

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ДОРОГИ НА ТЕПЛОВЫЙ РЕЖИМ ТОРМОЗА

П.В. Мигаев

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

Научный руководитель В.А. Балакин

Исследование посвящено влиянию состояния дороги на тепловой режим работы тормозов легковых автомобилей: ВАЗ-2109; Mazda 626; Mercedes Benz 300D; Fiat Croma; Range Rover; Volvo 780. Расчеты проводились для режима экстренного торможения на горизонтальной дороге (см. рис. 1 на с. 35) с коэффициентами сцепления $\varphi = 0,1$ (обледенелая дорога) и $\varphi = 0,8$ (сухая асфальтовая дорога). Принималось, что начальная скорость торможения автомобиля была равна 90 км/ч.

Сведения о типах тормозов автомобилей приведены в таблице.

Марки автомобилей	Передний тормоз	Задний тормоз
Mazda 626	ДКВ; $h_2 = 6$ мм; $K_{вз} = 0,194$	ДКС; $h_2 = 6,5$ мм; $K_{вз} = 0,11$
Merscedes Benz 300D	ДКВ; $h_2 = 6$ мм; $K_{вз} = 0,135$	ДКС; $h_2 = 7,5$ мм; $K_{вз} = 0,84$
ВАЗ-2109	ДКС; $h_2 = 5$ мм; $K_{вз} = 0,125$	Б; $h_2 = 6$ мм; $K_{вз} = 0,668$
Fiat Croma	ДКВ; $h_2 = 6$ мм; $K_{вз} = 0,1$	ДКС; $h_2 = 5$ мм; $K_{вз} = 0,125$
Range Rover	ДКВ; $h_2 = 6$ мм; $K_{вз} = 0,132$	ДКС; $h_2 = 7,5$ мм; $K_{вз} = 0,11$
Volvo 780	ДКВ; $h_2 = 6$ мм; $K_{вз} = 0,16$	ДКС; $h_2 = 6$ мм; $K_{вз} = 0,164$

Примечание. ДКС – дисково-колодочный тормоз со сплошным диском; ДКВ – дисково-колодочный тормоз с вентилируемым диском; Б – барабанный тормоз; $K_{вз}$ – коэффициент взаимного перекрытия трущихся пар; h_2 – толщина диска (барабана).

Средние приращения температур в тормозах со сплошным и «вентилируемым» дисками для случаев экстренного торможения определяются формулой:

$$\vartheta_2(\eta_2, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{вз} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta'_2(\eta_2, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{вз} q_0 h_2^3}{t_T \lambda_2 a_2} \Theta''_2(\eta_2, Fo_2),$$

где

$$\Theta'_2(\eta_2, Fo_2) = Fo_2 - \eta_2 + \frac{\eta_2^2}{2} + \frac{1}{3} + \sum A'_n \cos[\mu_n(1 - \eta_2)] \times \exp(-\mu_n^2 Fo_2),$$

$$\Theta''_2(\eta_2, Fo_2) = \frac{Fo_2^2}{2} + \frac{Fo_2}{3} - Fo_2 \eta_2 + \frac{Fo_2 \eta_2^2}{2} + \frac{\eta_2^4}{24} - \frac{\eta_2^3}{6} + \frac{\eta_2^2}{6} - \frac{1}{45} - \sum_{n=1}^{\infty} A''_n \cos[\mu_n(1 - \eta_2)] \times \exp(-\mu_n^2 Fo_2),$$

$$\eta_2 = \frac{z_2}{h_2}, \text{Fo}_2 = \frac{a_2 t}{h_2^2}, \mu_n = n\pi, A'_n = (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^2}, A''_n = (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^4}.$$

$$\alpha_T = \frac{K_{\text{в3}} \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1}}{K_{\text{в3}} \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1} + \sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2}}, K_{\text{в3}} = \frac{A_{a_1}}{A_{a_2}}, q_0 = 2q_{cp} = \frac{2W_1}{A_{a_1} t_T}, q_{cp} = \frac{W_1}{A_{a_1} t_T},$$

