

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЕЙ

Соломин В.А.¹, к.т.н. Шабанов А.В.¹, Шабанов А.А.², Килюшник В.М.², Младенский А.В.²
№НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ», Московский политехнический университет
+7 (925) 827-59-03, saaha-1955@mail.ru

Рассмотрена проблема снижения загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей. Приведена краткая оценка воздействия автотранспорта на воздушную среду. Рассмотрены составляющие выбросов загрязняющих веществ. Отмечено, что при рассмотрении данной проблемы применяемые методы контроля и измерения выбросов вредных веществ автомобилями играют важнейшую роль. Акцент по рассматриваемой тематике сделан на нормативные международные и Российские требования стандартов, Правила ООН и принятие целенаправленных мероприятий в сфере защиты окружающей среды при эксплуатации автомобилей.

Рассмотрены также современные методы и приборы, применяемые для измерения выбросов вредных веществ отработавших газов автомобилей. Соответствие автомобилей вновь введенным экологическим требованиям международных нормативных документов (Правилам ООН) к выбросам вредных веществ касается в большой степени точности измерительного газоаналитического оборудования. Это связано со значительным снижением значений измеряемых концентраций выбросов вредных веществ для автомобилей экологического класса EBPO-5.

Отмечено, что сегодня особенно актуальной становится задача не только совершенствование конструкции автомобиля с точки зрения ограничения токсичности, но также и совершенствования системы технического контроля в эксплуатации. Отсутствие должного контроля и низкий уровень технического обслуживания приводят к расстройству нормальной работы узлов и систем автомобиля, что влечет за собой повышенный выброс вредных веществ в атмосферный воздух. В результате все усилия автомобильной промышленности по совершенствованию двигателей и систем нейтрализации для обеспечения требований экологических стандартов могут быть сведены на нет. В связи с этим предложены подходы по совершенствованию методов технического контроля состояния автомобилей. В значительной степени совершенствование экологического контроля автотранспортных средств связано с работоспособностью бортовых диагностических систем автомобиля в эксплуатации и системы нейтрализации. Для гарантированного и эффективного их функционирования в течение всего срока эксплуатации автомобиля предложено установить систему замены нейтрализаторов автомобиля, вышедших из строя при эксплуатации автомобиля.

Ключевые слова: *отработанные газы автомобилей, выбросы вредных веществ, системы отбора проб, газоанализаторы, международные и российские требования стандартов, нормы выбросов, системы технического контроля в эксплуатации, методы технического контроля.*

Введение

На современном этапе проблема загрязнения воздушного бассейна крупных городов и защита окружающей среды от промышленных выбросов имеет исключительно важное значение. Данная проблема и подходы к ее решению активно обсуждаются специалистами за рубежом и у нас в стране. Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду по данным исследований ученых, работающих в данном направлении, является наиболее значимым фактором [1, 2]. Автомобильный транспорт загрязняет все сферы природной среды и влияет не только на экологическое состояние окружающей среды, но и на социальные усло-

вия жизни, экономику государства, а также ухудшается здоровье населения. Оценка воздействия автотранспорта на воздушную среду необходима для принятия целенаправленных мероприятий в сфере защиты окружающей среды. При рассмотрении данной проблемы применяемые методы контроля и измерения выбросов вредных веществ автомобилями играют важнейшую роль.

В настоящее время бурное развитие автомобильного транспорта и возникающие в связи с этим проблемы энергетической и экологической безопасности привели к появлению новых технологий и технических решений на автомобилях, созданию принци-

