

РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ БЕЗБАЛАСТНОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ НА ЕСТАКАДАХ ПРИ ДІЇ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

*Поліщук К.В. студент гр. 43-БЦІ
Науковий керівник: к.т.н., доц. Петров А.М.
Державний біотехнологічний університет*

Визначення навантажень, що діють на рейки

На ширину колії впливає горизонтальне переміщення рейки між блоками «В» та «КВ», а також переміщення блоку «КВ» у прогоновій будові. Спочатку визначимо переміщення рейки між блоками «В» та «КВ». Виберемо найлегшу конструкцію.

Для цього введемо деякі передумови:

1. Розглядаємо рейку як нескінченно довгу балку на суцільній пружній основі (рис.1).
2. Вважаємо рейку абсолютно жорсткою при згині щодо поздовжньої осі. І тут рейка не згинається, лише повертається щодо осі.
3. Передбачається, що коефіцієнти ліжка прокладок у вертикальному та горизонтальному напрямку однакові.

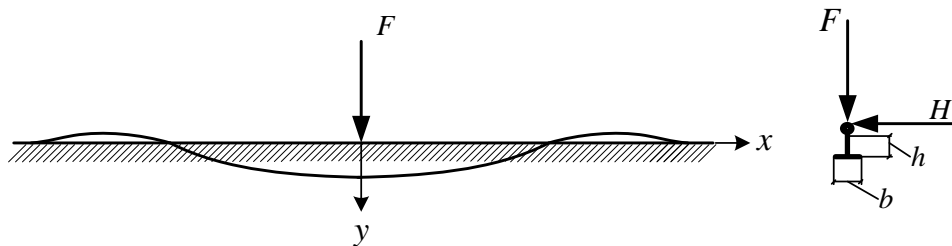


Рисунок 1 – Балка на суцільній пружній основі

Необхідно визначити переміщення рейки від дії вертикального та горизонтального навантажень (рис.2). Так як рейка в колії розташована з підуклонкою, то для спрощення розрахунку наведемо ці навантаження до навантажень, розташованих паралельно (H) і перпендикулярно (F) підшві рейки (рис. 3).

Наведене навантаження, що діє у вертикальній площині, визначатиметься за формулою

$$F = F_g \cdot \cos \alpha + F_2 \cdot \sin \alpha. \quad (1)$$

Тут α - кут підуклонки рейки 1:20 ($\alpha = 2,86^0$).

F_g - навантаження, що діє у вертикальній площині;

F_2 - навантаження, що діє у горизонтальній площині.

Наведене навантаження, що діє в горизонтальній площині, визначається за формулою

$$H = F_2 \cdot \cos \alpha - F_g \cdot \sin \alpha. \quad (2)$$

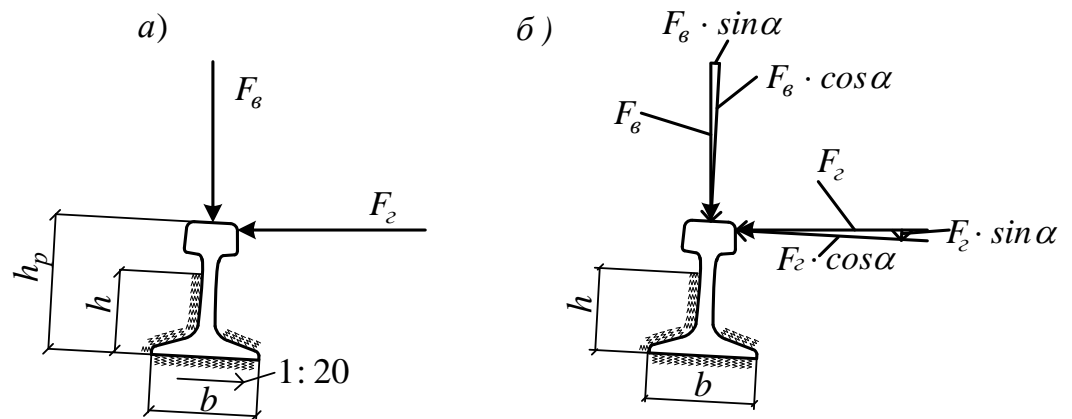


Рисунок 2 – Рейка з навантаженнями, що діють на нього в колії

На рисунку 3 показано рейку з наведеними навантаженнями. Від дії таких сил відбувається стиснення пружних прокладок між рейкою та блоками в місцях, зазначених на цьому рисунку.

