

Нормальное давление колодок на тормозной шкив в колодочных и ленточно-колодочных тормозах

Бондаренко Л.Н., Колбун В.В., Жаковский А.Д.

Постановка проблемы. В связи с увеличением масс механизмов и машин, скоростей, частот торможений, что требует повышения надежности деталей и узлов как машин в целом, так и тормозов. Последние уменьшают скорость машин с заданным замедлением или останавливают ее на определенном тормозном пути, а в подъемно – транспортных машинах удерживают груз в подвешенном состоянии при определенном коэффициенте запаса торможения.

Цель статьи. Уточнить величины нормальных давлений колодки на тормозной шкив и, следовательно, величину тормозного момента колодочных и ленточно-колодочных тормозов.

Материал исследований. Сначала рассмотрим задачу о нагрузках равномерно – распределенных по дуге окружности (рис.1).

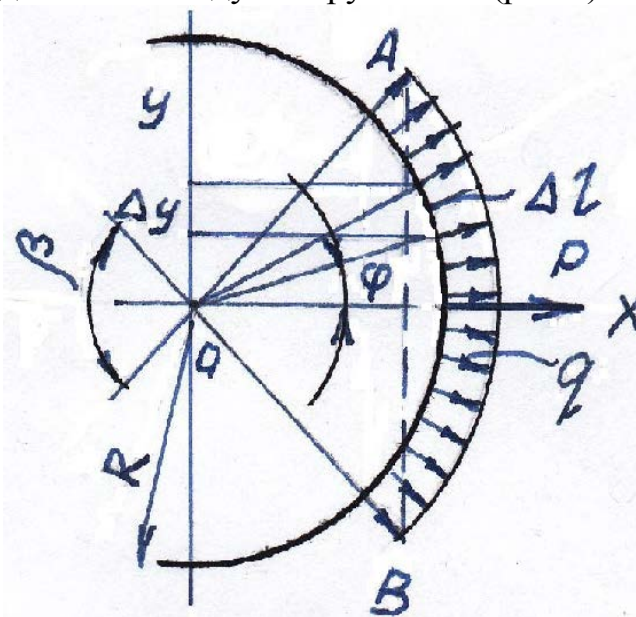


Рис.1. Силы, равномерно распределенные по длине окружности

1. Эта задача рассмотрена в некоторых учебниках по теоретической механике [1] и сопротивлению материалов [2], поэтому кратко приведем ее решение для изложения поставленной задачи.

Сумма проекций сил P на ось OY вследствие симметрии относительно оси OX , равна нулю, и поэтому их равнодействующая направлена вдоль оси OX . По модулю $P = P_x = \sum q \cdot \Delta l \cdot \cos \varphi$, где $q \Delta l$ – сила, действующая на элемент дуги длиной Δl ; φ – угол образуемый этой силой с осью OX . поскольку $\Delta l \cos \varphi = \Delta y$, то $P = q \cdot \sum y = q \cdot AB$, т.е. $P = qh$, где h – длина хорды

дуги AB , $h = 2 \cdot R \cdot \sin \frac{\beta}{2}$. Как видим, в отличие от задач, рассмотренных ниже здесь присутствует длина хорды дуги.

2. При расчете колодочных тормозов используется сила прижатия колодки к шкиву P . Естественно, что для расчета величины тормозного момента, согласно закону трения скольжения, необходимо знать как величину нормальной распределенной силы q , так и ее сумму.

Поэтому, необходимо решить задачу обратную предыдущей (рис. 2).

