

А.М. СИМОНЯН, З.А. ДАВТЯН, А.О. БАХШЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНОСА В ДИСКОВЫХ ТОРМОЗНЫХ УЗЛАХ

Рассматриваются вопросы износа фрикционных колодок в дисковых тормозных узлах легкового автомобиля. Теоретически выявлена возможная причина наблюдаемой на практике неравномерности износа тормозных колодок. Предлагается вариант устранения выявленной причины.

Ключевые слова: износ, дисковый тормоз, тормозная колодка, коэффициент трения, фрикционный материал.

Как известно, тормозные системы имеют широкое применение в различных областях техники. Особое внимание исследователей уделяется разработке фрикционных материалов, обладающих рядом свойств, определяющих возможность их использования: высоким коэффициентом трения, износостойкостью, теплостойкостью, влагостойкостью и др. [1,2]. Разработаны различные методы лабораторных испытаний фрикционных материалов, имитирующих условия их эксплуатации [3-5] и др. Эффективность фрикционных систем во многом зависит от выбора их конструкций. Фрикционные узлы подразделяются на: ленточные с рабочим элементом в виде ленты; конусные с рабочим элементом в виде конуса, перемещающегося в осевом направлении; барабанные в виде дуговых колодок, трущихся по внутренней или наружной поверхности барабана; дисковые в виде плоских колодок, которые с противоположных сторон прижимаются к диску [1].

В настоящей работе рассматривается напряженное состояние плоского прямоугольного фрикционного элемента дисковой фрикционной системы в условиях торможения и анализ истирания такого элемента в процессе эксплуатации.

Рассмотрим некоторый двухслойный плоский элемент (рис.1), на верхний металлический слой 1 которого действует силовой орган тормозной системы, а нижний слой (фрикционный материал 2) прижимается своим основанием к вращающемуся диску (перемещающемуся на чертеже справа налево), осуществляя его торможение. Аналогичный плоский элемент прижимается к этому диску с противоположной стороны. Сжимающая сила P прикладывается к слою 1 на расстоянии a от левого торца. Там же действует сдвигающая сила T , уравнивающая тормозящую сдвигающую распределенную нагрузку $q(x)$.

Несмотря на то, что точки по ширине рассматриваемого элемента соответствуют разным расстояниям от оси диска и, следовательно, разным скоростям при трении, при рассмотрении изнашиваемых тормозных колодок практически не обнаружено разницы в их истирании вдоль ширины. Вследствие этого будем приближенно считать, что нагрузки $p(x)$ и $q(x)$

распределены равномерно по ширине b (в направлении, перпендикулярном чертежу).

Положим также, что согласно закону Кулона, касательная нагрузка $q(x)$ в каждой точке связана с нормальным давлением $p(x)$ посредством коэффициента трения f :

$$q(x) = p(x)f. \quad (1)$$

Из условия равновесия элемента имеем

$$P = b \int_0^l p(x) dx, \quad T = b \int_0^l q(x) dx, \quad (2)$$

$$Th + Pa = b \int_0^l xp(x) dx.$$

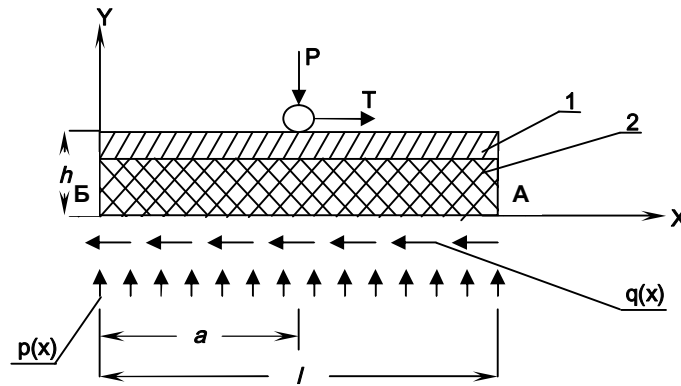


Рис. 1. Расчетная схема двухслойного плоского элемента

В связи с тем, что размер l существенно превосходит размер h , целесообразно принять, что

$$\tau(x, y) = q(x), \quad \sigma_y(x, y) = -p(x). \quad (3)$$

Учитывая, что слой 1 изготовлен из стали, естественно пренебречь его деформациями и принять, что нормальное давление $p(x)$ изменяется по x по линейному закону:

$$p(x) = p_0 + p_1 x. \quad (4)$$

При использовании соотношений (1) – (4) получим

$$p_0 = \frac{2P(2l - 3a - 3fh)}{bl^2}, \quad p_1 = \frac{12P(a + fh - \frac{l}{2})}{bl^3}. \quad (5)$$

В случае, когда расстояние от точки приложения силы P до левого торца составляет $a = \frac{l}{2} - fh$, будем иметь $p(x) = \frac{P}{bl}$, $q(x) = \frac{fP}{bl}$, то есть давление, а следовательно, и износ фрикционного элемента будут равномерными вдоль оси x .

