

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21.095.2.014-021.485

В. І. СОЛОМКА^{1*}, В. А. МИРОШНИК², Г. Д. ПІНЧУК^{3*}, В. Л. РИКІНА⁴

^{1*} Галузева науково-дослідна лабораторія штучних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 056 233 58 12, ел. пошта solomka.valya@rambler.ru, ORCID 0000-0003-0567-6483

² Галузева науково-дослідна лабораторія штучних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 056 233 58 12, ел. пошта miroshnik_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

^{3*} Галузева науково-дослідна лабораторія штучних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 056 233 58 12, ел. пошта migonova_anuuta@mail.ru, ORCID 0000-0003-1471-2407

⁴ Галузева науково-дослідна лабораторія штучних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 056 233 58 12, ел. пошта vera-dossor@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4274-3473

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ МЕТАЛЕВИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ З ЇЗДОЮ ПОВЕРХУ ПРИ БЕЗПОСЕРЕДНЬОМУ ОБПИРАННІ МОСТОВОГО ПОЛОТНА НА ВЕРХНІ ПОЯСИ ФЕРМ

Мета. Дослідження особливостей визначення вантажопідйомності металевих прогонових будов з їздою поверху при безпосередньому обпиранні мостового полотна на верхні пояси ферм методом класифікації. **Методика.** Визначення вантажопідйомності елементів верхніх поясів металевих наскрізних ферм виконано методом класифікації для прогонової будови, що знаходиться в експлуатації з 1903 року. Прогонова будова має нижні пояси ферм параболічного окреслення та трикутну решітку. Мостове полотно із плит БМП, які укладені безпосередньо на верхні пояси головних ферм. Така конструктивна особливість мостового полотна викликає у елементах верхнього поясу додатково зусилля місцевого згину. Комбінація зусиль врахована у формулах визначення допустимого тимчасового навантаження за двома методами. Перший варіант принципово відрізняється від визначення допустимого тимчасового навантаження для класичних ферм коефіцієнтом, що враховує вплив місцевого згину. За другим варіантом визначення допустимого тимчасового навантаження виконується за ядровими моментами. Також, для порівняння різниці у значеннях класів з урахуванням місцевого згину та без нього, наведений розрахунок за формулами визначення допустимого тимчасового навантаження для класичної ферми (вузлова передача тимчасового навантаження). **Результати.** При визначенні класів елементів найбільші значення отримані при розрахунку допустимого тимчасового навантаження за формулами для класичних ферм. Найменші ж класи отримані при розрахунку допустимого тимчасового навантаження з врахуванням коефіцієнта, що враховує вплив місцевого згину. **Наукова новизна.** Виконано розрахунок за трьома методами і визначено найбільш оптимальні значення класів елементів верхніх поясів металеві прогонової будови із наскрізними фермами при безпосередньому обпиранні на них мостового полотна. **Практична значимість.** Отриманні результати класифікації будуть використані при прийнятті рішення по утриманню металевих прогонових будов із наскрізними фермами, їздою поверху та безпосереднім обпиранням мостового полотна на верхні пояси, розрахованих за старими нормами проектування, що знаходяться в експлуатації.

Ключові слова: вантажопідйомність; клас елемента; клас навантаження; металеві прогонові будови із наскрізними фермами; безбаластне мостове полотно; ядровий момент

Вступ

Визначення вантажопідйомності елементів металевих прогонових будов методом класифікації виконується за ГСТУ 32.6.03.111-2002 [1].

Методика полягає в наступному: визначається величина допустимого тимчасового вертикального навантаження, що діє на елемент, і порівнюється із еталонним навантаженням, величина якого береться із врахуванням динамічного коефіцієнта

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

ента. Кількість одиниць еталонного навантаження, що отримується при порівнянні, і є класом елемента. Найменший, із отриманих за розрахунками, клас елементів визначає клас прогонової будови. Режим подальшої експлуатації споруди визначається в результаті порівняння класу споруди із класом навантаження, що обертається на ділянці, де експлуатується міст.

В даній публікації розглядаються особливості визначення вантажопідйомності елементів верхнього поясу металевої прогонової будови із наскрізними фермами з їздою поверху, трикутною решіткою та параболічним окресленням нижніх поясів ферм. Мостове полотно із плит БМП, які укладені безпосередньо на верхні пояси головних ферм. Така конструктивна особливість мостового полотна викликає у елементах верхнього поясу додатково зусилля місцевого згину. При визначенні вантажопідйомності елементів верхнього поясу, враховуючи їх конструктивну особливість, застосування формул для визначення допустимих тимчасових вертикальних навантажень, як у випадку класичних ферм, де передавання зусиль від навантажень відбувається у вузлах ферм, не завжди обґрунтоване і приводить до правильного результату.

