

УДК 504.3.054

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОЦЕНКУ СОДЕРЖАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ ШИН И ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**Вольнов А.С., Третьяк Л.Н., Лисицкий К.Ю.**

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург,*

*e-mail: Volnov\_AS@mail.ru, tretyak\_ln@mail.ru, lisitskiy.kirill@yandex.ru*

В процессе эксплуатации автотранспортные средства выбрасывают дисперсные частицы не только в отработавших газах, но и при изнашивании шин, тормозных механизмов, а также дорожного покрытия. Показано, что процессы, не связанные с выбросами отработавших газов, недостаточно изучены. Кроме этого некоторые вопросы, касающиеся физико-химического состава дисперсных частиц, коэффициентов выбросов, методик их оценки, а также возможных неблагоприятных последствий для здоровья от дисперсных частиц, все еще остаются без ответа. Поэтому разработка элементов метрологического обеспечения измерений состава и концентраций дисперсных частиц при изнашивании шин, тормозных механизмов автотранспортных средств в городских условиях является актуальной. В рамках исследования составлена причинно-следственная диаграмма анализа основных факторов, влияющих на достоверность оценки содержания дисперсных частиц при изнашивании шин, тормозных механизмов и дорожного покрытия. Установлено, что к основным влияющим факторам относятся выбор методики измерений дисперсных частиц, средства измерений, устройства отбора проб, оператор, а также климатические условия при проведении отбора проб. Обосновано, что достоверность оценки содержания выбросов дисперсных частиц от автотранспортных средств на территории города имеет важное значение при разработке системных мероприятий, реализация которых позволит снизить их негативное воздействие на здоровье населения и окружающую среду.

*Ключевые слова: автотранспортное средство, шина, тормозной механизм, дорожное покрытие, изнашивание, выброс дисперсных частиц, оценка содержания, достоверность результатов, средство измерений.*

## **ANALYSIS OF THE MAIN FACTORS AFFECTING THE EVALUATION OF THE CONTENT OF DISPERSED PARTICLES DURING WEAR OF TIRES AND BRAKES OF MOTOR VEHICLES**

**Volnov A.S., Tretyak L.N., Lisitskiy K.Y.**

*Orenburg State University, Orenburg,*

*e-mail: Volnov\_AS@mail.ru, tretyak\_ln@mail.ru, lisitskiy.kirill@yandex.ru*

During operation, vehicles emit dispersed particles not only in exhaust gases, but also when tires, brakes, and road surfaces wear out. It is shown that processes not related to exhaust gas emissions are not well understood. In addition, some questions regarding the physicochemical composition of particulate matter, emission factors, methods for estimating them, as well as possible adverse health effects from particulate matter, still remain unanswered. Therefore, the development of metrological support elements for measuring the composition and concentrations of dispersed particles during tire wear, brake mechanisms of vehicles in urban conditions is relevant. As part of the study, a causal diagram of the analysis of the main factors affecting the reliability of the assessment of the content of dispersed particles during wear of tires, brakes and road surfaces was compiled. It has been established that the main influencing factors include the choice of methods for measuring dispersed particles, measuring instruments, sampling devices, the operator, as well as climatic conditions during sampling. It has been substantiated that the reliability of assessing the content of particulate matter emissions from vehicles in the city is important in the development of systemic measures, the implementation of which will reduce their negative impact on public health and the environment.

*Key words: motor vehicle, tire, brake mechanism, road surface, wear, emission of dispersed particles, content assessment, reliability of results, measuring instrument.*

В настоящее время снижение загрязнения атмосферного воздуха в городах дисперсными частицами (ДЧ) размером менее 10 мкм, источником образования которых

являются отработавшие газы автотранспортных средств (АТС), износ дорожного покрытия, шин и тормозных механизмов, является актуальной проблемой. В научных исследованиях, [1-4] приведены механизмы образования, химический состав, результаты мониторинга и распространения ДЧ, а также их влияние на здоровье жителей городов. Анализ отечественных и зарубежных источников [1, 2] показывает, что содержание выбросов ДЧ от износа шин и дорожного полотна в реальных условиях эксплуатации АТС на российских дорогах, значительно превышает расчетные значения. При этом, остаются до конца не изученными зависимости массы выбросов и фракционного состава мелких ДЧ от категорий АТС при различных параметрах автотранспортного потока. Кроме этого, отсутствуют стандартизованные расчетные и экспериментальные методики оценки образования и распространения ДЧ при изнашивании дорожного покрытия, шин и тормозных механизмов. Для решения этих проблем нами выявлены и систематизированы основные факторы, влияющие на оценку содержания ДЧ при изнашивании шин, тормозных механизмов при эксплуатации АТС. Анализ проведен с применением достаточно апробированного, в том числе в собственных исследованиях [5], инструмента управления качеством – причинно-следственной диаграммы Исикавы (рисунок 1).

