

Уточнения к расчету ленточно–колодочных тормозов

Бондаренко Л.Н., к.т.н., доцент, Севастьянова О.Э., к.т.н., доцент Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Жаковский А.Д., к.т.н., доцент, Колбун В.В., к.т.н., доцент Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени ак. В. Лазаряна г.Днепр Украина

Постановка задачи. Ленточно–колодочные тормоза применяются в машинах с тяжелым режимом работы (экскаваторы, лебедки бурового оборудования, шахтные подъемные машины и т.п.). В этих тормозах накладки изготавливаются в виде отдельных жестких колодок, прикрепленных к относительно гибкой стальной ленте, которую при расчетах можно считать не деформируемой.

Цель статьи. В справочной литературе и диссертациях приводятся, по крайней мере, три формулы, дающие различные величины отношений натяжений набегающей и сбегающей ветвей ленты при реальном числе накладок.

В [1] при жестком креплении колодок отношение натяжения в набегающей ветви ($T_{нб}$) к натяжению в сбегающей ($T_{сб}$) рекомендуется определять по следующей формуле:

$$\frac{T_{нб}}{T_{сб}} = e^{\mu \alpha_0}, \quad (1)$$

где $\alpha_0 = \alpha \cdot (1 - 1/n)$ - угол обхвата лентой шкива, измеряемый между линиями, соединяющими центры крайних колодок с центром шкива; n - количество колодок; α - полный угол обхвата. В [2] эта формула имеет вид

$$\frac{T_{нб}}{T_{сб}} = \left(1 + 2 \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}\right)^n, \quad (2)$$

где β - угол между осями смежных колодок (при одинаковой длине колодок равен центральному углу, образуемого колодкой).

В [3] это соотношение записано в виде

$$\frac{T_{нб}}{T_{сб}} = e^{n \cdot \beta}. \quad (3)$$

Очевидно, что формулы (1) и (3) предполагают колодку абсолютно гибкой, что в конечном результате приводит к формуле Эйлера.

Отношения $T_{нб}/T_{сб}$, полученные по формулам (1), (2), (3) при $\alpha=270^\circ$; $\mu=0,4$ и процентные расхождения в зависимости от числа накладок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Отношения $T_{нб}/T_{сб}$ в зависимости от количества колодок и процентные расхождения с формулой Эйлера

n	$T_{нб}/T_{сб}$ (1)	%	$T_{нб}/T_{сб}$ (2)	%	$T_{нб}/T_{сб}$ (3)
5	4,52	31,4	5,53	16,0	
10	5,45	17,3	5,79	12,0	
15	5,81	11,8	5,98	9,1	6,58
20	5,99	9,1	6,11	7,2	

Цель исследования - установить отношение натяжения в набегающей ветви к его величине в сбегающей с учетом, что колодка абсолютно жесткая на изгиб.

Представим одну колодку в виде, показанном на рис. 1.

Сила прижатия колодки, приведенная к ее середине, составит

$$N_i = (T_{in\sigma} + T_{ic\sigma}) \cdot \sin \frac{\alpha_i}{2}.$$

Для нахождения закона распределения нормальных усилий по высоте колодки найдем распределенное давление на катет у элементарного сектора с углом $d\varphi$

$$p = \frac{N_i}{2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\beta_i}{2}\right)}. \quad (4)$$