За ГСТУ 32.6.03.111-2002 [1] при визначенні допустимого тимчасового вертикального навантаження для верхніх поясів ферм, із вказаними конструктивними особливостями, пропонується два методи розрахунку. У першому випадку дія місцевого згину на елементи враховується за допомогою спеціального коефіцієнту γ . Другий метод потребує визначення ядрового перерізу елемента поясу, на який обпирається мостове полотно. За допомогою параметрів ядрового перерізу будуються лінії впливу ядрових моментів. При визначенні допустимого тимчасового навантаження за такою методикою у формулах враховується площа лінії впливу ядрових моментів.

Для виявлення впливу на клас елемента дії місцевого згину, додатково були визначені класи елементів верхнього поясу за формулами для класичних ферм.

Мета

Дослідити особливості визначення вантажопідйомності елементів верхніх поясів металевої прогонової будови із наскрізними фермами ме-

тодом класифікації при безпосередньому обпиранні на них безбаластного мостового полотна.

Методика

У даному дослідженні виконувався розрахунок вантажопідйомності елементів верхніх поясів металевих прогонових будов із наскрізними фермами за наступними методами:

- при безпосередньому обпиранні мостового полотна на верхні пояси головних ферм металевої прогонової будови;
- за ядровими моментами при безпосередньому обпиранні мостового полотна на верхні пояси головних ферм прогонової будови;
- на дію постійних навантажень і тимчасового вертикального навантаження для класичних ферм.

Перший метод. Для початку визначається допустиме тимчасове навантаження за п. 6.6, ГСТУ 32.6.03.111-2002 [1], при безпосередньому обпиранні мостового полотна на верхні пояси ферм. При цьому дія навантажень від вітру та гальмування не враховується. Виконується розрахунок на міцність із введенням у формулу для визначення допустимого вертикального тимчасового навантаження коефіцієнта γ , який враховує вплив місцевого згину (1)

$$\gamma = \frac{6,67k'_{et}n'_v(1+\mu)'d^2F_{нт}}{k_{et}n_v(1+\mu)\Omega_v\chi W_{нт}} \quad (1)$$

де $F_{нт}$ – площа нетто поперечного перерізу верхнього поясу головної ферми в панелі ферми, яка розглядається, см²; k'_{et} – еквівалентне навантаження від поїзда за схемою Н1 для лінії впливу довжиною, яка дорівнює довжині панелі ($\lambda = d$) з вершиною в перерізі поясу, що розглядається ($\alpha = a_0/d$), кН/м колії; n'_v , n_v – коефіцієнти надійності для вертикального навантаження від рухомого складу при довжині лінії впливу відповідно $\lambda = d$ і $\lambda = l$; $(1+\mu)'$ – динамічний коефіцієнт для еталонного навантаження при довжині лінії впливу $\lambda = d$; k_{et} – еквівалентне навантаження від поїзда за схемою Н1 для лінії впливу довжиною $\lambda = l$ і з положенням вершини $\alpha = a_0/l$, кН/м колії; $(1+\mu)$ – динамічний коефіцієнт для еталонного навантаження при довжині лінії впливу $\lambda = l$;

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Ω_v – площа лінії впливу осьових зусиль у елементі поясу, м; $\chi = 1,05$ – поправочний коефіцієнт; d – довжина панелі, м; $W_{нт}$ – момент опору нетто поперечного перерізу верхнього стиснутого волокна поясу в панелі, яка розглядається, см³.

Лінія впливу при $\lambda = d$, має аналогічний вигляд з лінією впливу для поперечної балки, тоді вершина лінії впливу $\alpha = 0,5$.

Розрахунок на стійкість для верхніх стиснутих поясів наскрізних ферм проводиться за наступними формулами

$$k_C = \frac{1}{\varepsilon_v n_v \Omega_v} (0,1 m \varphi R F_{бр} - \varepsilon_p p \Omega_p) \quad (2)$$

$$k_C = \frac{1}{\varepsilon_v n_v \Omega_v} (0,1 m \varphi_2 R F_{бр} - \varepsilon_p p \Omega_p) \quad (3)$$

Формула (2) застосовується якщо $\lambda_x > \lambda_y$, у іншому випадку, тобто коли $\lambda_x \leq \lambda_y$, використовується формула (3).

Коефіцієнт φ_2 визначається за наступною формулою

$$\varphi_2 = \frac{\varphi}{(1 + 0,93 i_1)} \quad (4)$$

де φ – коефіцієнт поздовжнього згину; λ_x – гнучкість елемента поясу головної ферми при згині у її площині; λ_y – гнучкість елемента поясу головної ферми при згині з площини ферми; i_1 – приведений відносний ексцентриситет у площині ферми.

Приведений відносний ексцентриситет i_1 знаходиться за формулою:

$$i_1 = \frac{6,67 k'_{et} n'_v (1 + \mu)' d^2}{k_{et} n_v (1 + \mu) \Omega_v \rho} \quad (5)$$

де ρ – ядра відстань по напрямку, протилежному ексцентриситету, см, яка визначається за формулою $\rho = W_{бр} / F_{бр}$.

У формулу для визначення коефіцієнта φ_2 підставляється значення φ при згині з площини ферми, а значення i_1 – у площині ферми.

