

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21.09.014:625.1

К. І. СОЛДАТОВ<sup>1</sup>, В. А. МІРОШНИК<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Кафедра «Мости», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка

В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010 Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 096 527 26 01, ел. пошта kim-kim@i.ua

<sup>2\*</sup> ГНДЛ штучних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка

В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010 Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 097 828 64 87,

ел. пошта miroshnik\_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

### ВИЗНАЧЕННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ МЕТАЛЕВИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ІЗ СУЦІЛЬНОЮ СТІНКОЮ З ЇЗДОЮ ПОВЕРХУ ЗА ВЕЛИЧИНОЮ ПРУЖНИХ ПРОГИНІВ ВІД ЗАЛІЗНИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

**Мета.** Метою даної роботи є розробка методики визначення вантажопідйомності металеві прогону будови із суцільною стінкою з їздою верхом під залізничну колію, за результатами статичних випробувань прогону будов даного типу. **Методика.** Для прогону будови, що підлягає класифікації, проводиться обстеження та виконуються вимірювання прогинів при статичному навантаженні з застосуванням простих вимірювальних приладів (прогиномірів). Отримання даних по прогину не є складним, але дає реальну картину стану прогону будови враховуючи і скриті дефекти, (стан опорних частин, наявність послаблення корозією, тощо, що дуже суттєво). **Результати.** Для можливості застосування даної методики для визначення вантажопідйомності (класу) прогону будов даного типу перш за все з численних звітів було зроблено вибірку основних параметрів прогону будов, результати вимірювань статичного прогину та тип навантаження. На основі даних випробувань був побудований графік залежності експериментального прогину прогону будови від розрахункової довжини прогону. **Наукова новизна.** Спираючись на літературні джерела, робота у даному напрямку є новою і у подальшому пропонується впровадити дану методику для загального користування, шляхом розробки доповнення до існуючих настанов [6]. **Практична значимість.** Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що застосування даної методики на всіх залізницях України при класифікації металевих прогону будов, дасть змогу тільки за рахунок перерахунку підвищити реальну несучу здатність прогону будов на 10...35 %.

**Ключові слова:** вантажопідйомність; металева прогону будова; пружний прогин; залізничне навантаження; дефект; жорсткість прогону будови

#### Вступ

З 2014 року авторами статті ведуться дослідження по визначенню фактичної вантажопідйомності залізобетонних прогону будов залізничних мостів методом класифікації з урахуванням пружних прогинів та частоти власних коливань. На основі цих досліджень розроблена методика [1, 2], яка дала хороші результати з тих позицій, що у розрахункові формули підставлялись експериментальні дані, які відображали реальний стан прогону будови, а не теоретичні, більшість з яких приймалась не зовсім обґрунтовано. Виходячи з цього дана робота присвячена розширенню кола застосування даної методики на металеві балкові прогону

будови з суцільною стінкою залізничних мостів. Вважаємо, що безпечні режими пропуску навантажень, що обертаються по залізничних мостах взагалі та по металевих прогону будов із суцільною стінкою з їздою верхом зокрема, повинні базуватися на підставі достовірних даних про їх фактичну вантажопідйомність.

#### Мета

Метою даної роботи є розробка методики визначення вантажопідйомності металеві прогону будови із суцільною стінкою з їздою верхом під залізничну колію, за результатами статичних випробувань прогинів прогону будов даного типу.

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

**Методика**

Методика визначення класу прогонової будови полягає в наступному. Для прогонової будови, що підлягає класифікації, проводиться обстеження та виконуються вимірювання прогинів при статичному навантаженні з застосуванням простих вимірювальних приладів (прогиномірів). Отримання даних по прогину не є складним, але дає реальну картину стану прогонової будови враховуючи і скриті дефекти, (стан опорних частин, наявність послаблення корозією, тощо, що дуже суттєво).

В свою чергу наявність прогину прогонової будови при статичних випробуваннях рівномірно-розподіленим навантаженням дає надійну інформацію для обчислення реального класу прогонової будови. З цією метою були оброблені результати випробувань, проведених ГНДЛ динаміки мостів (зараз ГНДЛ штучних споруд) ДНУЗТ, по даному типу прогонових

будов за період більше як 70 років. Наявність великої кількості даних випробувань від різних типів навантажень дає можливість застосувати для обробки даних статистичні методи і на їх основі запропонувати емпіричну залежність прогину від довжини та жорсткості прогонової будови.

