

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК [624.27:625.1:624.042.8]

В. Е. АРТЕМОВ<sup>1\*</sup>, А. С. РАСПОПОВ<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Мосты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (050) 457 68 19, эл. почта v.artomov@gmail.com

<sup>2\*</sup>Каф. «Мосты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (0562) 47 19 88, эл. почта gaspov@gt.diit.edu.ua

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАГРУЗОК С14 И LM71 ДЛЯ БАЛОЧНЫХ МОСТОВ

**Цель.** В статье выполнен анализ железнодорожной нагрузки LM71 с целью ее применения в национальных проектах балочных железнодорожных мостов. Целью исследования является гармонизация национальных норм проектирования искусственных сооружений с европейскими стандартами (Еврокодами). **Методика.** В работе используются аналитические методы расчета мостов (методика линий влияния), матричный анализ и компьютерное программирование. **Результаты.** Параметры напряженно-деформированного состояния балочных железнодорожных мостов под воздействием нагрузок С14 и LM71 имеют определенные отличия. Степень этих отличий зависит от длины и материала пролетных строений, а также от особенностей определения динамических коэффициентов. Полученные в работе зависимости следует учитывать при использовании национальных норм проектирования и гармонизированных с Еврокодами стандартов. В дальнейших исследованиях планируется определить соотношения между нагрузкой С14 и моделями SW, HSLM с учетом различных динамических эффектов и скорости движения поездов. **Научная новизна.** Представленные в работе результаты, в частности параметры напряженно-деформированного состояния пролетного строения моста с учетом соответствующих динамических коэффициентов, получены впервые. **Практическая значимость.** Результаты исследования использованы при разработке Национального приложения к Национальному стандарту Украины ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010. Еврокод 1. Часть 2. «Подвижные нагрузки на мосты» (EN 1991-2:2003).

**Ключевые слова:** железнодорожные мосты; балочные мосты; железнодорожная нагрузка; динамический коэффициент; национальные стандарты Украины; санитарные нормы и правила; ГОСТ; СНиП

#### Введение

Развитие национальной нормативной базы Украины неразрывно связано с евроинтеграционными процессами, в том числе с внедрением европейских норм проектирования – Еврокодов. Еврокоды представляют собой своды правил, сочетающие опыт проектирования строительных конструкций, зданий и сооружений многих стран Европы (Англии, Германии, Франции и др.). На данный момент в Украине проектирование строительных конструкций допустимо вести по одной из двух альтернативных схем – на основе национальной базы

нормативных документов (например [2]) и на основе гармонизированных с Еврокодами стандартов [4, 5, 6].

#### Цель

Отметим, что в СНГ национальные нормы проектирования мостов [2, 8] по большей части основаны на СНиП 2.05.03-84\* [9] и существенно отличаются от европейских. Процесс гармонизации стандартов состоит не только в их языковой адаптации, но также в учете различных параметров и факторов, специфических для данной территории: геологических, гидро-

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

логических, погодных условий, эксплуатируемой техники, оборудования, строительных материалов и пр. Применительно к железнодорожным мостам, одним из ключевых вопросов внедрения Еврокодов в Украине является вопрос учета железнодорожных нагрузок, обращающихся на железных дорогах с шириной колеи 1 520 мм.

Целью данной работы является сравнение параметров напряженно-деформированного состояния, которые возникают в элементах мостовых конструкций, от воздействия нагрузок по схемам LM71 [5] и C14 [2, 9].

## Методика

Документ [5] регламентирует определение железнодорожной нагрузки со стандартной и широкой колеей европейских магистралей, кроме узкоколейных дорог, линий трамвая, горных зубчатых фуникулеров. В разделе 6 [5] указано, что в общем случае при проектировании железнодорожных мостов следует учитывать не только весовые характеристики подвижного состава, но также его динамику, центробежные силы, удары колес, тяговые и тормозные усилия, аэродинамические эффекты. Всего в Еврокоде 1991-2 представлены четыре модели железнодорожных нагрузок: LM71, SW, порожний поезд, HSLM. Железнодорожная нагрузка LM71 моделирует воздействие нормального железнодорожного транспорта на мосты при движении по магистральным линиям. Эта нагрузка является статической и представляет собой комбинацию равномерно распределенной нагрузки интенсивностью  $q_{vk} = 80$  кН/м и четырех сосредоточенных сил  $Q_{vk} = 250$  кН (рис. 1). В терминологии Еврокодов эти нормативные значения имеют название «характеристических».

