

ПЛЕНАРНЫЕ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ И МЕТОДЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

В. А. Балакин

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

В транспортной технике нашли широкое применение дисковые, дисково-колодочные и колодочные тормоза. Дисковыми тормозами оснащены самолеты, тракторы, сельхозмашины (например, универсальные энергетические средства), спортивно-гоночные машины.

Дисково-колодочными тормозами оборудованы легковые и грузовые автомобили, а также вагоны некоторых поездов железнодорожного подвижного состава. Дисково-колодочные тормоза бывают как со сплошными, так и с «вентилируемыми» дисками.

Колодочные (барабанные) тормоза с расположением колодок внутри тормозного барабана применяются в легковых и грузовых автомобилях, автобусах, сельхозмашинах.

Работа тормозов может происходить в условиях экстренного торможения, многократных, чередующихся друг за другом, торможений, притормаживаний машины на длинном горном спуске.

В настоящее время стали применяться многодисковые маслоохлаждаемые тормоза (например, в тракторе БЕЛАРУС 1222 и карьерном самосвале БелАЗ-7555).

В отличие от тормозов сухого трения с коэффициентом трения более 0,3 в маслоохлаждаемых тормозах реализуется режим полужидкостного трения, при котором коэффициент трения находится в пределах 0,08–0,12. Естественно, что при этом снижается удельная сила трения. Однако необходимая величина силы момента трения обеспечивается увеличением площади контакта, т. е. использованием большего количества трущихся пар (дисков). Маслоохлаждаемый тормоз меньше изнашивается и позволяет использовать в машине систему охлаждения масла, проходящего под давлением через теплонагруженный фрикционный контакт.

Анализ режима экстренного торможения и торможения транспортных средств на длинном горном спуске длиной 1000 м и уклоном 9 % (см. таблицу) дает следующие результаты.

При экстренном торможении на сухой горизонтальной дороге наибольшая работа торможения, приходящаяся на одну фрикционную пару, равна: 9,2 МДж – в башмаке на ракетном треке; 1,15 МДж – в тормозе самолета ТУ-154; 1,01 МДж – в тормозе автобуса МАЗ-151 при его торможении со скоростей 108 км/ч. При этом температура поверхности трения башмака достигает 1500 °С, самолета – 400 °С, автобуса – 380 °С.

Техническая характеристика тормозов

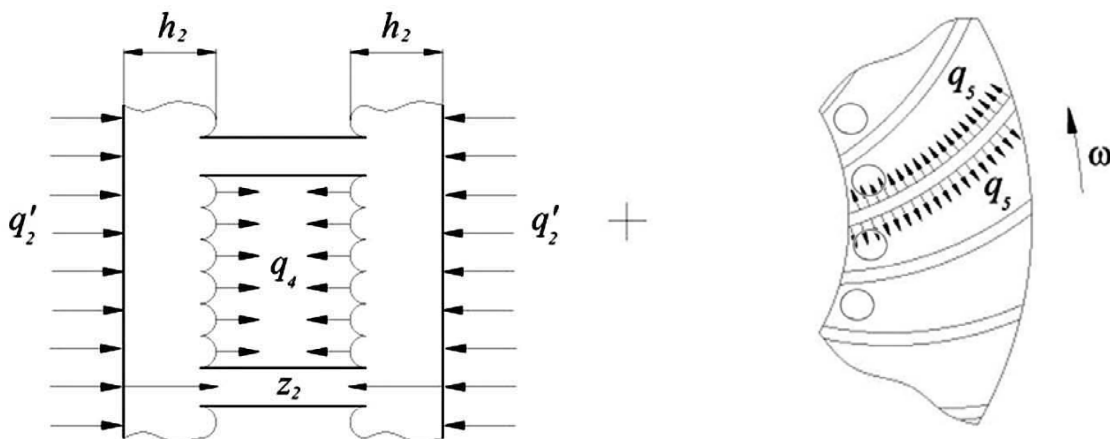
Транспортное средство	Полная масса, т	Скорость, м/с	Тормозной путь, м	Время торможения, с	Уклон дороги, %	Работа торможения, МДж	Количество фрикционных пар	Работа торможения, приходящаяся на одну фрикционную пару, МДж	Интенсивность фрикционного тепловыделения, МВт/м ²
Легковой автомобиль Mazda 626	1,78	40	114	5,7	0	1,42	8	0,178	6,10
	1,78	10	1000	100	9	1,60	8	0,200	0,39
Трактор БЕЛАРУС 1222	8	10	7,14	1,4	0	с вкл. дв. 0,70	12	0,058	2,18
		5	1000	200	9	7,2	12	0,600	0,16
		30	64	4,3	0	8,10	32	0,225	0,075
Автобус МАЗ-151	18	10	1000	100	9	16,2	8	2,02	0,29
		30	64	4,3	0	8,55	8	1,07	4,68
КамАЗ-5325	19	10	1000	100	9	17,1	8	2,14	0,40
		50	1000	40	0	81,6	108	0,76	0,26
Боинг 737-800	80	55,6	1000	36	0	124	108	1,15	0,34
		5	1000	200	9	85,5	8	10,7	1,33
Ракетный трек	0,15	700	1000	3	0	36,8	4	9,20	70

Более тяжелые условия работы тормозов возникают на длинных горных спусках. У автомобиля БелАЗ-7555 полной массы 95 т работа торможения, приходящаяся на одну фрикционную пару, на пути 1000 м достигает 10,7 МДж в сухих дисково-колодочных тормозах, соответственно, 2,14 МДж – в маслоохлаждаемых. У автомобиля КамАЗ полной массы 19 т – 2,14 МДж, автобуса МАЗ-151 – 2,02 МДж, трактора БЕЛАРУС 1222 с сухими тормозами – 0,600 МДж.

На длинных горных спусках температура поверхности трения может превышать 500 °С, при которой происходит разложение связующего у фрикционного материала, в результате чего коэффициент трения резко падает и тормоз отказывает.

Это, прежде всего относится к барабанным тормозам закрытого типа. Примером этого явления являются аварии автобусов и грузовых автомобилей, которые наблюдались, например, в районе города Ялты на горном спуске с горы Ай-Петри, высотой 1253 м, где длина тормозного пути равна 20 км.

Для повышения надежности тормозов автомобилей необходимо совершенствование тормозов с «вентилируемыми» дисками. Это достигается путем увеличения коэффициента теплоотдачи со стороны ребер жесткости. На рисунке приведены примеры конструктивных решений этой задачи.



Усовершенствование вентилируемых тормозов:

h_2 – толщины диска; ω – угловая скорость вращения колеса; q_2 – тепловой поток в тормозной диск от фрикционного нагрева; q_4 – тепловой поток в окружающую среду с поверхности, имеющей сферические выступы; q_5 – тепловой поток в окружающую среду от криволинейного ребра жесткости

Литература

1. Балакин, В. А. Тепловые расчеты тормозов и узлов трения / В. А. Балакин, В. П. Сергиенко. – Гомель : ИММС НАНБ, 1999.
2. Балакин, В. А. Трение и износ при высоких скоростях скольжения / В. А. Балакин. – Москва : Машиностроение, 1980.
3. Балакин, В. А. Проблемы трения и износа на ракетных треках / В. А. Балакин // Трение и износ. – 1991. – Т. 12, № 5.
4. Балакин, В. А. Ракетные треки / В. А. Балакин // Наука и жизнь. – 2006. – № 2.