**Результати**

Для можливості застосування даної методики для визначення вантажопідйомності (класу) прогонових будов даного типу перш за все з численних звітів було зроблено вибірку основних параметрів прогонових будов, результати вимірювань статичного прогину та тип навантаження. Решта цих даних зведена у табл. 1 як вихідні дані для подальшого використання при розрахунках. Наявність даних по складу перерізу балок дає можливість розрахунку площі (табл..1) та моменту інерції (табл..2).

Таблиця 1

**Дані по прогонових будовах (вихідні)**

№ з/п	Площа перерізу балки в 1/2 прогонової будови, $A, \text{см}^2$	Повна довжина прогонової будови, $l_n, \text{см}$	Розрахункова довжина прогонової будови, $l_p, \text{см}$	Випробувальне навантаження, на 1 балку, $h_{\text{вип}}, \text{кН/м}$
1	2	3	4	5
1	284,12	980	910	33,65
2	315,10	955	921	33,60
3	281,80	960	922	33,40
4	425,40	1018	946	57,05
5	358,92	1186	1130	42,69
6	288,13	1231	1148	41,50
7	315,92	1188	1150	28,90
8	464,20	1375	1341	33,27
9	334,00	1440	1361	30,58
10	408,45	1835	1780	28,64
11	479,60	1870	1820	45,25
12	517,80	1902	1850	37,52
13	517,80	1902	1850	37,52
14	729,60	2360	2300	28,70
15	573,60	2360	2300	28,70
16	596,40	2360	2300	28,70
17	1092,80	3424	3360	38,15

Параметри прогонових будов (розрахункові та експериментальні)

№ з/п	Розрахунковий момент інерції в 1/2 прогонової будови, з урахуванням корозії, $I_{cp}$ , см <sup>4</sup>	Розрахунковий момент опору поперечного перерізу балки, $W_0$ , см <sup>3</sup>	Реальний момент опору поперечного перерізу балки, $W_0^p$ , см <sup>3</sup>	Експериментальне значення прогину, $f_{експ.}$ , см	Теоретичне значення прогину, $f_{теор.}$ , см
1	2	3	4	5	6
1	626127,6	10795,3	7396,3	0,34	0,23
2	623817,4	11240,0	8604,1	0,32	0,24
3	587052,4	10436,5	8749,0	0,31	0,26
4	1730000,0	21305,4	32332,8	0,11	0,17
5	590218,0	12296,2	10657,9	0,86	0,75
6	793823,7	12511,0	13297,2	0,54	0,57
7	1031457,8	14630,6	11329,5	0,40	0,31
8	2221209,6	27157,5	16629,1	0,50	0,31
9	1342761,9	17083,5	13832,1	0,61	0,49
10	3099605,2	28345,7	25180,4	0,66	0,59
11	3509088,0	32193,5	28505,4	1,01	0,89
12	4805180,2	40930,0	42253,7	0,56	0,58
13	4805180,2	40930,0	38790,3	0,61	0,58
14	6345171,2	58212,6	47523,9	0,98	0,80
15	4204223,2	40817,7	37912,7	1,30	1,21
16	7011452,2	66903,2	62102,5	0,78	0,72
17	16040445,4	156035,5	142367,5	2,10	1,92

Якщо тепер якомога точніше встановити послаблення корозією (встановлюється при обстеженні), то будемо мати реальні моменти інерції.

Згідно [6] клас лементів (в даному випадку балка) визначається за формулою (1):

$$K = \frac{k}{k_{et}(1 + \mu)}, \quad (1)$$

де  $k$  – допустиме тимчасове навантаження, яке безпечно витримує елемент, кН./м;  $k_{et}$  – еталонне тимчасове вертикальне навантаження Н1 за схемою поїзда зразка 1931 року, (визначається за додатком А ГСТУ 32.6.03.111-2002), кН/м;  $(1 + \mu)$  – динамічний коефіцієнт до еталонного

тимчасового вертикального навантаження Н1 за схемою поїзда 1931 року.

При розрахунках балок на міцність, загальну стійкість та витривалість основною величиною, що підлягає обчисленню, є момент опору поперечного перерізу балки, який фігурує у всіх трьох наступних формулах відповідних розрахунків [6].