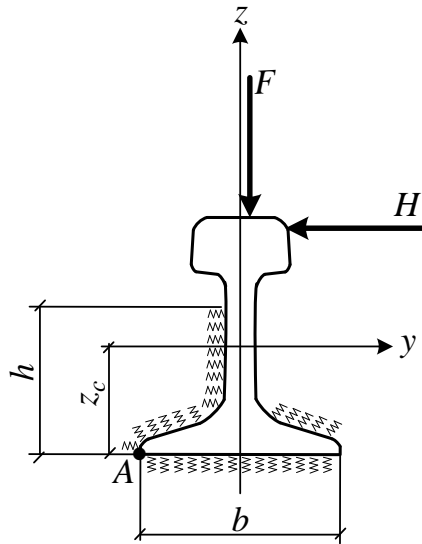


Рисунок 3 – Рейка з приведеними навантаженнями

Визначення переміщень рейки між блоками «В» та «КВ» у вертикальній та горизонтальній площинах

Прогин рейки від дії динамічного навантаження визначається за формулою

$$y_{\text{дин}} = \frac{k}{2u} \cdot F_{\text{екв}}^{\text{II}}, \quad (3)$$

де u - модуль пружності рейкової основи $\frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$;

$$u = C \cdot b, \quad (4)$$

C - коефіцієнт податливості основи(коефіцієнт ліжка) в $\frac{\text{кГ}}{\text{см}^3}$;

b - ширина балки, см;

k - коефіцієнт відносної жорсткості рейкової основи і рейки;

$$k = 4 \sqrt{\frac{u}{4EJ}} \text{ см}^{-1}, \quad (5)$$

$F_{\text{екв}}^{\text{II}}$ - еквівалентна сила для визначення пружнього прогину рейки

$$F_{\text{экв}}^{\text{II}} = (F_{\text{ср}} + 2,5 \cdot S + \Sigma F_{\text{ср}} \cdot \eta). \quad (6)$$

Тут $F_{\text{ср}}$ - сума середніх значень усіх вертикальних сил від розрахункового колеса;

$F_{\text{дин}} = F_{\text{ср}} + 2,5S$ - максимальний тиск на рейку від розрахункового колеса;

$\Sigma F_{\text{ср}} \cdot \eta$ - вплив тиску сусідніх колес, відстояних від розрахункової вісі не далі ніж 3,5м;

S - середньоквадратичне відхилення.

В попередніх розрахунках еквівалентну силу можна визначити за формулою

$$F_{\text{екв}}^{\text{II}} = (F_{\text{ср}} + 2,6 \cdot S_{\text{н.п.}} + \Sigma F_{\text{ср}} \cdot \eta), \quad (7)$$

де $S_{\text{н.п.}}$ - середньоквадратичне відхилення від нерівності колії, яке визначається за формулою

$$S_{\text{н.п.}} = \frac{9,1 \cdot 10^{-3} \cdot F_{\text{ср}} \cdot v \cdot \sqrt{q}}{u^{\frac{3}{8}} \cdot (E \cdot J)^{\frac{1}{8}}}. \quad (8)$$

Тут v - швидкість руху в км/год;

q - не підресорна вага, що припадає на одне колесо в кГ ;

u - модуль пружності рейкової основи в $\frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$;

EJ - жорсткість рейки.

$$\eta = e^{-kx} (\cos kx + \sin kx). \quad (9)$$

Середнє значення додаткового пружнього прогину ресор $z_{\text{ср}}$ складає $0,75 \cdot z_{\text{max}}$. Так як зусилля від стискання ресори прямо пропорційне її прогину, то й середня величина додаткового вертикального тиску від додаткового

динамічного прогину ресор дорівнює

$$F_p^{cp} = 0,75 \cdot F_p. \quad (10)$$

Максимальна додаткова вертикальна дія на колію від коливання ресор F_p визначається в залежності від максимальної додаткової пружної просадки ресор z_{max} і припадаючої на колесо жорсткості ресор \mathcal{J}

$$F_p = \mathcal{J} \cdot z_{max}. \quad (11)$$

Пружня просадка ресор для електровозів при довжині рейок 25м визначається за формулою

$$z_{max} = 9,9 + 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot v^2. \quad (12)$$

Сума середніх значень усіх вертикальних змінних зусиль визначається наступною залежністю.

$$F_{cp} = F_p^{cp} + F_{cm}. \quad (13)$$

Максимальну ймовірну поперечну силу (направляючу силу), що діє на рейку, визначаємо за наближеною формулою

$$F_2 = Y = 10500 + 3500 \cdot a_{НП}, \quad (14)$$

где $a_{НП}$ - величина непогашеного відцентрового прискорення

$$(a_{НП} = 0,7 \frac{m}{сек^2}).$$

На основі наведених розрахунків було отримано патенти на корисну модель [1-4].

Перелік посилань

1. Вузол кріплення рейки до естакади Патент на корисну модель №140476 від 25.02.2020.
2. Вузол кріплення рейки до естакади Патент на корисну модель №146177 від 25.02.2021.
3. Вузол кріплення рейки до естакади. Патент на корисну модель №148982 від 05.10.2021.
4. Вузол кріплення рейки до естакади. Патент на корисну модель №152128 від 02.11.2022.