

В. П. ТАРАСЕНКО (ДПТ), Л. М. ГУК, Г. М. ОДРИНСЬКИЙ (Придніпровська залізниця, Дніпропетровськ)

ОБСТЕЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПЕРЕМІЩЕНЬ РУХОМИХ ОПОРНИХ ЧАСТИН БАЛКОВИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ЗАЛІЗНИЧНИХ МОСТІВ

У статті наведено результати обстеження опорних частин, розрахунків установаження рухомих опорних частин при монтажі прогонових будов та виявлення деформацій опор за додатковими переміщеннями на рухомих опорних частинах.

В статье приведены результаты обследования опорных частей, расчет установки подвижных опорных частей при монтаже пролетных строений и обнаружение деформаций опор по дополнительным перемещениям на подвижных опорных частях.

The results of inspection of supporting parts, the calculation of setting of mobile supporting parts at erecting of spans and detecting of deformations of supports on the additional displacements on mobile supporting parts are presented in the article.

Від прогонових будов балкових залізничних мостів навантаження на опори передається в фіксованих точках через рухомі і нерухомі опорні частини.

Опорні частини призначені для забезпечення роботи прогонових будов в розрахунковому режимі при різних стадіях завантажень і різних температурах [1].

На залізобетонних мостах з розрахунковими прогонами від 9 до 18 м і на металевих мостах з розрахунковими прогонами від 10 до 25 м влаштовуються тангенційні опорні частини. При більших прогонах використовуються коткові або секторні рухомі опорні частини і нерухомі опорні частини балансірного типу.

Нерухомі опорні частини допускають кутові деформації опорного перерізу прогонової будови і сприймають вертикальні та поздовжні горизонтальні навантаження. Рухомі опорні частини сприймають тільки вертикальні навантаження і допускають кутові та поздовжні горизонтальні переміщення відповідного опорного перерізу прогонової будови. На нерозрізних балкових прогонових будовах на одній з опор встановлюються нерухомі опорні частини, а на всіх інших опорах – рухомі.

Після монтажу прогонових будов і встановлення їх на опори поздовжні горизонтальні переміщення на рухомих опорних частинах в звичайних умовах виникають тільки від тимчасового навантаження та від зміни температури. Ці переміщення в залежності від температури та наявності або відсутності тимчасового навантаження на прогоновій будові можуть мати різні знаки.

При утриманні опорних частин необхідно забезпечувати їх чистоту, проводити змащування поверхонь катання і ковзання графітовим мастилом. Опорні частини мають щільно обпритись на підферменники, знаходитись у справному стані і розрахунковому положенні без перекосів, угону і недопустимого нахилу та заклинювання котків і секторів [2].

Важливою проблемою є встановлення правильного початкового відхилення осі балансира від осі опорної плити. Таке початкове положення рухомих опорних частин визначається за умови, що максимальне і мінімальне переміщення рухомих опорних частин по абсолютній величині мають бути однаковими.

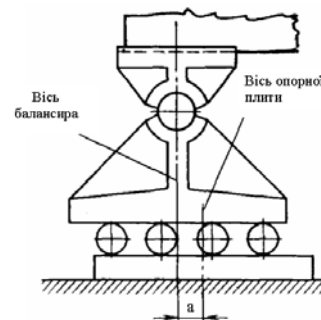


Рис. 1. Зміщення балансира відносно опорної плити

При перевірці положення рухомих опорних частин необхідно враховувати, що нормальне для даної температури відхилення a , мм, осі балансира відносно осі опорної плити (див. рис. 1) визначається (за відсутності на прогоновій будові тимчасового навантаження від рухомого складу) за формулою:

$$a = \alpha l(t - t_0), \quad (1)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення сталі і залізобетону, рівний 0,00012; ℓ – температурний прогін (відстань між рухомими і нерухомими опорними частинами), мм; t – температура повітря в момент перевірки, °С; t_0 – температура, при якій осі балансира і опорної плити та центр котків повинні співпадати, °С.

При цьому додатнім переміщення a є переміщення із прогону. Максимальне переміщення осі балансира від осі опорної плити (при максимальній температурі t_{\max} і наявності на прогоновій будові навантаження від рухомого складу) та мінімальне переміщення (при мінімальній температурі t_{\min} і відсутності на прогоновій будові навантаження від рухомого складу) розраховуються за формулами:

$$a_{\max} = \alpha \ell (t_{\max} - t_0) \pm \delta_k; \quad (2)$$

$$a_{\min} = \alpha \ell (t_{\min} - t_0), \quad (3)$$

де δ_k – поздовжнє горизонтальне переміщення рухомих опорних частин прогонової будови від рухомого складу, мм.