пиально новых силовых установок. Число автомобилей в мире в настоящее время растет быстрее, чем совершенствуются устройства очистки их выхлопных газов и внедряется новый экологически чистый автотранспорт. Пока доля гибридных автомобилей, подзаряжаемых гибридов и электромобилей не превышает в отдельных развитых странах 6 % от всех выпускаемых автомобилей. Общий выброс вредных веществ от автомобилей по оценкам экспертов растет пропорционально увеличению количества автомобилей. Ожидается, что в 2015 г. количество автотранспортных средств превысит 1 миллиард автомобилей. Из них более 82 % приходится на легковые автомобили [1]. Непрерывающийся рост численности автопарка привел к тому, что его доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в 2012–2015 гг. превышает 87 % от общего объема по городу, а количество загрязняющих вредных веществ от автотранспорта составляет 120 кг в год на 1 жителя. Если на промышленных предприятиях можно установить очистные сооружения и этим существенно снизить объемы выбросов загрязняющих веществ, то бороться с выбросами автотранспорта намного сложнее.

Целью исследования является анализ методов и средств экологического контроля выбросов вредных веществ отработавших газов автомобилей.

Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду

Автомобильный транспорт оказывает большое влияние на окружающую среду в следующих направлениях: выбросы отработанных газов, а также сажи и аэрозолей автомобилей; продукты сгорания, образующиеся при движении автомобилей по дороге; шум, вибрация и электромагнитные поля.

Компоненты выбросов всех видов автотранспорта являются токсичными разной степени опасности, при этом формальдегид и полициклические ароматические углеводороды относятся к канцерогенным веществам. Кроме того, дизельные двигатели выбрасывают в окружающую среду – опасные твердые частицы. Выбросы транспорта зависят также от качества топлива и от режима движения автомобиля. Много времени уходит на режимы с повышенными выбросами – холостой ход, ускорение и разгон, а также установившиеся

режимы работы двигателей, когда выделяется больше вредных веществ.

По результатам последних исследований, проведенных в Москве, существенным загрязнителем городского воздуха является также истертая в мелкую пыль резина автомобильных покрышек [3]. Выброс твердых частиц в результате износа протектора шин на автомобилях массой до 3,5 т составляет 0,051 г/км, что уже почти в 5 раз превышает нормативы ЕЭК ООН на выброс твердых частиц для двигателей, установленных на эти автомобили. Более 58 % твердых частиц оказались размером менее 10 микронов, при этом они способны легко проникать в легкие человека. Такая шинная пыль из организма человека практически не выводится и может приводить к летальным исходам. Международным агентством по изучению рака и Федеральным центром Госсанэпиднадзора предприятия резиновой и шинной промышленности твердые частицы двигателей включены в список канцерогенно опасных веществ [3].

Установлено также, что в шинной пыли также присутствуют более 140 химических соединений различной степени токсичности, но особенно опасны для здоровья человека полиароматические углеводороды (ПАУ) и летучие канцерогенные вещества N-нитрозамины [4]. ПАУ и выделяемые канцерогенные вещества запрещены в Евросоюзе согласно нормативу REACH от 1 января 2010 г.

Мероприятия, направленные на уменьшение загрязнений воздушной среды городов от воздействия выбросов автотранспорта

Учитывая негативное воздействие выбросов автотранспорта на население необходимо осуществлять мероприятия, направленные на уменьшение загрязнений атмосферного воздуха. В первую очередь для уменьшения загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами необходим технический контроль состояния автомобилей. Отсутствие контроля и низкий уровень технического обслуживания приводят к расстройству нормальной работы узлов и систем автомобиля, что влечет за собой повышенный выброс вредных веществ в атмосферный воздух. В результате все усилия автомобильной промышленности по совершенствованию двигателей и систем нейтрализации для

обеспечения требований экологических стандартов могут быть сведены на нет. Поэтому сегодня особенно актуально становится задача не только совершенствовать конструкцию автомобиля с точки зрения ограничения токсичности, но и повышение уровня технического обслуживания и совершенствование системы контроля за их техническим состоянием.

