

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ТОРМОЗОВ МИКРОАВТОБУСОВ

Ю.В. Орленкович

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель П.Е. Родзевич

В настоящее время большинство современных микроавтобусов оборудуются тормозами барабанного типа на задних наиболее нагруженных колесах (Citroen, Ivesco, Ford, ГАЗ и др.). Однако наблюдается тенденция перехода от барабанных тормозов к дисковым (Mercedes Benz, Volkswagen). Для сравнительной оценки тормозов микроавтобусов принимаем к расчету наиболее распространенные марки, на которых установлены тормоза барабанного типа и дисково-колодочные со сплошным и вентилируемым диском.

При сравнительной оценке будем считать, что кинетическая энергия движущегося автомобиля в режиме экстренного торможения распределяется равномерно на каждую ось.

Оценку тормозов проводим по величине средних приращений температур, возникающих на поверхности трения фрикционная накладка-барабан (диск). Тепловую задачу рассматриваем как одномерную, без учета теплоотдачи в окружающую среду.

Расчеты будем вести для случая торможения микроавтобуса полной массы со скорости движения $v = 90$ км/ч на горизонтальной поверхности сухой асфальтовой дороги ($\varphi = 0,7$).

Считаем, что фрикционные накладки изготовлены из одних и тех же материалов. Они обладают следующими теплофизическими свойствами:

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

Теплофизические свойства барабанов:

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

Приращения температур в барабане (диске) с учетом теплоотдачи в окружающую среду равны [1]:

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{B3} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta'_2(0, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{B3} q_0 h_2^3}{t_T \lambda_2 a_2} \Theta''_2(0, Fo_2),$$

где ϑ_2 – температура барабана; ϑ_0 – начальная температура; α_T – коэффициент распределения тепловых потоков

$$\alpha_T = \frac{K_{B3} \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1}}{K_{B3} \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1} + \sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2}},$$

где $K_{вз} = \frac{A_{a_1}}{A_{a_2}}$ – коэффициент взаимного перекрытия трущихся пар; A_{a_1}, A_{a_2} – площадь накладки и дорожки трения, соответственно; q_0 – начальная интенсивность фрикционного тепловыделения

$$q_0 = \frac{k_2 m_n v_0^3}{8 A_{a_1} S_T},$$

где m_n – полная масса автобуса; v_0 – начальная скорость торможения; t_T – полное время торможения; S_T – тормозной путь;

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

$$\Theta''_2(0, Fo_2) = \frac{Fo_2^2}{2} + \frac{Fo_2}{3} - \frac{1}{45} - \sum_{n=1}^{\infty} A''_n \cos \mu_n \times \exp(-\mu_n^2 Fo_2),$$

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

Данные о значениях полных масс микроавтобусов разных марок, геометрических характеристиках задних тормозов, а также о максимальных приращениях средних температур поверхностей трения за текущее время торможения t приведены в таблице. На графике (рис. 1) приведены зависимости приращений температур от времени торможения.

Сравнительная характеристика тормозов микроавтобусов

Марка автобуса	Кол-во мест	m_n , кг	A_{a_1} , см ²	A_{a_2} , см ²	$K_{вз}$	α_T	$[\vartheta_2(0, t) - \vartheta_0]_{\max}$, К
Citroën Jumper (2.5td)	14	3 400	162	479	0,677	0,055	278
Iveco Daily-Grinta (2.0td)	12	3 050	221	766	0,576	0,047	157
Mercedes-Benz Sprinter 312D	16	3 500	22	349	0,063	0,005	166
Ford Transit	16	3 400	216	653	0,661	0,054	204
Volkswagen Transporter T4	12	2 900	25	415	0,06	0,005	140
ГАЗ-32213 «Газель»	13	3 450	135	440	0,614	0,05	315

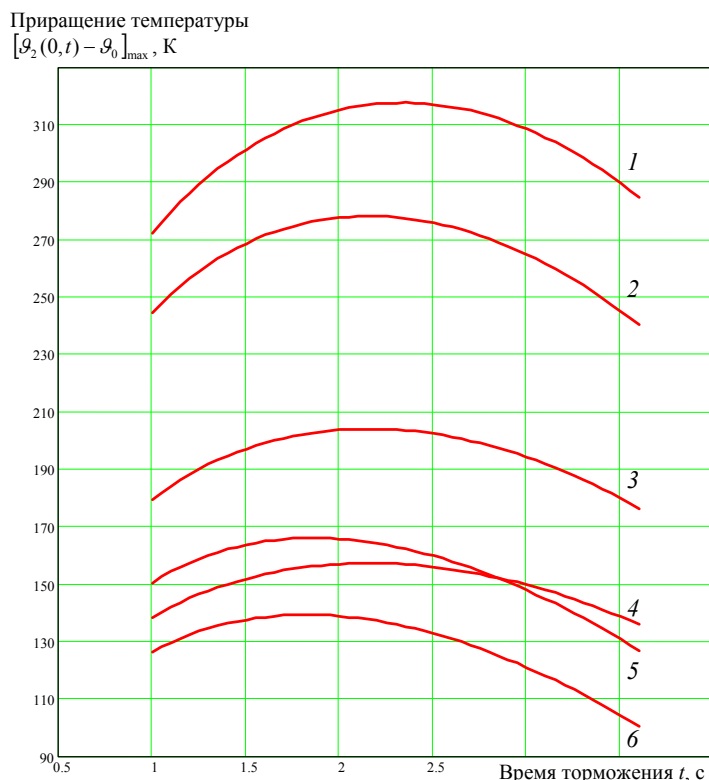


Рис. 1. Зависимости приращений температур в задних тормозах микроавтобусов от времени торможения: 1 – ГАЗ-32213; 2 – Citroën Jumper; 3 – Ford Transit; 4 – Mercedes-Benz Sprinter; 5 – Iveco Daily-Grinta; 6 – Volkswagen Transporter

Из данных, приведенных в таблице и на графике (рис. 1), видно, что наибольшие приращения температур в зоне контакта фрикционная колодка-барабан (диск) наблюдаются в тормозе микроавтобуса ГАЗ-32213. Это объясняется неудовлетворительным выбором геометрических параметров тормоза, в частности малой площадью фрикционной колодки.

Минимальные значения приращений температур наблюдаются в тормозе микроавтобуса Volkswagen Transporter T4 и Iveco Daily-Grinta. Здесь этот эффект достигается за счет оптимального подбора геометрических параметров тормоза.

Проведен тепловой расчет тормозов микроавтобусов различных марок в режиме их экстренного торможения на сухой асфальтовой дороге. Анализ результатов расчетов показал, что средние приращения температур близки к критическим, особенно в тормозе микроавтобусов ГАЗ-32213 и Citroën Jumper. При повышении температуры, например, в условиях движения по горной дороге, может произойти деструкция (разрушение) связующего во фрикционной накладке и выход из строя тормоза в целом.

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. – № 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.