

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ БАРАБАНЫХ И ДИСКОВЫХ КОЛЕСНЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Александр Ревин, Сергей Тюрин, Виталий Федотов, Андрей Дроздов

Волгоградский государственный технический университет, Россия

Эл. почта: atrans@vstu.ru

Аннотация. Известно, что автомобильный транспорт наряду с промышленностью является одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Кроме выбросов отработавших газов, транспортный поток создает облако пыли, состоящее более чем на 60% из микроскопических и ультрамикроскопических частиц радиусом 10,0–0,25 мкм, которые образуются вследствие истирания колес (при сцеплении с дорогой) и накладок тормозных колодок (при торможении). Источниками массы мелкодисперсных частиц в воздухе городской магистрали, кроме шинной пыли, являются продукты износа тормозных накладок колесных тормозных механизмов. Авторы исследуют и оценивают экологичность барабанных и дисковых колесных тормозных механизмов автотранспортных средств.

Ключевые слова: транспорт, автомобиль, тормозной механизм, продукты износа, экологичность.

Введение

Связанные с продукцией (услугой) экологические воздействия определяются в основном входными и выходными потоками материалов и энергии. Изменение любого входного потока (например, применение продукции с более совершенными свойствами какой-либо части конструкции) может привести к изменению выходных потоков (сокращению или росту опасных отходов, уменьшению или увеличению вредных выбросов). Поэтому необходимо предусмотреть, чтобы разработка, направленная на обеспечение улучшенных свойств продукции на одной стадии жизненного цикла, в частности, при эксплуатации, не привела к возникновению дополнительных негативных воздействий на окружающую среду. Формат подобной системы менеджмента заложен в блоке стандартов ИСО серии 14000, содержащих требования к производственной (или иной) деятельности для обеспечения экологической безопасности (ГОСТ Р ИСО 14040).

Мелкодисперсная пыль в зоне городских дорог и ее источники

Известно, что автомобильный транспорт наряду с промышленностью является одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Доля автотранспортных средств (АТС) в общих выбросах загрязняющих веществ в странах Западной Европы составляет 60–80%. Кроме выбросов отработавших газов, транспортный поток создает облако пыли, состоящее более чем на 60% из микроскопических и

ультрамикроскопических частиц радиусом 10,0–0,25 мкм, которые образуются вследствие истирания колес (при сцеплении с дорогой) и накладок тормозных колодок (при торможении). Экологические проблемы, связанные с автотранспортом, в Москве и других крупных городах России не менее остры. По оценкам некоторых исследователей (Киселев 1966) объемы облака пыли в зоне городских дорог с интенсивным движением в 1 200–1 600 авт./ч составляют 0,03–0,05 кг/км ч (шинная пыль), 0,15–0,20 кг/км ч (частицы износа тормозных накладок). Контрольные измерения концентраций твердых частиц на участках указанных дорог показали, что уже при интенсивности в 800 авт./ч концентрации достигают предельно-допустимые концентрации (ПДК), а при 1 200 авт./ч – превышают их в 2 раза.

Отрицательное воздействие пыли на организм человека зависит от ее дисперсности, твердости частиц, формы пылинок, их электрического заряда и т. д. Более 50% массы пыли составляют частицы размером менее 10 мкм. По данным авторов (Комаров и др. 2004) частицы размером менее 10,0 мкм под влиянием воздушных тепловых потоков и броуновского движения продолжительное время находятся во взвешенном состоянии, причем время естественной коагуляции и седиментации частиц с этими размерами определяется десятками часов.

Источниками массы мелкодисперсных частиц в воздухе городской магистрали, кроме шинной пыли, являются продукты износа тормозных накладок ко-

лесных тормозных механизмов. При изнашивании фрикционных накладок тормозных колодок механизм износа изменяется от абразивного вида (в период нарастания замедления) до износа в условиях пластического контакта на последней стадии торможения автомобиля (при установившемся замедлении). В центре крупных городов интенсивное движение остается постоянным в течение дня. Характерное частое торможение АТС в плотных транспортных потоках приводит к образованию высокой концентрации мелкодисперсных частиц износа тормозных накладок. Мелкодисперсная пыль наиболее опасна, так как оседает в легких и бронхах и при длительном вдыхании приводит к заболеванию (Денисов, Рогалев 2003). Проблема загрязнения городского воздуха взвешенными частицами диаметром менее 10 мкм (PM-10) признана одной из важнейших. Наибольшая концентрация этих частиц наблюдается на высоте 100–150 см от земной поверхности, т. е. на уровне органов дыхания человека. Длительное пребывание пешеходов в этих зонах на открытом воздухе становится небезопасным.