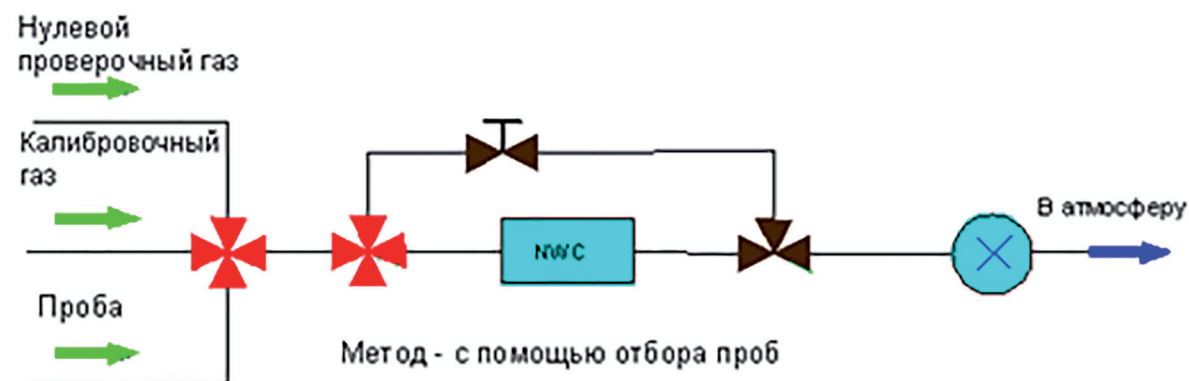
Политика экологической безопасности также реализуется путем проведения комплекса мер, направленных на повышение экологических характеристик автомобилей и развитие инфраструктуры транспорта. К настоящему времени в Российской Федерации создана правовая и нормативная база по вопросам экологии в транспортно-дорожном комплексе, состоящая из правовых документов международного и общероссийского значения.

Международные документы включают межгосударственные Технические регламенты и стандарты. Международные нормы обладают приоритетом перед нормами, предусмотренными национальным законодательством. В числе важнейших международных соглашений такие документы, как Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха, Венская кон-

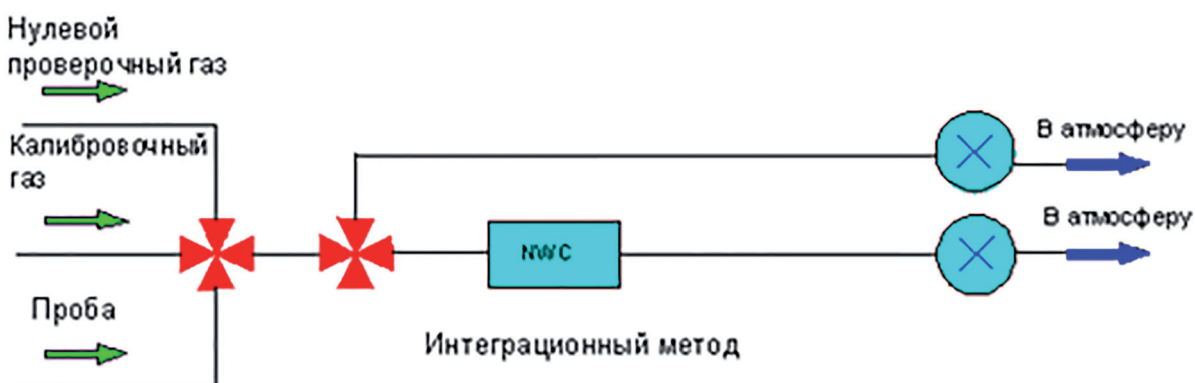
венция об охране озонового слоя. В настоящее время заключено более 300 международных актов, регулирующих нормативно-правовую базу взаимоотношений в области транспорта. Членство России в международных соглашениях и организациях обуславливает необходимость выполнения ею принятых обязательств.