На даній ділянці встановлено обмеження руху поїздів, тому визначення динамічного коефіцієнту проводиться за наступною формулою

$$(1 + \mu) = 1 + \frac{27}{30 + \lambda} \frac{v}{60}, \quad (6)$$

де λ – величина, що для основних елементів приймається рівною довжині прогону, або довжині лінії впливу, якщо вона більше довжини прогону, м; v – швидкість руху поїзда, км/год.

За другим методом допустиме тимчасове вертикальне навантаження визначається за ядровими моментами згідно з Додатком Т, ГСТУ 32.6.03.111-2002 [1]. Розрахунок за міцністю виконується за наступною формулою

$$k_M = \frac{1}{\varepsilon_v n_v} \left(\frac{0,001 R W_{нт}}{\Omega_v^h} - \varepsilon_p p \right), \quad (7)$$

де Ω_v^h – площа лінії впливу ядрових моментів, відносно нижньої точки ядра перерізу при дії тимчасового навантаження, м²; $W_{нт}$ – момент опору нетто поперечного перерізу для верхнього волокна, см³, що знаходиться за формулою

$$W_{нт} = \frac{I_x^{нт}}{y_B}, \quad (8)$$

де $I_x^{нт}$ – момент інерції нетто поперечного перерізу ферми відносно осі $x-x$, см⁴; y_B – відстань від нейтральної осі перерізу до її верхнього волокна, см.

При розрахунку на стійкість допустиме тимчасове вертикальне навантаження визначається за наступною формулою

$$k_C = \frac{1}{\varepsilon_v n_v} \left(\frac{0,001 R \varphi W_{бр}}{\Omega_v^h} - \varepsilon_p p \right), \quad (9)$$

де $W_{бр}$ – момент опору бруто поперечного перерізу для верхнього волокна, см³, що знаходиться за формулою:

$$W_{бр} = \frac{I_x^{бр}}{y_B}, \quad (10)$$

де $I_x^{бр}$ – момент інерції бруто поперечного перерізу ферми відносно осі $x-x$, см⁴.

Елементи верхнього поясу даної ферми мають однаковий, Т-подібний переріз, по всій довжині прогону. Система дотичних до контуру перерізу утворює шестикутник, тому ядро перерізу також має обрис шестикутника (рис. 1).

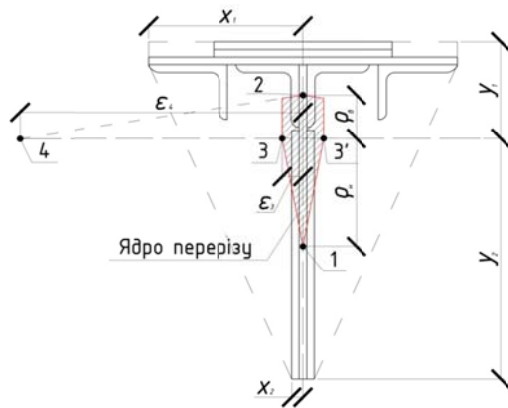


Рис. 1. Ядровий переріз для елементів верхнього поясу

Визначення параметрів ядра перерізу виконувалось за формулами наведеними у [2]. Відстані від центру ваги перерізу до точок ядра перерізу визначались наступним чином:

1. Визначається відстань від нейтральної осі до точки 1 за наступною формулою

$$\rho_n = -\frac{i_x^2}{y_1}, \quad (11)$$

де i_x – радіус інерції перерізу відносно осі x , см; y_1 – відстань від нейтральної осі до верхньої фібри перерізу, см.

2. Відстань від нейтральної осі до точки 2 визначається за формулою

$$\rho_a = \frac{i_y^2}{y_2}, \quad (12)$$

де y_2 – відстань від нейтральної осі до нижньої фібри перерізу, см.

3. Відстань від нейтральної осі до точки 3 визначається за формулою

$$\varepsilon_3 = -\frac{i_y^2}{x_1}, \quad (13)$$

де i_y – радіус інерції перерізу відносно осі y , см; x_1 – відстань від нейтральної осі до крайньої фібри перерізу верхнього горизонтального листа, см.

4. Відстань від нейтральної осі до точки 4 визначається наступним чином

$$\varepsilon_4 = -\frac{i_y^2}{x_2}, \quad (14)$$

де x_2 – відстань від нейтральної осі до крайньої фібри перерізу пакету вертикальних листів, см.

При відомих параметрах ядра перерізу необхідно визначити параметри ліній впливу ядрових моментів. Значення ординат ліній впливу визначаються за наступними формулами

$$y_1 = \frac{nm_0}{m_0 + n} \frac{d}{r} \rho_n, \quad (15)$$

$$y_2 = \frac{d}{4} + \frac{(m_0 - 0,5)n}{m_0 + n} \frac{d}{r} \rho_n, \quad (16)$$

$$y_3 = \frac{(m_0 - 1)n}{m_0 + n} \frac{d}{r} \rho_n, \quad (17)$$

За третім методом допустиме тимчасове вертикальне навантаження визначається за формулами, що застосовуються для елементів класичних ферм, при вузловій передачі навантажень за п. 6.1.9, ГСТУ 32.6.03.111-2002 [1].

