

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ УСТАНОВКИ ФРИКЦИОННОЙ НАКЛАДКИ ТОРМОЗНОГО РОЛИКА ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА

Тормозной ролик является одним из элементов безопасности гравитационного стеллажа для паллет. В настоящее время наиболее часто используемой конструкцией тормозного ролика является центробежный фрикционный ролик (ЦФР). Одним из параметров, влияющих на эффективность ЦФР, является положение фрикционной накладки на тормозных колодках, которое можно определить углом установки тормозной накладки. Статья посвящена расчету рабочего диапазона углов установки тормозной накладки.

Ключевые слова: гравитационный стеллаж, центробежный тормоз, фрикционная накладка, тормозной ролик.

DEFINING THE BOUNDARIES OF THE INSTALLATION FRICTION LININGS OF THE BRAKE ROLLER CENTRIFUGAL TYPE

The brake roller is one of the safety elements of the gravity pallet rack. Currently, the most commonly used brake roller design is the centrifugal friction roller (CFR). One of the parameters affecting the efficiency of the CFR is the position of the friction lining on the brake pads, which can be determined by the angle of installation of the brake lining. The article is devoted to the calculation of the working range of angles of installation of the brake lining on the brake pad.

Keywords: gravity rack, centrifugal brake, friction lining, brake roller.

Введение

Гравитационный стеллаж для паллет является одним из видов блочного хранения или глубинных стеллажных систем хранения [1–3] и состоит из статической (металлоконструкции) и динамической частей (ролики, устройство останковки и разделения паллет, тормозные ролики и др.) [4]. Использование гравитационного стеллажа позволяет сократить расстояние перемещения погрузчика на 25 % по сравнению с фронтальными стеллажами [5]. Поэтому такие стеллажи могут быть использованы в автоматизированном складе.

Одним из элементов безопасности таких стеллажей является тормозной ролик, который работает как ограничитель скорости и не допускает разгона паллеты сверх допустимых скоростей. Наиболее широко применяемой конструкцией тормозного ролика является центробежный фрикционный ролик (ЦФР), состоящий из оси и тормозной вставки с планетарным мультипликатором, и центробежным тормозом, устанавливаемым в корпусе [6].

Эффективность ЦФР определяется скоростью v перемещения паллеты по гравитационному роликовому конвейеру, при этом чем ниже скорость, тем выше эффективность работы ЦФР. Таким образом, безопасность гравитационного стеллажа для паллет определяется эффективностью ЦФР. Как известно, эффективность торможения в общем случае зависит от материала пары трения [7], коэффициента трения и его стабильности [8], а также температуры на поверхности трения и положения фрикционной накладки на тормозной колодке ЦФР.

Цель работы — определение границ установки фрикционной накладки на тормозной колодке ЦФР.

Скорость движения паллет по ЦФР. Для определения границ установки фрикционной накладки на тормозной колодке необходимо оценить характер влияния положения фрикционной накладки на тормозной колодке. Рассмотрим схему центробежного тормоза ЦФР, показанную на рис. 1.

Скорость V движения паллет по ЦФР рассчитывается как [9]:

$$V = \frac{D}{2u} \left(\frac{1}{rcm} \left\{ \frac{DMg(\tan \alpha - w)}{idf(1+u\eta)} [a - fb] + K(k_1 + k_2) \right\} \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где D — внешний диаметр обечайки ЦФР, u — передаточное отношение мультипликатора, r — радиус действия центробежной силы P_{cf} , c — плечо центробежной силы P_{cb} относительно оси A вращения тормозной колодки, m — масса тормозной колодки, M — масса паллеты, $\tan \alpha$ — уклон роликового полотна гравитационного стеллажа для паллет, w — сопротивление передвижению паллеты по роликовому полотну, i — количество тормозных колодок ($i = 2$), d — внутренний диаметр обечайки ЦФР, f — коэффициент трения между обечайкой ЦФР и фрикционной накладкой, η — КПД ЦФР, a и b — плечи сил нормального давления N и силы трения N_f соответственно, K —