Допустимі вертикальні тимчасові навантаження від залізничного рухомого складу, кН/м колії, для головних балок визначаються за відповідними формулами:

- на міцність за нормальними напруженнями за формулою (2):

$$k_M = \frac{1}{\varepsilon_v n_v \Omega_v} (0,001 m R \chi W_0 - \varepsilon_p p \Omega_p). \quad (2)$$

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- на загальну стійкість стінки балки за формулою (3):

$$k_{ст} = \frac{1}{\varepsilon_v n_v \Omega_v} (0,001 m \varphi R W_{бр} - \varepsilon_p p \Omega_p). \quad (3)$$

- на витривалість за формулою (4):

$$k_B = \frac{1}{\varepsilon_v \theta \Omega_v} (0,001 \gamma_w m R W_0 - \varepsilon_p p' \Omega_p). \quad (4)$$

У даних формулах введені наступні позначення:  $\varepsilon_v$  – частка вертикального навантаження від рухомого складу на одну балку з урахуванням ексцентриситету колії відносно осі прогонової будови;  $n_v$  – коефіцієнт надійності для вертикального навантаження від рухомого складу;  $\Omega_v, \Omega_p$  – площі ліній впливу згинального моменту, які завантажуються відповідно рухомим складом та постійним навантаженням,  $m^2$ ;  $m$  – коефіцієнт умов роботи;  $R$  – основний розрахунковий опір матеріалу балки, МПа;  $\chi$  – поправочний коефіцієнт до розрахункового моменту опору;  $W_0$  – розрахунковий момент опору поперечного перерізу балки,  $см^3$ ;  $\varepsilon_p$  – частка постійного навантаження, яка припадає на одну балку;  $p = \sum n_{pi} p_i$  – сумарна розрахункова інтенсивність постійних навантажень, кН/м колії, де  $n_{pi} p_i$  – інтенсивність кожного із постійних навантажень  $p_i$  з відповідним коефіцієнтом надійності  $n_{pi}$ ;  $\varphi$  – коефіцієнт поздовжнього згину, згідно з додатком Ж [6];  $W_{бр}$  – момент опору бруто всього попе-

речного перерізу балки для її стиснутого волокна відносно горизонтальної осі,  $см^3$ ;  $\theta$  – перехідний коефіцієнт, який визначається за додатком Б [6];  $\gamma_w$  – коефіцієнт зниження розрахункового опору в розрахунках на витривалість.

Для подальших розрахунків було обрано дві прогонові будови довжиною 9,22 м та 11,48 м можна сказати протилежних типів. У першому випадку теоретичний прогин менший експериментального, а в другому – теоретичний прогин більше експериментального. Дані для розрахунків зведені в табл. 3, а результати у табл. 4.

Враховуючи, що в окремих випадках відсутні дані по прогину прогонової будови, на основі даних випробувань був побудований графік залежності експериментального прогину прогонової будови від розрахункової довжини прогону який наведений на рис. 1 та була підібрана функція залежності прогину від розрахункової довжини (5).

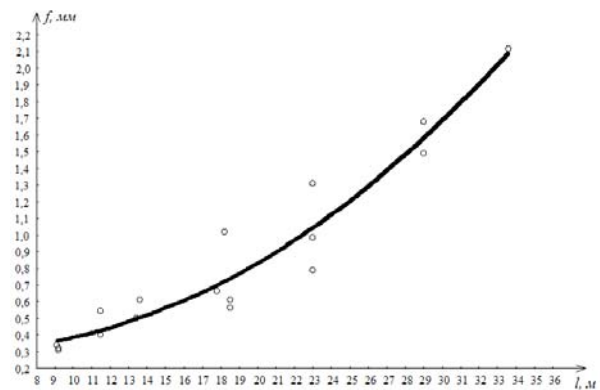


Рис. 1. Графік залежності експериментального прогину прогонової будови від розрахункової довжини прогону

Таблиця 3

## Вихідні дані

Чергове число	Розрахункова довжина прогонової будови, $l_p$ , см	Площі ліній впливу згинального моменту, $\Omega_v, \Omega_p$ , $m^2$	Розрахунковий опір матеріалу балки, $R$ , МПа	Сумарна розрахункова інтенсивність постійних навантажень, $p$ , кН/м	Коефіцієнт надійності, $n_v$	Коефіцієнт поздовжнього згину, $\varphi$	Динамічний коефіцієнт, $(1 + \mu)$	Еталонне тимчасове вертикальне навантаження, $k_{et}$ , кН/м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	922	10,65	160	21,56	1,141	0,900	1,69	22,15
2	1148	16,47	185	20,7	1,139	0,896	1,65	20,25