Методы измерения выбросов вредных веществ отработавших газов автомобилей

Нормируемыми составляющими выхлопных газов автомобиля в странах ЕЕС являются CO , CO_2 , CH , NO_x и твердые частицы. При испытаниях автомобилей на соответствие содержания суммарной массы углеводородов (ТНС) в отработавших газах двигателей с искровым зажиганием используется газоанализатор плазменно-ионизационного типа FID. Ионизационно-плазменный метод, хотя и является более сложным по отношению к инфракрасному методу, но обладает преимуществом перед ним, т.к. не чувствителен к водяному пару и улавливает все углеводороды, содержащиеся в ОГ ДВС. Система отбора проб углеводородов представлена на рис. 1а и состоит из подогре-



а



б

Рис. 1. Методы и система отбора проб углеводородов в отработавших газах автомобилей

ваемого пробоотборника, пробоотборной магистрали, фильтра, насоса и системы управляющих отбором клапанов. Температуру всех подогреваемых элементов поддерживают при помощи нагревательной системы на уровне 190°C. Это позволяет измерять всю гамму (в том числе тяжелых) содержащихся в отработавших газах углеводородов. Газоанализатор калибруется с помощью нулевого поверочного газа и калибровочного газа пропана. Среднюю концентрацию измеряемых углеводородов определяют методом интегрирования.

В случае системы измерения, обеспечивающей непрерывный поток газов по интеграционному методу, применяемому при испытаниях ДВС, используют детектор HFID. Данная система приведена на рис. 1б. Подогреваемая пробоотборная магистраль данного устройства снабжается при этом подогреваемым фильтром, обеспечивающим 99-процентный уровень эффективности улавливания измеряемых твердых частиц размером $\geq 0,3$ мкм. Устройство отбора проб частиц состоит из пробоотборника, установленного в канале для разбавления, патрубка отвода частиц, фильтродержателя, насоса частичного потока, регуляторов расхода и расходомеров. Регулирование потока проб в смесительном канале системы отбора отработавших газов осуществляют в соответствии со схемой, изображенной на рис. 2.

Метод анализа с разбавлением проб (CVS) разработан для получения данных по удельному выбросу автомобилями токсичных веществ. При этом методе весь объем ОГ смешивается с атмосферным воздухом таким образом, что

суммарный расход ОГ и добавленного воздуха остается за время испытаний постоянным и известным. Небольшая часть разбавленных ОГ непрерывно отбирается в эластичную емкость для последующего анализа, причем массовый расход разбавленных ОГ, отбираемых для анализа, пропорционален суммарному массовому расходу ОГ и разбавляющего воздуха. С помощью разбавления очищенным воздухом пробы смеси газов подают в емкость для проведения дискретного или непрерывного анализа. С точки зрения уменьшения ошибок измерений из-за присутствия влаги кратность разбавления поддерживают в отношении 8:1 и выше. Поступающий в смесительный канал воздух предварительно очищают в фильтре, заполненном активированным углем.

Для анализа содержания окислов азота (NO_x) используется либо газоанализатор хемилюминесцентного типа (CLA) с конвертором NO_x/NO , либо газоанализатор недисперсионного типа с поглощением в ультрафиолетовом спектре (NDUVR) с конвертером NO_x/NO . Погрешность измерения не превышает $\pm 2\%$, независимо от реального значения калибровочных газов. Анализатор калибруют в наиболее часто используемом рабочем диапазоне с помощью нулевого и поверочного газа, содержание NO в котором должно соответствовать примерно 80 % рабочего диапазона.

Для анализа содержания монооксида углерода (CO), диоксида углерода (CO_2) и углеводородов (CH) используют инфракрасные анализаторы (NDIR) абсорбционного типа. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 3.