Результати

При виконанні розрахунку допустимих тимчасових навантажень та класів елементів верхнього поясу даної прогонової будови приймаються такі значення коефіцієнтів $\varepsilon_v = 0,505$, $\varepsilon_p = 0,5$, $m = 1,0$, $\chi = 1,05$, $n'_v = 1,148$, $n_v = 1,105$.

Величина розрахункового постійного навантаження складається із власної ваги прогонової будови та мостового полотна із врахуванням коефіцієнтів надійності до постійного навантаження і складає: $p = 51,1$ кН/м.

Основний розрахунковий опір матеріалу, з якого виготовлені елементи прогонової будови (лите залізо), складає $R = 185$ МПа.

Площа нетто поперечного перерізу верхнього поясу головної ферми однакова по всій довжині прогонової будови і складає $F_{нт} = 324,99$ см².

Момент опору нетто поперечного перерізу верхнього стиснутого волокна для елементів верхнього поясу складає $W_{нт} = 2288,03$ см³.

Момент опору бруто $W_{бр} = 2743,44$ см³.

Еквівалентне навантаження для лінії впливу довжиною $\lambda = d = 2,03$ м, з вершиною $\alpha = 0,5$, складає $k'_{et} = 34,703$ кН/м.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Еквівалентне навантаження для лінії впливу довжиною $\lambda = l = 44,66$ м і з положенням вершини $\alpha = 0$, складає $k_{et} = 16,13$ кН/м; при $\alpha = 0,25$ – $k_{et} = 14,64$ кН/м; при $\alpha = 0,5$ – $k_{et} = 14,4$ кН/м.

Швидкість руху на ділянці, де розташований даний міст складає 40 км/год.

Динамічний коефіцієнт при довжині лінії впливу $\lambda = d = 2,03$ м складає $(1 + \mu)' = 1,562$,

при довжині лінії впливу $\lambda = l = 44,66$ м – $(1 + \mu) = 1,241$.

Довжина панелі прогонової будови $d = 2,03$ м.

Площі ліній впливу $\Omega_p = \Omega_v$ (рис. 2).

Коефіцієнт поздовжнього згину $\varphi = 0,916$.

Ядра відстань по напрямку, протилежному ексцентриситету $\rho = 7,036$ см.

Так як $\lambda_y > \lambda_x$, то розрахунок на стійкість виконується за формулою (3).

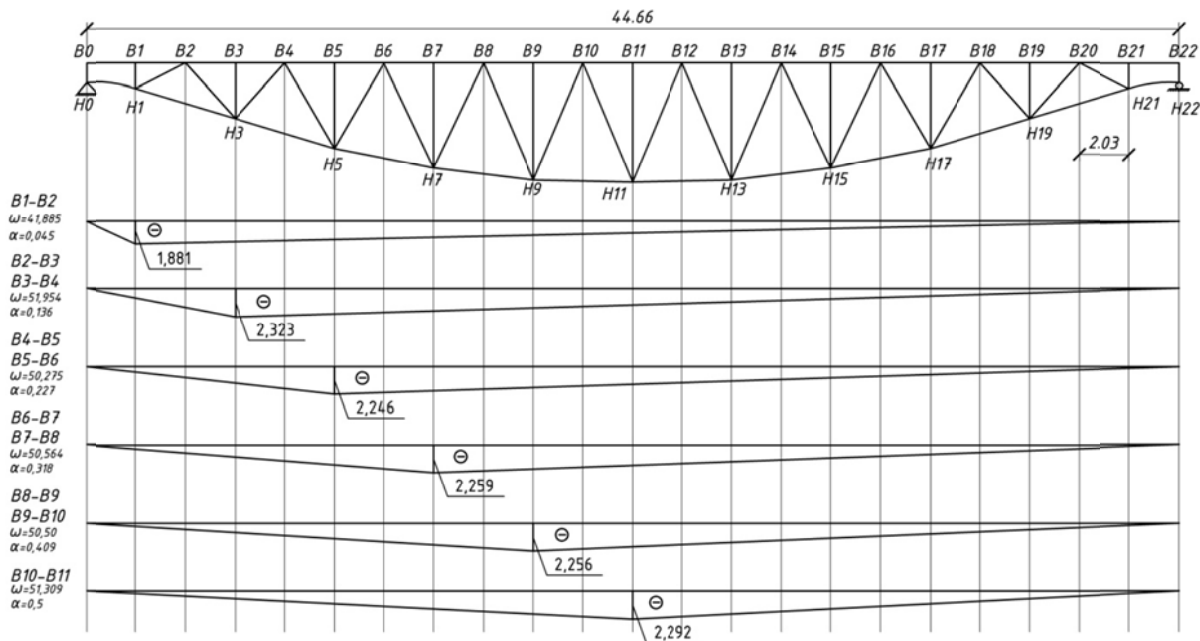


Рис. 2. Лінії впливу осевих зусиль для елементів верхнього поясу ферм

Для проведення розрахунків за другим методом моменти опору перерізу елементів верхнього поясу мають значення $W_{op} = 6826,59$ см³; $W_{нт} = 5973,26$ см³. Значення положень точок ядра перерізу елементів верхнього поясу наведені в табл. 1