Знак «плюс» в формулі (2) відповідає розташуванню опорних частин під нижніми поясами головних ферм або балок прогонових будов, а знак «мінус» – під верхніми поясами. Значення температур t_{\max} та t_{\min} враховуються із своїми знаками.

Величина температури t_0 розраховується за умови рівності абсолютних величин переміщень a_{\max} та a_{\min} . В цьому випадку $a_{\max} + a_{\min} = 0$, звідки, враховуючи формули (2) і (3), знаходимо:

$$\alpha \ell (t_{\max} + t_{\min} - 2t_0) \pm \delta_k, \quad (4)$$

а величину t_0 визначаємо за формулою:

$$t_0 = t_{\text{сеп}} \pm \frac{\delta_k}{2\alpha \ell}, \quad (5)$$

де $t_{\text{сеп}} = (t_{\max} + t_{\min})/2$ – середнє алгебраїчне значення найвищої і найнижчої температури, °С.

З урахуванням формул (1) і (5) нормальне розрахункове поздовжнє переміщення верхніх балансирів в напрямку із прогону відносно середини опорних плит рухомих опорних частин при температурі t визначається за формулою:

$$a = \alpha \ell (t + t_{\text{сеп}}) - (\pm \frac{\delta_k}{2}). \quad (6)$$

Прикріплення верхніх балансирів до прогонової будови виконується в строго фіксованих точках. У зв'язку з цим при монтажі і встановленні прогонових будов на опорні частини контролюються зміщення опорних плит $a_{\text{оп.пл.}}$ (в

сторону прогону) відносно осей верхніх балансирів на величину

$$a_{\text{оп.пл.}} = -a = \pm \frac{\delta_k}{2} - \alpha \ell (t - t_{\text{сеп}}), \quad (7)$$

де t – температура в момент встановлення прогонових будов на опорні частини.

Точний розрахунок величин горизонтальних поздовжніх переміщень δ_k від рухомого складу може бути проведений при наявності креслень і перерізів всіх елементів прогонових будов і врахування сумісної роботи елементів іздового поясу головних ферм з балками проїзної частини і поздовжніми в'язями між фермами.

Для нових прогонових будов в проектах приводяться, як правило, величини поздовжніх переміщень δ_k від тимчасового нормативного навантаження. Додатково в розрахунках необхідно врахувати динамічний коефіцієнт $(1 + \mu)$ для тимчасового вертикального навантаження і коефіцієнт надійності n_k для вказаного навантаження.

Для прогонових будов металевих мостів, які були збудовані раніше за старими нормами, поздовжні переміщення δ_k (мм) рухомих опорних частин при дії тимчасового навантаження можуть бути розраховані за наступними наближеними формулами:

– для прогонових будов, запроектованих до 1962 року за допустимими напруженнями:

$$\delta_k = \frac{k(1 + \mu)}{p + k(1 + \mu)} \cdot \frac{[\sigma] \ell \psi}{E}; \quad (8)$$

– для прогонових будов, запроектованих після 1962 року за граничними станами:

$$\delta_k = \frac{kn_k(1 + \mu)}{pn_p + kn_k(1 + \mu)} \cdot \frac{R \ell \psi}{E}, \quad (9)$$

де k і p – еквівалентні навантаження, тс/м (кН/м), від рухомого складу і постійні навантаження від власної ваги прогонових будов; $(1 + \mu)$ – динамічний коефіцієнт для тимчасового навантаження за відповідними нормами; n_k та n_p – коефіцієнти надійності для тимчасового і постійного навантажень; $[E]$ і R – допустиме напруження і розрахунковий опір для металу, кгс/см² (МПа), відповідно для прогонових будов, розрахованих за допустимими напруженнями і граничним станом; E – модуль пружності металу прогонових будов, кгс/см² (МПа); ℓ – розрахунковий прогін прогонової будови, мм; ψ – конструктивний коефіцієнт, яким враховується відношення площі нетто до площі бруто перерізу елементів поясів ферм, під якими розташовані опорні частини, а також сумісну роботу елементів головних ферм з балками

проїзної частини та поздовжніми в'язями між фермами.

За даними багаточисельних випробувань при дії статичних навантажень конструктивний коефіцієнт ψ для основних несучих конструкцій знаходиться в межах від 0,7 до 1,0, а для елементів прогонових будов, для яких розрахунками безпосередньо не враховується спільна робота головних ферм з елементами проїзної частини – в межах від 0,5 до 0,7.

В даний час на мережі залізниць України експлуатуються металеві прогонові будови мостів, запроєктовані в різний час за різними нормами навантажень. Найбільша кількість металевих мостів, які експлуатуються, збудовані за нормами навантажень 1907 року, 1925 року, нормами 1931 року (навантаження Н7 і Н8).