На интенсивность образования частиц износа, их уровень токсичности и загрязнение ими воздуха влияют многие факторы: конструкция тормозных механизмов, состав фрикционного материала, режим движения. Несмотря на то, что использование асбеста во фрикционных накладках тормозов запрещено, суммарное негативное воздействие их частиц износа увеличивается пропорционально числу автомобилей с дисковыми колесными тормозными механизмами, эксплуатируемыми в городской улично-дорожной сети (УДС).

Конструктивные особенности колесных тормозных механизмов

Колесные тормозные механизмы обеспечивают служебное и экстренное торможение, а также удержание на месте неподвижного автомобиля. Применяемые колесные тормозные механизмы различных категорий АТС бывают двух типов конструкций – барабанные и дисковые. В настоящее время на преобладающем большинстве легковых автомобилей используются дисковые тормозные механизмы на передних колесах и барабанные колодочные – на задних. На грузовых автомобилях и автобусах, как правило, устанавливают барабанные колодочные тормоза, обладающие эффектом самоусиления и конструктивно совместимые с пневматическим приводом. Все большее распространение на автомобилях (в том числе грузовых) полу-

чают дисковые тормозные механизмы. Это обусловлено, в первую очередь, их высокой эксплуатационной стабильностью. В этих тормозных механизмах обеспечивается незначительное падение эффективности торможения при нагреве тормоза или попадании воды на поверхности трения. Кроме того, у них меньше время срабатывания, меньше масса и лучше охлаждение (открытая конструкция, вентилируемые диски) по сравнению с барабанными тормозными механизмами. Однако из-за меньшей площади фрикционных накладок дискового тормоза давление на них больше в 3–4 раза, механизм открыт для попадания пыли и грязи. Поэтому интенсивность износа накладок дискового тормозного механизма больше, чем у барабанного. При этом частицы износа выбрасываются беспрепятственно при движении в атмосферу, тогда как в барабанном тормозе основная их часть остается внутри барабана, закрытого тормозным щитом. Через вентиляционные отверстия барабана в воздух попадает не более 10% общей массы продуктов трения.

Оборудование автомобиля антиблокировочной системой приводит к тому, что в случае экстренных торможений колеса не блокируются и относительное перемещение тормозных колодок и диска (барабана) сохраняется в течение всего процесса торможения. Это обуславливает увеличение пути трения фрикционных элементов тормоза, а значит, и интенсивности их изнашивания. По результатам исследований, проведенных в ВолгГТУ на кафедре «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», автоматизация процесса экстренного торможения способствует снижению ресурса элементов тормозной системы, в том числе тормозных колодок, барабанов и дисков по критерию изнашивания на 10–30% (Полуэктов, Ревин 2003).

Каждый вид транспортных средств комплектуется тормозными накладками разной толщины и формы. Вместе с тем заводы изготавливают тормозные накладки разных типов практически по одной и той же технологии и из одного и того же сырья с разным соотношением компонентов (в состав формовочной смеси входят фенольные смолы, каучуки и металлические включения в виде порошков и стружки). Обычно в качестве материала для контртела (под контртелом понимается тормозной диск или тормозной барабан) используют чугуны, в основном марки СЧ24 ГОСТ 1412-85, твердостью 187-241 НВ. Очевидно, в таком случае значения коэффициента трения в паре «тормозная накладка – контртело» будут при-

близительно равными в тормозных механизмах различных транспортных средств.

Если принять, что на тормозные накладки для разных транспортных средств во время эксплуатации действуют одинаковые удельные давления, то интенсивность изнашивания тормозных накладок на 1 м тормозного пути будет одна и та же вне зависимости от типа транспортного средства.

Оценка массы частиц износа колесных тормозных механизмов

Величина пути трения за годовой пробег у АТС, используемых по разному назначению, не одинакова, а масса выброса частиц износа в воздух будет зависеть от конструкции тормозных механизмов.

