

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАНАВОК И ОТВЕРСТИЙ В ТОРМОЗНЫХ ДИСКАХ НА ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ДИСКОВО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Н. Л. Прокопенко

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

Научный руководитель П. Е. Родзевич

Целью данной работы является исследование влияния изменения площади контакта фрикционных пар, на тепловой режим работы тормозов при движении с различными скоростями.

Постановка задачи. Расчет дисково-колодочного тормоза с вентилированным диском проводим для трех случаев, при цельном диске, диске с технологическими канавками количеством $N_2 = 10$ шт. и отверстиями $\text{Ø} 5$ мм количеством $N_1 = 30$ шт, диске с технологическими канавками количеством $N_2 = 20$ шт и отверстиями $\text{Ø} 5$ мм количеством $N_1 = 60$ шт. Автомобиль движется с различными скоростями (90, 120, 150 км/ч) по сухой асфальтированной дороге ($\varphi = 0,7$). Тепловую задачу рассматриваем в двух случаях, без учета теплоотдачи в окружающую среду, с учетом теплоотдачи в окружающую среду.

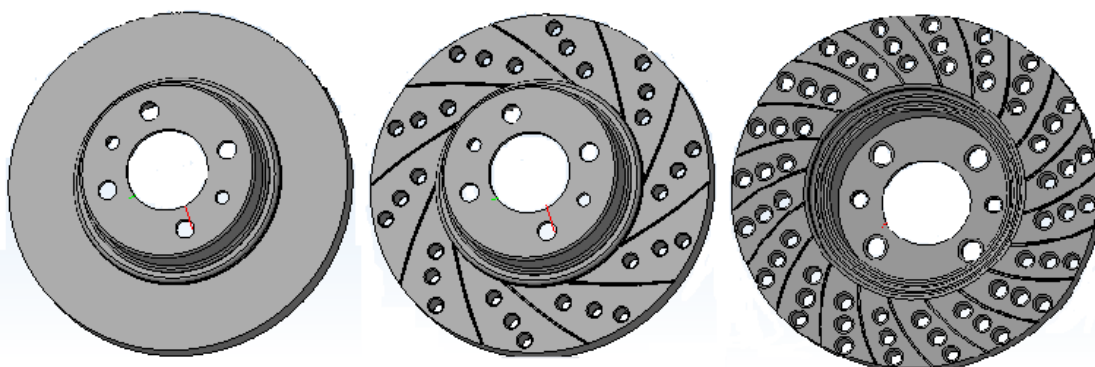


Рис. 1. Исследуемые диски

Теплофизические свойства для накладок:

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

Теплофизические свойства для дисков:

$$\lambda_1 = 30 \text{ Вт/мК}; \quad c_1 = 540 \text{ Дж/кгК}; \quad \rho_1 = 7700 \text{ кг/м}^3; \quad a_1 = 7,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Номинальная площадь контакта дорожки трения диска:

– площадь дорожки трения цельного диска.

$$Aa_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2);$$

– площадь дорожки трения модернизированных дисков.

$$Aa_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) - S_1 - S_2,$$

где S_1 , S_2 площадь отверстий и канавок на диске.

$$S_1 = \frac{N_1 \cdot \pi \cdot d_{\text{отв}}^2}{4}; \quad S_2 = N_2 \cdot l \cdot b;$$

где N_1 , N_2 – количество отверстий, канавок; $d_{\text{отв}}$ – диаметр отверстий; l , b – длина и ширина канавки.

Коэффициент взаимного перекрытия трущихся пар для дисковых тормозов:

$$K_{\text{вз}} = \frac{Aa_1}{Aa_2},$$

где Aa_1 – номинальная площадь контакта фрикционных накладок.

Формула для определения тормозного пути:

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

Считая торможения равнозамедленное, полное время торможения определяется формулой:

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

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

$$W_1 = \frac{W}{8} = \frac{k \cdot m \cdot v_0^2}{8}.$$

Для нахождения начальной интенсивности фрикционного тепловыделения воспользуемся формулой

$$q_0 = \frac{2 \cdot W_1}{Aa_1 \cdot t_T}.$$

Коэффициент распределения тепловых потоков находится по формуле

$$\alpha_T = \frac{K_{\text{вз}} \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot c_1 \cdot \rho_1}}{K_{\text{вз}} \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot c_1 \cdot \rho_1} + \sqrt{\lambda_2 \cdot c_2 \cdot \rho_2}}.$$

Приращения температур на поверхности трения диска без учета теплоотдачи в окружающую среду равно.