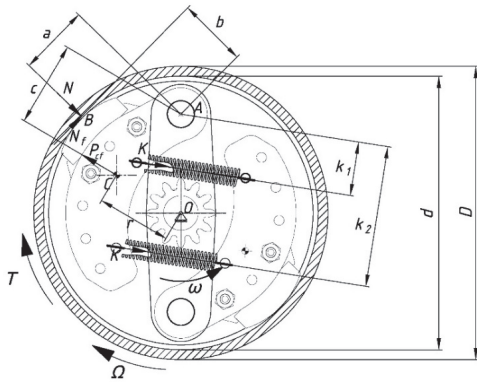


Рис. 1. Параметры центробежного тормоза ЦФР

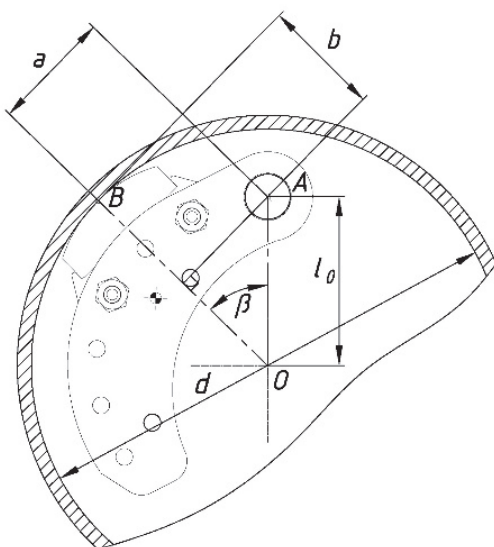


Рис. 2. Угол установки фрикционной накладки на тормозной колодке ЦФР (пружины условно не показаны)

сила упругости, k_1 и k_2 — плечи сил упругости K пружин.

Сила упругости пружин K и точки их крепления определяют начальную скорость срабатывания центробежного тормоза (момент начала фрикционного контакта между накладкой и обечайкой ЦФР):

$$V_0 = \frac{D}{2u} \sqrt{\frac{K(k_1 + k_2)}{rcm}}. \quad (2)$$

Рассматривая уравнения (1) и (2), очевидно, что скорость V движения паллеты по ЦФР при отрицательном значении выражения $(a - fb)$ будет меньше скорости V_0 , что противоречит условию торможения, т. к. при $V < V_0$ отсутствует фрикционный контакт. Таким образом, при неправильном положении фрикционной накладки с известным коэффициентом трения происходит заклинивание центробежного тормоза.

Угол установки фрикционной накладки.

Для того чтобы определить границы установки фрикционной накладки на тормозной колодке, зададимся углом β установки фрикционной накладки (рис. 2).

Тогда выражение (1) примет вид

$$V = \frac{D}{2u} \left(\frac{1}{rcm} \left\{ \frac{DMg(\tan \alpha - w)}{idf(1+u\eta)} [a(\beta) - f \cdot b(\beta)] + K(k_1 + k_2) \right\} \right)^{1/2}. \quad (3)$$

Учитывая выражение (3) и рис. 3 плечи a и b действия сил нормального давления N и силы трения N_f могут быть найдены:

$$\begin{cases} a(\beta) = l_0 \sin \beta; \\ b(\beta) = \frac{d}{2} - l_0 \cos \beta. \end{cases} \quad (4)$$

где l_0 — расстояние между осями вращения ЦФР и тормозной колодки.