Средние приращения температур на поверхности трения (при $\eta_2 = 0$) сплошного тормозного диска равны

$$\vartheta_2(0, \text{Fo}_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{в3}} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta'_2(0, \text{Fo}_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{в3}} q_0 h_2^3}{t_T \lambda_2 a_2} \Theta''_2(0, \text{Fo}_2). \quad (1)$$

где

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

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

В вентилируемом тормозном диске средние приращения температур при экстренных торможениях определяются из выражений

$$\vartheta_2(\eta_2, \text{Fo}_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) q_0 K_{\text{в3}} h_2}{\lambda_2} \Theta'''_2(\eta_2, \text{Fo}_2) - \frac{(1 - \alpha_T) q_0 K_{\text{в3}} h_2^3}{t_T \lambda_2 a_2} \Theta''_2(\eta_2, \text{Fo}_2),$$

где

$$\Theta'''_2(\eta_2, \text{Fo}_2) = 1 - \eta_2 + \frac{1}{Bi_2} - \sum_{n=1}^{\infty} A'''_n \cos(\mu_n \eta_2) \times \exp(-\mu_n^2 \text{Fo}_2),$$

$$Bi_2 = \frac{\alpha'' h_2}{\lambda_2}, \text{ctg} \mu_n = \frac{1}{Bi_2} \mu_n, A'''_n = \frac{2(\mu_n^2 + Bi_2^2)}{\mu_n^2 (\mu_n^2 + Bi_2^2 + Bi_2)}.$$

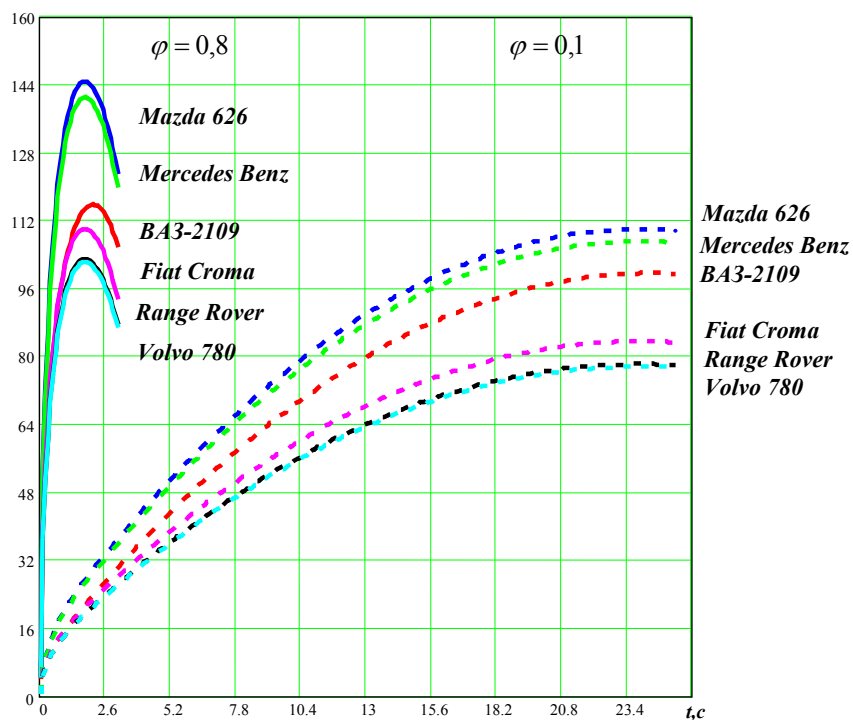
На поверхности трения при $\eta_2 = 0$

$$\vartheta_2(0, \text{Fo}_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) q_0 K_{\text{в3}} h_2}{\lambda_2} \Theta'''_2(0, \text{Fo}_2) - \frac{(1 - \alpha_T) q_0 K_{\text{в3}} h_2^3}{t_T \lambda_2 a_2} \Theta''_2(0, \text{Fo}_2), \quad (2)$$