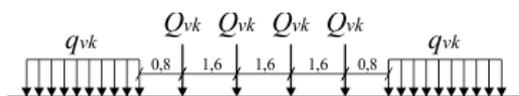


Рис. 1. Модель железнодорожной нагрузки LM71 (Еврокод 1)

Длина равномерно распределенной нагрузки принимается в зависимости от длины загружаемой конструкции для достижения наиболее неблагоприятного воздействия на сооружение. Следуя [5], динамическое воздействие подвиж-

ного состава учитывается динамическим коэффициентом (фактором)  $\Phi$ . Предполагается, что коэффициент  $\Phi$  учитывает динамическое увеличение напряжений и амплитуд колебаний конструкции, но не учитывает явления резонанса. Непосредственно в расчетах динамический коэффициент учитывается в виде коэффициента  $\Phi_2$  или  $\Phi_3$ , в зависимости от технического состояния железнодорожных путей, по которым предполагается движение поездов:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82; \quad 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67; \quad (1)$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73; \quad 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00,$$

где  $L_\Phi$  – расчетная длина конструктивного элемента, м.

Коэффициент  $\Phi_2$  (1) используется в расчетах, если техническое обслуживание железнодорожного пути проводится достаточно часто и качественно. При обычном качестве эксплуатации в расчет вводится коэффициент  $\Phi_3$ . Отметим, что в нормах СНГ [2, 5, 7] динамический коэффициент зависит от типа и материала проектируемой конструкции. Так, для балочных железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов динамический коэффициент определяется по формуле

$$1 + \mu = 1 + 10 / (20 + \lambda), \quad (2)$$

где  $\lambda$  – длина загрузки линии влияния временной нагрузкой, м.

Проанализируем значения динамических коэффициентов по нормам [2, 5, 8]. Как видно из рис. 2, значения динамических коэффициентов  $1 + \mu$  для пролетных строений длиной до 9 м (как правило, плитных) примерно в 1,1...1,4 раза ниже соответствующих значений  $\Phi$ . Для пролетных строений длиной 9...18 м (как плитных, так и балочных) коэффициент  $1 + \mu$  выше коэффициента  $\Phi$  для случая обычного обслуживания железнодорожного пути. В случае более качественного обслуживания пути коэффициент  $\Phi$  превышает  $1 + \mu$  примерно в 1,1 раза для пролетных строений длиной 9 м и почти экспоненциально приближается к значению  $1 + \mu$  до расчетной длины 18 м. Для пролетных строе-

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

ний длиной 18...33 м динамический коэффициент  $1+\mu$  во всех случаях превышает  $\Phi$  в 1,1...1,3 раза.

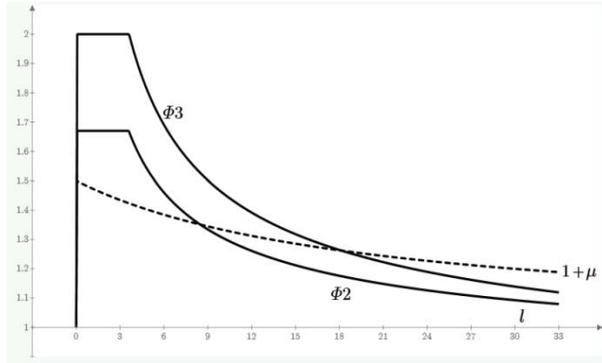


Рис. 2. Графики динамических коэффициентов  $\Phi$ ,  $1+\mu$  в зависимости от расчетной длины  $l$

Кроме динамического коэффициента, европейские нормы проектирования мостов [5] регламентируют также вводить в расчет коэффициент  $\alpha$  (меньше или больше единицы), с помощью которого осуществляется переход от «характеристической» нагрузки к «классифицированной»:

$$\alpha = 0,75; 0,83; 0,91; 1,00; 1,21; 1,33; 1,46. \quad (3)$$

Также в документе [5] указывается, что для международных железнодорожных линий, согласно Национальному приложению, рекомендуется принимать  $\alpha > 1$ . С целью определения величины  $\alpha$  для железных дорог Украины, проведем серию тестовых расчетов по определению параметров напряженно-деформированного состояния балочных пролетных строений железнодорожных мостов.