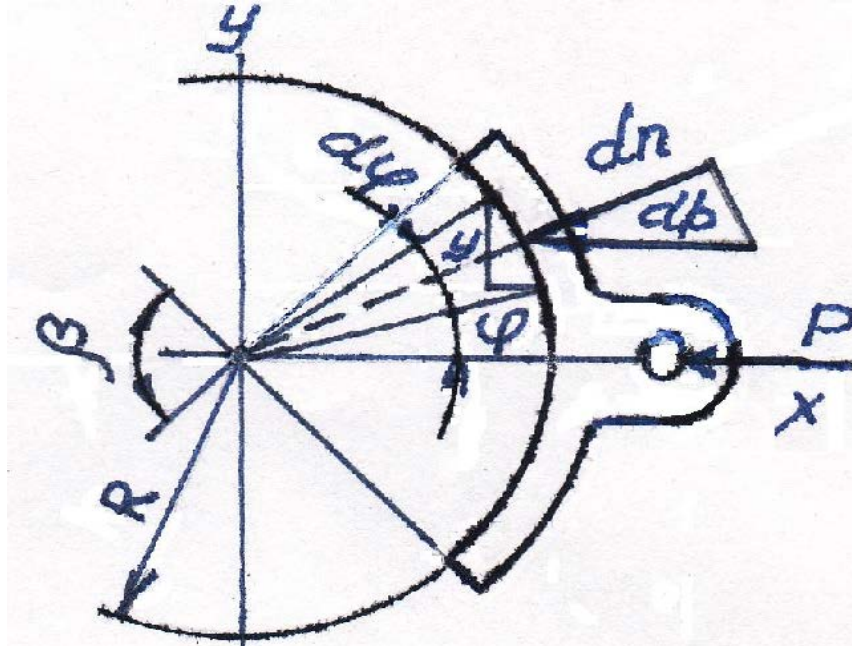


Рис. 2. К определению нормальных давлений тормозной колодки на шкив.

Элементарная сила, действующая на ось y элемента дуги длиной $Rd\varphi$

$$d_p = \frac{P}{\beta} \cdot d\varphi, \quad (1)$$

нормальная к нему сила

$$dn = dp \cdot \cos \varphi = \frac{P}{\beta} \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi. \quad (2)$$

Общая нормальная сила, действующая на цилиндр

$$N = \frac{P}{\beta} \cdot \int_{-\beta/2}^{+\beta/2} \cos \varphi \cdot d\varphi = \frac{2 \cdot P}{\beta} \cdot \sin \frac{\beta}{2}. \quad (3)$$

Исходя из этого, тормозной момент, развиваемый двухколодочным тормозом должен определяться из выражения

$$M_{тд} = \frac{4 \cdot P \cdot f \cdot R}{\beta} \cdot \sin \frac{\beta}{2}. \quad (4)$$

Поскольку в колодочных тормозах $60 \leq \beta \leq 120$, то необходимо оценить точность формул (4) и нормативной $M_T = 2PfR$ [3, 4].

Зависимости P , N , M_T , $M_{ТД}$ и процентные расхождения между M_T и $M_{ТД}$ в зависимости от угла β показаны на рис. 3.

