

Бондаренко Л.Н., к.т.н., Колбун В.В. к.т.н. (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна), Жаковский А.Д. к.т.н. (Днепропетровский орган по сертификации железнодорожного транспорта)

Определение усилия замыкающей пружины колодочных тормозов

В колодочных тормозах тормозной момент создается за счет прижатия двух колодок с прикрепленными к ним фрикционными накладками к тормозному шкиву. Эти тормоза применяются как стопорные нормально замкнутые с двусторонним торможением.

Учитывая ответственность тормозов, при их выборе сначала определяется расчетный тормозной момент [1, 2, 3]

$$M_T = k_T \cdot M_{\text{СТ.Т}}, \quad (1)$$

где k_T – коэффициент запаса торможения, зависящий от классификационной группы механизма, $M_{\text{СТ.Т}}$ – статический тормозной момент, определяемый по известным формулам [1, 2, 3]. Например, для механизма подъема

$$M_{\text{СТ.Т}} = \frac{Q \cdot g \cdot D \cdot \eta}{2 \cdot n}, \quad (2)$$

где Q – масса груза, D – диаметр барабана, η – к.п.д. механизма подъема, n – передаточное число. Тормозной момент, развиваемый двумя колодками, обычно определяется из выражения

$$M_T = N \cdot f \cdot D, \quad (3)$$

где N – сила нажатия колодки на тормозной шкив, f – коэффициент трения между накладкой и шкивом.

Поскольку колодки охватывают шкив по дуге, а формула (3) соответствует плоскости, то необходимо поставить под сомнение правомерность ее применения. В связи с этим необходимо уточнить величину k_T в формуле (1), поскольку от этого зависит величина прижатия тормозной колодки к шкиву и вообще безопасность работы кранов.

Нам удалось установить, что формула (3) не менее века и как студентами, так и инженерами воспринимается как истина. Очевидно, по этой причине ее никто не опровергал и поэтому как исследований по этой тематике, так и публикаций в последнее время не было.

Поэтому формула (3) не точно определяет M_T , а следовательно, и величину прижатия тормозной колодки к шкиву.

Установим действительную величину прижатия тормозной колодки к шкиву с учетом распределения нормальных давлений по высоте колодки. В законе трения скольжения принимается нормальное давление, очевидно, что сила dN на рис. 1 будет нормальной к шкиву только при текущем угле φ равным нулю, т.е. при совпадении силы N и ее элементарного значения dN .

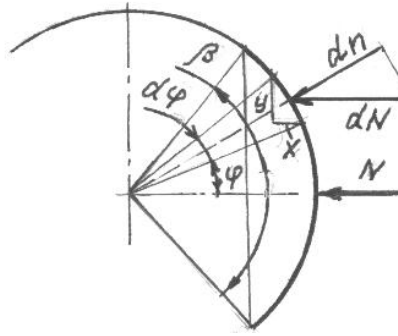


Рис. 1. Распределение силы нажатия колодки охвата тормозного шкива

Найдем нормальную составляющую силы на угле φ . Распределенное давление от силы N на вертикальную составляющую длиной y проекции дуги охвата

$$q = \frac{N}{2 \cdot R \cdot \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (4)$$

где R – радиус тормозного шкива, β – угол охвата колодкой шкива.

Поскольку вертикальная составляющая элементарного сектора имеет длину

$$y = R \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi, \quad (5)$$

то давление на нее составит

$$dN = q \cdot y = \frac{N \cdot \cos \varphi}{2 \cdot \sin \frac{\beta}{2}} \cdot d\varphi, \quad (6)$$

а нормальная сила

$$dn = \frac{N \cdot \cos^2 \varphi}{2 \cdot \sin \frac{\beta}{2}} \cdot d\varphi. \quad (7)$$

Интеграл выражения (7) в пределах угла обхвата дает полную величину нормального давления на шкив

$$N_H = \frac{N \cdot (\beta + \sin \beta)}{4 \cdot \sin \frac{\beta}{2}}. \quad (8)$$

При несимметричной колодке

$$N_H = \frac{N}{4 \cdot \sin \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}} \cdot \left[\beta_1 + \beta_2 + \frac{1}{2} \cdot (\sin \beta_1 + \sin \beta_2) \right]. \quad (9)$$

Естественно, что N будет равным N_H только при малой величине β , когда $\beta \approx \sin \beta$, а более точным выражением формулы (3) будет

$$M_T = \frac{N \cdot D \cdot f \cdot (\beta + \sin \beta)}{4 \cdot \sin \frac{\beta}{2}}. \quad (10)$$

Таким образом, чтобы в существующих тормозах тормозной момент был равен действительному необходимо увеличить величину прижатия колодки в $\frac{4 \cdot \sin \frac{\beta}{2}}{\beta + \sin \beta}$ раз.

