

УДК 621.838:621.891

ТЕПЛОВАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ДИСКОВ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ТОРМОЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ

П.Е. Родзевич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

В настоящее время на автомобилях устанавливаются барабанно-колодочные, дисково-колодочные со сплошным и вентилируемым дисками. Главным элементом тормоза такого типа является тормозной диск, к которому прикладывается усилие исполнительного механизма. Поскольку существующие автомобильные тормоза используют трение в качестве основного принципа действия, между диском и тормозным механизмом находится колодка, покрытая слоем фрикционного материала (накладка).

К росту эффективности любых тормозов препятствует температура в паре трения. Чем интенсивнее автомобиль тормозит, тем больше выделяется тепла и тем больше нагреваются детали тормозного механизма. Для обычной тормозной колодки это приводит к потере фрикционных свойств за счет снижения коэффициента трения из-за оплавления поверхностей и разрушения связующего во фрикционной накладке.

Диск также нагревается, что приводит к нарушению формы его рабочей поверхности, ее короблению, следствием чего становится осевое биение диска, передаваемое на руль и тормозную педаль. При нагреве, диск деформируется за счет разницы длин наружного и внутреннего контура. У внутреннего она больше, следовательно, и линейное тепловое расширение также больше. Именно череда таких подъемов и опусканий при остывании и приводит к деформации диска. Чтобы уменьшить такой эффект, у дисков в местах соединений обода со ступицей с наружной стороны делают галтели или проводятся другие мероприятия, увеличивающие длину наружного контура.

Вентилируемый диск (рис. 1) позволил повысить эффективность торможения за счет более благоприятных температурных режимов пары трения. У вентилируемого диска существенно увеличена поверхность, с которой он отдает тепло окружающей среде. Вентилируемый тормозной диск также уменьшает температурную нагрузку на ступичный подшипник.

Увеличению поверхности рассеивания тепла способствует перфорация дисков, при которой на диске изготавливают технологические канавки глубиной до 2...3 мм и отверстия в радиальном направлении или по дуге окружности. Технологические канавки и отверстия снижают вес диска, способствуют более эффективному снижению его температуры при работе, способствуют удалению газов и продуктов износа, образующихся при трении фрикционных накладок о диск.

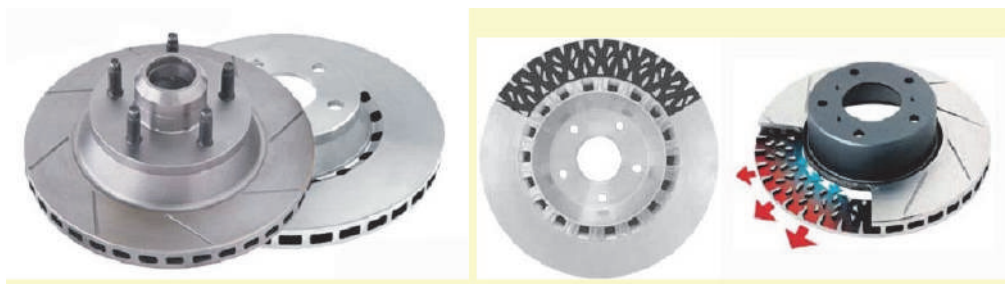


Рис. 1 – Вентилируемый диск и его устройство

Кроме того, перфорация не допускает «всплытия» тормозной колодки при попадании воды на рабочую поверхность диска в дождь или при проезде через лужи. Оказавшаяся на пути колодки вода выдавливается внутрь диска, откуда она выбрасывается наружу под действием центробежной силы.

В работах [1-3] рассмотрена методика теплового расчета фрикционных тормозов автомобилей различных марок и моделей. В основе методики лежит определение тепловой нагруженности тормозов по величине средних приращений температур на поверхности трения

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

где: $\Theta'_2(0, Fo_2)$, $\Theta''_2(0, Fo_2)$, – безразмерные комплексы, зависящие от числа Фурье Fo_2 ; h_2 – толщина контртела (полудиска); α_T – коэффициент распределения тепловых потоков,

$$\alpha_T = \frac{K_{\text{вз}} \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1}}{K_{\text{вз}} \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1} + \sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2}}, \quad (2)$$

здесь: $K_{\text{вз}} = \frac{A_{a_1}}{A_{a_2}}$ – коэффициент взаимного перекрытия трущихся пар с

номинальной площадью контакта A_{a_2} контртела и номинальной площадью фрикционной накладки A_{a_1} .

