. Козак, В. О. Яковлев та ін. – К.: ІЕЗ ім. С. О. Пагона. – 2010. – 216 с.
2. Розпорядження від 31.12.2004р. № 979-р Про схвалення Концепції Державної цільової програми впровадження на залізницях швидкісного руху пасажирських поїздів на 2005-2015 роки / електронна адреса в мережі Інтернет: «www.kmu.gov.ua/kmu/control/uk/cardnpd».
3. European Standard. Eurocode 1: Actions on structures. Part 2 [Text]: Traffic Loads on bridges / European Committee for Standardization. – В-1050, Brussels. – 2002. – 162 p.
4. Кулябко, В. В. Исследование вертикальных колебаний и нагруженности длиннобазных грузовых вагонов [Текст] / В. В. Кулябко. Автореф. дисс. на соис. уч. ст. канд. техн. наук. – Д.: – 1978. – 21 с.
5. Лазарян, В. А. Динамика транспортных средств [Текст]: Избр. тр. / В. А. Лазарян. – К.: Наук. думка. – 1985. – 528 с.
6. Ушкалов, В. Ф. Математическое моделирование колебаний рельсовых транспортных средств [Текст] / В. Ф. Ушкалов, Л. М. Резников, В. С. Иккол и др. // Ин-т техн. мех. АН УССР. – К.: Наук. думка. – 1989. – 240 с.
7. Fryba, L. Dynamics of Railway Bridges [Text] / L. Fryba. – Praha: Academia Praha. – 1996. – 330 p.
8. Fryba, L. Vibration of Solids and Structures Under Moving Loads [Text] / L. Fryba. – Prague: Academia Prague. – 1972. – 484 p.

9. O'Connor C. Bridge Loads [Text] / C. O'Connor, P. A. Show. – London: Spon Press, 11 New Fetter Lane, EC4P 4EE. – 2000. – 350 p.
10. Yang, Y. B. Vehicle-Bridge Interaction Dynamics: with Applications to High-Speed Railways [Text] / Y. B. Yang, J. D. Yau, Y. S. Wu // World Scient. Publ. Co. Pte. Ltd. – 5 Toh Tuck Link, Singapore. – 2004. – 564 p.
11. Распопов, О. С. Дослідження динамічної роботи металеві прогону будови моста під впливом рухомого навантаження [Текст] / О. С. Распопов, С. П. Русу, В. Є. Артёмов // Тези доп. 12-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Проблеми механіки залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, 28-30 квіт., 2008). – Д.: ДНУЗТ. – 2008. – С. 134.
12. Распопов, А. С. Моделирование подвижных нагрузок при расчетах динамики дискретных систем «мост-поезд» в программном комплексе «Belinda» [Текст] / А. С. Распопов, С. П. Русу, В. Е. Артемов // Тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. пам'яті акад. НАН України В. І. Москальського «Актуальні проблеми механіки суцільного середовища і міцності конструкцій» (Дніпропетровськ, 17-19 жовт., 2007). – Д.: ДНУ. – 2007. – С. 282-283.
13. Блохин, В. К. Исследование пространственной работы железнодорожных пролетных строений со стальным мостовым полотном, объединенным со сквозными главными фермами [Текст] / В. К. Блохин. Автореф. дисс. на соис. уч. ст. канд. техн. наук. – М. – 1973. – 23 с.
14. Бондарь, Н. Г. Динамика железнодорожных мостов [Текст] / Н. Г. Бондарь, И. И. Казей, Б. Ф. Лесохин и др. – М.: Транспорт. – 1965. – 412 с.
15. Донченко, В. Г. Пространственный расчет балочных автодорожных мостов [Текст] / В. Г. Донченко. – М.: Автотрансиздат. – 1953. – 324 с.
16. Артёмов, В. Є. Удосконалення розрахунку напружено-деформованого стану мостових конструкцій з урахуванням динамічного впливу вантажних поїздів [Текст] / В. Є. Артёмов // Автореф. дис. на здоб. наук. ст. канд. техн. наук. – Д. – 2011. – 20 с.

Поступила в редколлегию 02.04.2012.
Принята к печати 23.04.2012.

В. Є. АРТЬОМОВ, О. С. РАСПОПОВ (ДІПТ)

ДО ПИТАННЯ УРАХУВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОТЯГА ПРИБРОКОВАНИМ БАЛОЧНИХ МОСТІВ

Запропоновано методику наближеного ураховання швидкості руху поїздів на мостах розрізної балкової системи. Визначено коефіцієнти ураховання швидкості руху, які можуть бути застосовані в практичних інженерних розрахунках мостових конструкцій.

Ключові слова: міст, поїзд, залізниця, швидкість руху, коливання

V. ARTOMOV, A. RASPOPOV (Dnepropetrovsk National University of Railway Transport)

QUESTION OF TRAIN SPEED ACCOUNT AT DESIGNING OF BEAM BRIDGES

It is offered a technique of the train speed movement approximation for beam bridge systems. Coefficients of accounting of motion speed which can be used in practical engineering calculations of bridge constructions are determined.

Keywords: bridge, train, railway, speed of movement, vibrations