

Г. В. МИХЕЕВ, Е. А. КРУГОВОВА, Р. В. КОВАЛЕВ (Брянский государственный технический университет, Российская Федерация)

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЭКИПАЖЕЙ И МОСТОВ: НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Розглянуто підходи до моделювання взаємодії залізничних екіпажів і мостів, наведено розрахункові схеми і обговорюються результати комп'ютерного моделювання.

Рассмотрены подходы к моделированию взаимодействия железнодорожных экипажей и мостов, приведены расчетные схемы и обсуждаются результаты компьютерного моделирования.

Some approaches and applications of railway vehicle and bridge interaction are presented. The results of computer simulation are considered.

В настоящей статье рассмотрен подход к моделированию железнодорожных экипажей и мостов [3, 5, 6]. Подход реализован в программном комплексе «Универсальный механизм». Железнодорожные мосты рассматриваются с учетом их упругости.

Упругие перемещения за счет деформаций предполагаются малыми и в системе координат, связанной с телом, могут быть адекватно описаны методом конечных элементов (МКЭ), использующим геометрически линейную теорию. Для моделирования упругих тел применяется модальный подход, в соответствии с которым малые упругие перемещения представляются преобразованным набором собственных и статических форм упругого тела. Конечно-элементные модели упругих мостов импортируются из программ ANSYS и MSC.NASTRAN. Математическая модель упругого тела строится с использованием метода присоединенной системы координат [4] и метода связанных подструктур (Крэйга-Бэмптона) [1, 2].

Контактные силы между колесом и рельсом прикладываются к упругому мосту как бегущая нагрузка. Учитываются как вертикальная, так и поперечная компоненты контактной силы. Т.к. конечно-элементный (КЭ) подход предполагает приложение сил только в узлах КЭ сетки, был разработан простой алгоритм разложения контактных сил между ближайшими узлами КЭ сетки.

Обсуждаются результаты моделирования для мостов с различным числом упругих степеней свободы. Показана зависимость напряжений и деформаций упругого моста от массы и скорости движения железнодорожного экипажа.

Железнодорожные мосты и эстакады часто бывают довольно протяженными. Обсуждается вопрос возможности уменьшения длины рассматриваемой модели упругого моста при сохранении точности решения. Также рассматривается отношение между длиной поезда и рекомендуемой длиной эстакады с повторяющейся структурой.

На рис. 1 и 2 даны примеры рассматриваемых объектов.

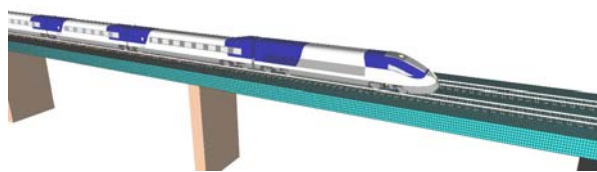


Рис. 1. Моделирование движения скоростного пассажирского поезда на двухпутной эстакаде

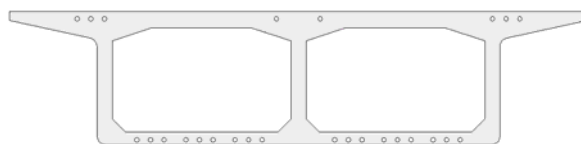


Рис. 2. Поперечное сечение двухпутной эстакады

**Благодарности.** Исследования проведены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 08-01-00677-а.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Craig, R. R. Jr. Coupling of substructures for dynamic analysis [Текст] / R. R. Craig Jr., M. C. C Bampton // AIAA Journal. – 1968. – Vol. 6, No. 7. – P. 1313-1319.
2. Craig, R. R. Jr. Coupling of substructures for dynamic analysis: an overview [Текст] / R. R. Craig Jr. // In AIAA Paper, AIAA Dynamics

- Specialists Conference (Atlanta, GA, April 5, 2000). – № 2000-1573.
3. Gong, L. Computer simulation of dynamic interactions between vehicle and long span box girder bridges [Текст] / L. Gong, M. S. Cheung // Tsinghua Science And Technology. – 2008. – Vol. 13, № 81.
  4. Shabana, A. A. Flexible multibody dynamics: review of past and recent developments [Текст] / A. A. Shabana // Multibody System Dynamics. – 1997. – № 1. – P. 189-222.
  5. Xia, H. Dynamic analysis of high speed railway bridge under articulated trains [Текст] / H. Xia, N. Zhang, G. De Roeck // Computers and Structures. – 2003. – № 81. – P. 2467-2478.
  6. Yang, Y. B. Vehicle-Bridge Interaction Dynamics [Текст] / Y. B. Yang, J. D. Yau, Y. S. Wu. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004.

Поступила в редколлегию 15.03.2010.

Принята к печати 25.03.2010.