

УДК 621.874:624.072.2

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ В ПІДКРАНОВІЙ РЕЙЦІ

©Фідровська Н. М., Краснокутська Т. Б.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:

Фідровська Наталія Миколаївна: ORCID: 0000-0002-5248-273X; mot@uipa.edu.ua; доктор технічних наук; професор кафедри металоріжучого обладання і транспортних систем; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Краснокутська Тетяна Борисівна: ORCID 0000-0002-5259-0300; krat63@mail.ru; асистент кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Розглянуто процес пересування вантажного візка по мосту крана і навантаження, які виникають в рейках. При цьому не приймаються допущення, що навантаження постійне і діє тільки в момент контакту колеса і розглянутого перерізу рейки. Міцність і зносостійкість рейок визначається напруженнями в місцях передачі навантаження від коліс на рейку і напруженнями, які виникають при згині і крученні під дією нормальних, подовжніх і поперечних навантажень. Визначено, що на динаміку руху впливає метод укладки кранових рейок і прийняті при цьому допущення, на наш погляд, не завжди виправдані, а модуль основи потрібно визначати не властивостями баласту, а пружними властивостями матеріалу шпал. Проведені розрахунки дали змогу визначити, що зміни значення моментів згину, тиску і напружень згину при врахуванні функції φ приводять до динамічних навантажень і передаються на металоконструкцію крана, викликаючи його коливання.

Ключові слова: рейка; напруження; балка; момент згину; колесо ходове; модуль основи; міцність; навантаження.

Фидровская Н. Н., Краснокутская Т. Б. «Определение напряжений в подкрановых рельсах».

Рассмотрен процесс передвижения грузовой тележки по мосту крана и нагрузки, возникающие в рельсах. При этом не принимаются допущения, что нагрузка постоянна и действует только в момент контакта колеса и рассматриваемого сечения рельса. Прочность и износостойкость рельсов определяется напряжениями в местах передачи нагрузки от колес на рельс и напряжениями, которые возникают при изгибе и кручении под действием нормальных, продольных и поперечных нагрузок. Определено, что на динамику движения влияет метод укладки крановых рельсов и принятые при этом допущения, на наш взгляд, не всегда оправданы, а модуль основания необходимо определять не характеристиками балласта, а упругими свойствами материала шпал. Проведенные расчеты позволили определить, что изменения значения моментов изгиба, давления и напряжений изгиба при учете функции φ приводят к динамическим нагрузкам и передаются на металлоконструкцию крана, вызывая его колебания.

Ключевые слова: рельс; напряжения; балка; изгибающий момент; колесо ходовое; модуль основания; прочность; нагрузка.

Fidrovskа N., Krasnokutskа T. “Determination of stress in crane rails”.

The process of movement trolley on bridge crane and load arising in the rails. It is not accepted assumption that constant load and is only valid at the time of contact of the wheel and the rail section considered. The strength and durability of rails in areas determined by the voltage transfer loads from the wheels on the rail and stresses that occur in bending and torsion under normal longitudinal and transverse loads. It was determined that the momentum method affects laying crane rails and accepted with approval, in our opinion, does not always justify and module bases need not determine the properties of ballast and sleepers elastic properties of the material. Calculations made it possible to determine the changes mentioned points bending, pressure and bending stresses when accounting functions lead to dynamic loads and transferred to the metal structure of the crane, causing oscillations.

Keywords: rail; strain; beam; moment of crook; walking wheel; durable; loading.

1. Вступ

Рейки візка мостового крана встановлюють на поясний лист прольотної балки. При цьому пояс навантажується тиском від ходового колеса [1].

Вибір типу ходової рейки пов'язаний з величиною навантаження ходових коліс і з конструктивними особливостями механізму пересування – конічні ходові колеса можуть пересуватись тільки по випуклій рейці, циліндричні – і по випуклим і по плоским рейкам.

Знос елементів підкранового шляху приводить до відмов металевих конструкцій підкранових балок, що викликає значні економічні втрати. Перехід в кранових конструкцій від клепаних підкранових балок, які мали дискретні поясні з'єднання з визначеною рухливістю до зварних балок з жорсткою системою поясних зв'язків без конструктивної компенсації рухливості привели до значного зменшення довговічності зварних балок [2]. Місцевий напружений стан стінки у зварних підкранових балках, який визначає міцність від втоми в цій зоні, може бути врегульованим тільки за допомогою кранової рейки. Але робота підкранового шляху належним чином не досліджена і до теперішнього часу.

