

Бондаренко Л.М., к.т.н., доцент, Колбун В.В., к.т.н., доцент, ДНУЗТ
Жаковский О.Д., к.т.н., доцент, ДОСЗТ

Динаміка механізмів пересування мостових кранів з врахуванням будови підкранового путі

Постановка проблеми. Допустимі контактні напруження між колесом і рейкою приводяться в залежності від режиму роботи механізмів пересування, а самі напруження визначаються аналітично з врахуванням коефіцієнта поштовхів, який залежить від швидкості пересування крана та видів з'єднань стиків рейок. Звичайно, що ці обставини необхідно враховувати при динамічних розрахунках механізмів пересування кранів.

Ціль статті. Врахувати побудову кранового путі (тип з'єднань від якого залежить швидкість пересування) на прискорення, час пуску, шлях розгону мостового крану.

Основний матеріал досліджень. Коли колесо котиться по крановій рейці контактні напруження в ободі визначаються [1]

$$\sigma_{\text{кон}} = \alpha_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{k_T \cdot P}{(R_K + R_P)^2}} \leq [\sigma] \text{ МПа}, \quad (1)$$

де k_T – коефіцієнт поштовхів рівний 1,0 при V до 0,5 м/с; 1,1 при $V=0,5 \dots 1$ м/с; 1,2 при $V > 1$ м/с; $P=(Q+G)/4$ – статичне навантаження на колесо; R_K, R_P – радіуси колеса та закруглення головки рейки; $\alpha_2=400$ при сталевих колесах.

Значення $\sigma_{\text{кон}}$ при $(Q+G)/4=40000$ Н (мостовий кран загального призначення $Q=5$ т, $L=10,5$ м) $R_K=125$ мм; $R_P=300$ мм – рейка Р43 дорівнює: $\sigma_{\text{кон}}=245$ МПа при $k_T=1$; 250 МПа при $k_T=1,1$ і 257 МПа при $k_T=1,2$.

Величину допустимих контактних напружень знайдемо з умови, що вони не повинні перевищувати отриманих, з врахуванням числа обертів коліс за строк його служби [1]

$$[\sigma] = 7500 \cdot k \cdot k_f \cdot \sqrt[3]{\frac{k_d \cdot P}{D_K^2}}, \quad (2)$$

де $k=0,113$ – коефіцієнт, який залежить від відношення R_2 до діаметра колеса $2 \cdot R_K$; $k_f=1,05$ – коефіцієнт, який враховує вплив дотичних навантажень на напруження в контакті (при $V \leq 2$ м/с); $k_d=1+a \cdot V$ – коефіцієнт динамічності; a – коефіцієнт, який залежить від жорсткості путі (для кранового путі на залізобетонних балках $a=0,2$); V – швидкість пересування, м/с; D_K діаметр колеса в см; P – в кН.

При швидкостях в формулі (1) $V=0,5$ м/с; $V=1$ м/с і $V=2$ м/с величина $[\sigma]$ складає відповідно 1074; 1106 і 1164 МПа, що значно вище величин отриманих за формулою (1).

Для визначення коефіцієнта тертя кочення колеса по рейці при 40 кН знайдемо півширину плями контакту між колесом і рейкою [2]

$$b = 1,397 \cdot n_B \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{E} \cdot \frac{R_K \cdot R_P}{R_K + R_P}}, \quad (3)$$

де n_B – коефіцієнт, який залежить від відношення радіусів колеса та закруглення головки рейки (при $R_K/R_P = 0,42$ $n_B = 0,77$).

При $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа $b = 2,76$ мм.

Коефіцієнт тертя кочення при точковому контакті знаходиться з виразу [3]

$$k = 0,16 \cdot b \cdot e^{0,2 \cdot R_K}, \quad (4)$$

де R_K в метрах, коефіцієнт складає $k = 0,45$ мм (визначимо, що в [1] при $R_K = 125$ мм рекомендується $k = 0,4$ мм).

Опір коченню одного колеса

$$W_1 = \frac{k \cdot P}{R_K}$$

і дорівнює $W_1 = 144$ Н, а чотирьох коліс $W_4 = 576$ Н.

При роликових підшипниках з урахуванням опору коченню в них загальна величина опору подвоюється, тобто $W = 2 \cdot 144 \cdot 4 = 1152$ Н [4].

З урахуванням ККД механізму пересування $\eta = 0,95$ статичний опір руху складе $W_{ст} = 1213$ Н.

Прискорення крана при його русі в закритому приміщенні [1]

$$a_P = \frac{\frac{P_{пр}}{[k_{зч}]} \cdot (\mu_0 + W_{min}) - W_4}{P \cdot g}, \quad (5)$$

де $P_{пр} = 2 \cdot P$ – навантаження на привідні колеса; $\mu_0 = 0,2$ – коефіцієнт зчеплення привідних коліс з рейкою; $[k_{зч}] = 1,2$ – допустимий коефіцієнт зчеплення при роботі без повітряного навантаження; $W_{min} = W_4 / (Q + G) \cdot g$ – мінімальне значення коефіцієнта опору пересуванню при неврахуванні тертя реборд. Величина $W_{min} = 0,0072$ і $a_P = 0,83$ м/с².

