

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 504.3.054: 504.064.3

Баринов А.С., старший преподаватель, ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», barinovas@mstu.edu.ru, Мурманск, Россия.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВЫБРОСОВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация: В статье обосновывается актуальность проведения сертификационных испытаний для определения выбросов вредных веществ с отработавшими газами. Приведены требования к измерительной аппаратуре, методика проведения испытаний, а также особенности гравиметрического метода.

Ключевые слова: Гравиметрический метод, выбросы отработавших газов, дизельный двигатель.

Введение. Рост уровня автомобилизации в целом способствует ускорению развития производства товаров и услуг, обеспечению скорости и точности доставки грузов и пассажиров, экономии времени, росту уровня комфортности поездок. Однако существует и негативные факторы, связанные с развитием процесса автомобилизации, к которым относятся загрязнение окружающей среды, негативное воздействие на здоровье населения, рост потребления природных ресурсов, отчуждение территорий и другие факторы.

В настоящее время автомобильный транспорт является крупнейшим источником эмиссии загрязняющих веществ. При этом объемы эмиссии от автотранспорта, как относительные в структуре выбросов, так и абсолютные, с каждым годом увеличиваются за счет роста количества автотранспортных средств и объема автомобильных перевозок. В течение последних десятилетий экологические характеристики автотранспортных средств существенно улучшились. Однако это не привело к снижению эмиссии

загрязняющих веществ, так как происходит непрерывный рост уровня автомобилизации. Так, в мире насчитывается более 1,2 млрд. автомобилей. По прогнозам Всемирного Банка, к 2050 году мировой автопарк удвоится [7]. Очевидно, что автомобильный транспорт будет оказывать ещё большую нагрузку на окружающую среду.

В таких условиях вопросы снижения вредных последствий автомобилизации решаются как производителями автомобилей (конструкторами и технологами), так и теми, кто эксплуатирует автомобили, т.е. занимается перевозками и сервисом. Немаловажную роль при этом играют различного рода испытания.

1. Методы определения выбросов вредных веществ.

1.1. Проведение измерений.

Испытательный образец в процессе сертификации устанавливают на тормозной стенд и присоединяют к нему измерительную систему для определения состава отработавших газов (ОГ) автомобиля. После чего выполняется ездовой цикл, в течение которого берутся пробы ОГ двигателя при помощи измерительной системы.

1.2. Принцип действия измерительной системы.

Принцип проведения измерений заключается в том, что к выпускным газам подмешивается отфильтрованный дополнительный воздух, и полученная таким образом смесь отсасывается главным вентилятором. Вентилятор откачивает постоянное количество смеси и при увеличении выброса ОГ количество дополнительного подсасываемого воздуха снижается, а при снижении выброса ОГ увеличивается. Из смеси отбирается постоянное количество газа в сборники для проб газа. Результаты в граммах относят к общей протяженности пробега в км.

Далее в процессе эксплуатации проверяется соответствие состава выбросов нормам, установленным ГОСТ Р 52160 — 2003 «Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность

отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» [4].

Настоящий стандарт устанавливает нормы и методы измерения видимых загрязняющих веществ отработавших газов (далее — дымность) в режиме свободного ускорения для транспортных средств категорий М, N, которые оснащены двигателями с воспламенением от сжатия (далее — автомобилей), находящихся в эксплуатации, при оценке их технического состояния [4].

1.3. Требования к измерительной аппаратуре и пробоотборной системе.

Для измерения k и N следует применять дымомер, соответствующий требованиям приложения «И» к ГОСТ Р 41.24. (дымомер должен иметь две измерительные шкалы, одна из которых должна быть градуирована в абсолютных значениях поглощения света k , m^{-1} , от 0 до бесконечности, а другая, линейная, должна быть с диапазоном измерения N от 0% до 100%; обе измерительные шкалы должны охватывать диапазон от 0 при общем световом потоке до максимального значения шкалы при полном затемнении).

Для измерения температуры масла в поддоне картера двигателя следует применять термометр с диапазоном 0 — 100 °C и погрешностью измерений не более $\pm 2,5\%$ верхнего предела измерений.

Для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя следует применять тахометр с диапазоном 0 — 6000 $мин^{-1}$ и погрешностью измерений не более $\pm 2,5\%$ верхнего предела измерений.