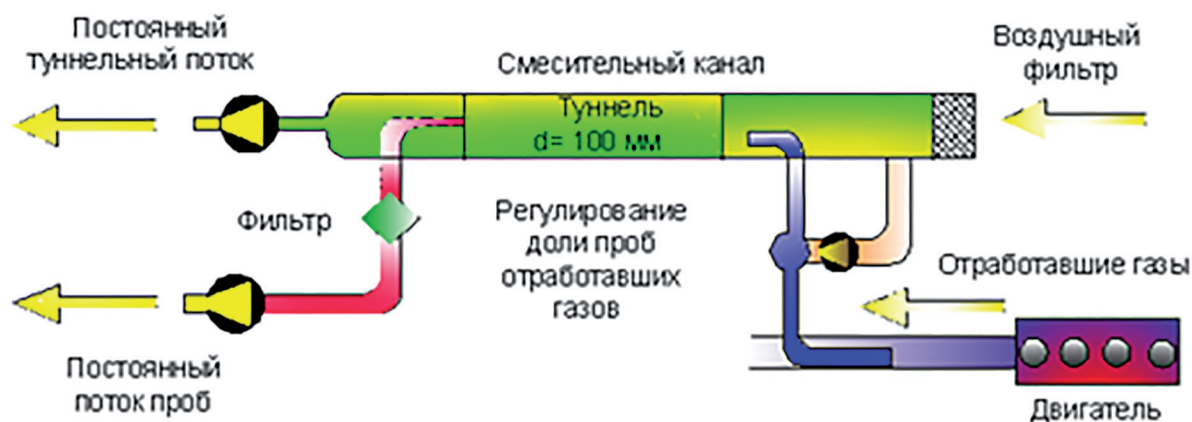


Рис. 2. Регулирование потока проб в смесительном канале системы отбора отработавших газов