где

$$\Theta'''_2(0, \text{Fo}_2) = 1 + \frac{1}{Bi_2} - \sum_{n=1}^{\infty} A'''_n \times \exp(-\mu_n^2 \text{Fo}_2).$$

$\Delta\vartheta, K$



$\Delta\vartheta, K$

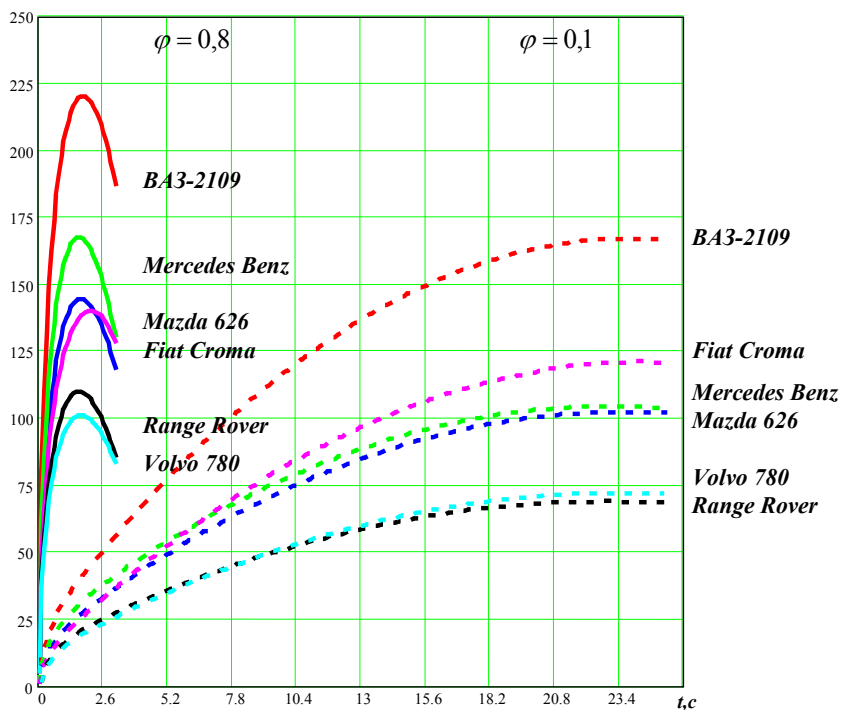


Рис. 1. Зависимость приращения температур при коэффициенте сцепления с дорогой $\varphi = 0,8$ и $\varphi = 0,1$

Уравнение (1) и (2) можно переписать в виде

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) q_0 K_{вз} h_2}{\lambda_2} \left[1 - \frac{\Theta_2'(0, Fo_2)}{\Theta_2'(0, Fo_2)} \frac{1}{Fo_{2T}} \right], \quad (3)$$

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) q_0 K_{вз} h_2}{\lambda_2} \left[1 - \frac{\Theta_2''(0, Fo_2)}{\Theta_2''(0, Fo_2)} \frac{1}{Fo_{2T}} \right], \quad (4)$$

где $Fo_{2T} = \frac{a_2 t_T}{h_2^2}$ – число Фурье, соответствующее концу процесса торможения.

При кратковременных однократных торможениях значение теплового потока q_4 мало и $\Theta_2'(0, Fo_2) \approx \Theta_2''(0, Fo_2)$;

$\lambda_{1,2}$; $C_{1,2}$; $\rho_{1,2}$; $a_{1,2}$ – соответственно теплопроводность, теплоемкость, плотность, температуропроводность фрикционной накладке и диска.

q_0 – начальная интенсивность фрикционного тепловыделения

При кратковременных однократных торможениях значение теплового потока q_4 мало и $\Theta_2'(0, Fo_2) \approx \Theta_2''(0, Fo_2)$.