## Результати розрахунків класів

№ з/п	Розрахункова довжина прогонової будови, $\ell_p$ , см	Методика	Вид розрахунку	Допустиме тимчасове навантаження, $k$ , кН/м	Клас балки, $K$
1.	922	Загальна	Міцність	223,00	5,96
			Стійкість	228,51	6,10
			Витривалість	204,08	5,45
		Пропонована	Міцність	234,61	6,27
			Стійкість	240,38	6,45
			Витривалість	214,63	5,73
2.	1148	Загальна	Міцність	198,95	5,95
			Стійкість	202,90	6,07
			Витривалість	181,58	5,43
		Пропонована	Міцність	270,29	8,09
			Стійкість	342,40	10,3
			Витривалість	244,06	7,30

$$f = 0,3449 - 0,0162l + 0,002l^2. \quad (5)$$

Але даний графік може бути використаний тільки у тих випадках якщо відсутні дані по експериментальним прогонам прогонових будов і необхідно отримати не зовсім достовірні дані по вантажопідйомності (розбіжність не більше 5...7 %). Це продиктовано тим, що відсутня пряма залежність довжини прогону від моменту інерції (для однієї і тієї довжини як правило при проектуванні маємо моменти інерції які значно відрізняються). Крім того для прогонових будов даного типу слід враховувати рік проектування (виготовлення або початку експлуатації) з наступних міркувань.

На даний момент на залізницях України та країн СНД експлуатується ще багато металевих мостів, що були побудовані до революції, після революції та у воєнні та післявоєнні роки.

Якщо провести аналіз якості металу металевих мостів, то такі свідчення доволі обґрунтовані є починаючи з 1883 року, оскільки саме у цей час (1884 рік) в Росії з'явилися перші розрахункові норми. Метал, що використовувався для виготовлення металевих мостів, розподілявся на зварне та лите залізо. У цей час Росія в основному орієнтувалась на норми Німеччини

та Сполучених Штатів і саме дослідження вчених цих країн приймалися до уваги.

Можна вважати, що тільки починаючи з 1924 року, коли вийшов наказ НКПС № 1427 від 09.07.1924 року «Нормы перерасчета старых железных мостов» це питання почало набувати широкого втілення у практику. Росія встановлювала свої норми перерахунку металевих мостів у період 1884-1925 року орієнтуючись на Німеччину та Сполучені Штати. Саме у 1924 році офіційно встановлюються нормативні значення тимчасового опору розриву та допустимих напружень для зварного та литого заліза. Ці значення відображені у наступній табл. 5.

Дискусія, що тривала протягом 4 років, закінчилась у 1928 році прийняттям нових норм, які затверджували в основному існуючі з 1924 року нормативи, та були введені додаткові. Крім того дані норми офіційно вводили формулу для розрахунку динамічного коефіцієнту у такому вигляді (6):

$$1 + \mu = 1 + 0,625 \cdot \frac{1}{1 + 0,02 \cdot \lambda}, \quad (6)$$

де  $\lambda$  – довжина лінії впливу, що завантажується, м.

Тимчасові опори розриву та допустимих напружень заліза металевих мостів

Тип заліза	Зварне				Лите					
	До 1883	1883 1890	1883 1894	1883 1928	1885 1888	1888 1898	1898 1905	1905 1915	1915 1924	1924 1928
Час спорудження мосту, рік										
Тимчасовий опір розриву $R$ , кг/см <sup>2</sup>	3100	3100	3400	3400	4000 4700	3400 4000	3500 4500	3700 4500	3700 4500	3700 4400
Допустимі напруження $R_0$ , кг/см <sup>2</sup>	800	1000	1150	1200	1300	1300	1400	1450	1500	1500

Таким чином максимальне значення динамічного коефіцієнта дорівнювало 1,625 і незначно залежало від довжини лінії впливу.

Наявність даних по реальному прогину та випробувальному навантаженню дає змогу отримати його з формули для визначення прогину. Пружний прогин статично визначної балки при її завантаженні рівномірно-розподіленим по довжині прогонової будови навантаженням визначається за відомою формулою будівельної механіки [10] (7).