2. Основна частина

Навантаження ходових коліс викликає згин і кручення кранових рейок. В інженерній практиці обмежуються розрахунком рейок на згин в вертикальній площині та на місцевий стиск. Неповноту врахування напруженого стану компенсують зниженням допустимих напружень або відповідним збільшенням розрахункових навантажень. Міцність і зносостійкість рейок визначається напругами в місцях передачі навантаження від коліс на рейку і напругами, які виникають при згині і крученні під дією нормальних, подовжніх і поперечних навантажень.

Напружений стан рейки залежить також від метода укладки на балках і на фундаментах (на прокладках, на шпалах або з спиранням підошви по всій довжині).

Якщо рейка спирається по всій довжині на масивний фундамент, то в перерізі рейки, який знаходиться на відстані x_1, x_2 від тиску ходових коліс P_1, P_2 момент згину визначиться за формулою [3]

$$M = \frac{1}{4\beta} (P_1\varphi_1 + P_2\varphi_2 + \dots). \quad (1)$$

Піднімально-транспортні машини

де

$$\varphi = e^{-\beta x_i} (\cos \beta x_i - \sin \beta x_i),$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{\kappa B}{4EI}},$$

де B – ширина підшви рейки,
 I, E – момент інерції і момент пружності рейки,
 κ – модуль основи.

Тиск під підшвою рейки

$$P = \frac{\beta}{2B} (P_1 \psi_1 + P_2 \psi_2 + \dots), \quad (2)$$

де

$$\psi = e^{-\beta x_i} (\cos \beta x_i + \sin \beta x_i).$$

При розрахунках приймають, що функції φ швидко затухають і тому можна допустити, що рейка навантажена одним колесом P_1 .

Момент згину визначають за формулою

$$M = \frac{P}{4\beta}, \quad (3)$$

а тиск

$$P = \frac{\beta P}{2B}. \quad (4)$$

На наш погляд, це допущення являється надто грубим, воно виключає пояснення появи динамічних сил в металоконструкції мосту при русі вантажного візка.

Проведемо розрахунки. Приймаємо: $P_1 = 250$ кН, $P_2 = 220$ кН, рейка марки Р-38, $B = 114$ мм, $I = 1222$ см⁴, $W = 180$ см³, $E = 210000$ Н/см²; $\kappa = 12$ Н/см³, $L = 20$ м.

Тоді отримаємо

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{12 \cdot 114}{21 \cdot 10^4 \cdot 1222 \cdot 10^4}} = 0,0034 \text{ мм}^{-1}.$$

Момент згину

$$M = \frac{250000}{4 \cdot 0,0034} = 18382351 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Напруження згину в рейці

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{18382351}{18 \cdot 10^4} = 102 \text{ МПа}.$$

Тиск під підшвою рейки

$$P = \frac{0,0034 \cdot 250000}{2 \cdot 114} = 3,7 \text{ МПа}.$$

Ми проаналізували, як будуть змінюватися значення моменту згину, тиску і напружень згину при врахуванні функції φ на відстані $x = 1$ м (рис.1, 2, 3). Як бачимо, функції моменту згину,

Піднімально-транспортні машини

тиску і напружень представляють собою знакозмінні функції, які приводять до динамічних навантажень і передаються на металоконструкцію крана, викликаючи його коливання.

Для зменшення тиску під підшовною рейки він укладається на прокладках $L_n \times B_n$

Приймаємо поправку до модуля $\kappa l/t$. Тоді отримаємо

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{\kappa \cdot B_n \cdot l}{4 \cdot E \cdot J_p \cdot t}} \quad (5)$$

Тиск на основу

$$P = \frac{\beta \cdot t}{2 \cdot B_n \cdot l} (P_1 \psi_1 + P_2 \psi_2 \dots) \quad (6)$$