Таблиця 1

Значення положень точок ядра перерізу елементів верхнього поясу

Показник	ρ_n	ρ_e	ε_3	ε_4
Значення відстані, см	17,51	7,04	3,36	45,83

Лінії впливу ядрових моментів показані на рис. 3.

При розрахунку класів елементів верхнього поясу за третім методом всі величини для ви-

значення допустимих тимчасових вертикальних навантажень та класів ті ж самі, що і для розрахунків за першим методом при безпосередньому обпиранні мостового полотна на верхній пояс.

Для зручності порівняння отримані результати класів за трьома методами зведені в табл. 2 і 3.

Порівнявши отримані класи за трьома методами, можна зробити висновок, що найменші класи елементів верхнього поясу металевих ферм отримані за розрахунком першим методом, тобто при безпосередньому обпиранні мостового полотна на верхні пояси ферм прогонової будови із введенням у формулу для визначення допустимого вертикального тимчасового навантаження коефіцієнта γ , який враховує вплив місцевого згину.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

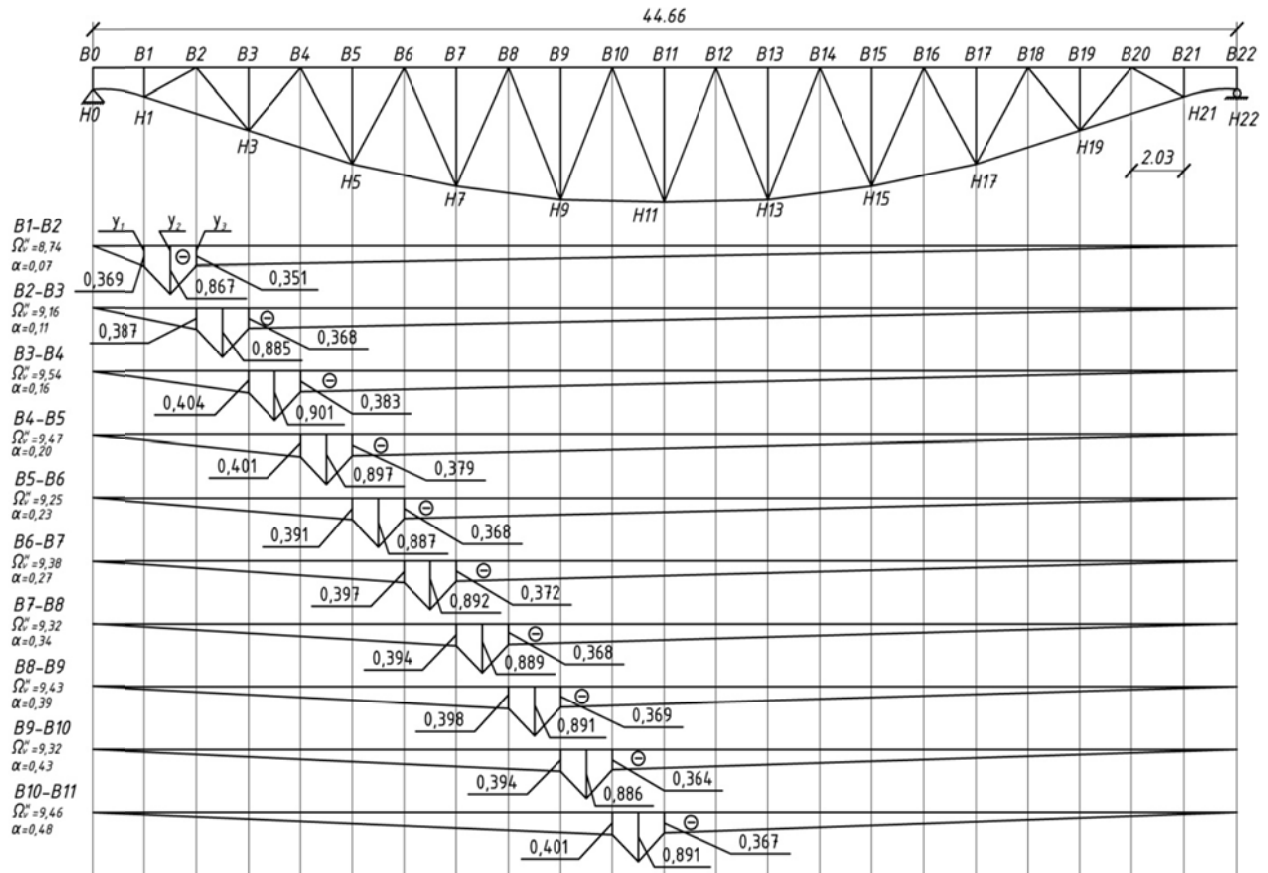


Рис. 3. Лінії впливу ядрових моментів

Таблиця 2

Результати визначення допустимих тимчасових вертикальних навантажень k_M та класів елементів K_M верхніх поясів металевих ферм за трьома методами (міцність)