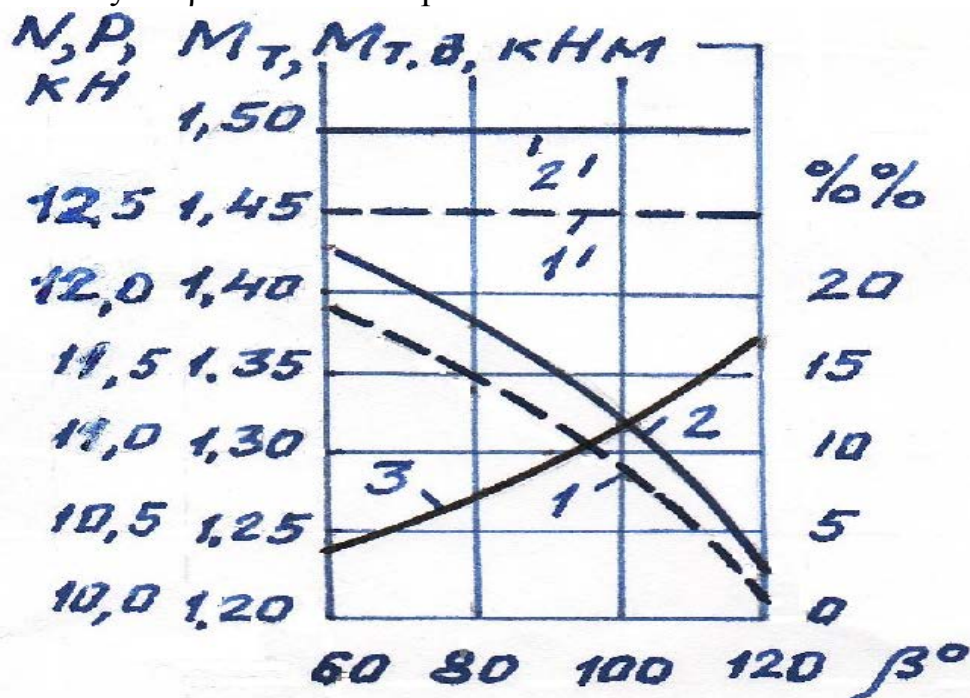


Рис. 3. Зависимость от угла обхвата колодкой тормозного шкива: 1, 1' - нормативной и предлагаемой величин прижатия колодки; 2, 2' - нормативной и предлагаемой величины тормозного момента; 3 - процентное расхождение между моментами.

3. Не менее широкое распространение получили и ленточно-колодочные тормоза [5, 6] в которых колодки прижимаются к тормозному шкиву с помощью ленты.

В дальнейшем рассмотрим абсолютно жесткую на изгиб колодку, поскольку эта задача является аналогом задач рассмотренных выше. С учетом не абсолютно жесткой колодки задача рассмотрена в [2].

Сначала рассмотрим одну колодку, поскольку сравнение формулы (4) с нормативной, показывает их существенную разницу как в результатах расчетов, так и в написании.

Будем полагать, что лента имеет натяжение набегающей ветви S_H , а сбегающей S_C . Если предположить, что в силовом треугольнике, определяющем давление на тормозной шкив силами S_H и S_C , разница в углах между ними незначительная, то давление на шкив составит (рис. 4)

$$P = (S_H + S_C) \cdot \cos \frac{\beta}{2}. \quad (5)$$

Поскольку $M_{ТД} = (S_H - S_C)R$, то согласно формулы (4)

$$\frac{S_H}{S_C} = \frac{\beta + 2 \cdot f \cdot \sin \frac{\beta}{2} \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{\beta - 2 \cdot f \cdot \sin \frac{\beta}{2} \cdot \cos \frac{\beta}{2}} = \frac{1 + \frac{f}{\beta} \cdot \sin \beta}{1 - \frac{f}{\beta} \cdot \sin \beta}. \quad (6)$$

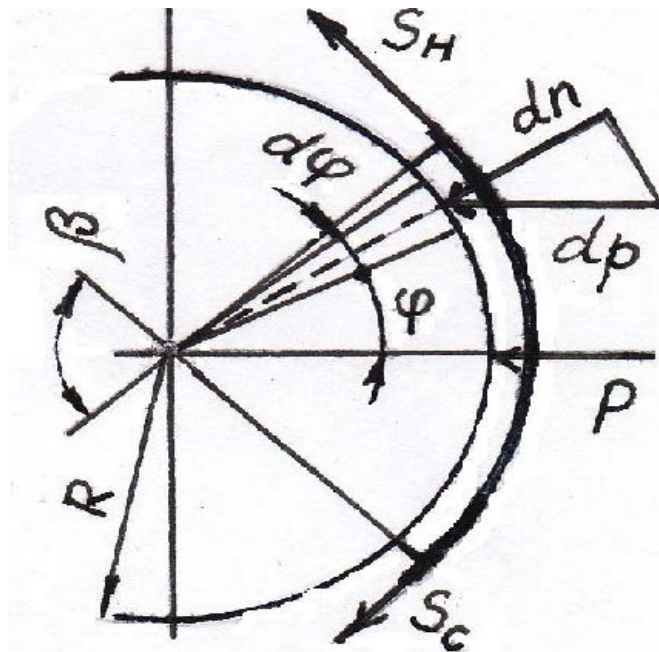


Рис. 4 Расчетная схема ленточно-колодочного тормоза (одна колодка).

