

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 504.06

О. С. РАСПОПОВ, О. Г. МАРИНІЧЕНКО*

* Каф. «Мости», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (063) 183 96 41, ел. пошта alexeimar@mail.ru

РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВПРОВАДЖЕННЮ ШВИДКІСНОГО РУХУ НА ІСНУЮЧИХ НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВАХ

Мета. Аналіз існуючого швидкісного залізничного руху України, придатності колії і інженерних споруд для високошвидкісних потягів, визначення можливості впровадження швидкісного залізничного руху на існуючих залізобетонних мостах з нерозрізними прогоновими будовами. Визначення чинників впливу на динамічну поведінку мостів під рухомим навантаженням, вплив параметрів конструкції і рухомого складу. Взаємодія потягу і прогонової будови. **Методика.** Вибір залізобетонних нерозрізних прогонових будов для аналізу, розробка моделі прогонової будови для проведення динамічного розрахунку, динамічний розрахунок і аналіз поведінки прогонових будов під швидкісним навантаженням. **Результати.** Проаналізовано роботу нерозрізної залізобетонної прогонової будови під навантаженням в залежності від швидкості руху. Отримані величини прогинів і прискорень прогонової будови для різних швидкостей руху. Визначено можливість пропуску високошвидкісних потягів з різними швидкостями руху. **Наукова новизна.** Визначено можливість пропуску швидкісних потягів по існуючим прогоновим будовам по параметрам напружено-деформованого стану від рухомого навантаження (максимальні переміщення і прискорення прогонової будови). **Практична значимість.** Визначення придатності існуючих нерозрізних залізобетонних прогонових будов для руху швидкісних пасажирських потягів з різною швидкістю.

Ключові слова: динаміка мостів; залізобетонні мости; нерозрізні прогонові будови; високошвидкісний рух; Belinda Structure

Вступ

На даний час в Україні швидкість руху пасажирських потягів не перевищує 160 км/год (швидкісні поїзди «Інтерсіті+»: «Hyundai» і «Skoda»), а вантажних – 100 км/год [8]. З розвитком і модернізацією транспортної мережі, впровадженням нових технологій швидкість руху буде поступово збільшуватись [3]. У зв'язку з цим постає питання допустимої швидкості руху по інженерним спорудам, яка не буде викликати негативних наслідків (резонанс, вихід за допустимі межі прискорення мостового настилу та інші динамічні впливи).

Мережа УЗ складається з ліній, що побудовані та експлуатуються відповідно до нормативів СНД і має за основу режим експлуатації залізниць колишнього Радянського Союзу. Майже всі основні магістралі мережі електрифіковані, як правило, повітряними лініями змінного струму 25 кВ, хоча мережі на Сході та Донецькій та Південній залізницях електрифі-

ковані контактною мережею постійного струму 3000 В, щоб відповідати стандартам електрифікації Росії, які використовуються для сусідніх залізниць. Така ж система 3000 В постійного струму застосовується на Львівській залізниці на маршрутах від Львова до Польщі та Словаччини відповідно до мереж сусідніх залізниць.

Майже всі залізничні колії в Україні прокладені широкою колією СНД (1520 мм), а не стандартною європейською шириною колії 1435 мм (хоча 120 км колії стандартної ширини є на заході України). Кілька сусідніх ліній в Польщі, до Катовіце, та Словаччині до Кошице, також прокладені широкою колією, але усі інші лінії у цих країнах прокладені з дотриманням розмірів стандартної колії.

Максимально допустиме навантаження на вісь основних ліній УЗ становить 22 тонни, що майже дорівнює найважчому допустимому навантаженню на вісь – 22,5 тонни на більшості залізниць ЄС. Максимальна швидкість лінії на основних магістральних коридорах становить

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

до 120 км/год для пасажирських поїздів та 90 км/год для вантажних перевезень. За західно-європейськими стандартами ця максимальна швидкість пасажирських потягів є порівнянною із другорядними магістралями, а не з класичними основними магістралями, де максимальна швидкість лінії зазвичай становить близько 160 км/год.