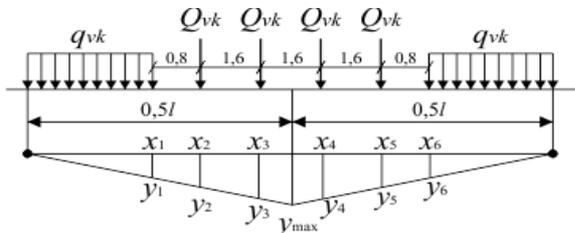


Рис. 3. К определению изгибающего момента от нагрузки LM71

Модель LM71 предполагает больше вариантов и комбинаций расположения нагрузки на пролетном строении моста, чем модель C14.

Рассмотрим процесс движения нагрузки LM71 по пролетному строению моста. В мо-

мент начала движения, правая часть равномерно распределенной нагрузки  $q_{vk}$  загрузит весь пролет, а далее на мосту последовательно будут появляться сосредоточенные силы  $Q_{vk}$  и вторая часть распределенной нагрузки (рис. 3).

## Результаты

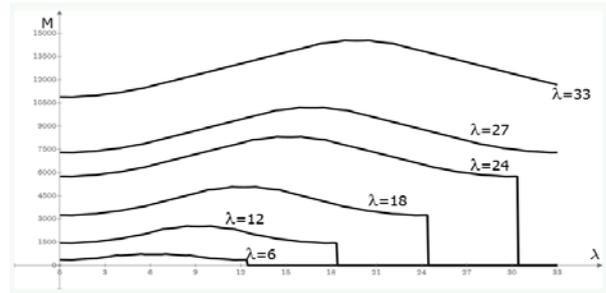


Рис. 4. Графики максимальных изгибающих моментов в пролетных строениях длиной 6, 12, 18, 24, 27, 33 м от нагрузки LM71

На рис. 4 показаны кривые, отражающие изменения изгибающего момента в сечениях разрезных пролетных строений разной длины от нагрузки LM71. Применяя к полученным кривым функцию поиска максимума, получим кривую максимальных изгибающих моментов для всего диапазона рассматриваемых длин пролетных строений, которую также сравним с аналогичной кривой от нагрузки C14 (рис. 5).

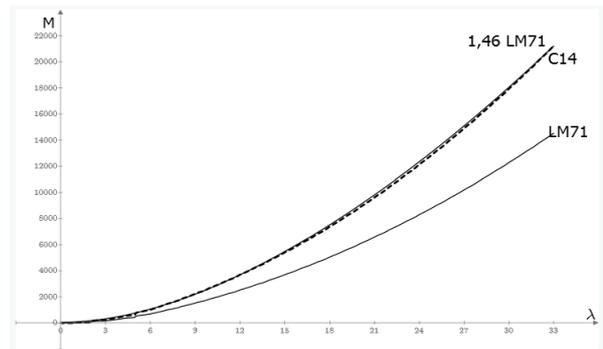


Рис. 5. Максимальные изгибающие моменты в пролетных строениях длиной 0...33 м от нагрузок C14, LM71

Как видно из рис. 5, железнодорожная нагрузка C14 приводит к появлению в расчетной схеме изгибающих моментов, превышающих моменты от нагрузки LM71 примерно в 1,5 раза (пунктирная кривая соответствует коэффициенту  $\alpha = 1,46$ ). Таким образом, эту величину можно рассматривать как рекомендуемое зна-

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

чение коэффициента  $\alpha$  для перехода от характеристической нагрузки LM71 к классифицированной нагрузке от подвижного состава на железных дорогах Украины, согласно Национальному приложению [5]:

$$\alpha = 1,46. \quad (4)$$

Учет соответствующих динамических коэффициентов  $\Phi$  [3] и  $1+\mu$  [2, 8, 9] не оказывает принципиального влияния на соотношение между изгибающими моментами от нагрузок С14, LM71 (рис. 6).