Назва елементу	Метод №1		Метод №2		Метод №3	
	k_M	K_M	k_M	K_M	k_M	K_M
B1-B2	169,1	8,45	180,6	9,02	211,4	10,56
B2-B3	134,4	6,72	170,3	8,51	1161,5	88,07
B3-B4			161,7	8,08		
B4-B5	139,5	6,97	163,2	8,15	1168,5	88,42
B5-B6			168,3	8,41		
B6-B7	136,2	7,50	165,4	9,1	1167,2	99,2
B7-B8			166,7	9,18		
B8-B9	136,4	7,51	164,0	9,03	1167,5	99,22
B9-B10			166,7	9,17		
B10-B11	133,6	7,48	163,4	9,0	164,1	9,18

Результати визначення допустимих тимчасових вертикальних навантажень k_M та класів елементів K_M верхніх поясів металевих ферм за трьома методами (стійкість)

Назва елемента	Метод №1		Метод №2		Метод №3	
	k_C	K_C	k_C	K_C	k_C	K_C
B1-B2	181,4	9,06	161,2	9,55	236,8	11,83
B2-B3	144,6	7,22	180,4	9,01	1182,0	99,09
B3-B4			171,4	8,56		
B4-B5	149,9	7,49	173,0	8,64	1189,6	99,47
B5-B6			178,4	8,91		
B6-B7	145,7	8,02	175,2	9,65	1188,3	110,36
B7-B8			176,7	9,72		
B8-B9	145,9	8,03	173,9	9,57	1188,6	110,38
B9-B10			176,7	9,72		
B10-B11	142,8	7,99	173,3	9,53	184,9	10,35

При розрахунку на міцність за другим варіантом (за ядровими моментами) та за третім варіантом (формули для елементів класичних ферм за основним сполученням навантажень) класи елементів верхнього поясу металевих ферм мають майже однакові значення класів по довжині прогонової будови. Значення класів практично однакові для елементів, що знаходяться ближче до середини прогону.

Якщо проаналізувати лінії впливу ядрових моментів, можна побачити, що для елементів, які знаходяться ближче до середини прогону, значення найбільшої ординати лінії впливу менше, порівняно з лініями впливу для при опорних елементів. Це може бути обумовлено різницею в жорсткості елементів в центрі прогону та на опорі.

Що стосується розрахунків на стійкість, то найменші значення так само належать першому методу, а різниця в значеннях класів другого та третього методів більша порівняно з розрахунками на міцність.

Таким чином вплив введеної в формули визначення допустимого тимчасового навантаження коефіцієнта γ знижує клас елемента принаймні на два класи, тоді коли класи визначені за ядровими моментами значно зменшують клас тільки у елементів на приопорних ділянках, а всі останні не суттєво відрізняються

від класів розрахованих за формулами для класичних ферм.

Наукова новизна та практична значимість

Виконано розрахунок за трьома методами і визначено найбільш оптимальні значення класів елементів верхніх поясів металевої прогонової будови із наскрізними фермами при безпосередньому обпиранні на них мостового полотна.

Практична значимість даного дослідження полягає в застосуванні результатів класифікації для прийняття ефективного рішення по подальшій експлуатації мостових споруд даного типу.

Висновки

На основі виконаного дослідження особливостей визначення вантажопідйомності металевих прогонових будов з їздою поверху при безпосередньому обпиранні мостового полотна на верхні пояси ферм методом класифікації можна зробити наступні висновки, що існують неточності у виборі методу розрахунку допустимого тимчасового вертикального навантаження за ГСТУ 32.6.03.111-2002 [1]. Першим, в даному нормативі, наведений розрахунок із введенням у формулу для визначення допустимого верти-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

кального тимчасового навантаження коефіцієнта γ , який враховує вплив місцевого згину. В кінці розділу, в якому показаний цей розрахунок, вказано, що якщо клас визначений за цими формулами виявився не достатнім, то слід визначити допустиме тимчасове вертикальне навантаження за способом ядрових моментів.

Даний спосіб, в свою чергу, має свої особливості. Для його застосування необхідно знаходити ядровий переріз (в даному випадку для Т-подібного перерізу). При визначенні допустимого тимчасового вертикального навантаження за другим методом – по-перше, момент опору враховується не максимальний, а для верхнього волокна; по-друге, у Додатку Т, ГСТУ 32.6.03.111-2002 [1], наведені формули тільки для визначення допустимого тимчасового вертикального навантаження за міцністю верхнього волокна поперечного перерізу.

