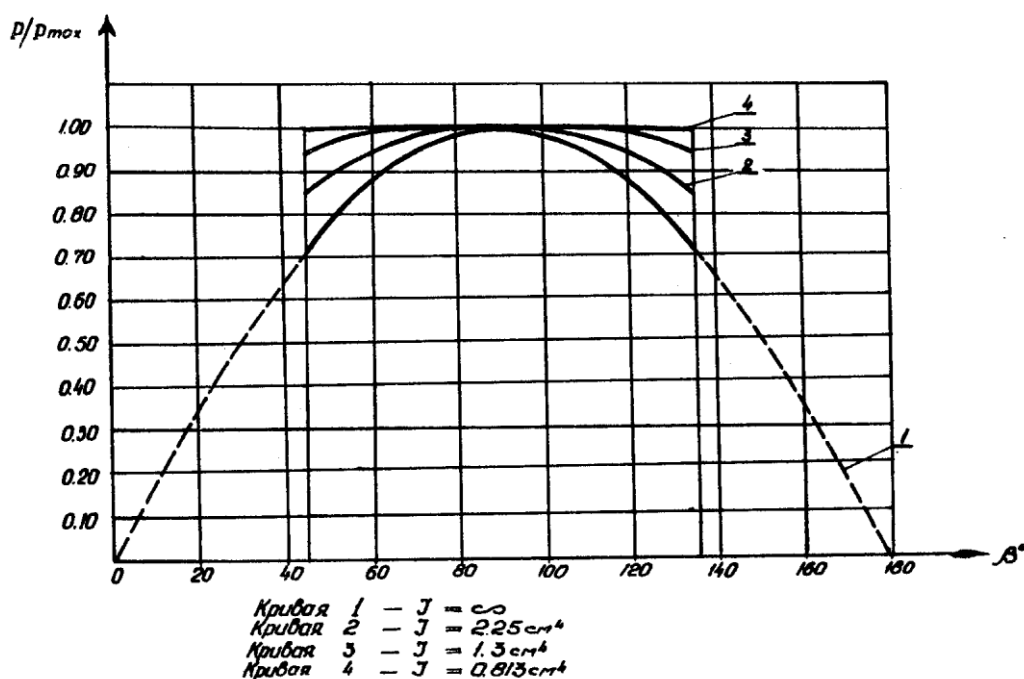


УДК 622.673.8.-597

© Лазаренко В.И., Оболенская Т.А.

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАТИВНОСТИ ОБОДА НА СОСТОЯНИЕ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК

Допустим, что силы трения между колодкой и ободом отсутствуют, обод имеет круглую форму, и колодки прилегают к нему, имея очертание рабочей поверхности по дуге окружности (рис. 1а). В процессе торможения колодки давят на обод, вследствие чего он деформируется. При этом колодки прирабатываются к ободу, и их рабочая поверхность также принимает соответствующую форму (рис. 1б). Если теперь систему растормозить, то обод, вследствие своей упругости, примет свою первоначальную форму, а рабочая поверхность колодки сохранит свое очертание, отличающееся от дуги круга. При новом торможении колодки соприкасаются с ободом вначале только в средней точке (рис. 1в), и только после того, как сила нажатия достигнет определенной величины, система вновь примет состояние, показанное на рис. 1б.



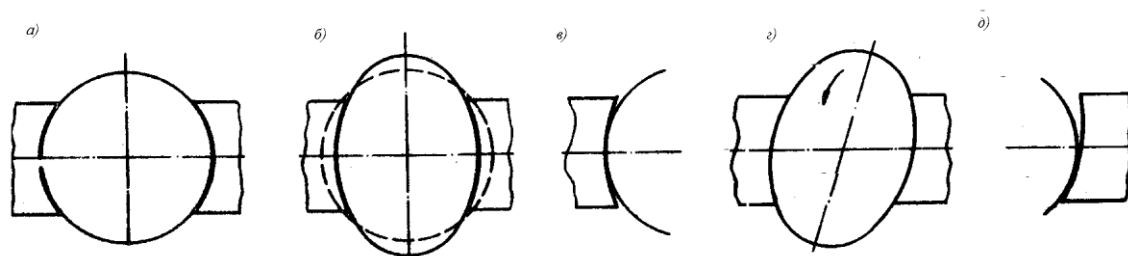


Рис. 1

Таким образом, наибольшее удельное давление в этом случае должно возникнуть в центре колодки.