Однако в процессе износа фрикционного элемента размер h уменьшается, и равенство $a = \frac{1}{2} - fh$ нарушается, что приводит к последующей неравномерности износа.

С другой стороны, в случае, когда точка приложения нагрузки P находится в середине этого элемента ($a = \frac{1}{2}$), то наибольшая неравномерность износа будет происходить в начальном состоянии, причем в процессе износа (то есть при уменьшении h) эта неравномерность уменьшится.

Неравномерность износа была замечена при натурных испытаниях дисковых тормозных колодок, изготовленных из разрабатываемых безасбестовых фрикционных материалов и установленных на автомобиле ВАЗ 2106. Колодки были установлены по схеме, приведенной на рис. 2, где стрелкой показано направление движения, цифрами 1 и 2 обозначены краевые, а цифрами 3 и 4 - противоположные к ним колодки.

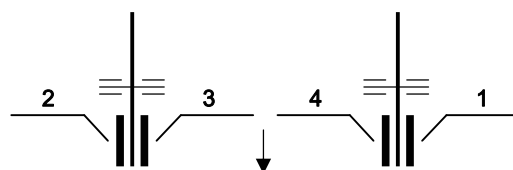


Рис. 2. Схема установки испытываемых колодок

В таблице представлены данные изменения износа фрикционных элементов в точках А и Б (рис. 1) в зависимости от пробега автомобиля, а на рис. 3 приведены кривые разницы износа в точках А и Б указанных колодок.

Таблица

Значения износа фрикционных элементов (мм)

Пробег, км	Номер образца и точка измерения							
	1		2		3		4	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
825	0,7	0,2	0,7	0,2	1,0	0,3	1,0	0,2
1490	1,1	0,4	1,1	0,4	1,5	0,6	1,4	0,4
3050	1,6	0,9	1,6	0,9	2,1	1,0	2,1	0,9
8630	4,1	3,4	4,2	3,4	4,7	3,5	4,7	3,4

Следует отметить, что конструкция тормозного узла передних колес предусматривает практически шарнирное крепление колодки к силовому органу (поршню), действующему в средней части по длине колодки. Однако поворот тормозных колодок ограничивается направляющими штырьками, и его величина существенно зависит от разницы величин диаметра штырька и отверстия в металлической основе колодки. Большая разница этих размеров

приводит к явно выраженной неравномерности износа колодки по длине, а также препятствует поступательному движению колодки, затрудняя торможению.

Как можно заключить из данных таблицы, действительно, приложение сжимающей силы P в середине фрикционного элемента ($a=1/2$) приводит к неравномерному износу этого элемента. Согласно кривым, приведенным на рис. 3, интенсивность неоднородности изнашивания тормозных колодок велика на начальной стадии эксплуатации. С увеличением пробега имеет место существенное уменьшение этой интенсивности.

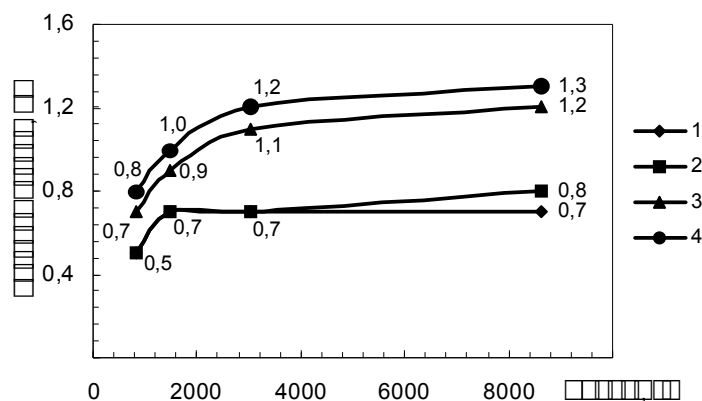


Рис. 3. Кривые изменения разницы износа колодок в точках А и Б в зависимости от пробега

Разницу же в величинах износа краевых и противоположных к ним колодок (рис. 3), по всей вероятности, можно объяснить техническим состоянием тормозной системы использованного автомобиля.