На високошвидкісних лініях максимальний розмір поїздів – 400 метрів завдовжки, вагою 1,000 тонн бруто (відповідно до ТСЕС (інфраструктура – 2008/217/ЕС), які набрали чинності з 1 липня 2008 року) [9].

Штучні споруди є невід'ємною і важливою складовою транспортної мережі країни. На даний час в Україні відсутні чіткі рекомендації по визначенню швидкісних режимів руху потягів. Більше 12 % залізничних мостів України через наявність дефектів і невідповідність вимогам ДБН є «бар'єрними» об'єктами, що змушує експлуатаційні служби вводити відповідні обмеження швидкості, що суттєво зменшує об'єми вантажних і пасажирських перевезень.

Динаміка прогонових будов залізничних мостів визначається як динамічними характеристиками самих прогонових будов, конструкцією і станом верхнього шляху на мостах, так і швидкістю руху і параметрами рухомого складу.

В плані динаміки, нерозрізні прогонові будови мають певні переваги перед розрізними: крім більшої вертикальної і горизонтальної жорсткості, нерозрізними прогоновими будовами створюється більш плавний обрис кривої прогину під тимчасовими навантаженнями [2].

Нерозрізні прогонові будови мостів, особливо великих прольотів, займають окреме місце серед стержневих будівельних конструкцій. Являючи собою статично невизначені системи, нерозрізні прогонові будови досить чутливі до нерівномірного вертикального переміщення опор, особливо різко це проявляється в мостах з відносно невеликими прольотами. Але для таких конструкцій відмічається плавність епюр згинальних моментів в місцях переломів на проміжних опорах, що підвищує комфорт їзди в порівнянні зі звичайними розрізними балками.

Динамічна робота нерозрізних прогонових будов мостів вивчена ще не в повному обсязі. Поява локальних тріщин в елементах сталевих ферм, виникнення ексцентриситетів мостового

полотна, зниження загальної вантажопідйомності прогонової будови з високою вірогідністю можна вважати наслідком динамічних навантажень [4].

Для вивчення динамічного впливу навантаження на мости необхідне вивчення параметрів вільних коливань прогонових будов. Випробування рухомим навантаженням для дослідження просторових коливань і амплітуд горизонтальних коливань металевих мостів з нерозрізними прогоновими будовами описані в [5, 6].

Основними формами поперечних коливань нерозрізних прогонових будов є вертикальні, горизонтальні і крутильні коливання, аналогічні коливанням розрізних прогонових будов. Вертикальні коливання в більшості дослідів супроводжувались незначними горизонтальними переміщеннями або закручуванням прогонової будови [5]. Основними факторами, визначаючими величину горизонтальних переміщень, є конструктивні і якісні характеристики рухомого складу. Величини горизонтальних переміщень прогонових будов залежать від швидкості руху навантаження по мосту. При певних швидкостях спостерігаються резонансні явища, коли амплітуди вимушених горизонтальних коливань досягають максимального значення [6].

Важливий вплив на роботу конструкції має кількість прольотів нерозрізної прогонової будови. Дослідження власних коливань несиметричних нерозрізних прогонових будов наведено в [7]. У роботі на прикладі нерозрізних прогонових будов мостів досліджено вплив несиметричності схеми на частоти і форми власних коливань. Показано, що за певних довжин прогонів регулярних схем можливе їх використання для визначення частот прогонових будов.

Динамічні характеристики прогонових будов потрібно назначати так, щоб виключити вірогідні резонансні коливання прогонових будов при високих швидкостях руху потягів.

Резонанс може призводити до тріщиноутворення в бетоні; стирання, зношення баласту внаслідок високим прискоренням; нерівностей шляху.