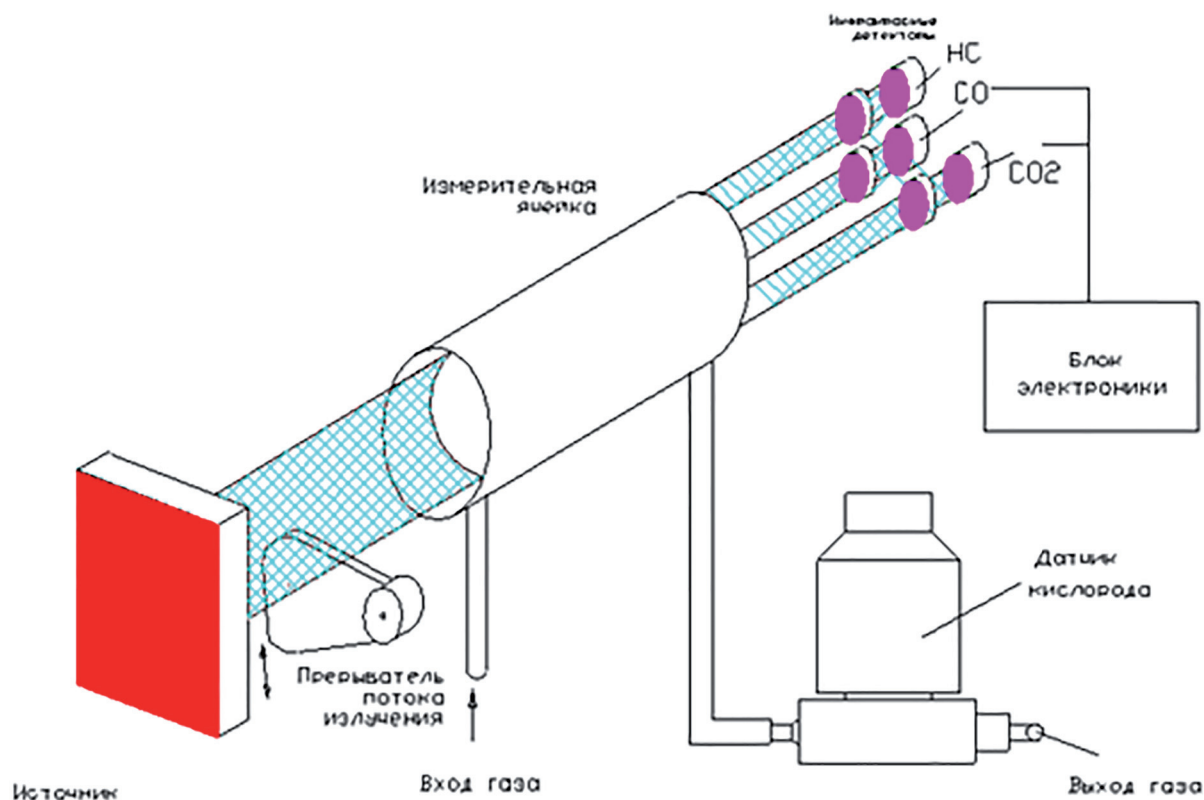


Рис. 3. Принципиальная схема прибора, применяемого для измерения выбросов вредных веществ с отработавшими газами автомобиля

Контроль выбросов вредных веществ отработавших газов автомобилей в эксплуатации

В настоящее время на территории России находятся в эксплуатации автомобили разных экологических классов. Контроль выбросов вредных веществ в эксплуатации показывает, что уровень выбросов может различаться для различных автомобилей в 10 и более раз [5]. Это касается как новых автомобилей, так и подержанных отечественных и ввозимых из-за рубежа. При использовании в процессе эксплуатации топлива несоответствующего качества также возможен существенный, многократный рост вредных выбросов. Поэтому сегодня особенно актуально становится задача совершенствования контроля за техническим состоянием автомобилей. Для этого оборудуются передвижные лаборатории по контролю за состоянием автотранспорта, проводятся проверки качества топлива на лицензируемых АЗС. В настоящее время российская нормативная база в области экологического контроля автотранспортных средств не в достаточной степени гармонизирована с европейскими требованиями, основу которых составляют Ди-

рективы 2009/40/ЕС и 2010/48/ЕС, определяющие нормы и методы испытаний автомобилей при проведении технических осмотров.

Совершенствование экологического контроля автотранспортных средств касается возможности использования нормативных требований при контроле бортовых диагностических систем автомобиля в эксплуатации. Кроме того, в соответствии с вновь введенными международными документами ужесточаются требования к точности используемого газоаналитического оборудования. Это связано со значительным снижением значений измеряемых и предельно допустимых норм выбросов вредных веществ для экологического класса автомобилей ЕВРО-5.

Анализ требований к содержанию вредных выбросов, установленных ведущими зарубежными заводами-изготовителями автомобилей для целей контроля в эксплуатации подтверждает целесообразность сохранения требований к содержанию СН в отработавших газах. В российских стандартах предложено также сохранить требования к выбросам суммарных углеводородов для автомобилей как важного показателя, который наиболее информативен

с точки зрения оценки технического состояния двигателя и его систем. Измерение углеводородов с требуемой точностью необходимо также для оценки значений коэффициента избытка воздуха, являющегося нормативным параметром. Допустимый диапазон измерения значений коэффициента избытка воздуха (λ) согласно Директиве 2010/48/ЕС находится в пределах $1 \pm 0,03$ [5].

Следует отметить, что Федеральный стандарт США и Калифорнийские требования предусматривают жесткий контроль токсичности в эксплуатации автомобилей. Проверка функционирования систем нейтрализации выхлопа отработавших газов, осуществляется при 50 и 100 милях пробега или 80 и 160 тыс. км. Для контроля озоновывляющего потенциала эмиссии углеводородов по Калифорнийскому законодательству также рассчитывается масса неметановых составляющих. Контроль транспортных средств в эксплуатации по экологическим параметрам в Российской Федерации осуществляется только в рамках единственной процедуры – проверки технического состояния при периодических технических осмотрах транспортных средств. Необходимо также повысить значимость строгого соблюдения экологических стандартов и не допустить, чтобы демонтаж вышедших из строя систем нейтрализации в эксплуатации с соответствующей перенастройкой системы бортовой диагностики принял бы массовый характер [5]. Косвенным подтверждением неработоспособности в России системы контроля технического состояния автомобильного парка по экологическим параметрам является отсутствие рынка вторичных каталитических нейтрализаторов. Даже у официальных дилеров автомобилей в перечне регламентных работ, как правило, не

предусмотрена замена каталитических нейтрализаторов, хотя их срок службы (ресурс) значительно меньше среднего срока службы автомобиля. Следует установить систему замены нейтрализаторов и гарантированного их функционирования в течение всего срока эксплуатации автомобиля.