Момент згину в цьому випадку визначається за формулою

$$M = \frac{P}{4\beta} \left(1 + \frac{\beta \cdot e}{2}\right). \quad (7)$$

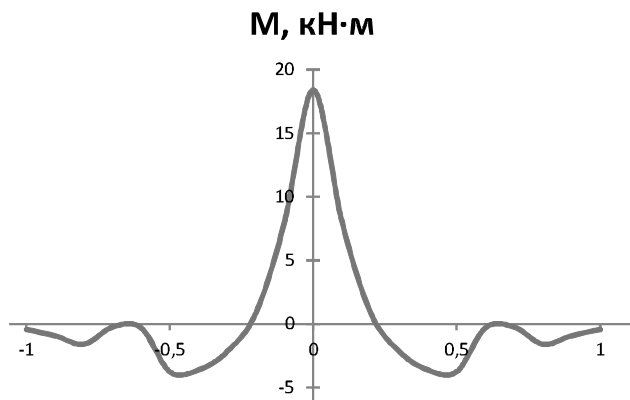


Рис. 1 – Графік моменту згину в перерізі рейки

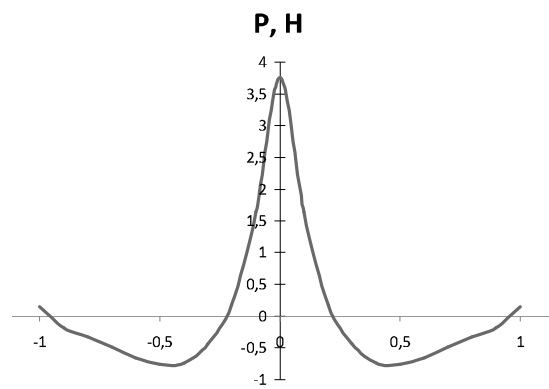


Рис. 2 – Графік навантаження під підшовною рейки

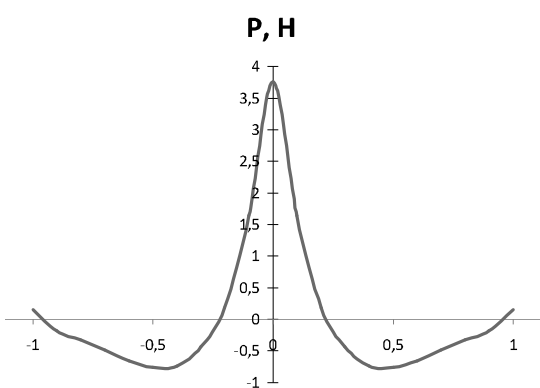


Рис. 3 – Графік напруження згину в рейці

Визначаємо тиск за формулою (6), прийнявши $l = 200$ мм і $t = 300$ мм:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{12 \cdot 114 \cdot 200}{4 \cdot 21 \cdot 10^4 \cdot 1222 \cdot 10^4 \cdot 300}} = 0,00307 \text{ мм}^{-1},$$

$$P = \frac{0,00307 \cdot 300 \cdot 250000}{2 \cdot 114 \cdot 200} = 4,9 \text{ МПа}.$$

Момент згину визначаємо за формулою (7)

$$M = \frac{250000}{4 \cdot 0,00307} \left(1 + \frac{0,00307 \cdot 100}{2}\right) = 23483306 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

При шпальному шляху на баласті тиск шпали на баласт розподіляється нерівномірно, але при розмірах шпал, які звичайно приймаються, і великій їх кількості, приймають тиск рівномірним. Навантаження на шпали

$$P_h = p \cdot B \cdot L.$$

Момент згину в шпалі при однорейковому шляху

$$M_h = \frac{P_h \cdot L}{8}.$$

Піднімально-транспортні машини

Якщо рейка вкладається на короткі шпали на бетонних або металевих балках динаміка руху зменшується. В цьому випадку модуль основи потрібно визначати не властивостями баласту, а пружними властивостями дерев'яних шпал. При цьому

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{l_{np} \cdot B \cdot E_h}{4h \cdot l \cdot E \cdot l}},$$

де E_h – модуль пружності шпали при поперечному тиску;
 l_{np} – приведена довжина шпали.

Висновки

Проведені дослідження дають змогу пояснити виникнення динамічних сил, які виникають у процесі руху вантажного візка.

Список використаних джерел:

1. Сабуров В.Ф. Оценка ресурса элементов подкрановых конструкций производственных зданий. / В. Ф. Сабуров // *Строительные конструкции XXI века* : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – М., 2000. – С. 107–110.
2. Линник А. С. Определение оптимального угла наклона реборды ходовых колес мостового крана / А. С. Линник, А. В. Трушин, Ю. К. Шапошников // *Подъем.-трансп. оборуд.* – Киев: Техника, 1979. – Вып. 10. – С. 15–19.
3. Ковальский Б.С. Расчет крановых рельсов / Б. С.Ковальский // *Подъем.-трансп. оборуд.* – Киев: Техника, 1978. – Вып. 9. – С. 3–8.

References

1. Saburov, V 2000, 'Otsenka resursa elementov podkranovykh konstruksiy proizvodstvennykh zdaniy', *Sb. materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Stroitelnye konstruksii XXI veka"*, Moskva, pp.107-110.
2. Linnik, A, Trushin, A & Shaposhnikov, Yu 1979, 'Opredelenie optimalnogo ugla naklona rebordy khodovykh koles mostovogo kрана', *Podemno-transportnoe oborudovanie*, no. 10, pp. 15-19.
3. Kovalskiy, B 1978, 'Raschet kranovykh relsov', *Podemno-transportnoe oborudovanie*, no. 9, pp. 3-8.

Стаття надійшла до редакції 1 грудня 2014 р.