

## УДЕЛЬНАЯ РАБОТА ТРЕНИЯ КАК ИСХОДНЫЙ ПАРАМЕТР ПРИ БОРТОВОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ФРИКЦИОННЫХ НАКЛАДОК ТОРМОЗОВ ДРУГИХ УЗЛОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Ю.Д. Карпиевич, к.т.н., ст.н.с., Проблемная НИЛ автомобилей БНТУ*

*В.В. Корсаков, гл. конструктор РУП «МАЗ»*

*Н.Г. Мальцев, нач. отдела электроники и электронных систем УГК РУП «МАЗ»*

Сегодня становится все более очевидным, что сложившийся в прошлом столетии и получивший наибольшее распространение регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить требуемого уровня технического состояния автотранспортных средств (АТС), например, тормозных и других устройств с фрикционными накладками автомобилей, так как не учитывает особенности каждого АТС, условия его эксплуатации, технического обслуживания и проведенные ранее ремонтные воздействия.

Внешние средства диагностирования (стационарные и передвижные) также не позволяют своевременно выявить внезапные отказы, что отрицательно сказывается на безопасности, а в силу плано-предупредительного или эпизодического характера диагностических работ недостаточно эффективны и при выявлении постепенных отказов.

Именно стремление снять указанные ограничения стимулировало у нас и за рубежом разработку бортовых систем диагностирования АТС.

Идентичность функциональных структур микропроцессорных систем управления и бортового диагностирования позволяет за счет совместного использования общей аппаратуры (датчиков, исполнительных механизмов, микроЭВМ) обеспечить непрерывный контроль системы и объекта управления без использования каких-либо специализированных технических средств и избежать тем самым необоснованного усложнения конструкции АТС и необходимости разработки дополнительного диагностического оборудования.

Необходимость создания подобных систем вызвана тем, что у большинства АТС, например, автомобилей при проведении диагностических работ отмечаются значительные отклонения параметров, характеризующих его техническое состояние до проведения диагностических работ, т.е. автомобиль фактически может эксплуатиро-

ваться в ряде случаев при недопустимых или критических режимах, что отрицательно сказывается на работоспособности узлов, безопасности движения, экономических, экологических и других показателях.

С другой стороны, часть автомобилей, находящихся в технически исправном состоянии, в соответствии с графиком проведения регламентных работ, подвергается преждевременному диагностированию или техническому обслуживанию, т.е. очевидны необоснованные трудовые и материальные затраты.

Таким образом, встроенное или бортовое диагностирование технического состояния тормозных и других систем автомобилей, и в частности степени износа тормозных накладок, является весьма актуальной задачей.

В результате выполнения НИР в Испытательном центре УГК РУП «МАЗ» совместно с Проблемной НИЛ автомобилей БНТУ разработана новая методика бортового диагностирования степени износа тормозных накладок, в основу которой положен физический процесс использования работы трения как интегрального показателя (рег. № М-15-2002).

Как показали результаты проведенных экспериментальных исследований, методика позволяет определить не только степень износа, но и остаточный ресурс тормозных накладок автотранспортного средства на базе информации о работе трения (отчет № Э-6-2003).

Объектом испытаний явились тормозные механизмы МАЗ-64221 с безасбестовыми тормозными накладками шифра LU 102М производства фирмы "Lumag" Республики Польша. Испытания тормозных механизмов и тормозных накладок АТС проводились согласно методике М-1-97 в наиболее нагруженном тормозном механизме передней оси автомобиля МАЗ-64221.

Испытания по определению численного значения суммарной работы трения, соответствующей предельно допустимому износу тормозных накладок

проводились экспериментально на стенде для испытания тормозов мод. 509.252 по методикам М-1-97 и М-15-2002. Программа стендовых испытаний тормозных накладок приведена в таблице 1.

После монтажа тормозного механизма на стенд производилась его регулировка. Момент инерции

рости торможения АТС и радиуса качения колеса по формуле:

$$n = \frac{1000V_a}{2\pi r_k 60}, \text{ мин}^{-1},$$

где  $V_a$  - скорость АТС, км/ч.

Угловая скорость инерционных масс стенда оп-

Таблица 1

Программа стендовых испытаний тормозных накладок

Объект испытаний	Скорость, км/ч		Давление в торм. камере, МПа	Колич. торможений	Температура, град С	Примечание
	нач.	кон.				
Испытания тормозов (повторяют 6 раз)	40	0	0,15	100	100	Температура в начале торможения
	60	0	0,26	10	100	
	60	30	0,43	100	150	
	70	0	0,55	5	120	
	60	30	0,55	35	200	
	86	0	0,70	1	100	

вращающихся масс стенда выбирался исходя из обеспечения равенства кинетических энергий инерционных масс стенда и части общей инерции АТС, приходящейся на затормаживаемое колесо, по следующей формуле:

$$J = m_k r_k^2,$$

где  $J$  - момент инерции вращающихся масс стенда,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ;  $m_k$  - часть массы АТС, приходящаяся на затормаживаемое колесо при замедлении 5  $\text{м}/\text{с}^2$ ,  $\text{кг}$ ;  $r_k$  - радиус качения колеса,  $\text{м}$ .