Найголовнішими чинниками, що впливають на динамічну поведінку, є такі [1]:

- 1) швидкість руху по мосту;
- 2) довжина прогону L елемента і вплив довжини на прогин розглядуваного елемента;
- 3) маса конструкцій;

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- 4) власні частоти конструкції в цілому і визначальних елементів моста, а також відповідні форми коливаль (власні форми) по довжині моста;
- 5) кількість осей, осьові навантаження і відстані між осями;
- 6) демпфування конструкцій;
- 7) вертикальні нерегулярності рейкового шляху;
- 8) характеристики ресор і конструкція підвісок транспортних засобів;
- 9) наявність регулярно розташованих опор плити і колії (поперечні балки, шпали тощо);
- 10) недосконалість рухомого складу (плоскі ділянки, відхилення від кругової форми, дефекти підвіски тощо);
- 11) динамічні характеристики колії (баласт, шпал. компонентів рейкового шляху тощо).

Мета

Метою даної статті є визначення можливості впровадження високошвидкісного руху на існуючих залізобетонних прогонових будовах та аналіз впливу швидкості на роботу прогонової будови.

Методика

Основою для розвитку динаміки мостів є наукові дослідження, пов'язані з моделюванням процесів взаємодії рухомого навантаження і пружної стержневої системи. Узагальнюючи результати цих досліджень, умовно можна виділити чотири групи динамічних моделей. В моделях першої групи стержнева система і навантаження приймаються безінерційними, тобто враховуються тільки пружні властивості основи. В моделях другої групи стержнева система не володіє інерцією, але інерційні властивості має об'єкт, моделюючий зовнішній вплив (в простому випадку маса рухається по балці). Моделі третьої групи описують динамічну роботу стержневої системи, яка володіє інерцією, при взаємодії з групою силових факторів. В моделях четвертої групи всі взаємодіючі елементи володіють інерцією. В загальному випадку, питання вибору динамічної моделі залежить від співвідношення мас її елементів, а також цілей випробування. Динамічні моделі взаємодії залізничного потягу з прогоновими будовами, прийняті в цій роботі, відповідають моделям третьої групи.

Для вибору параметрів прогонової будови для дослідження було проаналізовано нижче наведені рекомендації по проектуванню нерозрізних залізобетонних прогонових будов.

У залізобетонних мостах влаштовують дво-, три- і багатопрогонові нерозрізні балки. Два прольоти переважно роблять однаковими. При більшій кількості прогонів, крайні доцільно виконувати дещо коротшими від середніх. Зазвичай крайні прогони беруть у межах 0,7...0,8 довжини середніх.

Нерозрізною системою перекривають прогони завдовжки 50...60 м, в окремих випадках до 100 м і більше. Поперечний переріз великих прогонів часто виконують коробчастим. Висота головних балок 1/16...1/20 від довжини прогону. На середніх опорах висота балок традиційно збільшується на 20...40 % проти висоти посередині прольоту за допомогою влаштування кутів з нахилом не більше 1:3, а для великих прогонів нижній грані балок надають криволінійного обрису.

Над проміжними опорами нижня грань балки повинна мати горизонтальні площини завдовжки 0,6...1,0 м для розміщення опорних частин.

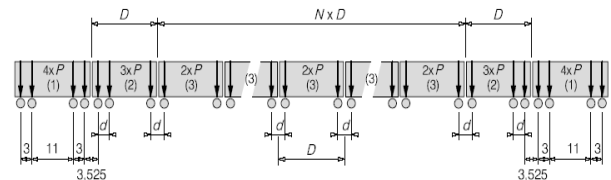


Рис. 1. Модель HSLM-A для динамічного розрахунку

Таблиця 1

Характеристики моделі HSLM-A1

Універсальний потяг	Кількість проміжних вагонів N	Довжина вагона D [м]	Відстань між осями візка d [м]	Зосереджена сила P [кН]
A1	18	18	2,0	170

Складання динамічної розрахункової моделі прогонової будови.