Показатели теплопроводности, теплоемкости, плотности и температуропроводности фрикционной накладки и диска, соответственно, следующие:

накладка:

$$\lambda_1 = 0,96 \text{ Вт/мК}; c_1 = 1200 \text{ Дж/кгК}; \rho_1 = 2000 \text{ кг/м}^3; a_1 = 2,0 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с};$$

диск:

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

Расчет дисково-колодочного тормоза с вентиляруемым диском проводился для трех случаев (рис. 2): для цельного диска, диска с технологическими канавками ($N_2 = 10$ шт) и отверстиями $\text{Ø}5$ мм

($N_1 = 30$ шт), диска с технологическими канавками ($N_2 = 20$ шт) и отверстиями $\varnothing 5$ мм ($N_1 = 60$ шт). Автомобиль двигался с различными скоростями (90, 120, 150 км/ч) по сухой асфальтированной дороге (коэффициент сцепления $\varphi = 0,7$). Масса автомобиля $m = 1355$ кг. Тепловая задача рассматривалась без учета теплоотдачи в окружающую среду.

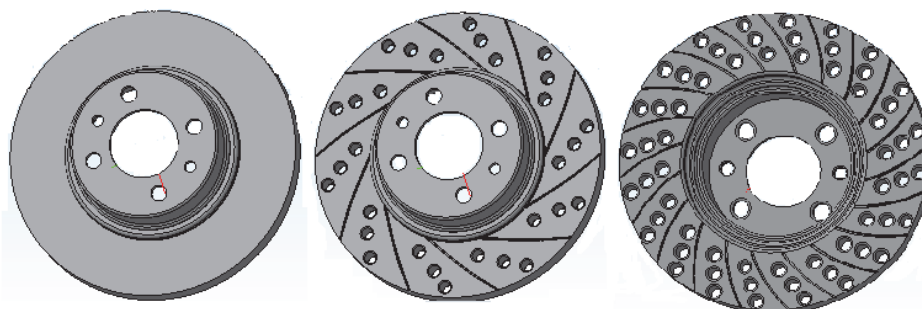


Рис. 2 – Исследуемые диски

Тепловой расчет показал, что наиболее нагруженным является диск с технологическими канавками ($N_2 = 20$ шт) и отверстиями ($N_1 = 60$ шт), у которого приращение температур при скорости 90 км/ч составляет 105,6 К. Это обусловлено уменьшением номинальной площади дорожки трения диска. При увеличении скорости автомобиля также увеличивается и приращение температур. Так при скорости 150 км/ч приращение температур составляет 261,6 К. Результаты расчетов представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1 – Средние приращения температур от начальной скорости

Начальная скорость v , км/ч	Время торможения t , с	Цельный диск	Диск с канавками ($N_2 = 10$ шт) и отверстиями ($N_1 = 30$ шт)	Диск с канавками ($N_2 = 20$ шт) и отверстиями ($N_1 = 60$ шт)
90	0,1	29,7	31,7	33,2
	1,0	78,7	84,2	88,2
	2,3	94,2	100,8	105,6
	3,6	86,2	92,2	96,6
120	0,1	39,7	42,5	44,5
	1,5	128,0	137,0	143,5
	3,0	155,9	166,7	174,7
	4,9	150,6	161,1	168,8
150	0,1	49,8	53,3	55,8
	2,0	188,5	201,7	211,3
	4,0	236,5	253,1	265,1
	6,1	233,4	249,7	261,6