Из расчетных исследований процесса торможения автомобилей МАЗ-6422 (расчет Р-1427-78) следует, что наиболее нагруженным является переднее колесо автомобиля МАЗ-64221: при замедлении 5  $\text{м}/\text{с}^2$  приходящаяся на колесо передней оси масса составляет  $m_k = 5468$   $\text{кг}$ . Исходя из этого, расчетный момент инерции стенда равен:

$$J = 5468 \cdot 0,53^2 = 1536 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Действительный момент инерции вращающихся масс стенда составлял:

$$J = J_B + J_8 + J_6 + J_4 + J_3 =$$

$$= 111 + 589 + 589 + 159 + 79 = 1527 \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

где  $J_B = 111 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  – момент инерции приводного вала, включая ротор электродвигателя;  $J_8 = 589 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  – момент инерции маховика №8;  $J_6 = 589 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  – момент инерции маховика №6;  $J_4 = 159 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  – момент инерции маховика №4;  $J_3 = 79 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$  – момент инерции маховика №3.

Частота вращения инерционных масс стенда выбиралась, исходя из заданной начальной ско-

ределялась по формуле:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \text{ рад/с.}$$

Средний тормозной момент определялся по формуле:

$$M_T = 1527 \frac{\pi n}{30t}, \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где  $t$  – время торможения,  $\text{с}$ .

В табл. 2 приведены результаты испытаний тормозных механизмов с безасбестовыми тормозными накладками шифра LU 102M производства фирмы “Lumag” Республики Польша.

Работа трения определялась графоаналитическим методом и ее суммарное значение за период испытаний (за 1506 торможений) равно  $L = 769571,47$   $\text{кДж}$ .

По результатам испытаний, приведенным в табл. 2, средний износ тормозных накладок шифра LU 102M за период выполнения установленного объема работ составил  $H_{LU} = 0,3$   $\text{мм}$ . Средний износ базовых накладок шифра 21-12-94 Волжского ОАО ВАТИ за такой же период и при таких же условиях испытаний составлял  $H_{ВАТИ} = (0,37 \dots 0,43 \text{ мм})$  (отчет № Э-49-97).

Из анализа результатов испытаний следует, что средняя работа трения на единицу линейного износа (на 1  $\text{мм}$ ), т.е. удельная работа трения тормозных накладок составляет:

- для накладок шифра LU 102M

$$L_{LU} = L : H_{LU} = 769571,47 : 0,3 = 2565238,23 \text{ кДж};$$

- для базовых накладок шифра 21-12-94

$$L_{ВАТИ} = L : H_{ВАТИ} = 769571,47 : (0,37 \dots 0,43) = (2079922,89 \dots 1789701,09) \text{ кДж}.$$

Таблица 2

Результаты испытаний тормозных механизмов с безасбестовыми тормозными накладками шифра LU 102M

Вид испытаний	Скорость V <sub>в</sub> , км/ч		Частота вращения инерционных масс п, мин <sup>-1</sup>		Время торможения t, с	Средний тормозной момент M <sub>т</sub> , кНм	Угловая скорость инерционных масс со, рад/с		Давление в тормозной камере, МПа	Количество торможений	Работа трения, кДж	Средний износ, мм	
	нач.	кон.	нач.	кон.			нач.	кон.				барабана	накладок НЛУ
Исследовательские	40	0	200	0	8,8	3,632	20,93	0	0,15	600	207674,4		
	60	0	300	0	7,2	6,659	31,40	0	0,26	60	48879,78		
	60	30	300	150	2,0	11,987	31,40	15,7	0,43	600	350131,2		
	70	0	350	0	4,05	13,812	36,63	0	0,55	30	31854,63		
	60	30	300	150	2,2	10,897	31,40	15,7	0,55	210	122212,86		
	86	0	411	0	4,8	13,685	43,02	0	0,70	6	8818,6		
	Всего										1506		

Износостойкость накладок шифра LU 102M ориентировочно на 23...43% выше износостойкости базовых накладок шифра 21-12-94.

Учитывая, что применительно к тормозным механизмам МАЗ замена тормозных накладок производится, если значение их линейного износа достигает H<sub>max</sub>=10 мм, то численное значение суммарной работы трения при предельно допустимом износе накладок составит:

- для накладок шифра LU 102M  
 $\Sigma L_{LU} = L_{LU} \times H_{max} = 2565238,23 \times 10 = 25652382,3$  кДж;

- для базовых накладок шифра 21-12-94  
 $\Sigma L_{ВАТИ} = L_{ВАТИ} \times H_{max} = (2079922,89...1789701,09) \times 10 = (20799228,9...17897010,9)$  кДж.

Пробег автомобиля при одних и тех же условиях эксплуатации с накладками шифра LU 102M предположительно будет на 23-43% выше чем с базовыми накладками шифра 21-12-94.

Таким образом, удельная и суммарная работа трения могут быть использованы в качестве ис-

ходных параметров или показателей для оценки и прогнозирования степени износа тормозных накладок.

При этом за счет возможности обеспечения контроля и прогнозирования износа тормозных накладок и проведения технического обслуживания тормозных механизмов по фактической потребности, что в свою очередь включает необоснованные простои автотранспортных средств, а следовательно материальные и трудовые затраты при преждевременной замене тормозных накладок, может быть достигнут существенный экономический эффект.

В перспективе указанная методика и приведенные выше показатели могут использоваться для решения задачи обеспечения равномерности износа тормозных накладок автомобиля или автопоезда при разработке электронного привода тормозов, а разработанные принципы диагностирования - для определения степени износа и прогнозирования остаточного ресурса накладок сцепления, фрикционных муфт и т.д.

*Разум и фантазия одинаково необходимы для наших знаний и равноправны в науке.*  
 Ю. Либих