Методи динамічного розрахунку можна розділити на два класи: методи, засновані на прямому інтегруванні рівнянь руху (методи центральних різниць, Халлота, θ -метод Вілсона, Ньюмарка та ін.) і методи розкладання по

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

власним формам (гармонічний аналіз) [10]. Методи другого класу мають велику перевагу по кількості обчислювальних операцій, швидкості розрахунку, об'єми займаємої оперативної пам'яті комп'ютера і простоті алгоритму. Крім того, на більшість будівельних конструкцій, будівель і споруд мають вплив постійні і довготривалі навантаження, які можуть бути враховані в моделі у вигляді приєднаних мас. Це пояснює причину переважної реалізації методів розкладання по власним формам у багатьох сучасних програмних комплексах.

Але для нерозрізних прогонових будов, працюючих в умовах складного динамічного навантаження, особливо під дією рухомих навантажень, застосування гармонічного аналізу викликає суттєві складності, а в деяких випадках й узагалі є неможливим. Для динамічного розрахунку прогонових будов мостів на ВСМ більш ефективними є методи прямого інтегрування, які дозволяють визначити не тільки основні параметри напружено-деформованого стану споруди в даний момент часу, але і встановити «критичні» швидкості руху навантаження. Цей метод називається розрахунком у часовій області [10].

В дискретній стержневій системі усі розподілені силові фактори зводяться до характерних вузлових точок, а силові і кінематичні параметри передаються від одного вузла іншому за допомогою зв'язуючих елементів – стержнів. Для виконання розрахунку такої системи спочатку визначають зусилля і деформації в кінцевих перерізах окремих стержнів (перший етап), після чого вирішують сполучену систему рівнянь руху інерційних елементів (другий етап). При цьому перший етап є статичним розрахунком, а динамічна система – миттєво нерухомою.

Для розрахунків використовується програмний комплекс для динамічного розрахунку балочних мостів Belinda Structure 2014.

Серед параметричного моделювання та інженерного аналізу Belinda Structure – професійна комп'ютерна програма, яка призначена для:

- статичного розрахунку деформованих систем, визначення параметрів їх напружено-деформованого стану;
- динамічного розрахунку деформованих систем, моделювання завдань взаємодії транспортних засобів з пружними елементами;
- вирішення завдань оптимізації, аналізу поведінки деформованих систем у часі;

– інших прикладних і дослідницьких завдань математичної фізики.

Програма Belinda Structure відноситься до класу систем автоматизованого проектування / розрахунку САЕ, але також володіє функціями середовища програмування, математичного аналізу і візуалізації. Для визначення параметрів напружено-деформованого стану механічної системи в програмі реалізований універсальний метод вирішення завдань будівельної механіки – метод кінцевих елементів.

Робота з програмою Belinda Structure заснована на технології параметричного моделювання, яка реалізується за допомогою мови програмування (скрипта). Для побудови розрахункової моделі користувачеві наданий широкий набір різних команд. Програма володіє розвиненими засобами скриптового аналізу і дозволяє проектувальнику моделювати механічні системи зі складними взаємозв'язками, нелінійними компонентами, статичними і динамічними навантаженнями, іншими особливостями.

Спеціалізовані команди по роботі з циклами, доступні в програмі, відкривають воістину необмежені можливості для оптимізації будь-яких параметрів будівельних конструкцій, будівель і споруд.

Моделювання в програмі Belinda Structure ведеться у Світі механічних систем (ММС) – єдиному віртуальному просторі з різними конструкціями (підсистемами). Концепція ММС дозволяє проектувальнику створювати мультиконструкційні моделі, в яких окремі конструкції (підсистеми) не обов'язково повинні бути пов'язані між собою. Прикладом такої моделі можна вважати Багатоугоновий міст, що складається з окремих прогонових будов, не пов'язаних один з одним.

