

УДК 531/534:62-59

Л.М. БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук (ДНУЗТ),
О.Д. ЖАКОВСЬКИЙ, канд. техн. наук (директор
ДП ДОСЗТ), Р.С. МИЦКО, канд. техн. наук
(заступник директора ДП ДОСЗТ), А.С. ПАСІ-
ЧНИК (фахівець ДП ДОСЗТ) Дніпропетровськ,
Україна

Визначення зусиль в шарнірах колодкових гальм при жорсткому і шарнірному кріпленні колодок

Ключові слова: гальмівний момент, колодки, одноколодкове гальмо, кут обхвату.

Вступ. Відомо, що гальмівний момент, який утворює одноколодкове гальмо визначається із виразу [1,2]

$$M = NfR, \quad (1)$$

де N — сила притискання колодки до гальмівного шківів;
 R — радіус шківів; f — коефіцієнт тертя.

Виходячи з цього виразу визначається сила притиснення

$$N = M / fR. \quad (2)$$

Умова рівноваги, наприклад, при такій схемі гальмування, як показано на рис. 1 а розглядається у вигляді, показаному на рис. 1 б [3].

Виходячи із формули (2) та схеми гальма (рис.1а) можна знайти силу притиснення колодки

$$N = \frac{Qr}{fR} \quad (3)$$

при якій гальмо буде в рівновазі і знайти реакції в шарнірі С

$$X_C = Qr / R - P \sin \alpha; \quad Y_C = Qr / (fR) - P \cos \alpha, \quad (4)$$

а

$$P = \frac{Qr(a + fh)}{fR(a + b) \cos \alpha}. \quad (5)$$

Основний матеріал досліджень. Для уточнення реакції X_C та Y_C з врахуванням кута обхвату колодкою шківів доведемо неточність формули (2). Головна її неточність полягає у тому, що вона отримана в порушення закону тертя ковзання, який припускає нормальний тиск між поверхнями тертя. Тут сила притиснення колодки N не буде дорівнювати сумі нормальних до шківів сил і різниця залежить від величини кута обхвату колодкою шківів.

Із рис. 2 очевидно, що лінійне навантаження на хорду АВ центрального кута обхвату β складе

$$P = \frac{N}{2R \sin(\beta/2)} \quad (6)$$

і елементарна сила, яка діє на вертикальну складову елементарного сектора

$$dN = \frac{NR}{2R \sin(\beta/2)} \cos \phi d\phi. \quad (7)$$

Нормальна до поверхні елементарна сила

$$dn = \frac{NR}{2R \sin(\beta/2)} \cos^2 \phi d\phi. \quad (8)$$

Загальна нормальна сила знайдеться як

$$N_H = \frac{N}{2R \sin(\beta/2)} \int_{-\beta/2}^{+\beta/2} \cos^2 \phi d\phi = \frac{N(\beta + \sin \beta)}{4 \sin(\beta/2)}. \quad (9)$$

Неважко переконатись, що формула (2) справедлива тільки при малих кутах β , тобто коли $\sin \beta \approx \beta$, а $\sin(\beta/2) \approx \beta/2$.

Таким чином, точним виразом формули (1) буде

$$M = \frac{NfR(\beta + \sin \beta)}{4 \sin(\beta/2)}. \quad (10)$$

Аналітичні умови рівноваги стержня CD з врахуванням отриманих формул.

Оскільки елементарна сила тертя $dF = f dn$, то її складова на вісь x

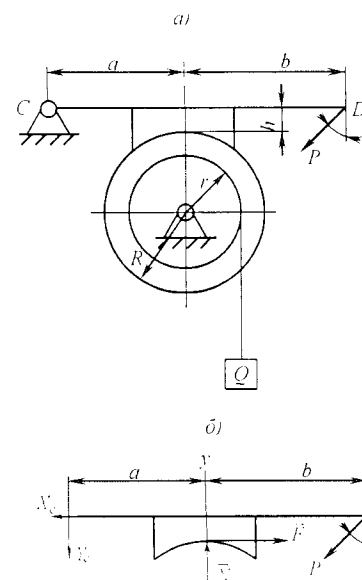


Рис. 1. Розрахункова схема гальмівного пристрою (а) та умова рівноваги важеля (б).