З 1962 року для розрахунку мостових конструкцій діють (з урахуванням перспективи) навантаження від залізничного рухомого складу С14, які суттєво підвищені порівняно з нормами навантажень Н8.

За вказаними формулами проведено визначення розрахункових величин переміщень δ_k на рухомих опорних частинах металевих прогонових будов з наскрізними головними фермами і розрахунковими прогонами від 27,0 до 158,4 м, а також прогонових будов з суцільними стінками і розрахунковими прогонами від 18,2 до 33,6 м. Розрахунки проведені для прогонових будов, запроєктованих за різними нормами тимчасових навантажень і допустимих напружень та розрахункових опорів металу.

Величини переміщень δ_k зростають із збільшенням розрахункових прогонів прогонових будов за законом, близьким до лінійного, і менше залежать від норм проектування. Більш стабільною (змінюється в менших межах) є величина відношення $\delta_k / (2\alpha\ell)$, що входить в формулу (5) і має розмірність температури, °С. З урахуванням цих обставин та формул (6) і (7) знаходимо:

$$a = \alpha\ell(t - t_{\text{сер}}) - (\pm t_{\text{екв}}); \quad (10)$$

$$a_{\text{оп.пл.}} = \alpha\ell(\pm t_{\text{екв}} - (t - t_{\text{сер}})), \quad (11)$$

де $t_{\text{екв}} = \delta_k / (2\alpha\ell)$, – відповідна зміна температури, яка викликає переміщення величиною δ_k на рухомих опорних частинах, °С.

Для металевих прогонових будов залізничних мостів, запроєктованих за різними нормами, залежність величин $t_{\text{екв}}$ від розрахункового прогону ℓ показана на графіках, які наведені на рис. 2.

Для металевих мостів, збудованих за нормами навантажень Н 1925 року та навантаження Н7 і Н8 1931 року, величини $t_{\text{екв}}$ розрізняються

мало і можуть визначатись в залежності від величини прогону ℓ прогонових будов за формулою:

$$t_{\text{екв}} = 18,7 - 0,055\ell; \quad 20 \text{ м} \leq \ell \leq 160 \text{ м}, \quad (12)$$

а для прогонових будов мостів, збудованих з урахуванням навантаження С14, – за формулою:

$$t_{\text{екв}} = 20,2 - 0,03\ell; \quad 30 \text{ м} \leq \ell \leq 130 \text{ м}. \quad (13)$$

Апроксимуючі прямі, які відповідають формулам (12) і (13), показані на рис. 2 штриховими лініями.

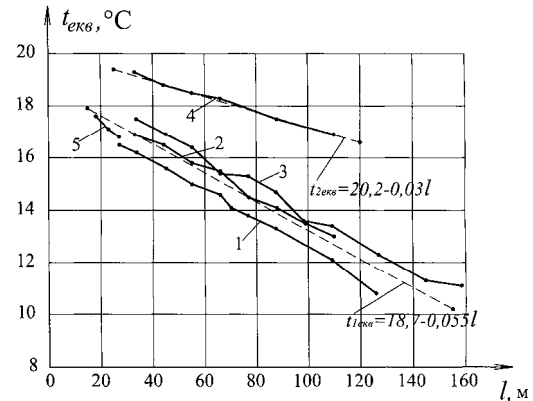


Рис. 2. Розрахункові величини $t_{\text{екв}}$ для прогонових будов, збудованих за різними нормами навантажень: 1 – Н 1925 р.; 2 – Н7 1931 р.; 3 – Н8 1931 р.; 4 – С14 1962 р.; 5 – Н 1925 р. (ізда верхи)

Виявлені при обстеженні прогонових будов значні відхилення фактичних зміщень рухомих опорних частин від розрахункових для відповідних температур або одержаних при вимірюваннях в попередні роки можуть пояснюватись нестабільністю положення опор і виникненням поздовжніх кренів опор.

В цих випадках необхідне детальне обстеження опор та виявлення їх деформацій і змін положення з часом. При значних деформаціях опор можливе заклинювання рухомих опорних частин та поява інших серйозних дефектів. У випадку незгасаючих деформацій потрібне переустановлення опорних частин і підсилення фундаментів відповідних опор.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Корнеев, М. М. Теоретическое и практическое пособие по проектированию [Текст] / М. М. Корнеев. – К., 2003.
2. Содержание и реконструкция мостов [Текст] / под ред. В. О. Осипова. – М.: Транспорт, 1986. – 327 с.

Надійшла до редколегії 15.03.2010.

Прийнята до друку 22.03.2010.