На рис. 5 показаны зависимости S_H/S_C от угла β , полученные по формуле (6) и для сравнения эти же зависимости для гибкой нерастяжимой нити (по Эйлеру)

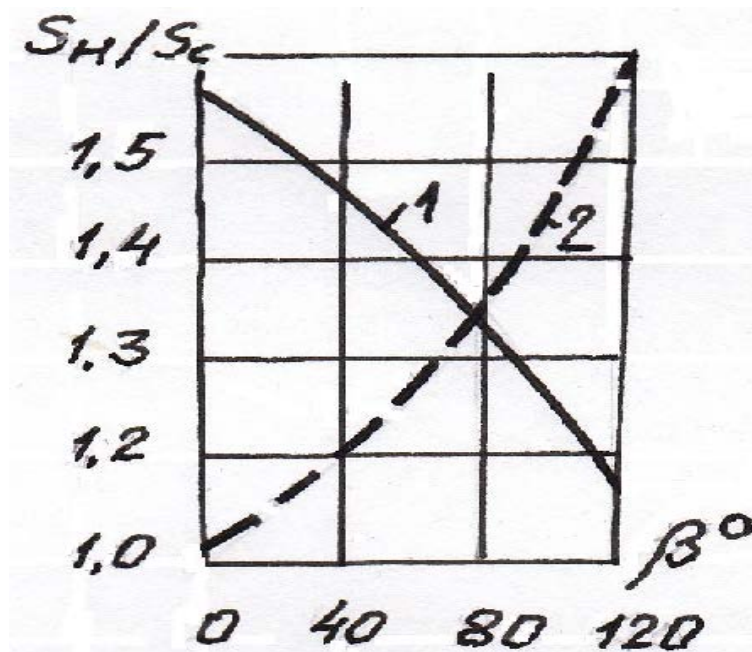


Рис. 5. Зависимость от угла обхвата тормозного шкива: 1 – колодкой, прижимаемой лентой (6); 2 – гибкой нерастяжимой нитью (по Эйлеру).

Формула (6) при малом угле β принимает вид

$$\frac{S_H}{S_C} = \frac{1+f}{1-f} \quad (7)$$

или

$$f = \frac{S_H - S_C}{S_H + S_C} \quad (8)$$

Анализ полученных зависимостей и графиков на рис. 3 и рис. 5 позволяет сделать следующие выводы и предложения.

1. Нормативная формула для определения тормозного момента колодочного тормоза соответствует прижатию двух плоскостей и не учитывает того, что нормальное давление колодки на шкив не равно давлению на колодку.

2. В ленточно-колодочных тормозах при абсолютно жесткой на изгиб колодке необходимо учитывать угол обхвата колодкой шкива при угле $\sin(\beta/2) \approx \beta/2$.

3. Нормативная величина тормозного момента, например, при угле обхвата колодкой 80° , меньше реального примерно на 7%.

4. Отношение натяжений между набегающей и сбегающей ветвями ленточно-колодочного тормоза зависит от угла обхвата колодкой шкива и, например, при угле 20° , разница составляет около 30% по сравнению с величиной, полученной без учета абсолютной жесткости колодки.

Литература

1. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т.2/Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. – М.: Нака, 1965. – 624с.

2. Справочник по сопротивлению материалов/ Писаренко Г.С., Матвеев В.В., Яковлев А.П. – К.: наук. думка, 1988. – 736с.

3. Справочник по кранам. В 2 т. Т.2/Александров М.Л., Гохберг М.М., Ковин А.А. и др. – Л.: Машиностроение, 1988. – 559с.

4. Тормозные устройства. Справочник/ Александров М.П., Лысяков А.Г., Федосеев В.Н. и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 319с.

5. Крижанівський Є.І., Вольченко М.О., Вольченко Д.О., Пургал М.П. Стрічково-колодкові гальма. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2004. – 230с.

6. Бондаренко Л.Н. Определение средних радиусов трения конических и дисковых тормозов/ Подъемные сооружения. Специальная техника. – Одесса: НТА «Подъемные сооружения», 2009. - № 5(93). – С. 26 – 28.