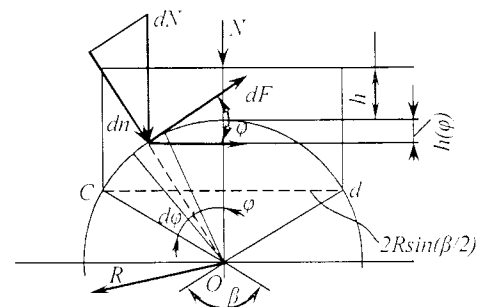


Рис. 2. Схема сил, які діють на гальмівний шків.

$$dF = \frac{Nf}{2\sin(\beta/2)} \cos^3 \phi d\phi, \quad (11)$$

а повна сила

$$F = \frac{Nf}{2\sin(\beta/2)} \int_{-\beta/2}^{\beta/2} \cos^3 \phi d\phi = Nf \left(1 - \frac{1}{3} \sin^2 \frac{\beta}{2}\right). \quad (12)$$

Із проекції сил:
на вісь x

$$\Sigma F_x = 0; \quad X_c = Nf \left(1 - \frac{1}{3} \sin^2 \frac{\beta}{2}\right) - P \sin \alpha; \quad (13)$$

на вісь y

$$\Sigma F_y = 0; \quad Y_c = N - P \cos \alpha. \quad (14)$$

Сума моментів сил відносно точки С

$$\Sigma M_c(\vec{F}_i) = 0;$$

$$P(a+b)\cos\alpha - Na - \frac{2Nf}{2\sin(\beta/2)} \int_0^{\beta/2} [(h+R(1-\cos\phi))\cos\phi] \cos^3 \phi d\phi, \quad (15)$$

$$\text{де } N = \frac{4Qr\sin(\beta/2)}{fR(\beta+\sin\beta)};$$

звідки

$$P = \frac{N}{(a+b)\cos\alpha} \left\{ a + \frac{f}{\sin\frac{\beta}{2}} \left[(h+R) \left(1 - \frac{1}{3} \sin^2 \frac{\beta}{2}\right) \sin \frac{\beta}{2} - \frac{R}{32} (6\beta + 8\sin\beta + \sin^2 \beta) \right] \right\}. \quad (16)$$

Не важко переконатись, що при малому куту β формула (10) приймає вигляд $M = NfR$ і співпадає з формулою (1); величина N у формулі (15) має вигляд $N = Qr/fR = M/fR$, що відповідає формулі (2), а формула (16) за цієї ж умови і при нехтуванні малими величинами другого порядку $P = Nf/h / (a+b)\cos\alpha$, що відповідає загальноприйнятому виразу.

Залежності N , P , X_c та Y_c від кута обхвату колодкою гальмівного шківів при $Q=20$ кН, $R=200$; $r=160$; $h=80$; $a=500$; $b=800$ мм та $\alpha=30^\circ$ і $f=0,4$ показані на рис. 3.

Тут розглянута задача для колодки жорстко прикріпленої до важеля. Звичайно на практиці це кріплення для рівномірного тиску між поверхнями контакту шарнірне. Врахування шарнірного приводить до суттєвих змін в результатах, оскільки суттєво за величиною змінюється сила P , яка в цьому випадку визначається із формули

$$P(a+b)\cos\alpha - Na = 0, \quad (15a)$$

а величина X_c внаслідок цього змінює не тільки величину, а і знак (при $\beta \approx 70^\circ$).

Залежності, що показані на рис.3 для жорсткого кріплення колодки, для її шарнірного кріплення показані на рис. 4.

Спостерігаються, але незначні, відмінності у величині нормального тиску між колодкою і шківом при різних кріпленнях колодки. При цьому збільшення тиску в частині колодки на яку набігає шківів на таку величину зменшує на частину з якої збігає шківів (рис. 5).