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI}, \quad (7)$$

де  $f$  – статичний прогин балки, м;  $q$  – рівномірно розподілене (погонне) навантаження, кН/м;  $l$  – розрахунковий прогін балки, м;  $E$  – модуль пружності матеріалу балки, кН/м<sup>2</sup>;  $I$  – момент інерції поперечного перетину балки, м<sup>4</sup>.

У наведеній формулі (8)  $W_0$  – є момент опору перерізу прогонової будови, м<sup>3</sup>, який є не розрахунковим, а реальним, оскільки реальним є прогин.

$$W_0 = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{E \cdot f_{експ.} \cdot y_{max}} \quad (8)$$

$$W_0 = W_{nt} = I_{nt} / y_{max}$$

Таким чином для отримання більш достовірних даних по жорсткості ми маємо всі фіксовані величини, де основну роль тепер складає точне визначення інтенсивності навантаження розрахункової довжини прогону. Розрахункову довжину необхідно брати не з довідників, а вимірювати при обстеженні. Наприклад, з довідника [11] прогонова будова має розрахункову довжину 9,50 в той час як при обстеженні має-

мо 9,10м. Різниця в розрахунковій довжині складає 40см. Це дає помилку (якщо користуватись довідником) у сторону зменшення 18,77 %.

#### Наукова новизна та практична значимість

У публікаціях з визначення вантажопідйомності прогонових будов залізничних мостів дана методика не застосовувалась. Отримані результати по розрахунках для залізобетонних прогонових будовах свідчать про те, що спираючись тільки на теоретичні вихідні дані ми отримуємо занижений клас прогонової будови. Аналогічну картину отримано і у даному випадку. Практично це означає, що для великої кількості мостів з металевими прогоновими будовами з суцільною стінкою, ми можемо по аналогії з залізобетонними прогоновими будовами очікувати підвищення (в окремих випадках зниження) класу до 30 %.

#### Висновки

Результати наведених двох прикладів розрахунку вантажопідйомності прогонових будов залізничних мостів з суцільною стінкою свідчать про наступне. По-перше, дана методика ніскільки не ускладнює розрахунки. Значно (до 30 %) підвищено клас прогонової будови яка має практично однакові величини експериментального та теоретичного прогинів. Але більш значущий результат отримано для прогонової будови у якої прогин при випробуванні на 19,2 % більше теоретичного. Класи, визначені за загальною методикою та запропонованою, мають різницю до 5 % (причому на міцність менший, а на витривалість та стійкість – більший).

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Солдатов, К. І. Визначення класів залізничних залізобетонних прогонових будов мостів за величиною пружних прогинів [Текст] / К. І. Солдатов, М. К. Журбенко, С. В. Ключник, В. А. Мірошник // Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика. – 2012. – Вип. 3. – С. 187-193.
2. Солдатов, К. І. Визначення класу залізобетонної прогонової будови залізничного моста за частотою (періоду) власних коливань [Текст] / К. І. Солдатов, М. К. Журбенко, В. А. Мірошник // Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика. – 2015. – Вип. 7. – С. 57-64.
3. Тарасенко, В. П. Визначення фактичної вантажопідйомності прогонових будов під суміщену їзду металевих мостів, що експлуатуються, з урахуванням сучасних автомобільних навантажень [Текст] / В. П. Тарасенко, В. І. Соломка, Б. В. Савчинський // Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – вып. 43, – Днепропетровск: ПГАСА, 2007. – С. 532 – 536.
4. Інструкція з визначення умов пропуску рухомого складу по металевих та залізобетонних залізничних мостах [Текст] / Г. О. Линник – Київ : «Алькор», 2002. – 301 с.
5. Солдатов, К. І. Порівняльний розрахунок класу залізничної залізобетонної прогонової будови моста [Текст] / К. І. Солдатов, М. К. Журбенко, С. В. Ключник, А. В. Гармаш // Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика. – 2012. – Вип. 3. – С. 194-198.
6. ГСТУ 32.6.03.111-2002. Правила визначення вантажопідйомності металевих прогонових будов залізничних мостів [Текст] / В. І. Борщов, М. М. Попович, К. І. Солдатов, В. П. Тарасенко і ін. – Дніпропетровськ : Вид-во ДНУЗТ, 2003. – 381 с.
7. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – Надано чинності 2007-02-01. – Київ : Мін. буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с.
8. Шульман, З. А. Испытания и мониторинг инженерных сооружений [Текст] / З. А. Шульман, И. З. Шульман. – Днепропетровск : «Лира», 2013. – 536 с.
9. Корнеев М. М. Стальные мосты [Текст] / М. М. Корнеев – Киев, 2003. – 546 с.
10. Ржаницын, А. Р. Строительная механика [Текст] / А. Р. Ржаницын. – Москва : Высш. школа, 1991. – 439с.
11. Аретинский, В. А. Справочник мостового и тоннельного мастера [Текст] / В. А. Аретинский, И. И. Меринов. – Москва : Всесоюзное издательско-полиграфическое объединение Министерства Путей Сообщения, 1963. – 520 с.
12. Ovchinnikov, P. Using of finite element modeling for determination of buckling possibility in lengthwise stiffeners of orthotropic plate for bridge spans under operational load [Текст] / P. Ovchinnikov, S. Kliuchnik // Мости та тунелі : теорія, дослідження, практика. – 2014. – Вип. 5. – С. 130-135.