Для розрахунку ж за стійкістю у формули підставляється момент опору бруто (замість нетто), і множиться розрахунковий опір матеріалу на коефіцієнт поздовжнього згину ϕ .

Тому при визначенні вантажопідйомності металевих прогонових будов з їздою поверху при безпосередньому обпиранні мостового полотна на верхні пояси ферм методом класифікації необхідно виконувати розрахунки за усіма можливими варіантами і вибирати самий оптимальний, щоб забезпечити надійність і безаварійну роботу мостових споруд вказаного типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГСТУ 32.6.03.111-2002. Експлуатація залізничних мостів. Правила визначення вантажопідйомності металевих прогонових будов залізничних мостів [Текст]. – Надано чинності 2002-04-01. – Київ : Мінтранс України, 2003. – 380 с.
2. Дарков, А. В. Сопротивление материалов [Текст] / А. В. Дарков, Г. С. Шапиро. – Москва : Высш. шк., 1975. – 654 с.
3. Солдатов, К. І. Визначення класів залізничних залізобетонних прогонових будов мостів за величиною пружних прогинів / К. І. Солдатов, М. К. Журбенко, С. В. Ключник, В. А. Мірошник [Текст] // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 3. – С. 187-193.
4. Сопротивление материалов [Текст] / под ред. А. Ф. Смирнова. – Москва : Высш. шк., 1975. – 480 с.
5. 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 // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – 2007. – Вип. 43. – С. 532-536.
6. Тарасенко, В. П. Результаты диагностики технического состояния и испытаний эксплуатируемого металлического разводного моста под совмещенную езду [Текст] / В. П. Тарасенко, Б. В. Савчинский, В. И. Соломка, Б. Д. Сухоруков, М. К. Журбенко, С. В. Ключник / Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 14. – С. 216-219.
7. Mofid M., Yavari A. On the kern of general cross section. International Journal of Solids and Structures, 2000, issue 37, pp. 2377-2403. Available at: https://www.researchgate.net/publication/245058050_On_the_kern_of_a_general_cross_section
8. Md. Raihanul Islam Dulal Presentation on kern Department of Civil Engineering, AUST, Dhaka. Available at: <http://www.slideshare.net/dulal09072/090103072>

В. И. СОЛОМКА^{1*}, В. А. МИРОШНИК², А. Д. ПИНЧУК^{3*}, В. Л. РЫКИНА⁴

^{1*} Отраслевая научно-исследовательская лаборатория искусственных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 056 233 58 12, эл. почта solomka.valya@rambler.ru, ORCID 0000-0003-0567-6483

² Отраслевая научно-исследовательская лаборатория искусственных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 056 233 58 12, эл. почта miroshnik_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

^{3*} Отраслевая научно-исследовательская лаборатория искусственных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 056 233 58 12, эл. почта miropova_anuyuta@mail.ru, ORCID 0000-0003-1471-2407

⁴ Отраслевая научно-исследовательская лаборатория искусственных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 056 233 58 12, эл. почта vera-dossor@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4274-3473

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ С ЕЗДОЙ ПОВЕРХУ ПРИ НЕПОСРЕДСТВЕННОМ ОПИРАНИИ МОСТОВОГО ПОЛОТНА НА ВЕРХНИЕ ПОЯСА ФЕРМ

Цель. Исследование особенностей определения грузоподъемности металлических пролетных строений с ездой поверху при непосредственном опирании мостового полотна на верхние пояса ферм методом классификации. **Методика.** Определение грузоподъемности элементов верхних поясов металлических сквозных ферм выполнен методом классификации для пролетного строения, находящегося в эксплуатации с 1903 года. Пролетное строение имеет нижние пояса ферм параболического очертания и треугольную решетку. Мостовое полотно из плит БМП, опирающихся непосредственно на верхние пояса главных ферм. Такая конструктивная особенность мостового полотна вызывает в элементах верхнего пояса дополнительно усилия местного изгиба. Комбинация усилий учтена в формулах определения допустимой временной нагрузки по двум методам. Первый вариант принципиально отличается от определения допустимой временной нагрузки для классических ферм коэффициентом, учитывающим влияние местного изгиба. По второму варианту определение допустимой временной нагрузки выполняется по ядровым моментам. Также, для сравнения разницы в значениях классов с учетом местного изгиба и без него, приведен расчет по формулам определения допустимой временной нагрузки для классической фермы (узловая передача временной нагрузки). **Результаты.** При определении классов элементов наибольшие значения получены при расчете допустимой временной нагрузки по формулам для классических ферм. Наименьшие же классы получены при расчете допустимой временной нагрузки с учетом коэффициента, учитывающего влияние местного изгиба. **Научная новизна.** Выполнен расчет по трем методам и определены наиболее оптимальные значения классов элементов верхних поясов металлического пролетного строения со сквозными фермами при непосредственном опирании на них мостового полотна. **Практическая значимость.** Полученные результаты классификации будут использованы при принятии решения по содержанию металлических пролетных строений со сквозными фермами с ездой поверху и непосредственным опиранием мостового полотна на верхние пояса, рассчитанных по старым нормам проектирования и находящихся в эксплуатации.