Аналіз отриманих формул і графіків дозволяє зробити такі висновки і пропозиції:

формула по визначенню гальмівного моменту колодкового гальма, що наводиться в довідковій і учбовій літературі отримана з порушенням Закону тертя ковзання: сила притискування колодки не дорівнює сумі нормальних тисків між колодкою і шківом;

реакції в шарнірі одноколодкового гальма суттєво залежить від кута обхвату колодкою шківів навіть для ре-

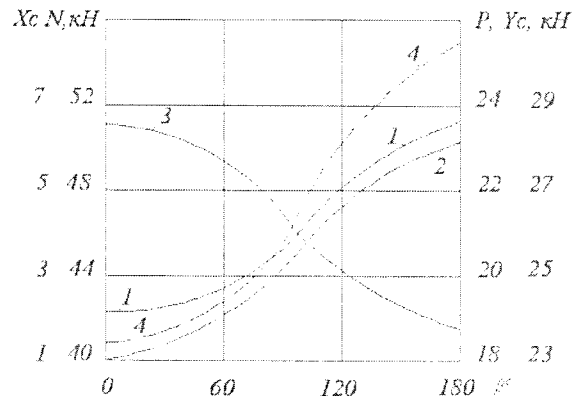


Рис. 3. Залежності від кута обхвату колодкою гальмівного шківів: 1 — P (16); 2 — N (15); 3 — X_c (13); 4 — Y_c (14).

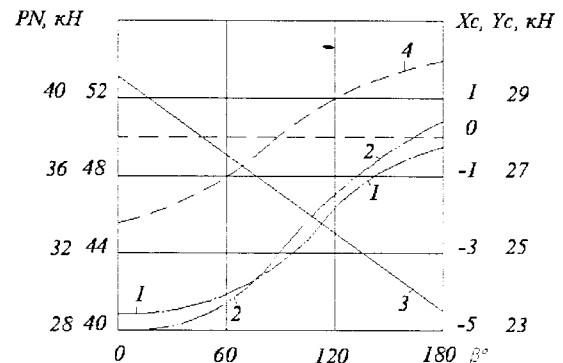


Рис. 4. Залежності від кута обхвату колодкою гальмівного шківів при його шарнірному кріпленні до важеля: 1 — P (16); 2 — N (15a); 3 — X_c (13); 4 — Y_c (14).

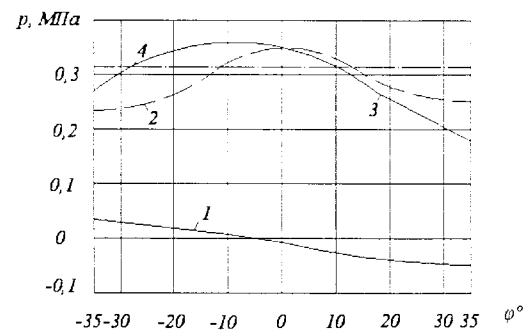


Рис. 5. Зміна тисків між колодкою і шківом в межах кута обхвату колодкою шківів при куту $\beta=70^\circ$: 1 — за рахунок обертального руху колодки; 2 — за рахунок поступального руху; 3 — сумарний тиск; 4 — середній нормативний тиск.

комендованих кутів, тому при розрахунках реакцій необхідно враховувати кут обхвату гальмівною колодкою гальмівного шківів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тормозные устройства: Справочник/ Александров М.П., Лысяков А.Г., Федосеев В.Н. и др. — М.: Машиностроение, 1985. — 312 с.
2. Справочник по кранам: В 2 т. Т.2/ Александров М.П., Гохберг М.М., Ковин А.А. и др. — Л.: Машиностроение, 1988. — 559 с.
3. Яскілка М.Б. Збірник завдань для розрахунково-графічних робіт з теоретичної механіки / — Київ: Вища шк.: Веселка, 1999. — 351 с.