Кафедры «Автомобильный транспорт» и «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» Волгоградского государственного технического университета в течение ряда лет проводят оценку долговечности тормозных накладок грузовых автомобилей КамАЗ, автобусов Икарус, Mercedes Benz, микроавтобусов ГАЗ и автомобилей ГАЗ, ВАЗ в условиях реальной эксплуатации по договорам с изготовителями тормозных колодок. В табл. 1 приведены технические характеристики тормозных накладок исследуемых автомобилей. В результате исследований долговечности было выявлено, что наиболее интенсивно изнашиваются передние тормозные накладки на автомобилях ГАЗ-3221, ГАЗ-3110, ВАЗ-2101-2115, а на автомобилях КамАЗ-5320, Икарус-280, Mercedes Benz О 302 S – задние тормозные накладки. Поэтому сравнительный расчет массы изнашиваемого фрикционного материала тормозных накладок по моделям АТС проведен только для наиболее интенсивно изнашиваемых накладок.

По данным табл. 1 была определена масса изнашиваемого фрикционного материала тормозных накладок одного автомобиля в год с использованием уравнения:

$$m = n \cdot z \cdot \rho \cdot V, \quad (1)$$

где m – масса изнашиваемого фрикционного материала тормозных накладок одного автомобиля в год, г; n – количество тормозных накладок на одном автомобиле; z – количество изношенных тормозных накладок за год; ρ – плотность фрикционного материала, г/см³; V – объем изношенного материала, см³.

Результаты расчета приведены в табл. 2.

Графическая интерпретация массы изнашиваемого фрикционного материала тормозных накладок

одного автомобиля в год в зависимости от типа транспортного средства приведена на рисунке.

Таблица 1. Технические характеристики тормозных накладок

1 lentelė. Stabdžių trinkelų antdėklų techninės charakteristikos

Table 1. Technical characteristics of brake pads

Тип ТС	Тип тормозного механизма	Толщина тормозной накладки, мм	Площадь тормозной накладки, мм ²	Остаточная толщина фрикционного слоя, мм	Плотность фрикционного материала, г/см ³
ГАЗ-3221	дисковый	17,5	9 360	3,0	1,5
ГАЗ-3110	дисковый	17,5	9 360	3,0	
ВАЗ-2101-2107	дисковый	16,0	5 080	3,0	
ВАЗ-2108-2115	дисковый	17,5	6 490	3,0	
КамАЗ-5320	барабанный	19,0	26 320	7,0	
Икарус-280	барабанный	20,0	32 760	7,5	
Mercedes Benz О 302 S	барабанный	17,0	29 020	7,5	

Таблица 2. Масса изнашиваемого фрикционного материала тормозных накладок одного автомобиля в год

2 lentelė. Stabdžių trinkelų antdėklų susidėvinčios frikcinės medžiagos masė (vienam automobiliui per metus)

Table 2. Mass of the worn-out frictional material of the brake pads of one vehicle per year

Тип транспортного средства	Годовой пробег, км	Средний ресурс тормозных накладок, км	Количество тормозных накладок	Количество изношенных тормозных накладок за год	Масса изнашиваемого фрикционного материала тормозных накладок одного автомобиля в год, г
ГАЗ-3221	50 000	13 000	4	3,9	3 176
ГАЗ-3110	15 000	25 000	4	0,6	489
ВАЗ-2101–2107	15 000	25 000	4	0,6	238
ВАЗ-2108–2115	15 000	20 000	4	0,8	452
КамАЗ-5320	35 000	60 000	4	0,6	1 516
Икарус-280	40 000	30 000	4	0,8	1 966
Mercedes Benz О 302 S	40 000	30 000	4	0,8	1 323

Выводы

Масса мелкодисперсных частиц износа тормозных накладок колесных тормозных механизмов прежде всего зависит от величины годового пробега, а масса

выбрасываемых в воздух УДС мелкодисперсных частиц износа – от типа тормозного механизма АТС. Поэтому на АТС с высоким годовым пробегом целесообразно устанавливать барабанные тормозные механизмы, у которых конструкцией ограничен выброс мелкодисперсных частиц износа в воздух УДС.