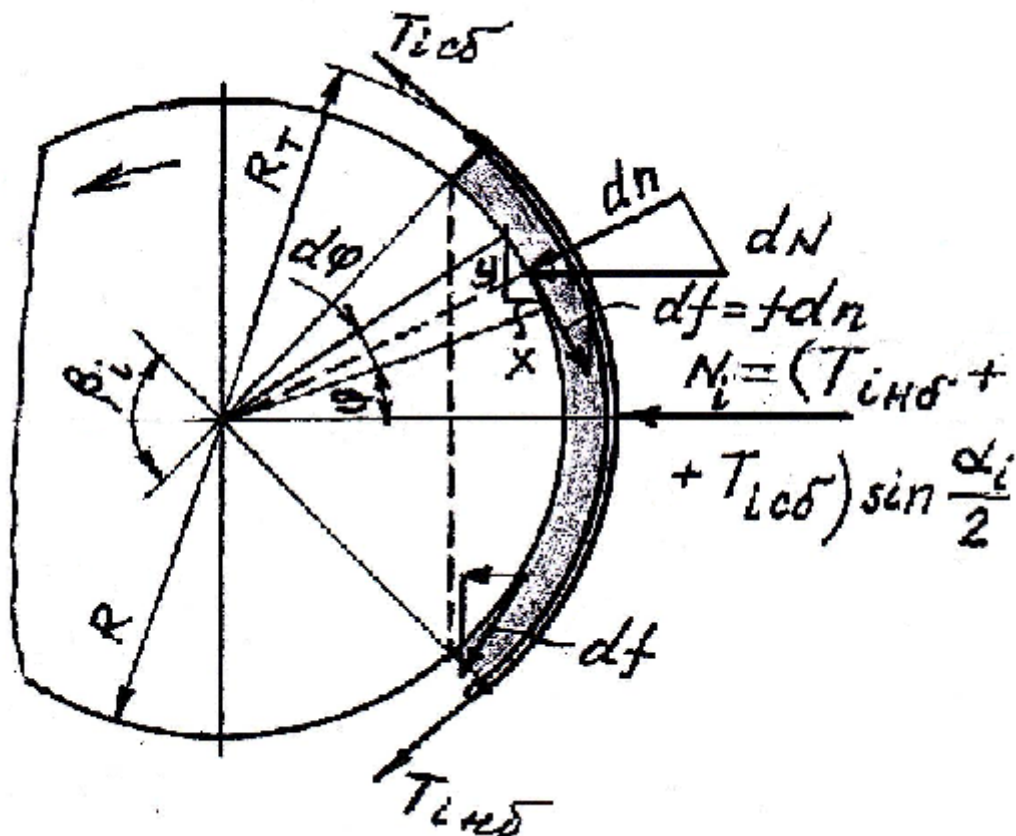


Рис. 1. Схема определения нормального давления колодки на тормозной шкив. Поскольку

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

то давление на этот катет

$$dN_i = p \cdot y = \frac{N_i \cdot \cos \varphi}{2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\beta_i}{2}\right)} \cdot d\varphi. \quad (6)$$

Интеграл выражения (6) в пределах угла обхвата β_i дает полную величину нормального давления колодки на тормозной шкив

$$N_{in} = \frac{N_i \cdot (\beta_i + \sin \beta_i)}{4 \cdot \sin\left(\frac{\beta_i}{2}\right)}. \quad (7)$$

Таким образом, при известной силе в точке сбега сила нормального давления i – той колодки на шкив составит

$$N_{in} = (T_{ic\sigma} + T_{in\sigma}) \cdot \frac{\beta_i + \sin \beta_i}{4 \cdot \sin\left(\frac{\beta_i}{2}\right)} \cdot \sin\left(\frac{\beta_i}{2}\right), \quad (8)$$

а усилие в точке набега определяется

$$T_{инб} = T_{исб} + \mu \cdot (T_{инб} + T_{исб}) \cdot \frac{\beta_i + \sin \beta_i}{4} \quad (9)$$

или

$$T_{инб} = T_{исб} \cdot \frac{1 + f \cdot \frac{\beta_i + \sin \beta_i}{4}}{1 - f \cdot \frac{\beta_i + \sin \beta_i}{4}} \quad (10)$$

При условии, что $T_{инб} = T_{(i+1)сб}$ и при равенстве углов обхвата каждой колодки шкива равным β , числе колодок n получим

$$\frac{T_{нб}}{T_{сб}} = \frac{(1 + \mu \cdot \frac{\beta_i + \sin \beta_i}{4})^n}{(1 - \mu \cdot \frac{\beta_i + \sin \beta_i}{4})^n} \quad (11)$$

Отношения $T_{нб}/T_{сб}$ полученные по формуле (11) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Отношения $T_{нб}/T_{сб}$ в зависимости от количества колодок и процентное расхождение с формулой Эйлера полученное по формуле (11)

n	$T_{нб}/T_{сб} (1)$	%
5	5,87	10,8
10	6,40	2,7
15	6,50	1,2
20	6,54	0,7

Отметим, что расхождения с формулой Эйлера приведены чисто условно.

Анализ полученных формул и результатов вычислений отношений $T_{нб}/T_{сб}$ позволяет сделать следующие выводы и предложения:

- формулы (1), (2) и (11) дают одинаковые отношения $T_{нб}/T_{сб}$ при числе колодок $n \geq 50$;
- формула (11), полученная из условия абсолютной жесткости колодок на изгиб наиболее точно отвечает постановке задачи;
- при расчете ленточно-колодочных тормозов необходимо пользоваться формулой (11).

Литература.

- 1.Тормозные устройства: Справочник/ Александров М.П., Лысяков А.Г., Федосеев В.Н. и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 312с.
- 2.Справочник по кранам: В 2 т., Т. 2/ Александров М.П., Гохберг М.М., Ковин А.А. и др. – Л.: Машиностроение, 1988. – 559с.
- 3.Криштопа Л.І. Навантаженість багато парних фрикційних вузлів гальмівних систем бурових лебідок// Автореф. десерт. канд.. техн. наук. Івано – Франківськ: ІФНУНГ, 2006. – 20с.