Диапазон углов установки фрикционной накладки определяется из условия, что скорость V движения паллеты по ЦФР не может быть ниже скорости V_0 срабатывания ЦФР, или учитывая уравнение (3):

$$a(\beta) - f \cdot b(\beta) \leq 0. \quad (5)$$

Учитывая уравнение (5) диапазон углов установки фрикционной накладки может быть рассчитан из неравенства

$$l_0 \sin \beta - f \left(\frac{D_{\text{ВН}}}{2} - l_0 \cos \beta \right) > 0. \quad (6)$$

После преобразований (6) рабочий диапазон углов β может быть рассчитан из неравенства

$$\sqrt{1 - (\cos \beta)^2} + f \cos \beta > \frac{f D_{\text{ВН}}}{2 l_0}. \quad (7)$$

При установке фрикционной накладки вне рабочего диапазона происходит заклинивание ЦФР. Также, необходимо убедиться в конструктивной возможности установить фрикционную накладку в границах рабочего диапазона.

Заключение

Положение фрикционной накладки на тормозной колодке ЦФР является одним из факторов, определяющих эффективность торможения паллеты в гравитационном роликовом конвейере стеллажа. Для определения характера влияния необходимо определить границы установки накладки на тормозной колодке, которые могут быть определены диапазоном углов установки фрикционной накладки. Рабочий диапазон указанного угла, зависящий от внутреннего диаметра обечайки ЦФР, расстояния между осями вращения ЦФР и тормозной колодки, а также коэффициента трения между обечайкой ЦФР и фрикционной накладкой, рассчитывается из уравнения (7).

Список литературы

1. Sulirova I. State-of-the-art approaches to material transportation, handling and warehousing, 12th International scientific conference of young scientists on sustainable, modern and safe transport / I. Sulirova, L. Zavodska, M. Rakyta, V. Pelantova // *Procedia Engineering*. — 2017. — Vol. 192. — P. 857–862. — DOI: 10.1016/j.proeng.2017.06.148.
2. Boysen N. Deep-lane storage of time-critical items: one-sided versus two-sided access / N. Boysen, D. Boywitz, F. Weidinger // *OR Spectrum*. — 2018. — Vol. 40, no. 4. — P. 1141–1170. — DOI: 10.1007/s00291-017-0488-9.
3. Boywitz D. Robust storage assignment in stack- and queue-based storage systems / D. Boywitz, N. Boysen // *Comput. Oper. Res.* — 2018. — Vol. 100. — P. 189–200. — DOI: 10.1016/j.cor.2018.07.014.
4. Vujanac R. Dynamic storage systems / R. Vujanac, N. Miloradovic, S. Vulovic // *Annals of Faculty Engineering Hunedoara — International Journal of Engineering*. — 2016. — Vol. XIV. — P. 79–82.
5. Wu S. A structured comparison study on storage racks system / S. Wu, Ya. Wu, Ya. Wang // *J. Residuals Sci. Tech.* — 2016. — Vol. 13, no. 8.
6. Пат. 170875 Российская Федерация, МПК В65G 13/075. Ролик тормозной для роликовых гравитационных конвейеров / Носко А. Л., Сафронов Е. В.; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. — № 2017105276/11; заявл. 17.02.2017; опубл. 12.05.2017. Бюл. 14, 2017.
7. Nosko A. L. Study of Friction and Wear Characteristics of the Friction Pair of Centrifugal Brake Rollers / A. L. Nosko, E. V. Safronov, V. A. Soloviev // *J. Frict. Wear*. — 2018. — Vol. 39, no. 2. — P. 145–151. — DOI: 10.3103 / S1068366618020125.
8. Сафронов Е. В. Оценка неустойчивости коэффициента трения вальцованных ФПМ при низких давлениях / Е. В. Сафронов, А. Л. Носко // *Трибология — машиностроению: труды XII Международ. науч.-техн. конф., посв. 80-летию ИМАШ РАН*. — Ижевск: Ижев. ин-т компьютер. исследований, 2018. — С. 459–461.
9. Сафронов Е. В. Выбор передаточного отношения мультипликатора центробежного фрикционного ролика / Е. В. Сафронов, А. Л. Носко // *Фундаментальные проблемы техники и технологии*. — 2018. — № 5 (331). — С. 81–87.