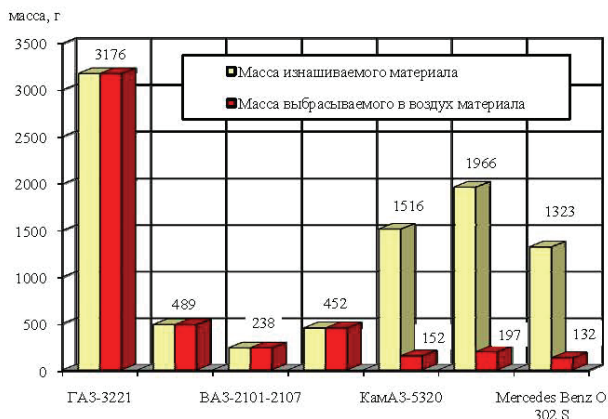


Рис. Масса изнашиваемого и выбрасываемого в воздух УДС фрикционного материала тормозных накладок одного автомобиля в год в зависимости от типа транспортного средства

Рав. Stabdžių trinkelėlių antdėklų susidėvinčios ir patenkančios į aplinką frikcinės medžiagos masė (vienam automobiliui per metus) priklausomai nuo transporto priemonės tipo

Fig. Mass of the worn-out frictional material of the brake pads ejected into the air over the road network by one vehicle per year, depending on the type of vehicle

Литература

- ГОСТ Р ИСО 14040. *Управление охраной окружающей среды. Оценка жизненного цикла продукции. Принципы и руководство.*
- Денисов, В. Н.; Рогалев, В. А. 2003. *Проблемы экологизации автомобильного транспорта.* Санкт-Петербург: МАНЭБ. 213 с.
- Киселев, Н. Д. 1966. *Очистка воздуха от высокодисперсной пыли методом искусственной ионизации.* Москва: Машиностроение. 71 с.
- Комаров, Ю. Я.; Рысаков, А. А.; Федотов, В. Н. 2004. Технология очистки воздуха от вредных выбросов движущихся автотранспортных средств, *Известия ВолгГТУ. Серия «Транспортные наземные системы»* 1: 113–118.
- Полужтков, М. В.; Ревин, А. А. 2003. Исследование влияния АБС на ресурс тормозных цилиндров колес автомобиля, в кн.: *Автомобильный транспорт в XXI веке: Сборник научных статей Международной научно-технической конференции.* Нижний Новгород: НГТУ, 130–131.

RATINIŲ TRANSPORTO PRIEMONIŲ BŪGNIŲ IR DISKINIŲ STABDŽIŲ MECHANIZMŲ EKOLOGIŠKUMO LYGINAMOJI ANALIZĖ

A. Revin, S. Tiurin, V. Fedotov, A. Drozdov

Santrauka

Kaip žinoma, automobilių transportas, kaip ir pramonė, yra pagrindiniai aplinkos taršos šaltiniai.

Transporto priemonių srautas į aplinką išmeta ne tik didelį kenksmingų deginių kiekį, bet ir daugybę kitų dulkių.

Tyrimais nustatyta, kad apie 60 % šių dulkių kiekio sudaro mikroskopinės ir ultramikroskopinės dalelės (jų skersmuo – 10,0–0,25 μm). Šios dalelės susidaro transporto priemonių ratams sąveikaujant su kelio dangos paviršiumi (pavyzdžiui, intensyviai stabdant) ir tarpusavyje sąveikaujant transporto priemonės stabdžių elementams (pavyzdžiui, stabdžių trinkelėlių antdėklams sąveikaujant su diskais).

Dalelių susidarymo intensyvumui įtakos turi stabdžių mechanizmo sandara, antdėklų frikcinė medžiaga, judėjimo režimas ir pan.

Straipsnyje autoriai atlieka įvairių ratinių transporto priemonių būginių ir diskinių stabdžių mechanizmų ekologiškumo lyginamąją analizę.

Reikšminiai žodžiai: transporto priemonė, stabdžių mechanizmas, ekologiškumas, tyrimas.

THE COMPARATIVE ANALYSIS AND EVALUATION OF ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DRUM AND DISK WHEEL BRAKES

A. Revin, S. Tiurin, V. Fedotov, A. Drozdov

Abstract

It is well-known that automobile transport as well as industry are the main sources of air pollution. In addition to exhaust gases, the flow of traffic releases a cloud of dust, consisting of over 60% of micro- and ultramicroscopic particles with radius of 10.0–0.25 μm, which are formed due to wheel abrasion (caused by the road grip of a tyre) and the use of the brake blocks (in braking).

The products formed in the process of wearing of the wheel brake pads are also the sources of the mass of fine dispersed particles over an urban highway.

The authors analyse and evaluate ecological characteristics of drum and disk wheel brakes of vehicles.

Keywords: transport, vehicle, brake, products of wearing, ecological characteristics.