Содержание оксида углерода и углеводородов в отработавших газах лабораториями определяются при работе двигателя в режиме холостого хода на минимальной (n_{\min}) и повышенной ($n_{\text{пов}}$) частотах вращения коленчатого вала двигателя, установленных предприятием-изготовителем автомобиля [6]. При отсутствии данных, установленных предприятием-изготовителем автомобиля значение n_{\min} не должно превышать: 1100 мин^{-1} – для автомобилей категорий М1 и N1 (легковые автомобили и легкие грузовики), 900 мин^{-1} – для автомобилей остальных категорий. Значение $n_{\text{пов}}$ устанавливаются в пределах: $2500\text{--}3500 \text{ мин}^{-1}$ – для автомобилей категорий М1 и N1, не оборудованных системами нейтрализации, $2000\text{--}3500 \text{ мин}^{-1}$ – для автомобилей категорий М1 и N1, оборудованных системами нейтрализации, $2000\text{--}2800 \text{ мин}^{-1}$ для автомобилей остальных категорий независимо от их комплектации. Содержание оксида углерода и углеводородов (объемные доли) должно быть в пределах данных, установленных предприятием-изготовителем автомобиля, но не более значений, указанных в табл. 1.

Выводы

Проблема загрязнения воздушного бассейна крупных городов и защита окружающей среды от выбросов вредных веществ имеет исключительно важное значение. Пути решения экологических проблем лежат в постоянном

Таблица 1

Нормируемые значения вредных веществ по ГОСТ Р 52033-2003

Частота вращения	Оксид углерода, объемная доля, %	Углеводороды, объемная доля, млн^{-1} , для двигателей с числом цилиндров	
		до 4 включительно	свыше 4-х
Автомобили, не оснащенные каталитическими нейтрализаторами			
n_{\min}	3,5	1200	3000
$n_{\text{пов}}$	2,0	600	1000
Автомобили, оснащенные каталитическими нейтрализаторами			
n_{\min}	1,0	400	600
$n_{\text{пов}}$	0,7	200	300

мониторинге состояния окружающей среды и на этой основе принятии и соблюдении законодательных требований стандартов по выбросам вредных веществ. Оценка воздействия автотранспорта на воздушную среду необходима для принятия целенаправленных мероприятий в сфере защиты окружающей среды. Следует установить систему замены вышедших из строя нейтрализаторов отработавших газов автомобилей и гарантированного и эффективного их функционирования в течение всего срока эксплуатации автомобиля. Эффективный контроль выбросов в эксплуатации позволит поддерживать безопасность окружающей среды и здоровье населения.

Литература

1. Кутенев В.Ф., Кисуленко Б.В., Шюте Ю.В. Экологическая безопасность автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. М.: Экология. Машиностроение. 2009. 253 с.
2. Гусаров А. П. Перспективы развития технических требований к транспортным средствам по экологическим показателям и топливной экономичности в Российской Федерации // Журнал Автомобильных инженеров. 2014. № 3(86). С. 20–23.
3. Азаров В.К., Сайкин А.М., Кутенев В.Ф., Малкин М.А. Шины и дорожное покрытие как источник загрязнения воздуха автотранспортными средствами // Труды НАМИ. 2014. № 256. С. 72–85.
4. Азаров В. К., Кутенев В.Ф. Может ли автомобиль быть экологически чистым? // Журнал Автомобильных инженеров. 2014. № 4(87). С. 58–61.
5. Рузский А.В., Кунин Ю.И., Парфенов Е.В. Обеспечение экологической безопасности автотранспортных средств в период эксплуатации: вопросы нормирования и контроля // Журнал Автомобильных инженеров. 2012. № 3(74). С. 19–25.
6. ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния». М.: ИПК Издательство стандартов. 2003. 10 с.