Робота в мультиконструкційному режимі дозволяє, в першу чергу, вирішувати задачі динаміки будівельних конструкцій в часі і досліджувати їх взаємодію з рухомими навантаженнями. Так, кожна окрема конструкція в ММС представляється у вигляді класичної кінцево-елементної моделі (без розривів між її окремими частинами), а її аналіз проводиться незалежно від інших систем. Фактично, кожна конструкція ММС являє собою індивідуальну розрахункову модель.

Конструкція в термінології програми Belinda Structure являє собою класичну кінцево-елементну модель, що складається з вузлів і

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

сполучних кінцевих елементів. Технологія мультіконструкційного моделювання дозволяє проектувальнику створювати різні конструкції (тобто окремі моделі споруд) у просторі ГСК і проводити їх одночасний аналіз.

Для розрахунку було обрано нерозрізний двопрогоновий залізобетонний міст коробчастого перерізу. Прогони рівні і мають довжину 50 м.

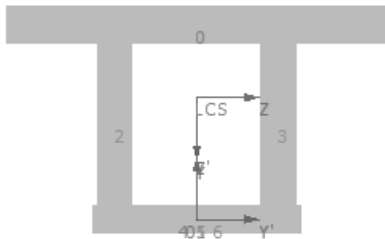


Рис. 2. Поперечний переріз досліджуваної прогонової будови

Таблиця 2

Характеристики перерізу прогонової будови

Характеристика	Значення
Приведена площа, m^2	3,403
Приведений момент інерції I_z , m^4	3,57
Приведений момент інерції I_y , m^4	2,808

Було проаналізовано значення амплітуд і прискорень у середині прогону при швидкостях 200, 300 і 400 км/год.

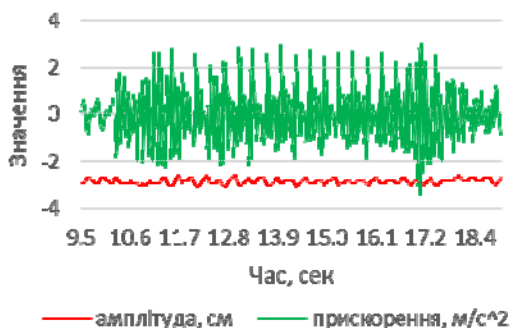


Рис. 3. Графік амплітуд і прискорень у середині прогону при швидкості 200 км/год



Рис. 4. Графік амплітуд і прискорень у середині прогону при швидкості 300 км/год

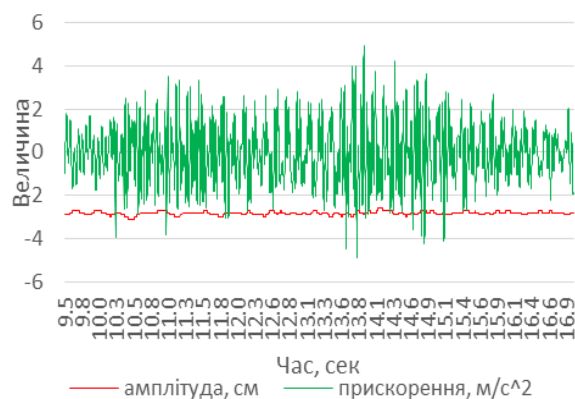


Рис. 5. Графік амплітуд і прискорень у середині прогону при швидкості 400 км/год

Отримані амплітуди переміщень не перевищують 3,1 см, а прискорення $4,9 m/s^2$.

Результати

В результаті аналізу можливості введення швидкісного руху і дослідження динаміки нерозрізних залізобетонних будов, було встановлено наступне:

1. На Україні ще немає досвіду впровадження високошвидкісного залізничного руху зі швидкістю більше 176 км/год.

2. Перешкодою для високошвидкісного руху є велика існуюча кількість споруд, які не відповідають вимогам нормативних документів і потребують ремонту.

3. Розрахунок показав, що залізобетонна нерозрізна прогонова будова під високошвидкісним навантаженням має малі прогини, які набагато менші максимально допустимих [1].