Ключевые слова: грузоподъемность; класс элемента; класс нагрузки; металлические пролетные строения со сквозными фермами; безбалластное мостовое полотно; ядровый момент

VALENTINA SOLOMKA^{1*}, VITALIY MIROSHNIK², ANNA PINCHUK^{3*}, VERA RYKINA⁴

^{1*} Industrial research laboratory of artificial structures, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 056 233 58 12, e-mail solomka.valya@rambler.ru, ORCID 0000-0003-0567-6483

² Industrial research laboratory of artificial structures, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 056 233 58 12, e-mail miroshnik_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

^{3*} Industrial research laboratory of artificial structures, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 056 233 58 12, e-mail mironova_anyuta@mail.ru, ORCID 0000-0003-1471-2407

⁴ Industrial research laboratory of artificial structures, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 056 233 58 12, e-mail vera-dossor@yandex.ru, ORCID 0000-0002-4274-3473

SPECIFICS OF BEARING CAPACITY DETERMINING FOR STEEL SPANS WITH UPPER-LEVEL TRAFFIC WITH DIRECT BRIDGE DECK SUPPORT BY TRUSS UPPER BELT

Purpose. The research of specifics of bearing capacity determination with upper-level traffic with direct bridge deck support by truss upper belt by classification method. **Methodology.** The determination of bearing capacity for upper belt elements of trusses was performed by classification method for the span that is being operated since 1903. The span has lower belts of parabolic shape and triangular lattice. The bridge deck consists of ballastless bridge plates that are laid directly on upper belts of main trusses. Such constructional feature of bridge deck induces in upper belt elements additional local bending. Stress combination is accounted in allowable load formula using two

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

methods. First variant is fundamentally different from the allowable load determination for common trusses by an index that accounts the local bending effect. For the second variant the determination of allowable transient load is being determined using core moments. Also to compare the difference between class determination with and without local bending, the computation by allowable transient loads by formulas for common truss is given (nodal load transfer) **Findings**. For elements' class determination, the largest values were obtained while calculating allowable transient loads by common trusses formulas. The lowest classes are obtained for allowable transient load computation with of index, which accounts for local bending. **Originality**. The computation by three methods was performed and the most optimal class values for upper belt elements of steel truss span with direct bridge deck support were determined. **Practical value**. Obtained results of classifications will be used for making a decision of metal truss spans with upper-level traffic with direct bridge deck support by upper belt that were designed by old standards and are currently in operation maintenance.

Keywords: bearing capacity; class of element; class of loading; metal truss spans; ballastless bridge deck; core moment

REFERENCES

1. HSTU 32.6.03.111-2002. *Eksploatatsiia zaliznychnykh mostiv. Pravyla vyznachennia vantazhopidomnosti metalevykh prohonovykh budov zaliznychnykh mostiv* [State Standard 32.6.03.111-2002. Exploitation of railway bridges. Rules for determining capacity metal spans railway bridges]. Kyiv, Mintrans Ukrainy Publ., 2003. 380 p.
2. Darkov A. V. *Soprotivlenie materialov* [Resistance of materials]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1975. 654 p.
3. 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]. *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana "Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennya, praktyka"* [Proc. of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan "Bridges and tunnels: Theory, Research, Practice"], 2012, issue 3, pp. 187-193.
4. Smirnov A. F. *Soprotivlenie materialov* [Resistance of materials]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1975. 480 p.
5. Tarasenko V. P., Solomka V. I., Savchynskiy B. V. Vyznachennia faktychnoi vantazhopidomnosti prohonovykh budov pid sumishchenu yizdu metalevykh mostiv, shcho ekspluatuiutsia, z urakhuvanniam suchasnykh avtomobilnykh navantazhen [Determining the actual capacity spans in combined driving metal bridges operated, with current car load]. *Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie – Building. Materials Science. Engineering*, 2007, issue. 43, pp. 532-536.
6. Tarasenko V. P., Savchinskiy B. V., Solomka V. I., Sukhorukov B. D. i dr. Rezultaty diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya i ispytaniy ekspluatiruemogo metallicheskogo razvodnogo mosta pod sovmeshchennuyu ezdu [The results of the diagnostics of the technical condition of the operated metal drawbridge test under the combined drive]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue. 14, pp. 216-219.
7. Mofid M., Yavari A. On the kern of general cross section. *International Journal of Solids and Structures*, 2000, issue 37, pp. 2377-2403. Available at: https://www.researchgate.net/publication/245058050_On_the_kern_of_a_general_cross_section
8. Md. Raihanul Islam Dulal Presentation on kern Department of Civil Engineering, AUST, Dhaka. Available at: <http://www.slideshare.net/dulal09072/090103072>

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

Надійшла до редколегії 20.09.2015.

Прийнята до друку 28.09.2015.