

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА ФРИКЦИОННЫХ ПАР НА ТЕПЛОВЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ТОРМОЗОВ МИКРОАВТОБУСОВ ПРИ ДВИЖЕНИИ С ГОРНОГО СПУСКА

Д. Н. Павлович

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель П. Е. Родзевич

Целью данной работы является исследование влияния износа фрикционных пар на тепловой режим работы тормозов микроавтобусов различных марок при движении с горного спуска при разных величинах его угла.

Постановка задачи. Расчеты производим для двух случаев состояния тормозов: новые тормоза и недопустимо изношенные тормоза. Режим торможения – экстренный. Микроавтобус полной массы движется с максимально разрешенной скоростью (90 км/ч) по сухой асфальтированной дороге ($\varphi = 0,7$) с горного спуска при его углах $\beta = 5, 10$ и 15° .

Для упрощения расчетов материалы фрикционных накладок и дисков (барабанов) принимаем одинаковыми для всех микроавтобусов. Теплофизические свойства следующие:

– для накладок:

$$\lambda_1 = 0,42 \text{ Вт/мК}, c_1 = 800 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}, \rho_1 = 2600 \text{ кг/м}^3, a_1 = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с};$$

– для дисков (барабанов):

$$\lambda_2 = 30 \text{ Вт/мК}, c_2 = 540 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}, \rho_2 = 7300 \text{ кг/м}^3, a_2 = 7,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Таблица 1

Характеристика передних тормозов и масса исследуемых микроавтобусов

Марка микроавтобуса	Полная масса, кг	Передние тормоза			
		Тип	Диаметр диска, мм	Толщина диска, мм	Колодка, мм
ГАЗ 32213 «Газель»	3450	ДКВ	280	22	140×60×15
Ford Transit	3400	ДКВ	270	20	150×60×15
Volkswagen Transporter T4	2900	ДКВ	285	23	91,4×78×17,9
Mercedes-Benz Sprinter 312D	3500	ДКВ	276	22	156×64,9×15
Iveco Daily-Grinta(2.0td)	3050	ДКС	267	14,2	104,9×74,7
Citroen Jumper (2.5td)	3400	ДКВ	280	24	130×71,3×9

Таблица 2

Характеристика задних тормозов исследуемых микроавтобусов

Марка микроавтобуса	Задние тормоза		
	Тип	Диаметр диска (барабана), мм	Ширина накладки, мм
ГАЗ 32213 «Газель»	Б	280	50
Ford Transit	Б	260	80
Volkswagen Transporter T4	ДКС	280, толщина 12	90×60×16
Mercedes-Benz Sprinter 312D	ДКС	272, толщина 16	90×50×15
Iveco Daily-Grinta (2.0td)	Б	254	96,5
Citroen Jumper (2.5td)	Б	254	63,5

Основной величиной, характеризующей тепловой режим работы тормозов, является приращение температур в зоне контакта фрикционная накладка - контртело (диск, барабан).

Кинетическая энергия микроавтобуса, движущегося по горизонтальному участку дороги со скоростью V_0 , определяется выражением

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

Так как в данном случае микроавтобус движется со спуска, то необходимо учесть потенциальную энергию, выражение которой имеет вид

$$mg \sin \beta.$$

Таким образом, полная энергия движущегося со спуска микроавтобуса может быть определена как

$$W = \frac{m \cdot v_0^2}{2} + mg \sin \beta.$$

Воспользовавшись равенством $\frac{m \cdot v_0^2}{2} + mg \sin \beta = \varphi \cdot mg \cdot S_T$, выразим уравнение для нахождения величины тормозного пути

$$S_T = \frac{v_0^2 + 2 \cdot g \cdot \sin \beta}{2 \cdot g \cdot \varphi}.$$

Считая торможение равнозамедленным, полное время торможения определим по формуле

$$T_t = \frac{2 \cdot S_T}{v_0}.$$

Энергия, приходящаяся на одну фрикционную пару, в первом приближении (без учета сил инерции) может быть представлена в виде

$$W_1 = \frac{W}{8}.$$

Для нахождения начальной интенсивности фрикционного тепловыделения воспользуемся формулой

$$q_0 = \frac{2 \cdot W_1}{A a_1 \cdot T_t}.$$

Коэффициент распределения тепловых потоков находится по формуле

$$\alpha_T = \frac{K_{ВЗ} \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot c_1 \cdot \rho_1}}{K_{ВЗ} \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot c_1 \cdot \rho_1} + \sqrt{\lambda_2 \cdot c_2 \cdot \rho_2}},$$

где $K_{ВЗ} = \frac{A_{a_1}}{A_{a_2}}$ – коэффициент взаимного перекрытия трущихся пар; A_{a_1} , A_{a_2} – номинальные площади контакта тела и контртела соответственно.