References

1. Kutenev V.F., Kisulenko B.V., Shyute Yu.V. *Ekologicheskaya bezopasnost' avtomobiley s dvigatelyami vnutrennego sgoraniya* [Environmental safety of vehicles with internal combustion engines]. Moscow. Ekologiya. Mashinostroenie Publ. 2009. 253 p.
2. Gusarov A. P. Prospects for the development of the technical requirements to vehicles for environmental and fuel economy in the Russian Federation. *Zhurnal Avtomobil'nykh Inzhenerov*. 2014. No 3(86), pp. 20-23 (In Russ.).
3. Azarov V.K., Saykin A.M., Kutenev V.F., Malkin M. A. The tires and the road surface as a source of air pollution in motor vehicles. *Trudy NAMI*. 2014. No 256, pp. 72-85 (In Russ.).
4. Azarov V. K., Kutenev V.F. Can a vehicle be environmentally friendly? *Zhurnal Avtomobil'nykh Inzhenerov*. 2014. No 4(87), pp. 58-61 (In Russ.).
5. Ruzskiy A.V., Kunin Yu.I., Parfenov E.V. Ensuring environmental safety of motor vehicles during operation: issues of regulation and control. *Zhurnal Avtomobil'nykh Inzhenerov*. 2012. No 3(74), pp. 19-25 (In Russ.).
6. *GOST R 52033-2003 Automobiles with gasoline engines. Emissions of pollutants with exhaust gases. Norms and methods of control when assessing the technical condition*. Moscow. Standartinform Publ. 2003. 10 p.

ANALYSIS OF METHODS AND MEANS OF ECOLOGICAL CONTROL OF HARMFUL EMISSIONS OF EXHAUST GASES OF AUTOMOBILES

V.A. Solomin, Ph.D. A.V. Shabanov, A.A. Shabanov, V.M. Kilyushnik, A.V. Mladenskiy

The Central research and development automobile and engine institute NAMI,

Moscow Polytechnic University

+7 (925) 827-59-03, saaha-1955@mail.ru

The problem of reduction of atmospheric air pollution by exhaust gases is discussed. A brief assessment of the impact of transport on the environment is given. The components of the pollutants are discussed. It is noted that in considering this problem, the methods of measurement and control of harmful emissions of the vehicles play a crucial role. The emphasis on the subject is made at the normative Russian and international standards, UN Rules and adoption of purposeful measures in the field of environmental protection during vehicles operation.

The modern methods and devices used for the measurement of emissions of harmful substances of exhaust gases of automobiles are given. The conformity of the newly introduced vehicles to environmental requirements of international normative documents (UN Rules) on the emissions of harmful substances applies to a large extent the accuracy of measurement of gas analysis equipment. It is associated with a significant reduction of the measured values of concentrations of harmful emissions for vehicles of the ecological class EURO-5.

It was noted that today especially relevant becomes the problem not only to improve the vehicle design from the point of limiting toxicity, but also improvement of technical control in operation. The lack of control and low level of maintenance lead to the breakdown of the normal operation of units and systems of the vehicle, which leads to increased emissions of harmful substances into the atmospheric air. As a result, all the efforts of the automotive industry to improve engine and neutralization systems to ensure environmental standards can be mitigated. In this regard, there were proposed approaches for the improvement of methods of technical control of vehicles. Substantially improvements of environmental control of motor vehicles are connected with performance of the onboard diagnostic systems of the vehicle in operation and neutralization systems. In order to guarantee their effective functioning during the life of the vehicle it is proposed to establish a system of replacement of catalytic converters of a vehicle failed during operation of the vehicle.

Keywords: *exhaust gases from vehicles, emissions, sampling system, gas analyzers, Russian and international standards, emission standards, technical control in operation, methods of technical control.*