Одним из возможных решений, позволяющим обеспечить равномерное давление по длине колодки, независимо от истирания фрикционного элемента, является следующее (рис. 4): передача усилия от штока 1 на фрикционный элемент 2 осуществляется посредством валика 3, шарнирно соединенного с неподвижным корпусом тормозного блока через шатун 4, наклоненный под углом $\alpha = \arctg f$ (шатун 4 жестко соединен с валиком 3). При этом начальное положение центра валика определяется следующим значением a :

$$a_0 = \frac{1}{2} - fh_0,$$

обеспечивающим равномерное давление фрикционного элемента вдоль его длины. Здесь h_0 — толщина элемента до его износа. В процессе износа точка приложения сжимающего усилия смещается перпендикулярно направлению шатуна. Легко видеть, что в этом случае будет иметь место

$$a = \frac{1}{2} - fh,$$

что обеспечит равномерность истирания в течение всего процесса его износа.

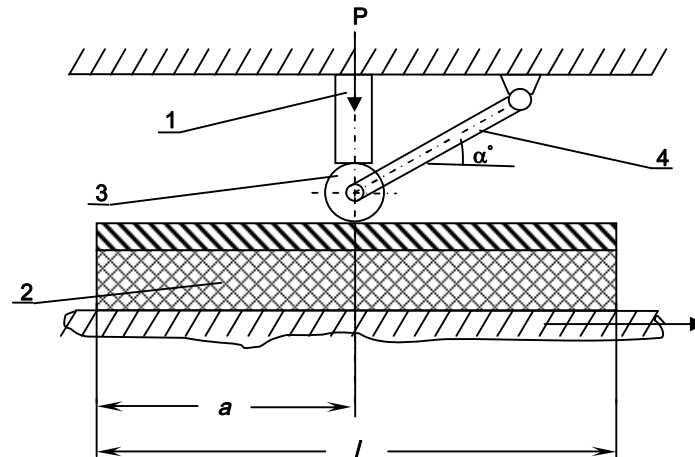


Рис.4. Предлагаемая схема установки колодки на тормозное устройство (стрелкой показано направление движения диска)

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ А-892.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федорченко И.М., Ровинский Д.Я., Шведков Е.Л.** Исследование материалов для тормозных и передачных устройств.-Киев: Наукова Думка, 1976.-198 с.
2. **Белый В.А., Свириденко А.И., Петроковец М.Н., Савкин В.Г.** Трение и износ материалов на основе полимеров.-Минск: Наука и техника, 1976.- 430 с.
3. **Lachat, D.P.** Les Machines L'Essals L'Unsure // Metallurgie et Construction Mechaniques.-1968. -100, 4.- P. 259-263.
4. А.с. № 139127 СССР. Машина дискового типа для испытаний стержневых образцов материалов на трение и износ / **И.В. Крагельский**: БИ.-1961.- № 2.
5. **Preston J.Q., Forthofer R.J.** Measuring Brake Stopping Power // Automotive Engineering.-1972. -80, 3.- P. 54-55.

Ин-т механики НАН РА, ГИУА. Материал поступил в редакцию 10.02.2006.

Ա.Մ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Զ.Ա. ԴԱՎԹՅԱՆ, Ա.Օ. ԲԱԽՇՅԱՆ

ՄԿԱՎԱՌԱԿԱՅԻՆ ԱՐԳԵԼԱԿԱՑԻՆ ՀԱՆԳՈՒՑՑՆԵՐՈՒՄ ՄԱՇՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ

Դիտարկված է մարդատար ավտոմեքենաների սկավառակային արգելակային հանգույցներում շահագործվող շփական կոճղակների մաշման հարցը: Տեսականորեն վեր է հանված արգելակային կոճղակների գործնականում նկատվող անհավասարաչափ մաշման հնարավոր պատճառը: Առաջարկվում է այդ պատճառի վերացման եղանակ:

Առանցքային բառեր. մաշ, սկավառակային արգելակ, ագելակային կոճղակ, շփման գործակից, շփական նյութ:

A.M. SIMONYAN, Z.A. DAVTYAN, A.O. BAKHSHYAN

INVESTIGATION OF THE WEAR PROCESS IN DISC BRAKE ASSEMBLIES

The matter of friction pads wear in disc brake assemblies of the passenger car is considered. The possible cause of brake pads spotty wear observed in practice is theoretically revealed. The elimination variant of revealed cause is suggested.

Keywords: wear, disc brake, brake pad, coefficient of friction, friction material.