Применяемые при испытаниях средства измерений должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке (сроки поверки – в паспортах дымомеров).

Для подвода отработавших газов из выпускной трубы автомобиля в измерительную камеру дымомера следует использовать пробоотборную систему, обеспечивающую отсутствие утечек газов и подсоса воздуха.

Пробоотборная система должна соответствовать требованиям приложения «К» к ГОСТ Р 41.24.

2. Подготовка к измерениям.

Для определения температуры моторного масла или охлаждающей жидкости двигатель [3] запускают и прогревают, используя нагрузочные режимы или многократное повторение циклов свободного ускорения. Температура должна быть в пределах, установленных изготовителем, но не ниже 60 °С.

Продолжительность работы прогретого двигателя в режиме холостого хода перед началом измерений должна быть не более 5 мин.

Измеряют значения $n_{\min}$ и $n_{\max}$, которые должны быть в пределах, установленных изготовителем [5].

Подготовку к измерению дымности на неподвижно стоящем автомобиле проводят в следующей последовательности:

- глушат двигатель (при его работе);
- затормаживают автомобиль стояночной тормозной системой;
- устанавливают противооткатные упоры под колеса ведущих мостов;
- устанавливают зонд для отбора отработавших газов на выпускную трубу;
- устанавливают рычаг коробки передач с ручным или полуавтоматическим переключением в нейтральное положение. Избиратель передачи для автомобилей с автоматической коробкой передач устанавливают в положение «нейтраль» или «паркинг».
- запускают двигатель [5].

При этом результаты не показывают качественный состав отработавших газов. И, соответственно, сделать вывод о конкретном воздействии таких выбросов на окружающую среду невозможно.

3. Гравиметрический метод.

Гравиметрический (весовой) анализ, или гравиметрия - это один из методов количественного анализа, основанный на определении массы

искомого компонента анализируемого образца путем измерения — точного взвешивания — массы устойчивого конечного вещества известного состава, в которое полностью переведен данный определяемый компонент.

Гравиметрический метод хорошо подходит для измерения выбросов твердых частиц в отработавших газах двигателей.

Твердые частицы – это продукты сгорания частиц топлива, масел, органически растворимых и нерастворимых фракций продуктов разложения углеводородов, содержащихся в полидисперсной среде. В окружающую среду до 40% вредных веществ от выбрасываемых всеми источниками поступает с отработавшими газами ДВС, в том числе: до 34% от общих выбросов оксида углерода (CO), до 64% - оксидов азота (NO_x) и до 34% - твердых частиц (ТЧ), включая сажу.

Образование твердых частиц представляет собой объемный процесс термического разложения углеводородов в газовой среде в условиях сильного недостатка окислителя.

Реакция пиролиза углеводородов [4] в общем виде представляется уравнением [5]: $C_nH_m \leftrightarrow nC + 0,5mH_2$

Концентрационный предел начала образования твердых частиц зависит от давления, температуры процесса сгорания, вида топлива и составляет по коэффициенту избытка воздуха $\alpha = 0,33-0,7$. С увеличением температуры начало образования сажи сдвигается в сторону более богатых топливовоздушных смесей, с увеличением давления — в сторону более бедных смесей.

Гравиметрический анализ основан на законе сохранения массы веществ при химических превращениях. Это наиболее точный из химических методов анализа, его характеристики: предел обнаружения — 0,10 %; правильность - 0,2 отн. %; информативность — 17 бит.

Гравиметрический метод анализа, как и все другие методы исследования веществ, имеет свои плюсы и минусы. Отличает его, в первую очередь, высокая точность определения массы вещества в анализируемой

пробе. Кроме того, для проведения исследования не требуется сложное оборудование, вследствие чего оно может быть проведено практически в каждой лаборатории. Также, немаловажным является тот факт, что для анализа не нужно проводить калибровку приборов и готовить серию стандартных растворов.

Основным минусом гравиметрии является длительность проведения анализа. Дополняет его необходимость проверки качества весовой формы. Так, она не должна содержать примесей, и ее состав должен быть известен достоверно.

