

**Довбня Н. П.,  
Бондаренко Л. М.,  
Бобырь Д.В.**

Днепропетровский национальный  
университет железнодорожного транспорта  
им. академика В. Лазаряна,  
г. Днепропетровск, Украина

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАМЫКАЮЩЕГО УСИЛИЯ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ КОЛОДОЧНОГО ТИПА

### Постановка проблемы и связь с практическими задачами

Приводимые в справочной и учебной литературе соотношения между силой прижатия колодки  $F$  в зажимных устройствах и силой  $P$ , необходимой для обеспечения прижатия, не дают достоверной величины силы  $F$ .

Если зажимное устройство расположено так, как показано на рис. 1, то при полностью отцентрированной детали вопрос о силе прижатия верхней колодки вообще не стоит, поскольку деталь будет покоиться только на нижней колодке.

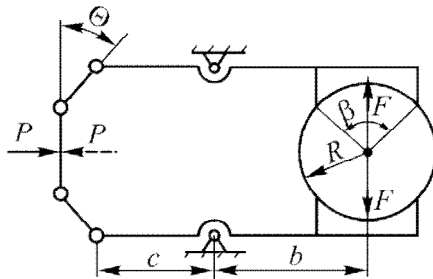


Рис. 1 □ Схема одного из зажимных устройств колодочного типа

На практике устройство может отклоняться на некоторый угол  $\gamma$  вокруг горизонтальной оси или деталь может создавать некоторый вращательный момент  $M$ .

Поскольку угол обхвата детали колодкой  $\beta$  может иметь величину, изменяющуюся в широких пределах, то необходимо установить как будет влиять его величина на силу  $F$ .

### Анализ последних исследований и публикаций

Очевидно, что работа зажимных устройств колодочного типа аналогична работе колодочных тормозов. В них тормозной момент определяется по формуле [1]:

$$M_m = 2fFR, \quad (1)$$

где  $f$  – коэффициент трения между колодкой и тормозным шкивом.

Формула (1) имеет давнюю историю и имеет аналогичный вид в учебнике проф. R.Dub'a "Der Kranban", вышедшей в Германии в 30-х годах прошлого века. Естественно, что усвоенная в студенческие годы эта формула не давала возможности инженерам оспаривать ее, поэтому публикации на эту тему в литературе отсутствовали.

### Нерешенные части проблемы

Напомним, что закон трения скольжения гласит о **нормальных** давлениях, а в случае колодки нормальные давления распределяются по нормали к окружности и их сумма не равна силе  $F$ . Поэтому, формула (1) является не точной и очевидно, что разница в давлениях будет зависеть от угла обхвата.

**Цель статьи** заключается в установлении величины силы прижатия колодок зажимного устройства колодочного типа в зависимости от угла обхвата колодками цилиндрической детали в случае операций проводимых с изменением угла наклона или с неуравновешенным моментом.

### Основной материал исследований

Распределение нормальных к поверхности колодке сил показано на рис. 2.

Нормальную величину силы на текущем углу  $\phi$  определим так. Распределенное давление от силы  $F$  на горизонтальную составляющую проекции дуги обхвата

$$q = \frac{F}{2R \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус детали;

$\beta$  – полный угол обхвата колодкой детали.

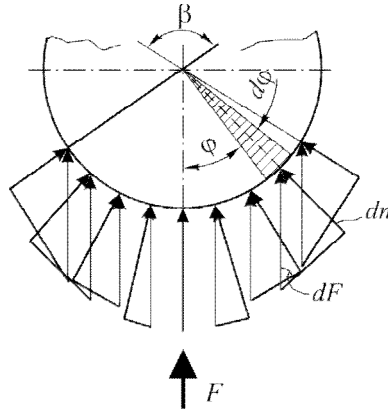


Рис. 2 □ Распределение нормальных сил по дуге обхвата колодочной детали

Поскольку катет элементарного сектора имеет длину:

$$x = R \cos \varphi d\varphi, \quad (3)$$

то давление на него составит:

$$dF = \frac{FR}{2R \sin \frac{\beta}{2}} \cos \varphi d\varphi, \quad (4)$$

а нормальная к образующей сила будет равна:

$$dn = \frac{F}{2 \sin \frac{\beta}{2}} \cos^2 \varphi d\varphi. \quad (5)$$

Интеграл этого выражения в пределах угла обхвата даст полную величину нормального давления колодки на шкив:

$$N_n = \frac{F}{8 \sin \frac{\beta}{2}} (\beta + \sin \beta). \quad (6)$$

Исходя из формулы (6) найдем величину  $F$  для двух характерных случаев работы зажима.