Висновки

1. Розрахунок показав, що існуючі залізобетонні прогонові будови, які побудовані під

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

навантаження і від вантажних поїздів, і від пасажирських, можуть бути придатними для швидкісного руху. Вони мають малу амплітуду коливань за рахунок великої жорсткості.

2. Важливим завданням є розробка нової конструкції прогонових будов спеціально під швидкісні пасажирські потяги.

3. При розрахунку потрібно обчислювати прискорення прогонової будови, знаючи конкретні характеристики баласту. Для запобігання порушення стійкості баласту рекомендується прискорення не більше $3,5 \text{ м/с}^2$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Взаимодействие неразрезного пролетного строения с подвижным составом [Текст] / М. М. Бреслер, Ю. А. Радзиховский, З. Г. Ройтбурд, Э. М. Тененбаум // Вопросы динамики мостов и теории колебаний. – Днепропетровск, 1982. – Вып. 222/26. – С. 90-104.
2. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – Чинні від 2007-02-01. – Київ : Мін. буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с.
3. Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України ЦП-0050 [Текст].
4. ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування [Текст].
5. ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2. Рухомі навантаження на мости (EN 1991-2:2003, ЮТ) [Текст].
6. Взаимодействие неразрезного пролетного строения с подвижным составом [Текст] / М. М. Бреслер, Ю. А. Радзиховский, З. Г. Ройтбурд, Э. М. Тененбаум // Вопросы динамики мостов и теории колебаний. – Днепропетровск, 1982. – Вып. 222/26. – С. 90-104
7. 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. – Київ : ІЕЗ ім. Є. О. Патона, 2010. – 216 с.
8. Артемов, В. Е. Гармонический анализ изгибных колебаний неразрезных пролетных строений мостов [Текст] / В. Е. Артемов, И. Г. Мудрая // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-та заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – Вып. 31. – С. 157-160.
9. Запорожец, Д. К. Исследования пространственных колебаний металлических мостов с неразрезными пролетными строениями [Текст] / Д. К. Запорожец // Теория колебаний и динамика мостов. – Днепропетровск, 1969. – Вып. 89. – С. 101-112.
10. Запорожец, Д. К. Амплитуды горизонтальных колебаний мостов с неразрезными пролетными строениями [Текст] / Д. К. Запорожец // Теория колебаний и динамика мостов. – Днепропетровск, 1969. – Вып. 89. – С. 112-119.
11. Солдатов, К. І. Дослідження динаміки нерегулярних по довжинах прогонів мостових конструкцій [Текст] / К. І. Солдатов, Г. С. Железняк, К. В. Гуржий // Вісник ДНУЗТ, 2004. – Вып. 4. – С. 221-226.
12. Наказ № 436/Н от 06.08.2013. Про встановлення допустимих швидкостей руху поїздів на Придніпровській залізниці [Текст].
13. Підтримка інтеграції України до Транс-Європейської транспортної мережі ТЕМ-Т. РК 2. Швидкісний залізничний транспорт [Текст]. Заключний звіт 2.1. Грудень 2010 року.
14. Новые технологии в мостостроении: мосты на высокоскоростных железнодорожных магистралях: сборник трудов [Текст] / Федеральное агентство ж.-д. трансп., Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Петербургский гос. ун-т путей сообщ.; под ред. В. Н. Смирнова [Текст]. – Санкт-Петербург : Петербургский гос. ун-т путей сообщ., 2013. – 60 с.
15. Lena Björklund. Dynamic Analysis of a Railway Bridge subjected to High Speed Trains [Text] / Lena Björklund // Borlänge, December 2004.
16. Vertical dynamic interaction of trains and rail steel bridges [Text] / Yan Q Sun, Colin Cole, Maksym Spiriyagin, Manicka Dhanasekar // Electronic Journal of Structural Engineering 13(1) 2013.
17. Dynamic analysis of high speed railway bridge under articulated trains [Text] / He Xia, Nan Zhang, Guido De Roeck // Computers and Structures 81, (2003).
18. Бате, К. Численные методы анализа и метод конечных элементов [Текст] / К. Бате, Е. Вилсон. – Москва : Стройиздат, 1982. – 448 с.
19. Ржаницын, А. Р. Строительная механика: Учеб. пос. для вузов [Текст] / А. Р. Ржаницын. – Москва : Высш. шк., 1982. – 400 с.
20. Розин, Л. А. Стержневые системы как системы конечных элементов / Л. А. Розин. – Ленинград : Изд. Ленингр. ун-та, 1975. – 237 с.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