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вз}} \cdot q_0 \cdot h_2}{\lambda_2} \cdot \Theta_2'(0, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вз}} \cdot q_0 \cdot h_2^3}{\lambda_2 \cdot a_2 \cdot t_T} \cdot \Theta_2''(0, Fo_2),$$

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

$$\Theta_2''(\eta_2, Fo_2) = \frac{Fo_2^2}{2} + \frac{Fo_2}{3} - \frac{1}{45} - \sum_{n=1}^{\infty} A_n'' \cdot \cos(\mu_n) \exp(-\mu_n^2 \cdot Fo_2);$$

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

Среднее приращение температуры

Режимы скоростей км/ч	При цельном диске	При диске с канавками количеством $N_2 = 10$ шт. и отверстиями $\varnothing 5$ мм количеством $N_1 = 30$ шт.	При диске с канавками количеством $N_2 = 20$ шт. и отверстиями $\varnothing 5$ мм количеством $N_1 = 60$ шт.
90	86,171	92,779	97,525
120	150,602	162,152	170,446
150	233,441	251,344	264,201

Приращения температур в диске с учетом теплоотдачи в окружающую среду равно.

$$\vartheta_2(\eta_2, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{B3} \cdot q_0 \cdot h_2}{\lambda_2} \Theta_2'''(\eta_2, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{B3} \cdot q_0 \cdot h_2^3}{\lambda_2 \cdot a_2 \cdot t_T} \Theta_2''(\eta_2, Fo_2),$$

где ϑ_2 – температура диска; ϑ_0 – начальная температура;

$$\Theta_2'''(\eta_2, Fo_2) = 1 - \eta_2 + \frac{1}{Bi_2} - \sum_{n=1}^{\infty} A_n''' \cdot \cos(\mu_n \cdot \eta_2) \cdot \exp(-\mu_n^2 \cdot Fo_2);$$

$$Bi_2 = \frac{\alpha'' \cdot h_2}{\lambda_2}, \quad ctg \mu_n = \frac{1}{Bi_2} \cdot \mu_n, \quad A_n''' = \frac{2 \cdot (\mu_n^2 + Bi_2^2)}{\mu_n^2 \cdot (\mu_n^2 + Bi_2^2 + Bi_2)}, \quad \eta_2 = \frac{z_2}{h_2};$$

$$\Theta_2''(\eta_2, Fo_2) = \frac{Fo_2^2}{2} + \frac{Fo_2}{3} - Fo_2 \cdot \eta_2 + \frac{Fo_2 \cdot \eta_2^2}{2} + \frac{\eta_2^4}{24} - \frac{\eta_2^3}{6} + \frac{\eta_2^2}{6} - \frac{1}{45} - \sum_{n=1}^{\infty} A_n'' \cdot \cos(\mu_n \cdot (1 - \eta_2)) \cdot \exp(-\mu_n^2 \cdot Fo_2).$$

Среднее приращение температуры

Режимы скоростей км/ч	При цельном диске	При диске с канавками количеством $N_2 = 10$ шт. и отверстиями $\varnothing 5$ мм количеством $N_1 = 30$ шт.	При диске с канавками количеством $N_2 = 20$ шт. и отверстиями $\varnothing 5$ мм количеством $N_1 = 60$ шт.
90	80,324	81,592	83,216
120	145,931	155,816	159,314
150	230,948	247,388	257,438

Закключение. Сравнивая результаты расчетов, представленных в табл. 1 и 2 что оптимальным вариантом будет цельный диск. Разница температур в цельном диске, без выделением и с выделения теплы в окружающую среду, при скорости в 90 км/ч равна 5,847 К, так как происходит процесс конвективного охлаждения дисков, а при скорости в 150 км/ч равна 2,493 К, так как коэффициент теплоотдачи зависит от скорости.

В дисках с технологическими канавками и отверстиями поверхность охлаждения больше и коэффициент теплоотдачи у них тоже больше, чем у цельного диска, что тем самым уменьшает среднее приращение температуры на диске.

Увеличением скорости ухудшается тепловой режим работы тормозов, что приводит к повышению тормозного пути и времени торможения.

Л и т е р а т у р а

1. Балакин, В. А. Тепловые расчеты тормозов трения / В. А. Балакин, В. П. Сергиенко. – Гомель : ИММСНАН Республики Беларусь, 1999
2. Сравнительный анализ тормозов грузовых автомобилей / В. А. Балакин // 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.