1. Необходимо удержать деталь цилиндрической формы массой  $m$  наклоненную устройством под углом  $90^\circ$  к горизонту. Из выражения:

$$mg = \frac{Ff (\beta + \sin \beta)}{4 \sin \frac{\beta}{2}} \quad (7)$$

следует, что

$$F = \frac{4mg \sin \frac{\beta}{2}}{f (\beta + \sin \beta)}. \quad (8)$$

Зависимость силы  $F$  от угла обхвата колодочной детали при  $\gamma = 90^\circ$ ,  $m = 100$  кг показана на рис. 3.

Если цилиндрическая уравновешенная деталь расположена под углом  $\gamma$  к горизонту, то уравнение (7) принимает вид:

$$mg \sin \gamma = \frac{Ff (\beta + \sin \beta)}{2 \sin \frac{\beta}{2}} + \frac{mgf \cos \gamma (\beta + \sin \beta)}{4 \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (9)$$

а уравнение для определения силы  $F$  принимает вид:

$$F = \frac{4mg \sin \frac{\beta}{2}}{f(\beta + \sin \beta)} \left[ \sin \gamma - \frac{f \cos \gamma (\beta + \sin \beta)}{8 \sin \frac{\beta}{2}} \right]. \quad (10)$$

2. Если деталь имеет массу  $m$  и не уравновешена моментом  $M$ , то уравнение (8) имеет вид (при  $\gamma = 0$ ):

$$F = \frac{1}{2} \left[ \frac{8M \sin \frac{\beta}{2}}{fR(\beta + \sin \beta)} - mg \right]. \quad (11)$$

Зависимость  $F$  от  $\beta$  и  $f$  при  $R = 0,25$ ,  $M = 250$  Нм и  $m = 100$  кг показана на рис. 4.

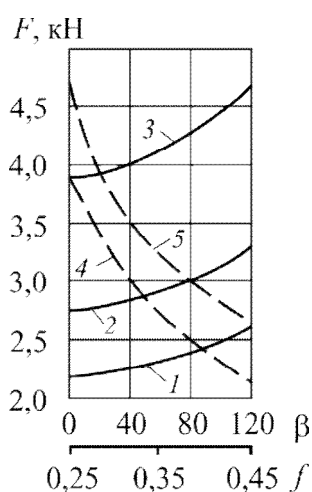


Рис. 3 – Зависимость силы прижатия колодки от:  
1, 2, 3 - угла обхвата колодкой детали при  
 $f = 0,45; 0,35; 0,25$ ;  
4, 5 - коэффициента трения при  $\beta = 0$  и  $\beta = 120^\circ$

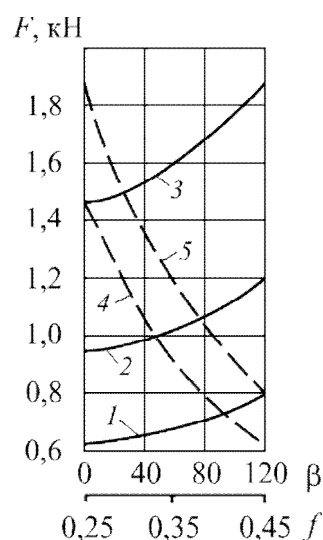


Рис. 4 – Зависимость силы прижатия колодки  
для детали с моментом от:  
1, 2, 3 - угла обхвата колодкой детали при  $f = 0,45; 0,35; 0,25$ ;  
4, 5 - коэффициента трения при  $\beta = 0$  и  $\beta = 120^\circ$

В заключении отметим, что соотношение между силами  $P$  и  $F$  остается прежним и составляет  $P/F = 2btg\theta/c$ , но величина  $F$  в этом случае становится известной и определяется, в зависимости от положения зажима и конфигурации детали, формулами (8), (10) или (11).

Анализ полученных формул и графиков позволяет сделать следующие **выводы**:

- при определении усилия зажима колодок зажимными устройствами колодочного типа необходимо учитывать угол обхвата колодками детали;
- расхождение в величине силы прижатия колодок при угле обхвата колодками детали  $\beta = 100^\circ$  доходит до 15 %, что составляет значительную величину для такого типа устройств.

### Литература

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.

Надійшла 19.11.2010