Гравиметрический анализ базируется на трех фундаментальных законах химии. К ним относятся: Закон сохранения массы: масса реагентов равна массе продуктов реакции. Закон постоянства состава: количественный состав химически чистых веществ не зависит от способа их получения. Закон эквивалентов: объемы растворов двух разных веществ, реагирующих друг с другом без остатка, обратно пропорциональны нормальностям этих растворов, или $V_1/V_2 = C_{н2}/C_{н1}$, или $V_1 \cdot C_{н1} = V_2 \cdot C_{н2}$, где $C_{н1}$ и $C_{н2}$ — нормальности первого и второго растворов; V_1 и V_2 — объемы первого и второго растворов.

3.1. Виды гравиметрии.

Гравиметрический метод анализа можно классифицировать по разным признакам. Так, по типу лежащей в его основе химической реакции можно выделить процессы разложения, замещения, обмена или образования комплексов.

По способу получения осадка и его отделения гравиметрические методы делят на:

- Метод осаждения – это метод, при котором навеску анализируемого вещества растворяют и прибавляют 1,5-кратный избыток реагента-осадителя, соблюдая необходимые условия осаждения.

- Метод отгонки состоит в том, что определяемый компонент «количественно» выделяют в виде летучего соединения (газа, пара)

действием кислоты, основания или высокой температуры на анализируемое вещество.

- Термогравиметрический метод. Сущность этого метода гравиметрического анализа заключается в измерении массы определяемого вещества при нагревании. Он требует специального прибора - дериватографа, который способен непрерывно записывать изменение массы вещества в процессе нагрева.

- Методы выделения - основаны на выделении определяемого компонента из анализируемого вещества и точном взвешивании его.

Выводы: в результате использования гравиметрического метода анализа состава отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, можно сделать вывод о реальном их воздействии на окружающую среду. Кроме того, более точная информация о составе отработавших газов поможет оценить техническое состояние двигателя.

При этом, хотя ввиду достаточно длительной и трудоемкой процедуры выполнения данного метода анализа, внедрение его для регулярного технического контроля проблематично, однако можно прогнозировать объемы выбросов, учитывая видо-возрастную структуру парка автомобильной техники в городе и регионе.

Список использованных источников

1. Reducing Black Carbon Emissions in the Arctic Territories / I. Makarova, V. Mavrin, K. Magdin, A. Barinov // Transportation Research Procedia, St. Petersburg, 02–04 июня 2021 года. – St. Petersburg, 2021. – P. 356-362. – DOI 10.1016/j.trpro.2021.09.061.

2. Теория двигателей внутреннего сгорания [Текст]: Рабочие процессы: [Учебник для вузов по специальности "Двигатели внутр. сгорания"] / Под ред. засл. деят. науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. Н. Х. Дьяченко. - 2-е изд., доп. и перераб. - Ленинград: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1974. - 551 с.

3. Пиролиз углеводородов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tehnoinfo.ru/pererabotkanefiiigaza/6.html>
4. Автотранспорт. Правила, нормы, положения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://avtotrans-consultant.ru/vybrosy-ot-dizeley/>
5. ГОСТ Р 52160 — 2003 «Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200034748>
6. Баринов, А. С. Экологическая безопасность автомобиля / А. С. Баринов, В. С. Малышев // Наука и образование в Арктическом регионе : Материалы международной научно-практической конференции, Мурманск, 02–06 апреля 2018 года. – Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2018. – С. 243-247.
7. Arena, F., Ticali, D. The development of autonomous driving vehicles in tomorrow's smart cities mobility. In: Simos T.E., Kalogiratos Z., Monovasilis T., Simos T.E., Simos T.E. AIP Conference Proceedings, vol. 2040, Issue 1, American Institute of Physics Inc., USA (2018).

Barinov A.S., senior lecturer, FGAOU VO "Murmansk State Technical University", barinovas@mstu.edu.ru, Murmansk, Russia.

APPLICATION OF GRAVIMETRIC ANALYSIS METHOD IN MEASURING EXHAUST GAS EMISSIONS OF DIESEL ENGINES

Abstract: The article substantiates the relevance of certification tests to determine emissions of harmful substances with exhaust gases. The requirements for the measuring equipment, the test procedure, and also the gravimetric method features are given.

Keywords: Gravimetric method, exhaust emissions, diesel engine.