К. И. СОЛДАТОВ<sup>1</sup>, В. А. МИРОШНИК<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Кафедра «Мосты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 096 527 26 01, эл. почта kim-kim@i.ua

<sup>2\*</sup> ОНИЛ искусственных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 097 828 64 87, эл. почта migoshnik\_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ СО СПЛОШНОЙ СТЕНКОЙ С ЕЗДОЙ ПОВЕРХУ ПО ВЕЛИЧИНЕ УПРУГОГО ПРОГИБУ ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ НАГРУЗКИ

**Цель.** Целью данной работы является разработка методики определения грузоподъемности металлического пролетного строения со сплошной стенкой с ездой поверху под железнодорожный путь, по результатам статических испытаний пролетных строений данного типа. **Методика.** Для пролетного строения, подлежащего классификации, проводится обследование и выполняются измерения прогибов при статической нагрузке с применением простых измерительных приборов (прогибомеров). Получение данных по прогибу не является сложным, но дает реальную картину состояния пролетного строения, учитывая и скрытые дефекты (состояние опорных частей, наличие ослабления коррозией и т.д., что очень существенно). **Результаты.** Для возможности применения данной методики для определения грузоподъемности (класса)

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

пролетных строений данного типа, прежде всего из многочисленных отчетов было сделано выборку основных параметров пролетных строений, результаты измерений статического прогиба и тип нагрузки. На основе данных испытаний был построен график зависимости экспериментального прогиба пролетного строения от расчетной длины пролета. **Научная новизна.** Опираясь на литературные источники, работа в данном направлении является новой и в дальнейшем предлагается внедрить данную методику для общего пользования, путем разработки дополнения к существующим нормам [6]. **Практическая значимость.** Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что применение данной методики на всех железных дорогах Украины при классификации металлических пролетных строений, позволит только за счет пересчета повысить реальную несущую способность пролетных строений на 10 ... 35 %.

*Ключевые слова:* грузоподъемность; металлическое пролетное строение; упругий прогиб; железнодорожная нагрузка; дефект; жесткость пролетного строения

KIM SOLDATOV<sup>1</sup>, VITALIY MIROSHNIK<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Bridges Department, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan,

2 Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 096 527 26 01, e-mail kim-kim@i.ua

<sup>2\*</sup> Industrial research laboratory of artificial structures, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, phone number: +38 097 828 64 87, e-mail miroshnik\_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

## DETERMINATION OF BEARING CAPACITY OF METAL SPANS WITH SOLID WALL WITH UPPER-LEVEL TRAFFIC BY THE MAGNITUDE OF THE ELASTIC DEFLECTION FROM RAILWAY LOAD

**Purpose.** The purpose of given work is the development of method for bearing capacity determination of metal spans with solid wall with upper-level traffic for the railway based on the results of static tests of given type of spans. **Methodology.** For the span that is being classified the survey is being conducted and the deflection under the static load using simple measuring devises (deflectometers) are performed. Obtaining the deflection data is not complicated but gives the actual view of the span condition including hidden flaws (condition of bearing parts, corroded weakenings, that are very significant) **Findings.** For the possibility of the given method of bearing capacity (class) determination for spans of given type application, first of all, from the numerous reports the selection was made of the main parameters of spans, results of static deflection measurements and load types. Based on the tests data the plot was drawn for the span experimental deflection dependence from the nominal span length. **Originality.** Based on the literature sources, this work is new in given direction and further such method is to be implemented for the common use by the development of the addition for the current standards [6]. **Practical value.** The analysis of obtained results shows that the application of given method on all the railways of Ukraine during the classification of metal spans will allow only by the recalculation to increase the actual bearing capacity of spans by 10..35 %.