Установлено, что к основным влияющим факторам относятся: методики и средства измерений ДЧ, устройства отбора проб, оператор, а также климатические условия при проведении отбора проб. На достоверность оценки концентраций ДЧ влияет множество факторов, в частности, оценка должна проводиться в таком объеме (количество проб) и с такой периодичностью (временной интервал), чтобы обеспечивалась возможность определения динамических процессов в окружающей среде, вызванных техногенными или природными факторами.



Рисунок 1 – Причинно-следственная диаграмма анализа основных факторов, влияющих на оценку содержания ДЧ при изнашивании шин, тормозных механизмов АТС

На сегодняшний день основным методом контроля загрязнения атмосферного воздуха ДЧ является гравиметрический метод осаждения частиц на специальном фильтре. Это метод заключается в выделении из пылегазового потока ДЧ и определении их массы. Его основное преимущество – возможность измерения массовой концентрации ДЧ и отсутствие влияния их химического и дисперсного состава на результаты измерений. К недостаткам метода следует отнести большую трудоемкость процесса измерения и, как следствие, невозможность непрерывного мониторинга. Поэтому в качестве базового метода измерений для количественной оценки содержания ДЧ в продуктах изнашивания шин, тормозных механизмов АТС и дорожного покрытия нами рекомендован гравиметрический метод, регламентированный РД 52.04.830-2015. При выборе средств измерений ДЧ, в первую очередь, должны учитываться его метрологические характеристики. Главным критерием выбора средств измерений мы считаем необходимость получения фактических значений измеряемых величин с заданной точностью при минимальных временных и материальных затратах. Кроме того, необходимо предварительно проводить оценку эффективности измерений, которая должна учитывать производительность и себестоимость процесса, включая затраты на организацию условий измерений, необходимую квалификацию оператора, цену универсальных средств измерений и стоимость их эксплуатации, а также возможность их многоцелевого использования и др. Для измерения концентраций ДЧ предлагается использование автоматических анализаторов, например, анализатора пыли «АТМАС» (рисунок 2). Его метрологические характеристики приведены в таблице 1.



- 1 – лицевая панель блока управления; 2 – светодиод, указывающий на разряд аккумуляторной батареи; 3 – кнопка включения; 4 – светодиод индикации работы; 5 – кнопки перемещения курсора и кнопка «ВВОД»; 6 – разъем для подключения сетевого адаптера питания; 7 – жидкокристаллический матричный дисплей; 8 – винт прижима; 9 – порт очистки датчика; 10 – импактор; 11 – разъем USB; 12 – кнопки выбора режимов

Рисунок 2 – Внешний вид анализатора пыли «АТМАС»

Принцип действия блока регистрации анализатора пыли основан на заряде ДЧ в поле коронного разряда, создаваемым высоковольтным электродом, и последующим их осаждением на поверхности датчика пыли, в качестве которого используется кварцевый пьезоэлемент. При осаждении частиц на поверхность датчика происходит изменение частоты его колебаний, которое пропорционально массе осевшей пыли. Согласно требованиям РД 52.04.830-2015 для выполнения отбора проб первоначально определяются климатические параметры (направление, скорость ветра, температура воздуха, атмосферное давление и относительная влажность). При наличии неблагоприятных условий (например, в виде осадков) отбор проб следует проводить при нормальных климатических параметрах: температура воздуха – от 5 до 40 °С, атмосферное давление от 630 до 800 мм рт. ст., относительная влажность воздуха не более 90 %. Причинами появления систематической погрешности могут являться неисправности средств измерений, несовершенство метода измерений, неправильная установка измерительных приборов, отступление от нормальных условий их работы (кратковременные помехи, толчок, нарушение электрического контакта и т.д.), особенности самого оператора. От знаний, практических навыков, квалификации оператора, его психофизиологического состояния, санитарно-гигиенических условий труда зависит качество результатов измерений. К работе с аналитическими измерениями могут быть допущены лица, изучившие конкретные методики определения концентрации ДЧ, которые используются в данном методе отбора проб.