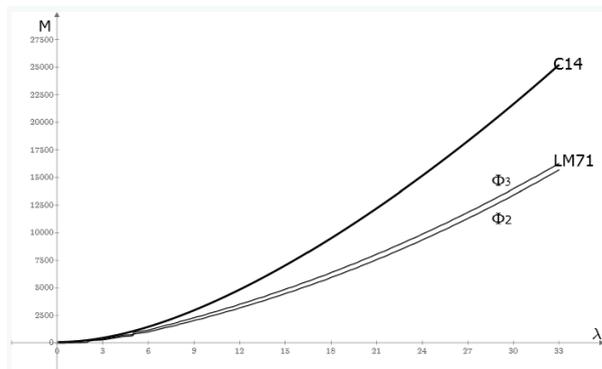


Рис. 6. Максимальные изгибающие моменты в пролетных строениях длиной 0...33 м от нагрузок С14, LM71 с учетом динамических коэффициентов

### Научная новизна и практическая значимость

Исследованию влияния на мосты различных типов нагрузок также посвящены работы [1, 3, 7, 10–15]. Результаты сравнительного анализа нагрузок С14 и LM71, изложенные в настоящей статье, учтены при разработке Национального приложения к гармонизированному с Еврокодами стандарту [5] и публикуются впервые.

### Выводы

Параметры напряженно-деформированного состояния балочных железнодорожных мостов под воздействием нагрузок С14 и LM71 имеют определенные отличия. Степень этих отличий зависит от длины и материала пролетных строений, а также от особенностей определения динамических коэффициентов. Полученные в работе зависимости следует учитывать при использовании национальных норм проектирования и гармонизированных с Еврокодами стандартов.

В дальнейших исследованиях планируется определить соотношения между нагрузкой С14 и моделями SW, HSLM с учетом различных динамических эффектов и скорости движения поездов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Артемов, В. Е. К вопросу учета скорости движения поезда при проектировании балочных мостов / В. Е. Артемов, А. С. Распопов // Мости та тунелі: теорія, дослідж., практика : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Д., 2012. – Вип. 2. – С. 5–8.
2. Державні будівельні норми України ДБН В.2.3-14:2006 «Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування». – К. : Мін. буд-ва, архіт. та житлово-ком. госп., 2006. – 359 с.
3. Нагрузки на конструкции мостов в странах СНГ [Электронный ресурс] // Железные дороги мира. – Режим доступа: <http://1430mm.ru/node/203>. – Загл. с экрана.
4. Національний стандарт України ДСТУ-НБВ.1.2-13:2008. Система надійності та безпеки у будівництві. Основи проектування конструкцій (ЕН 1990:2002). Технічні умови : затв. та введ. в дію наказом № 710 від 30.12.2008. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 101 с.
5. Національний стандарт України ДСТУ-НБ EN 1991-2:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости (ЕН 1991-2:2003). – Надано чинності 2013-07-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2003. – 217 с.
6. Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу : Постанова Каб. Міністрів України від 23 травня 2011 р. № 547. – К., 2011. – 1 с.
7. Распопов, А. С. Исследование динамической работы железобетонных мостов с эксцентриситетом рельсового пути / А. С. Распопов, В. Е. Артемов, С. П. Русу / Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Д., 2010. – Вип. 35. – 2010. – С. 168–171.
8. Свод правил СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\*». – М. : ОАО «ЦНИИС», 2011. – 340 с.
9. Строительные нормы и правила СНиП 2.05.03-84 «Мосты и трубы». – М. : Госстрой СССР, 1985. – 200 с.

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

10. Cho, T. Reliability analysis for the uncertainties in vehicle and high-speed railway bridge system based on an improved response surface method for nonlinear limit states / T. Cho, M.-K. Song, D. H. Lee // *Nonlinear Dynamics*. – 2010. – Vol. 59. – Iss. 1–2. – P. 1–17.
11. Effects of the diaphragm at midspan on static and dynamic behaviour of composite railway bridge: A case study / Y. Sieffert, G. Michel, D. Martin et al. // *Engineering Structures*. – 2006. – Vol. 28. – Iss. 11. – P. 1543–1554.
12. Notkus, A. J. Analysis and comparison of Eurocode and SNiP traffic load models for railway bridges / A. J. Notkus, Z. Kamaitis // *Modern building materials, structures and techniques* (19.05 – 21.05. 2010) : 10<sup>th</sup> Intern. Conf. proc. – Vilnius, 2010. – P. 720–724.
13. Notkus, A. J. Tiltu iraziu, paskaiciuotu pagal SNiP ir ENV, palyginimas [Comparison of bridge internal forces defined by the SNiP and the ENV codes] / A. J. Notkus // *Statyba ir architektura : Konferencijos pranešimu medžiaga*. – Kaunas, 1998. – P. 271–276.
14. O'Connor, C. Bridge Loads / C. O'Connor, P. A. Shaw. An Intern. Perspective. – New York : Spon Press, 2000. – 358 p.
15. Rolling stock analysis of various railway bridges in Austria / M. Heiden, M. Pircher, H. Pircher, D. Janjic // *Structures of High-Speed Railway Transportation (August 27–29) : Proc. of Intern. IABSE Symp.* – Belgium : Antwerpen, 2003. – 7 p.