Час пуску двигуна крана при швидкостях що залежать від побудови кранового путі та прийняті в формулі (1) визначаються за формулою

$$t_{II} = \frac{V}{a_P} \quad (6)$$

і складає 0,60; 1,20 і 2,40 с при $V = 0,5; 1,0; 2$ м/с відповідно.

Шлях розгону

$$S_P = \frac{t_{II} \cdot V}{2} \quad (7)$$

і складає 0,25; 0,5; 1 м відповідно до t_{II} .

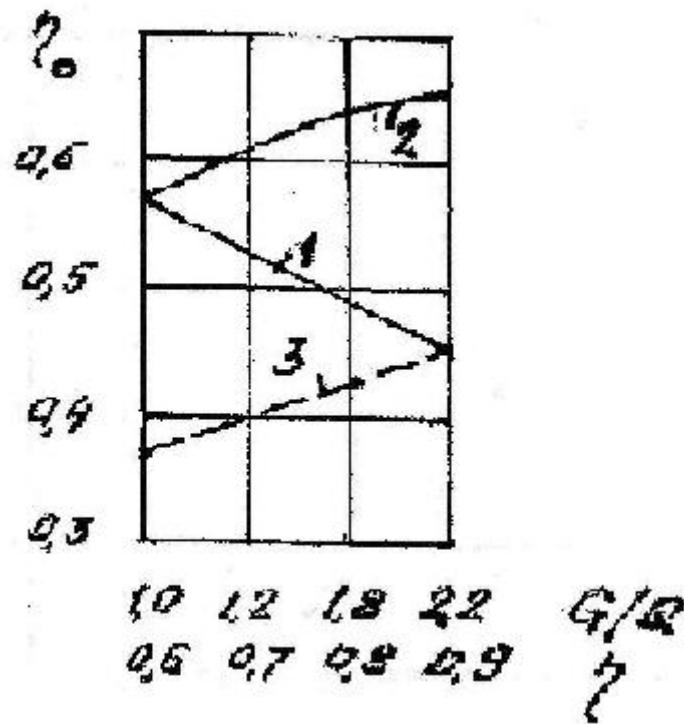


Рис. 1. Залежності ККД пересування крана від: 1 - відношення G/Q ; 2 - те же від G/Q ; 3 - те же від довідкової величини ККД механізму пересування крана

У подальшому знайдемо вплив будови кранового путі на ККД механізму пересування крана. Взагалі вважається [5], що в багатьох випадках поняття ККД «губить смисл» тому, що частина роботи витрачається на збільшення кінетичної енергії або деяка частина технологічних опорів буде вироблена за рахунок кінетичної енергії ланок механізму. Тут, тобто в [1], вважається, що деяким машинам або механізмам за ККД ніякої оцінки дати неможливо та про їх якість можна гадати тільки за абсолютною величиною втраченої роботи або потужності.

Але для порівняння механізмів пересування однотипних кранів, їх схем організації робіт, використання у різних класифікаційних групах і вплив побудови підкранового путі поняття ККД механізмів пересування кранів розглянути потрібно.

Об'єктивно необхідною величиною, яка впливає на ККД механізмів пересування кранів є робота втрачена на розгін вантажу з прискоренням a_p

$$A_H = Q \cdot a_p \cdot \frac{t_{II} \cdot V}{2}. \quad (8)$$

Величина за допомогою якої можна збільшити ККД є зменшення опору пересуванню крана та його маси, тобто

$$A_B = (G \cdot a_p + W_{CT}) \cdot \frac{t_{II} \cdot V}{2} \quad (9)$$

і ККД механізму пересування крана визначається як відношення

$$\eta_0 = \frac{A_H}{A_H + A_B} = \frac{1}{1 + \frac{A_B}{A_H}} = \frac{1}{1 + \frac{8 \cdot k \cdot g}{R_K \cdot \eta \cdot a_P} \cdot \left(1 + \frac{G}{Q}\right)}. \quad (10)$$

При постійній величині $Q+G$ залежності η_0 від G/Q і Q/G показані на рис.1; там же показана ця залежність від довідкової величини ККД механізму пересування крана.

Аналіз отриманих залежностей та графіків на рис. 1 дозволяє зробити такі висновки:

- отримана формула по визначенню ККД механізму пересування мостового крана дозволяє оцінити його якість за такими показниками як маса крана і вантажопідйомність, коефіцієнт тертя кочення коліс по рейці, максимальне прискорення при пуску;

- максимальний вплив на ККД має відношення маси металоконструкції крана до маси вантажу та, наприклад, якщо $G/Q=8/8$ $\eta_0=0,583$ то при $G/Q=11/5$ $\eta_0=0,466$, тобто нижче в 1,25 рази, а збільшення ККД механізму пересування з $\eta=0,6$ до $\eta=0,9$ збільшує ККД крана в 1,27 рази.

Література

1. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2 /Александров М.П., Гохберг М.М., Ковин А.А. и др. – Л.: Машиностроение, 1988. – 559 с.
2. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – Киев: Наук. Думка, 1988. – 736 с.
- 3.Бондаренко Л.М., Довбня М.П., Ловейкін В.С.// Деформаційні опори в машинах. – Дніпропетровськ: Дніпро – V A L, 2002. – 200 с.
4. Бондаренко Л., Севастьянова О. Уточнения к движению колеса по рельсу // Theoretical Foundations of Civil Engineering. – Warsaw, 2010/ - р. 77 – 80.
5. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. – М.: Машиностроение, 1969. – 584 с.