Совсем иная картина будет иметь место, если учесть действие сил трения на деформацию тормозного обода. Пусть обод вращается против часовой стрелки (рис. 1г). Форма его при этом уже не будет симметричной относительно вертикального диаметра, а несколько исказится.

Естественно, что рабочая поверхность колодок примет очертание, соответствующее новой форме обода. Если теперь систему растормозить, то обод вернет свою первоначальную круглую форму, а рабочая поверхность колодки сохранит свою форму, соответствующую деформированному ободу (рис. 1д). При новом процессе торможения начальное соприкосновение будет иметь место уже не в центре колодки, а в некоторой точке, смещенной относительно горизонтального диаметра.

Однако, так как при работе подъемной машины направление вращения рабочего органа вместе с тормозным ободом изменяется при каждом подъеме, то первоначальные точки касания колодки с ободом будут все время изменяться, отклоняясь попеременно то вверх, то вниз по отношению к горизонтальному диаметру.

Следовательно, при каждой процессе торможения имеет место новая приработка колодок, причем наибольшему истиранию материал колодки подвергается в точке начального касания колодки и обода. Естественно, что в этой точке выделяется и наибольшее количество тепла, что является качественной причиной подгорания колодок именно с концов, а не в центре.

Радиальная деформация обода в произвольной точке дуги касания,

определяемой углом β ,

$$U(\beta) = -\frac{R^4}{EI} \int_{\beta_1}^{\beta_2} \rho(\varphi) \left[\frac{1}{\pi} - \frac{\frac{\pi}{2} + \theta - \beta}{4} \cos(\theta - \beta) + \frac{\sin(\theta - \beta)}{4} \right] d\theta, \quad (1)$$

где

$$\varphi = \frac{\pi}{2} + \theta - \beta. \quad (2)$$

Здесь $\rho(\varphi)$ может быть задано таблично.

Уравнение упругой кривой обода в полярных координатах имеет вид:

$$r = R + U(\beta). \quad (3)$$

Из этого уравнения можно определить радиус кривизны упругой кривой обода по известной формуле.

Максимальное удельное давление, возникающее в начальной точке касания колодки и обода, определяется по формуле для контактных напряжений двух цилиндров с положительной и отрицательной кривизной.

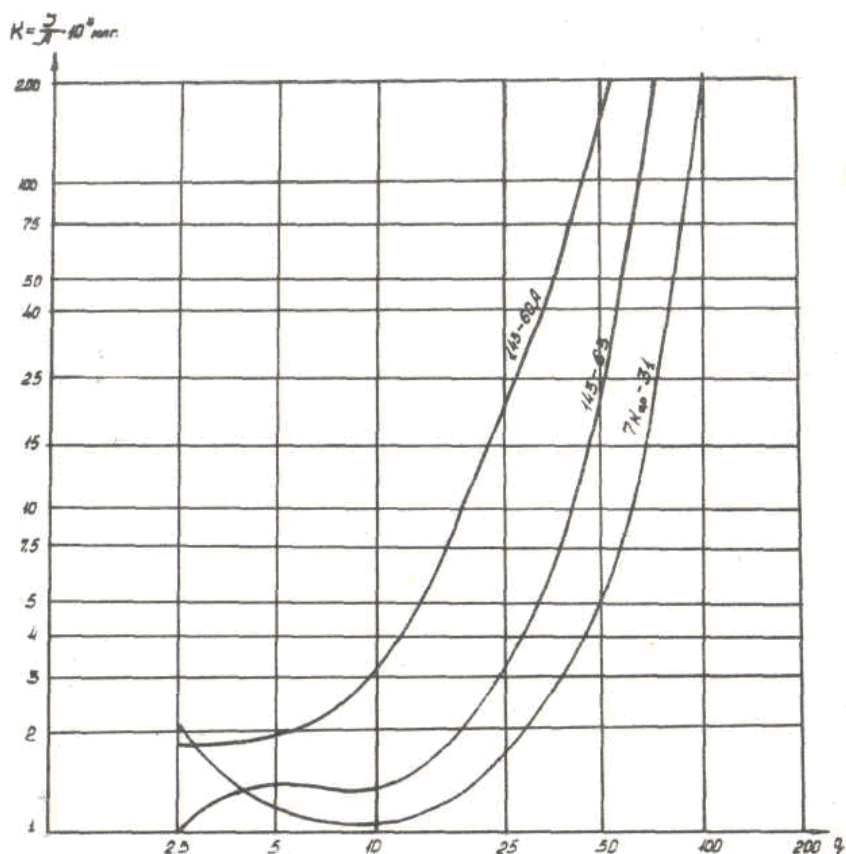
Для того, чтобы оценить быстроту износа материала колодок при различных удельных давлениях, были проведены опыты на сконструированной нами испытательной машине. В результате были получены кривые, показанные на рис. 2 (в логарифмических координатах). Из этих кривых следует, что увеличенные начальные удельные давления приводят к весьма быстрому износу материала тормозных колодок. Это объясняет очень быструю начальную приработку колодок к поверхности обода, сопровождающуюся выделением большого количества тепла, что и является причиной подгорания колодок в концевых частях.