В. Є. АРТЬОМОВ<sup>1\*</sup>, О. С. РАСПОПОВ<sup>2\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Мости», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (050) 457 68 19, ел. пошта v.artomov@gmail.com

<sup>2\*</sup>Каф. «Мости», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (0562) 47 19 88, ел. пошта gasporov@tr.diit.edu.ua

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ С14 ТА LM71 ДЛЯ БАЛКОВИХ МОСТІВ

**Мета.** У статті виконано аналіз залізничного навантаження LM71 із метою його застосування в національних проектах балкових залізничних мостів. Метою дослідження є гармонізація національних норм проектування штучних споруд з європейськими стандартами (Єврокодами). **Методика.** У роботі використовуються аналітичні методи розрахунку мостів (методика ліній впливу), матричний аналіз та комп'ютерне програмування. **Результати.** Параметри напружено-деформованого стану балкових залізничних мостів під впливом навантажень С14 та LM71 мають певні відмінності. Ступінь цих відмінностей залежить від довжини й матеріалу прогонових будов, а також від особливостей визначення динамічних коефіцієнтів. Отримані в роботі залежності слід урахувати під час використання національних норм проектування та гармонізованих із Єврокодами стандартів. У подальших дослідженнях планується визначити співвідношення між навантаженням С14 і моделями SW, HSLM з урахуванням динамічних ефектів і швидкості руху поїздів. **Наукова новизна.** Представлені в роботі результати, зокрема параметри напружено-деформованого стану прогонової будови моста з урахуванням відповідних динамічних коефіцієнтів, отримані вперше. **Практична значимість.** Результати дослідження використані під час розробки Національного додатка до Національного стандарту України ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010. Єврокод 1. Частина 2. «Рухомі навантаження на мости» (EN 1991-2:2003).

**Ключові слова:** залізничні мости; балкові мости; залізничне навантаження; динамічний коефіцієнт; національні стандарти України; санітарні норми і правила; ДСТУ; СНіП

V. ARTOMOV<sup>1\*</sup>, A. RASPOPOV<sup>2\*</sup><sup>1\*</sup>Dep. «Bridges», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (050) 457 68 19, e-mail v.artomov@gmail.com<sup>2\*</sup>Dep. «Bridges», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (0562) 47 19 88, e-mail raspopov@rr.diit.edu.ua

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MODELS OF RAILWAY LOADS C14 AND LM71 FOR GIRDER BRIDGES

**Purpose.** The article analyzes the railway load LM71 for the purpose of its application in national design projects of the railway girder bridges. Purpose of the article is harmonization of national design codes of engineering structures with the European standards (Eurocodes). **Methodology.** Analytical calculation methods (influence lines), the matrix analysis and computer programming are used in the article. **Findings.** Deflected mode parameters of the railway bridges under the influence of loads C14 and LM71 have certain differences. The extent of these differences depends on length, material of drift structures and also on dynamic coefficients. These dependences should be considered in national design codes and in harmonized with Eurocodes standards. In the further researches relationships between load C14 and models SW, HSLM taking into account various dynamic effects and trains speed is planned to determine. **Originality.** The presented results, in particular deflected mode parameters (including loads with dynamic coefficients), obtained for the first time. **Practical value.** Results of research are used in National Annex to the National Standard of Ukraine NSTU-N EN 1991-2:2010. Eurocode 1. Actions on structures. Part 2. Traffic loads on bridges (EN 1991-2:2003).