Таблица 1 – Метрологические характеристики анализатора пыли «АТМАС»

Показатель	Значение показателя
Диапазон измерений массовой концентрации пыли, мг/м <sup>3</sup>	от 0,1 до 150
Предел допускаемой относительной погрешности, %	
– в поддиапазоне от 0,1 до 20 мг/м <sup>3</sup>	±20 %
– в поддиапазоне от 20 до 150 мг/м <sup>3</sup>	±25 %
Объемный расход пробы, л/мин	1,00±0,05
Диапазон индикации температуры, °С	от 0 до 50
Диапазон индикации атмосферного давления, мм рт. ст.	от 700 до 820
Диапазон индикации относительной влажности, %	от 10 до 95

С учетом всех основных факторов, влияющих на оценку содержания ДЧ при изнашивании шин, тормозных механизмов при эксплуатации АТС нами предложена измерительная система [5]. Особое внимание, следует уделить конструкции пробоотборного устройства, которая должна быть достаточно прочной, чтобы выдерживать изгибающие моменты под влиянием максимальной скорости потока в трубопроводе, противостоять вибрации, а также создавать минимальное возмущение потока в трубопроводе. Диаметр пробоотборной трубки, должен быть достаточным для прохождения воздуха и ДЧ. Скорость пробоотборного устройства должна быть во время всего процесса отбора проб постоянной.

Таким образом, в ближайшее время необходима разработка методики количественной оценки ДЧ, поступающих в окружающую среду при эксплуатации АТС. Методика должна быть предназначена для определения состава и концентраций ДЧ, поступающих в окружающую среду при истирании протекторов шин, накладок тормозных колодок и дорожного покрытия. Методика измерений должна предусматривать оценку влияния условий эксплуатации и климатогеографических особенностей региона. Следует подчеркнуть, что предложенная нами измерительная система позволит уточнить содержание ДЧ, поступающих в окружающую среду при эксплуатации автомобильного транспорта на урбанизированной территории. При этом важен комплексный подход к определению концентраций и состава ДЧ в воздухе городской среды, для чего необходимо обоснование мест и режимов отбора проб, с учетом интенсивности автотранспортного потока, и оценка дисперсного состава ДЧ.

### **Список литературы**

1 Азаров, В.К. Разработка комплексной методики исследований и оценки экологической безопасности и энергоэффективности автомобилей: дисс. ...канд. техн. наук: 05.05.03. / В.К. Азаров. – Москва: НИИ автомоб. и автомотор. Ин-т «НАМИ», 2014. – 137 с.

2 Чижова, В.С. Повышение экологической безопасности автотранспортного комплекса путём снижения загрязнения воздуха дисперсными частицами размером менее десяти микрометров: дис. ... канд. тех. наук: 05.22.10: защищена 17.05.16 / Чижова Вера Сергеевна. – М.: Моск. автомобил.-дорож. гос. техн. ун-т (МАДИ), 2016. – 166 с.

3 Леванчук, А.В. Методические подходы к количественной оценке взвешенных веществ, поступающих в окружающую среду при эксплуатации транспортно-дорожного комплекса / А.В. Леванчук, И.Р. Мингулова, О.И. Копытенкова. – СПб: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 16 с.

4 Третьяк, Л.Н. Оценка экологической безопасности автотранспортных потоков по концентрациям дисперсных частиц с учетом их гранулометрического состава (на примере Оренбурга) / Л. Н. Третьяк, А. С. Вольнов // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2020. – № 2. – С. 134-147.

5 Третьяк, Л.Н. Обоснование необходимости нормирования и оценки содержания дисперсных частиц в продуктах изнашивания шин, тормозных механизмов при эксплуатации автотранспортных средств [Электронный ресурс] / Л.Н. Третьяк, А.С. Вольнов, К.Ю. Лисицкий // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы XVI международной научно-практической конференции (Оренбург, 11–13 ноября 2021 года) / Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург, 2021. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47849324>. – 09.02.2022.