Оценим также условия работы тормозного обода с точки зрения появления усталостных напряжений. При сжатии тормозного обода колодками во всех сечениях обода возникают изгибающие моменты, поперечные и продольные силы. Однако ввиду того, что тормозной обод вращается под нагрузкой, каждое его сечение последовательно проходит все положения, характеризуемые тремя

обобщенными силами, различными как по величине, так и по знаку (последнее не относится к продольным усилиям в ободе, которые, изменяясь по величине, знака не изменяют, оставаясь, все время сжимающими).

Определим переменные изгибающие напряжения в ободе на примере тормоза с поступательно движущимися колодками, симметричными относительно вертикального диаметра, при центральном угле колодки $\beta = \pi/2$ при синусоидальном распределении удельного давления.

В силу симметрии конструкции экспериментальные значения изгибающих моментов возникают на концах вертикального и горизонтального диаметров и определены нами равными



$$M_b = -0,185 ,$$

$$M_r = 0,199 .$$

Таким образом, при вращении обода отношение экстремальных значений напряжений, возникающих в каждом сечении,

$$\gamma = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = -0,185 / 0,199 = -0,93,$$

т.е. имеет место почти симметричный знакопеременный цикл.

Следовательно, проверку запаса прочности тормозного обода необходимо вести не от предела текучести, а от предела усталости, как для детали, подверженной симметричной знакопеременной нагрузке, что существенно понижает допускаемое напряжение.

Изгибающие моменты в ободе, имеющие место при рассмотренном выше распределении удельного давления (при учете деформаций обода), несколько уменьшают усталостные напряжения (поскольку само распределение становится более равномерным), однако не настолько, чтобы заметно изменить характер описанного явления.

Изгибающие напряжения, возникающие в тормозной ободе, изменяется по несимметричному циклу с коэффициентом асимметрии, близким к -1. Вследствие этого, в ободе возникает усталостные напряжения, которые вызывают поперечные трещины, часто наблюдаемые на практике.

Список использованных источников

1. Подъемно-транспортные оборудование. Вып. 20: респ. межвед. научн.-техн. сб. / Укр. заочн. политехн. ин-т. – К. : Техника, 1989. – 94 с.
2. Тормозные устройства: справочник / М. П. Александров, А. Г. Лесяков, В. Н. Федосеев, Н. В. Новожилов ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. М. П. Александрова. – М. : Машиностроение, 1985. – 311 с.

Лазаренко В.И., Оболенская Т.А. Влияние деформативности обода на состояние тормозных колодок

В статье исследуются деформации тормозного обода, который рассматривается не как абсолютно твердое тело, а как упругое тело, деформирующееся под влиянием давления тормозных колодок и возникающих сил трения.

Лазаренко В.І., Оболенська Т.О. Вплив деформативності обода на стан гальмівних колодок

У статті досліджуються деформації гальмівного обода, який розглядається не як абсолютно тверде тіло, а як пружне тіло, що деформується під впливом тиску гальмівних колодок і виникаючих сил тертя.

Lazarenko V.I., Obolenskaya T.A. Influence of deformation of rim on the state of skids

Deformations of brake rim, which is examined as absolutely not solid, but as resilient body, deformed under influencing of pressure of skids and nascent forces of friction, are explored in the article.