Приращение температуры на поверхности трения диска (барабана) определяется зависимостью

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{ВЗ} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta'_2(0, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{ВЗ} q_0 h_2^3}{t_T \lambda_2 a_2} \Theta''_2(0, Fo_2),$$

где $\Theta'_2(0, Fo_2) = Fo_2 + \frac{1}{3} + \sum A'_n \cos \mu_n \times \exp(-\mu_n^2 Fo_2)$,

$$\Theta_2''(0, Fo_2) = \frac{Fo_2^2}{2} + \frac{Fo_2}{3} - \frac{1}{45} - \sum_{n=1}^{\infty} A_n'' \cos \mu_n \times \exp(-\mu_n^2 Fo_2),$$

$$A_n' = (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^2}, \quad A_n'' = (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^4}, \quad Fo_2 = \frac{a_2 t}{h_2^2}, \quad \mu_n = n\pi, \quad t - \text{время};$$

Результаты вычислений по определению приращений температур для новых и недопустимо изношенных тормозов приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Приращение температуры в новых тормозах

Марка микроавтобуса	Приращение температуры $[\vartheta_1(0, t) - \vartheta_0]_{\max}$, К					
	Передние			Задние		
	$\beta = 5^\circ$	$\beta = 10^\circ$	$\beta = 15^\circ$	$\beta = 5^\circ$	$\beta = 10^\circ$	$\beta = 15^\circ$
ГАЗ-32213 «Газель»	191,129	191,422	191,71	315,521	315,99	315,449
Ford Transit	176,202	176,468	176,729	203,928	204,235	204,537
Volkswagen Transporter T4	116,234	116,409	116,581	144,091	144,308	144,521
Mercedes-Benz Sprinter 312D	166,847	167,099	167,346	200,19	200,5	200,804
Iveco Daily-Grinta (2.0td)	140,343	140,555	140,762	157,129	157,366	157,599
Citroen Jumper (2.5td)	201,786	202,091	202,389	277,973	278,393	278,804

Таблица 4

Приращение температуры в недопустимо изношенных тормозах

Марка микроавтобуса	Приращение температуры $[\vartheta_2(0, t) - \vartheta_0]_{\max}$, К					
	Передние			Задние		
	$\beta = 5^\circ$	$\beta = 10^\circ$	$\beta = 15^\circ$	$\beta = 5^\circ$	$\beta = 10^\circ$	$\beta = 15^\circ$
ГАЗ-32213 «Газель»	208,382	208,956	209,518	434,891	435,927	436,943
Ford Transit	221,933	222,489	223,035	256,861	257,505	258,136
Volkswagen Transporter T4	146,4	146,767	147,127	181,487	181,942	182,388
Mercedes-Benz Sprinter 312D	210,15	210,677	211,193	206,756	207,068	207,374
Iveco Daily-Grinta (2.0td)	176,766	177,21	177,644	197,914	198,411	198,897
Citroen Jumper (2.5td)	254,157	254,794	255,419	350,127	351,005	351,865

На основании проведенных расчетов можно говорить о том, что по мере износа тормозов их теплонапряженность повышается, т. е. увеличивается приращение температур при прочих равных условиях. По данным табл. 3 и 4 видно, что увеличение угла спуска также приводит к ухудшению теплового режима работы тормозов и влечет за собой повышение тормозного пути и времени торможения.

Литература

1. Балакин, В. А. Тепловые расчеты тормозов и узлов трения / В. А. Балакин, В. П. Сергиенко. - Гомель : ИММС НАН Республики Беларусь, 1999.

2. Сравнительный анализ тормозов грузовых автомобилей / В. А. Балакин [и др.] // Трение и износ. - 2001. - Т. 22, № 2. - С. 123-127.
3. Балакин, В. А. Тепловая нагруженность тормозов с учетом сил инерции / В. А. Балакин, В. П. Сергиенко, П. Е. Родзевич // Трение и износ. - 2000. - Т. 21, № 6.