**Keywords:** railway bridges; beam bridges; railway load; dynamic coefficient; national standards of Ukraine; sanitary norms and rules; GOST; SNR

### REFERENCES

1. Artomov V., Raspopov A. K voprosu ucheta skorosti dvizheniya poyezda pri proyektirovanii balochnykh mostov [To the question of train speed accounting in the design of girder bridges]. *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transporta «Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka»* [Proc. of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport «Bridges and tunnels: theory, research. Practice»], 2012, issue 2, pp. 5-8.
2. *Derzhavni budivelni normy Ukrainy DBN V.2.3-14:2006 «Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia»* [State building codes Ukraine DBN V.2.3-14: 2006 "Transport facilities. Bridges and pipes. Design rules]. Kyiv, Min. bud-va, arkh. ta zhytlovo-kom. hosp. Publ., 2006. 359 p.
3. Nagruzki na konstruktsii mostov v stranakh SNG (Loads on the bridges structures in CIS). *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*. Available at: <http://1430mm.ru/node/203> (Accessed 03 December 2013).
4. *DSTU 1.2-13:2008. Systema nadiinosti ta bezpeky u budivnytstvi. Osnovy proektuvannia konstruktsii* [State Standard 1.2-13:2008. System reliability and safety in construction. Fundamentals of structural design]. Kyiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2009. 101 p.
5. *DSTU-N B EN 1991-2:2010. Yevrokod 1.Chastyna 2. Rukhomi navantazhennia na mosty* [State Standard 1991-2:2010. Eurocode 1. Part 2. Polling loads on bridges]. Kyiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2003. 217 p.
6. *Pro zatverdzhennia Poriadku zastosuvannia budivelnykh norm, rozroblenykh na osnovi natsionalnykh tekhnolohichnykh tradytsii, ta budivelnykh norm, harmonizovanykh z normatyvnymi dokumentamy Yevropeiskoho Soiuzu : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy* [On approval of building regulations usage developed on the basis of national and technological traditions and building regulations, harmonized with the regulations of the European Union: Decree of the Cabinet of Ministers in Ukraine]. Kyiv, 2011. 1 p.
7. Raspopov A., Artomov V., Rusu S. Issledovaniye dinamicheskoy raboty zhelezobetonnykh mostov s ekstsentritetom relsovogo puti [Study of dynamic performance of concrete bridges with the eccentricity of the track]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University], 2010, issue 35, pp. 168-171.
8. *Svod pravil SP 35.13330.2011 «Mosty i truby. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.05.03-84\*»* [Set of rules SR 35.13330.2011 «Bridges and pipes. Updated edition SNR 2.05.03-84\*»]. Moscow, OAO «TsNIIS» Publ., 2011. 340 p.

## ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

9. *Stroitelnyye normy i pravila SNIp 2.05.03-84 «Mosty i truby»* [Building regulations SNR 2.05.03-84 «Bridges and pipes»]. Moscow, Gosstroy SSSR Publ., 1985. 200 p.
10. Cho T., Song M.-K., Lee D.H. Reliability analysis for the uncertainties in vehicle and high-speed railway bridge system based on an improved response surface method for nonlinear limit states. *Nonlinear Dynamics*, 2010, vol. 59, issue 1–2, pp. 1-17.
11. Sieffert Y., Michel G., Martin D., Keller D., Jullien J.-F. Effects of the diaphragm at midspan on static and dynamic behaviour of composite railway bridge: A case study. *Engineering Structures*, 2006, vol. 28, issue 11, pp. 1543-1554.
12. Notkus A.J., Kamaitis Z. Analysis and comparison of Eurocode and SNIp traffic load models for railway bridges. Proc. of 10<sup>th</sup> Int. Conf. «Modern building materials, structures and techniques». Vilnius, 2010, pp. 720-724.
13. Notkus A.J. Tiltu irazu, paskaiciuotu pagal SNIp ir ENV, palyginimas [Comparison of bridge internal forces defined by the SNIp and the ENV codes]. Konferencijos pranešimu medžiaga «Statyba ir architektura». Kaunas: Technologija Publ., 1998, pp. 271-276.
14. O'Connor C., Shaw P.A. Bridge Loads. An International Perspective. USA: New York, Spon Press, 2000. 358 p.
15. Heiden M., Pircher M., Pircher H., Janjic D. Rolling stock analysis of various railway bridges in Austria. Proc. of Int. IABSE Symp. «Structures of High-Speed Railway Transportation». Belgium: Antwerpen, 2003. 7 p.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. В. В. Кулябко (Украина); д.т.н., проф. В. Д. Петренко (Украина)*

Поступила в редколлегию 20.11.2013.

Принята к печати 09.01.2014