Этого можно добиться за счет смены усилия пружины, которое определяется из выражения

$$P_{\Pi} = \frac{4 \cdot M_T \cdot l_1 \cdot a}{f \cdot D \cdot l \cdot c \cdot \eta} \cdot \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{\beta + \sin \beta}, \quad (11)$$

где l – расстояние между верхним и нижним шарнирами стойки (рис.2), l_1 – расстояние между нижним шарниром и шарниром колодки, a – расстояние между верхним шарниром и шарниром трехплечего рычага гидротолкателя, c – расстояние между осью пружины и осью стойки, η – к.п.д. рычажной системы тормоза.

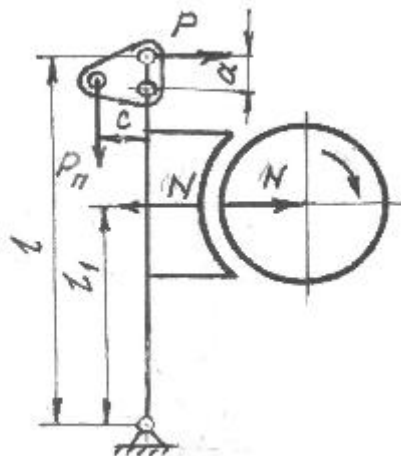


Рис. 2. Схема для определения усилия пружины колодочного тормоза

Величина затяжки пружины в зависимости от угла охвата колодкой шкива для тормоза ТКГ – 400 ($M_T=1500$ Нм, $l=520$ мм, $l_1=240$ мм, $a=30$ мм, $c=75$ мм, $f=0,42$ – вальцованная лента – стальной шкив, отсутствие смазки, $\eta=0,92$) показана на рис. 3.

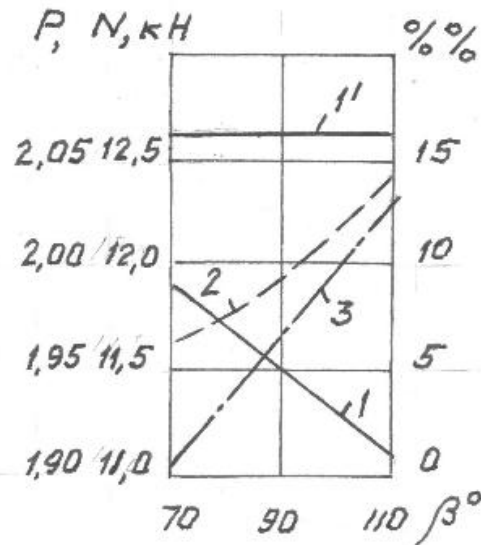


Рис. 3. Зависимости от угла обхвата колодкой тормозного шкива: 1 – величины нормального усилия, действующего на шкив, 2 – процентное расхождение нормального усилия от усилия прижатия колодки, 3 – усилие пружины для обеспечения необходимого $M_T=1500$ Нм тормозного момента (1' - нормативная величина 1).

Величина условного давления между шкивом и накладкой будет отличаться от нормативной и составит

$$P_{cp} = \frac{N}{2 \cdot D \cdot B \cdot \beta} \cdot \frac{\beta + \sin \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} \leq [p], \quad (12)$$

что составляет 0,94 от величины, полученной по нормативной методике при $\beta = 70^\circ$ и 0,87 при $\beta = 110^\circ$.

Величина максимального давления может быть найдена из выражения (7), при условии, что $\varphi = 0$

$$P_{max} = \frac{N}{D \cdot B \cdot \sin \frac{\beta}{2}}, \quad (13)$$

и при $\beta = 70^\circ$ на 6,5% выше нормативной величины, а при $\beta = 110^\circ$ на 17,3%.

Отметим, что формула (13) учитывает только давление от поступательного движения колодок.

Выводы.

1. Формула по определению тормозного момента колодочных тормозов, приведенная в справочной и учебной литературе дает заниженные значения силы тормозного нажатия.

2. Величина тормозного момента колодочных тормозов, приводимая в характеристике существующих тормозов завышена и величина превышения при угле охвата равном 70° достигает 6%.

3. Для компенсации неточности в величине тормозного момента необходимо увеличить усилие сжатия пружины и при охвате тормозной колодки в 70° длину пружины необходимо уменьшить на 6%.

Литература

1. Вайнсон А.А. Подъемно – транспортные машины. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.

2. Грузоподъемные машины /Александров М.П., Колобов Л.Н., Лобов Н.А. и др./ - М.: Машиностроение, 1986. – 400 с.

3. Тормозные устройства: Справочник/Александров М.П., Лысяков А.Г., Федосеев В.Н. и др./ - М.: Машиностроение, 1985. – 312 с.