*Keywords:* bearing capacity; metal span; elastic deflection; railway load; flaw; span rigidity

### REFERENCES

1. Soldatov K. I., Zhurbenko M. K., Kliuchnyk S. V., Miroshnyk V. A. Vyznachennia klasiv zaliznychnykh zalizobetonnykh prohonovykh budov mostiv za velychynoiu pruzhnykh prohyniv [Determining the class of the railway reinforced concrete spans of the bridges by considering the magnitude of the elastic sags]. *Mosty ta tuneli : teoriya, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels : theory, research, practice*, 2012, issue 3, pp. 187-193.
2. Soldatov K. I., Zhurbenko M. K., Miroshnyk V. A. Vyznachennia klasu zalizobetonnoi prohonovoi budovy zaliznychnoho mosta za chastotoiu (periodu) vlasnykh kolyvan [The class definition for railroad reinforced concrete bridge span by its frequency (period) of characteristic oscillations]. *Mosty ta tuneli : teoriya, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels : theory, research, practice*, 2015, issue 7, pp. 57-64.
3. Tarasenko V. P., Solomka V. I., Savchynskyi B. V. Vyznachennia faktychnoi vantazhopidomnosti prohonovykh budov pid sumishchenu yizdu metalevykh mostiv, shcho ekspluatuyutsia, z urakhuvanniam suchasnykh avtomobilnykh navantazhen [Determining the actual capacity spans in combined driving metal bridges operated, with current car load]. *Sbornik nauchnykh trudov: Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie* [Collections of the scientific labor: Construction. Materials Science. Engineering]. Dnepropetrovsk: PHASA, 2007. issue 43, pp. 532 – 536.



## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

4. Lynnyk H. O. *Instruktsiia z vyznachennia umov propusku rukhomoho skladu po metalevykh ta zalizobetonnykh zaliznychnykh mostakh* [Instructions to determine the conditions of admission of rolling stock on metal and concrete railway bridges]. Kyiv, Alkor Publ., 2002. 301 p.
5. Soldatov K. I., Zhurbenko M. K., Kliuchnyk S. V., Harmash A. V. Porivnialnyi rozrakhunok klasu zaliznychnoi zalizobetonnoi prohonovoi budovy mosta [The comparative calculation of the class of the reinforced concrete span of the railway bridge]. *Mosty ta tuneli : teoriya, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels : theory, research, practice*, 2012, issue 3, pp. 194-198.
6. HSTU 32.6.03.111-2002. *Pravyla vyznachennia vantazhopidionnosti metalevykh prohonovykh budov zaliznychnykh mostiv* [Rules of duty metal spans railway bridges]. Dnipropetrovsk, DNUZT Publ., 2003. 381 p.
7. DBN V.2.3-14-2006. *Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannya* [State Standard V.2.3-14-2006. Transport constructions. Bridges and pipes. Design rule]. Kyiv, Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury i zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Publ., 2006. 359 p.
8. Shulman Z. A. *Ispytaniya i monitoring inzhenernykh sooruzheniy* [Testing and monitoring of engineering structures]. Dnepropetrovsk, Lira Publ., 2013. 536 p.
9. Korneev M. M. *Stalnye mosty* [Steel Mosty]. Kiev, 2003. 546 p.
10. Rzhanytsyn A.R. *Stroitel'naya mekhanika* [Mechanics cladding]. Moskva, Vysshaya shkola Publ., 1991. 439p.
11. Aretinskiy V. A., Merinov I. I. *Spravochnik mostovogo i tonnel'nogo mastera* [Directory bridge and masters tunnelnoho]. Moskva, Vsesoyuznoe izdatelsko-poligraficheskoe obiedinenie Ministerstva Putej Soobshheniya Publ., 1963. 520 p.
12. Ovchinnikov P., Kliuchnik S. Using of finite element modeling for determination of buckling possibility in lengthwise stiffeners of orthotropic plate for bridge spans under operational load. *Mosty ta tuneli : teoriya, doslidzhennja, praktyka – Bridges and tunnels : theory, research, practice*, 2014, issue 5, pp. 130-135.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В. Д. Петренко (Україна), д.т.н., проф. Й. Й. Лучко (Україна).

Надійшла до редколегії 12.10.2015.

Прийнята до друку 21.12.2015.