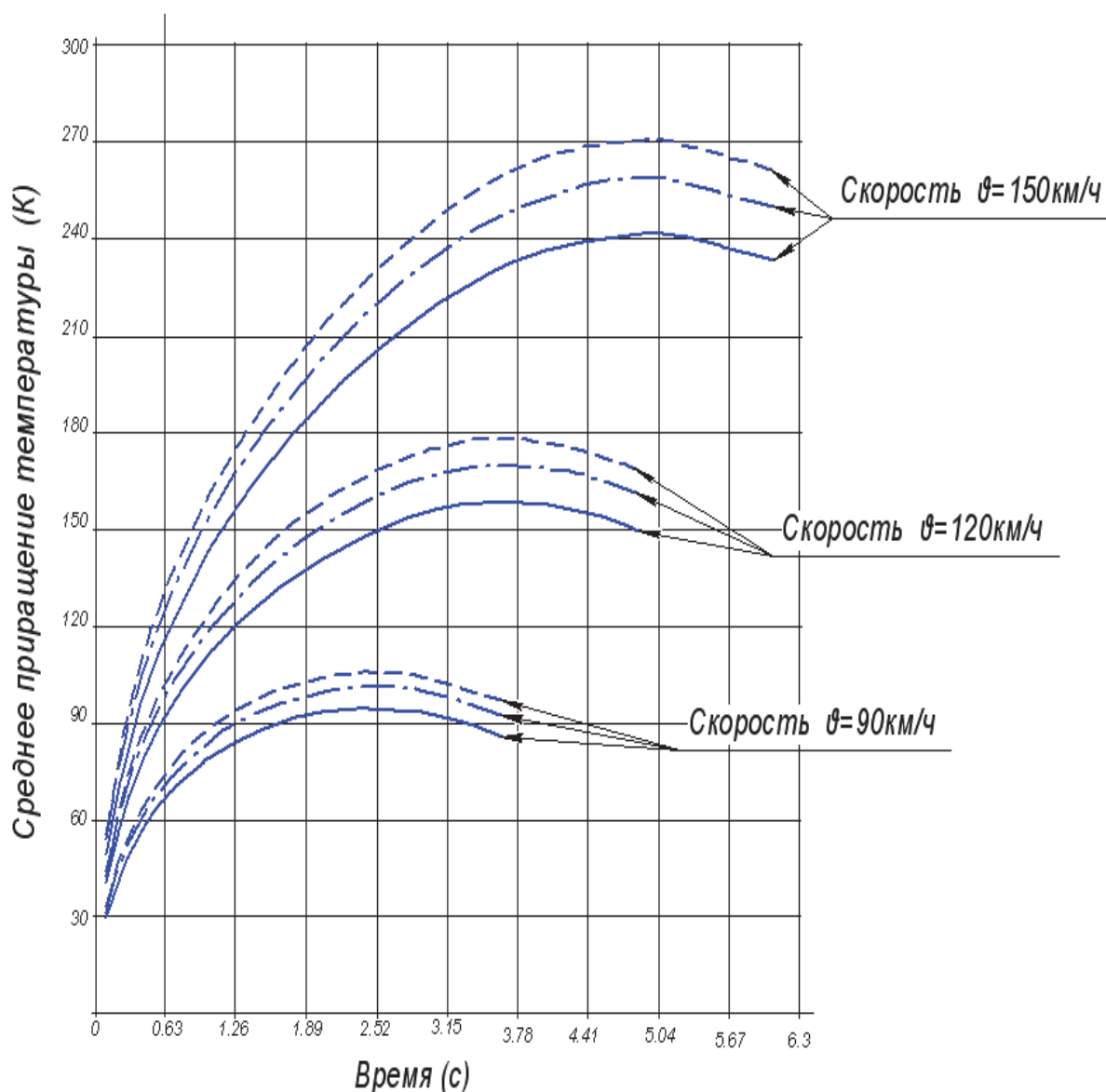


Рис. 3 – Графики зависимости средних приращений температур от времени торможения:

- Цельный диск
- - - Диск с канавками количеством $N_2 = 10$ шт и отверстиями $\varnothing 5$ мм количеством $N_1 = 30$ шт
- - - - Диск с канавками количеством $N_2 = 20$ шт и отверстиями $\varnothing 5$ мм количеством $N_1 = 60$ шт

Изменения приращений температур в перфорированных дисках по отношению к цельному приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменения приращений температур

Начальная скорость v , км/ч	Время торможения t , с	Диск с канавками ($N_2 = 10$ шт) и отверстиями ($N_1 = 30$ шт)	Диск с канавками ($N_2 = 20$ шт) и отверстиями ($N_1 = 60$ шт)
90	3,6	6,96 %	12,06 %
120	4,9	6,97 %	12,08 %
150	6,1	6,71 %	11,79 %

Проведенные расчеты показывают, что перфорация вентилируемых дисков дисково-колодочных тормозов автомобилей увеличивает тепловую нагруженность поверхности трения в среднем на 7% и 12% по отношению к цельному диску, соответственно. Это связано с уменьшением номинальной площади дорожки трения A_{a2} за счет изготовления технологических канавок и отверстий. Очевидно, что перфорирование снижают вес диска, способствуют более эффективному удалению газов, жидкости и продуктов износа, образующихся при трении фрикционных накладок о диск.

Представляет интерес расчет приращений температур с учетом теплоотдачи в окружающую среду со стороны дорожки трения и технологического перфорирования. Особенно это актуально для вентилируемых дисков, в которых дополнительная теплоотдача реализуется с внутренней стороны диска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакин В.А., Сергиенко В.П. Тепловые расчеты тормозов и узлов трения. Гомель: Институт механики полимеров и металлополимерных систем НАНБ, 1999. – 220с., ил.51.
2. Балакин В.А., Сергиенко В.П., Родзевич П.Е. Сравнительный анализ дисково-колодочных тормозов легковых автомобилей. // Трение и износ, 21 (2000), №4, с. 408-41.
3. Балакин В.А., Сергиенко В.П., Родзевич П.Е., Лысенко Ю.В. Сравнительный анализ тормозов грузовых автомобилей. // Трение и износ, 22 (2001), №2, с. 123-127.
4. Родзевич П.Е. Сравнительный анализ и оценка эффективности тормозов микроавтобусов. // Современные проблемы машиноведения: сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – с. 61-65.