А. С. РАСПОПОВ, А. Г. МАРИНИЧЕНКО*

* Каф. «Мости», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (063) 183 96 41, эл. почта alexeimar@mail.ru

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ НЕРАЗРЕЗНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЯХ

Цель. Анализ существующего скоростного железнодорожного движения Украины, пригодности пути и инженерных сооружений для высокоскоростных поездов, определение возможности внедрения скоростного железнодорожного движения по существующим железобетонным мостам с неразрезными пролетными строениями. Определение факторов влияния на динамическое поведение мостов под подвижной нагрузкой, влияние параметров конструкции и подвижного состава. Взаимодействие поезда и пролетного строения. **Методика.** Выбор железобетонных неразрезных пролетных строений для анализа, разработка модели пролетного строения для проведения динамического расчета, динамический расчет и анализ поведения пролетных строений под скоростными нагрузками. **Результаты.** Проанализирована работа неразрезного железобетонного пролетного строения под нагрузкой в зависимости от скорости движения. Получены величины прогибов и ускорений пролетного строения для различных скоростей движения. Определена возможность пропуска высокоскоростных поездов с различными скоростями движения. **Научная новизна.** Определена возможность пропуска скоростных поездов по существующим пролетным строениям по параметрам напряженно-деформированного состояния от подвижной нагрузки (максимальные перемещения и ускорения пролетного строения). **Практическая значимость.** Определение пригодности существующих неразрезных железобетонных пролетных строений для движения скоростных пассажирских поездов с разной скоростью.

Ключевые слова: динамика мостов; железобетонные мосты; неразрезные пролетные строения; высокоскоростное движение; Belinda Structure

А. RASPOPOV, А. MARINICHENKO*

* Dept. of Bridges, Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (063) 183 96 41, e-mail alexeimar@mail.ru

GUIDELINES FOR IMPLEMENTATION OF HIGH SPEED TRAINS ON EXISTING CONTINUOUS CONCRETE SPAN

Purpose. Analysis of existing high-speed railway traffic Ukraine, fitness track and engineering structures for high-speed trains, determine the possibility of the introduction of high-speed railway traffic on existing reinforced concrete bridge with a continuous spans. Determination of factors influencing the dynamic behavior of bridges under moving loads, influence design parameters and rolling stock. Interaction train and span. **Methodology.** The choice of a continuous reinforced concrete spans for the analysis, development models span for dynamic analysis, dynamic analysis and calculation behavior spans under high-speed loading. **Findings.** Analyzed the work of continuous reinforced concrete span under load depending on the speed. These values deflections and accelerations span for different speeds. The possibility of crossing high-speed trains with different speeds. **Originality.** The possibility of crossing high-speed trains on the existing span of the parameters of the stress-strain state of a moving load (maximum displacement and acceleration span). **Practical value.** Determination of the suitability of existing reinforced concrete spans of continuous movement for high-speed passenger trains at different speeds.

Keywords: dynamic interaction; concrete bridges; continuous bridge; high speed train; Belinda Structure

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В. Д. Петренко (Україна), д.т.н., проф. А. І. Лантухом-Лященко (Україна).

Надійшла до редколегії 20.08.2014.

Прийнята до друку 20.09.2014.